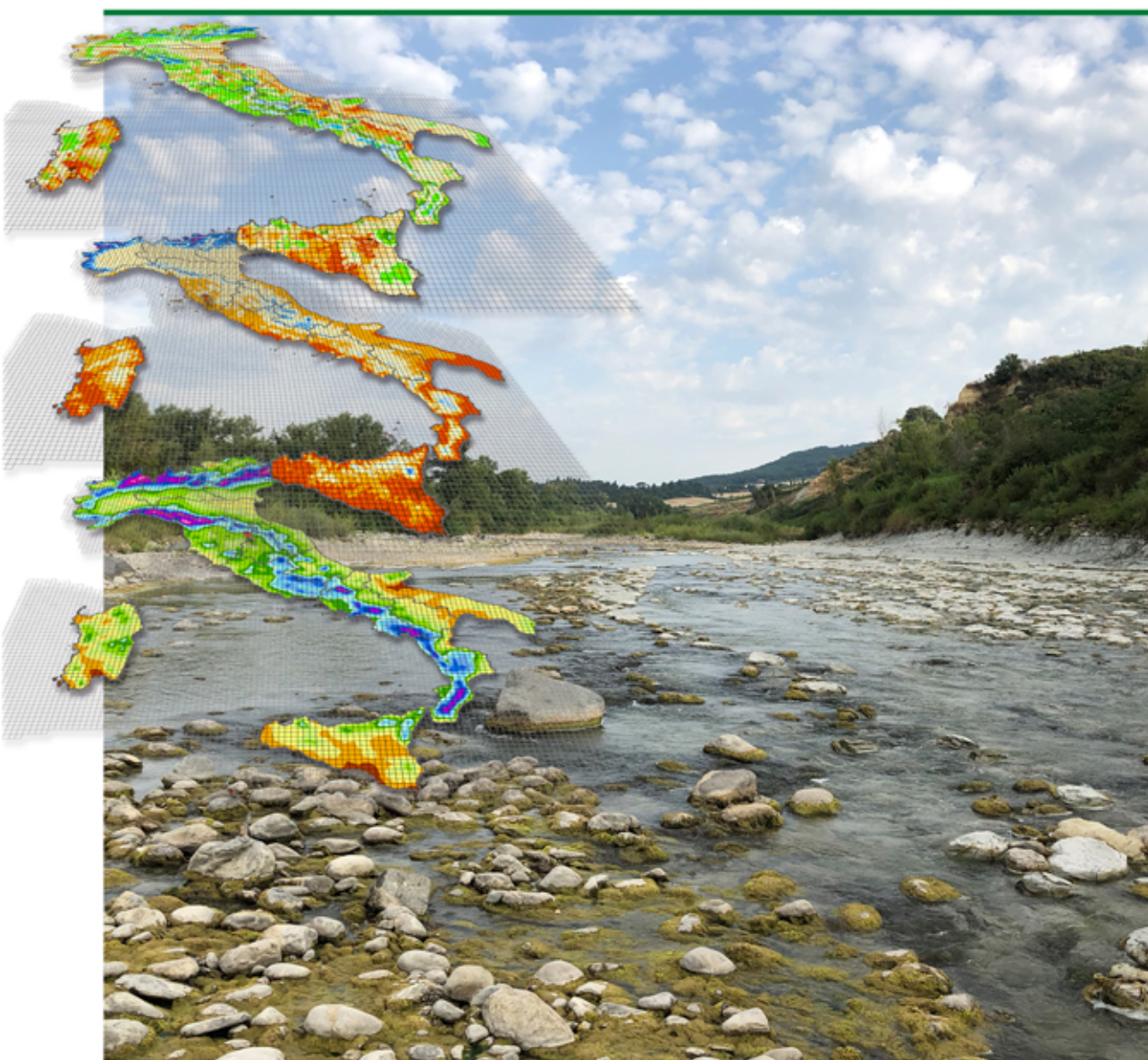


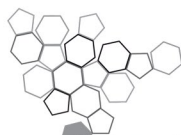
Il Bilancio Idrologico Gis Based a scala Nazionale su Griglia regolare- BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare- BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n. 132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 339/21
ISBN 978-88-448-1041-2

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

Grafica di copertina: Sonia Poponessi

Foto di copertina: fiume Paglia a Orvieto (fotografia di Stefano Mariani)

ISPRA – Area Comunicazione Ufficio Grafica

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA – Area Comunicazione

Autori

Giovanni Braca, Martina Bussetini, Barbara Lastoria, Stefano Mariani e Francesca Piva
ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità
Area per l'idrologia, l'idrodinamica e l'idromorfologia, lo stato e la dinamica evolutiva degli ecosistemi delle acque interne superficiali

Ringraziamenti

Si ringraziano le colleghe dell'ISPRA Francesca Archi e Tiziana Forte per il contributo all'attività di digitalizzazione e verifica dei dati di temperatura mensile per il decennio 1951–1960 pubblicati sugli Annali Idrologici del soppresso Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, e il collega Marco Casaioli per i validi suggerimenti forniti nello sviluppo del modello BIGBANG.

Un ringraziamento va ai colleghi dell'ISPRA Emanuela Piervitali e Walter Perconti per le elaborazioni *ad hoc* delle mappe di temperatura media mensile dal 1951 al 1960 effettuate sulla base dei dati digitalizzati dagli annali idrologici e per le mappe di temperatura media mensile dal 1961 al 2019 prodotte nell'ambito del Sistema nazionale per l'elaborazione e la diffusione di dati climatici (<http://www.scia.isprambiente.it/>).

Si ringrazia il gruppo ISPRA coordinato da Michele Munafò per aver messo a disposizione per le valutazioni del BIGBANG il “*Soil Sealing rate*” layer ottenuto a partire dagli “*Imperviousness*” layer prodotti dall'EU Copernicus Land Monitoring Service (<https://land.copernicus.eu/>).

Gli autori desiderano ringraziare l'ing. Giuseppina Monacelli, l'ing. Mauro Bencivenga e l'ing. Adolfo Pirozzi i quali, anche se ormai collocati a riposo, hanno influito su questo lavoro avendo sempre, nella loro lunga carriera direttiva nel Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, promosso lo studio dei vari aspetti del ciclo idrologico.

Si ringraziano i colleghi degli uffici regionali e delle province autonome afferenti al Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa (https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/Tavolo_Idrologia_Oper.html) per il supporto nella raccolta dei dati di precipitazione utilizzati nel BIGBANG e per la proficua collaborazione e la disponibilità offerta. Questi dati sono stati integrati, in taluni casi, con le elaborazioni di precipitazione provenienti dall'Archivio Climatologico per l'Italia Centro Settentrionale (<https://www.arcis.it/>) e con i dati pluviometrici della Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/index3.htm), a cui va il nostro ringraziamento.

Si ringrazia inoltre l'iniziativa *European Climate Assessment & Dataset* (<https://www.ecad.eu/>) per aver messo a disposizione il dataset delle precipitazioni di circa 100 stazioni pluviometriche afferenti ai Paesi confinanti con l'Italia.

Il dataset *LUCAS topsoil* usato nelle valutazioni del BIGBANG è stato reso disponibile dalla Commissione Europea attraverso l'*European Soil Data Centre* del *Joint Research Centre* (<http://esdac.jrc.ec.europa.eu/>), mentre la griglia utilizzata è quella definita dall'Agenzia Europea dell'Ambiente nel contesto della Direttiva INSPIRE (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2>).

Il modello digitale del terreno a 20 m e il layer dei complessi idrogeologici utilizzati nel BIGBANG sono invece stati resi disponibili dalla Rete del Sistema Informativo Nazionale (<http://www.sinanet.isprambiente.it>).

Si ringrazia infine l'Istat per aver messo a disposizione i dati vettoriali degli ambiti amministrativi regionali e di quello nazionale.

Le mappe dei risultati del modello BIGBANG in questo Rapporto sono state create mediante il software Esri ArcGIS® versione 10.3 Desktop con licenza ISPRA. ArcGIS® and ArcMap™ sono proprietà intellettuali di Esri. Copyright © Esri. Tutti i diritti riservati.

Citare questo documento come segue:

Braca G., Bussetini M., Lastoria B., Mariani S., Piva F., 2021, Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 339/21, Roma



All models are wrong, but some are useful
George Box



INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. IL CONTESTO NORMATIVO.....	2
2.1 La Direttiva Quadro Acque e il bilancio idrologico.....	2
2.2 Le norme nazionali e il bilancio idrologico.....	3
3. DEFINIZIONI DI “BILANCIO IDROLOGICO” E DI “RISORSA IDRICA”	5
4. IL BILANCIO IDROLOGICO DALLA CONFERENZA DELLE ACQUE DEL 1971.....	8
5. FORMULAZIONE GENERALE DEL BILANCIO IDROLOGICO.....	14
5.1 Il modello BIGBANG.....	18
6. MATERIALI E METODI	20
6.1 Approccio distribuito.....	20
6.2 I dati di base	20
6.2.1 Griglia di riferimento.....	21
6.2.2 Digital Elevation Model (DEM).....	23
6.2.3 Temperature medie mensili	24
6.2.4 Precipitazioni mensili	25
6.2.4.1 Sistema informativo HIS Central.....	30
6.2.4.2 Interpolazione spaziale dei dati di precipitazione mensile	32
6.2.4.3 Stime delle medie su lungo periodo e qualità media della stima	34
6.2.5 Complessi idrogeologici.....	35
6.2.6 Capacità di immagazzinamento del suolo	37
6.2.7 Copertura del suolo (land cover)	39
6.2.8 Ambiti territoriali e confini amministrativi	43
6.2.9 Effetti di bordo	45
6.2.10 Dati mancanti	45
6.3 Modellazione delle componenti del bilancio.....	46
6.3.1 Precipitazione nevosa.....	48
6.3.2 Scioglimento nivale e altezza della coltre nevosa	49
6.3.3 Evapotraspirazione di riferimento e potenziale.....	50
6.3.3.1 Formulazione di Turc semplificata	51
6.3.3.2 Formulazione di Hargreaves e Samani	51
6.3.3.3 Formulazione di Thornthwaite	52
6.3.4 Evapotraspirazione effettiva.....	53
6.3.4.1 Bilancio su aree naturali o “non consumate”.....	53
6.3.4.2 Bilancio su aree artificializzate o “consumate”	58
6.3.4.3 Bilancio su specchi d’acqua.....	59
6.3.4.4 Bilancio totale sulla cella di calcolo	59
6.3.5 Surplus.....	61
6.3.6 Ricarica degli acquiferi.....	61
6.3.7 Ruscellamento	61
6.3.8 Internal flow	61
6.3.9 Deficit.....	61
6.3.10 Incertezza del bilancio idrologico	62
7. VALIDAZIONE DEL MODELLO	63
7.1 Verifica con i dati MODIS16A2	63
8. RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG PER IL TERRITORIO NAZIONALE.....	67
8.1 Bilancio idrologico nazionale.....	68
8.2 Precipitazioni: tabelle, diagrammi e mappe	76
8.3 Temperatura mensile: tabelle, diagrammi e mappe.....	81
8.4 Precipitazione nevosa: tabelle, diagrammi e mappe.....	86
8.5 Evapotraspirazione potenziale: tabelle, diagrammi e mappe	91
8.6 Evapotraspirazione reale: tabelle, diagrammi e mappe	96

8.7	Deficit: tabelle, diagrammi e mappe	101
8.8	Ricarica degli acquiferi: tabelle, diagrammi e mappe	106
8.9	Ruscellamento: tabelle, diagrammi e mappe	111
8.10	Contenuto idrico nel suolo: tabelle, diagrammi e mappe	116
8.11	Internal flow: tabelle, diagrammi e mappe.....	124
9.	RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG PER ALTRI TERRITORI DI RIFERIMENTO	129
9.1	Distretti idrografici	129
9.2	Compartimenti del soppresso Servizio Idrografico	139
9.3	Regioni	155
10.	ALTRE APPLICAZIONI DEI RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG.....	160
10.1	Indice di aridità FAO-UNEP	160
10.2	Bilancio idro-climatico.....	161
10.3	Indicatori di siccità SPI e SPEI	162
10.4	Proiezione delle variabili idrologiche su scenari di cambiamento climatico	165
10.5	Stima della portata in sezioni fluviali monitorate.....	166
10.5.1	Esempio di stima della portata in una sezione monitorata	169
10.6	Applicazioni in corso e utilizzi delle stime delle componenti del bilancio idrologico.....	172
11.	DIFFUSIONE DEI RISULTATI	173
12.	CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	174
13.	GLOSSARIO	175
14.	BIBLIOGRAFIA	176

INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1 – Tabella 1 sulle risorse idriche rinnovabili dell’OCSE/Eurostat riportata nel Joint Questionnaire on Inland Waters (2018)	6
Figura 3.2 – Tabella pubblicata da Eurostat sulle risorse idriche naturali nei paesi europei (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Water_as_a_resource)	7
Figura 4.1 – Frontespizio degli atti della Conferenza Nazionale delle Acque	8
Figura 4.2 – Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921–1950 elaborata dal SII	9
Figura 4.3 – Pagina del portale WEB dell’Istat relativa alle valutazioni annuale delle risorse idriche naturali per il decennio 2001–2010 e per la media del 1971–2000 (https://www.istat.it/it/archivio/153668)	13
Figura 5.1 – Schema del ciclo idrologico in relazione al territorio di riferimento	16
Figura 5.2 – Schema del bilancio idrologico nel suolo	17
Figura 5.3 – Equazione del bilancio idrologico rappresentata in termini di grid	18
Figura 5.4 – Editor PyScripter per lo sviluppo del modello BIGBANG nel linguaggio Python	19
Figura 6.1 – Schema concettuale di calcolo delle componenti del bilancio idrologico a scala nazionale	20
Figura 6.2 – Pagina del portale dell’EEA per l’accesso alla griglia di riferimento (http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2)	21
Figura 6.3 – Tabella degli attributi associata alla griglia 1km completa dell’EEA per l’Italia in cui ciascuna cella è identificata univocamente con un codice nel campo CELLCODE	22
Figura 6.4 – Griglie complete dell’EEA per l’Italia. In rosso la griglia di risoluzione 100 km; in blu quella con risoluzione 10 km. Per le sue dimensioni non si riporta la griglia da 1 km perché troppo fitta	22
Figura 6.5 – Particolare della griglia di calcolo rispetto al confine del territorio italiano o alla linea di costa	23
Figura 6.6 – Pagina del portale SINAnet dell’ISPRA di accesso al DEM 20 (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/dem20/view)	23
Figura 6.7 – DEM utilizzato nel BIGBANG con risoluzione 1 km	24
Figura 6.8 – Pagina del portale ISPRA dedicata al sistema SCIA da cui accedere alle mappe di temperatura http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/Home_new.html	24
Figura 6.9 – Numero di stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG dal 1951 al 2019	25
Figura 6.10 – Stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG nel primo e nell’ultimo anno di elaborazione	26
Figura 6.11 – Distribuzione delle stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG per fasce altimetriche rispetto al territorio nazionale, nel 1951 e nel 2019	26
Figura 6.12 – Annali Idrologici parte I del Servizio Idrografico	27
Figura 6.13 – Pagina del portale ISPRA dedicata agli Annali Idrologici (http://www.acq.isprambiente.it/annalipdf/)	27
Figura 6.14 – Pagina di accesso alla BDAN (http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/index3.htm)	29
Figura 6.15 – Portale dell’Archivio Climatologico per l’Italia Centro Settentrionale ARCIS (https://www.arcis.it/wp/)	29
Figura 6.16 – Portale dell’European Climate Assessment & Dataset (https://www.ecad.eu/)	29
Figura 6.17 – Homepage del Sistema nazionale per la condivisione dei dati idrologici HIS Central ..	30
Figura 6.18 – OBS Client tramite web	31
Figura 6.19 – Schema del sistema informativo HIS-Central	31
Figura 6.20 – Schema di calcolo dei pesi nel metodo Natural Neighbours	33
Figura 6.21 – Esempio di interpolazione a due step per il mese di maggio 2017: (a) distribuzione spaziale della variabile indicatrice di evento; (b) interpolazione intermedia della precipitazione mensile; (c) interpolazione finale della precipitazione mensile	34
Figura 6.22 – Distanza media, calcolata su base mensile nel periodo 1951-2019, della cella della griglia di riferimento dalla cella contenente la stazione pluviometrica funzionante più vicina.	35
Figura 6.23 – Pagina del portale SINAnet dell’ISPRA per l’accesso alla carta dei complessi idrogeologici (http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/complessi-idrogeologici/view)	36

Figura 6.24 – Carta dei complessi idrogeologici di Mouton scaricabile dal portale SINAnet in formato ESRI shapefile.....	36
Figura 6.25 – Grid con risoluzione 1 km del coefficiente di infiltrazione potenziale associato ai complessi idrogeologici	37
Figura 6.26 – Pagina del portale ESDAC del Joint Research Center da cui si è avuto accesso ai dati sulle caratteristiche idrauliche del suolo (https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/topsoil-physical-properties-europe-based-lucas-topsoil-data).....	38
Figura 6.27 – Carta europea dell’AWS indicato come Available Water Capacity (AWC) dal portale ESDAC del JRC. L’unità di misura è m/m (estratta da Ballabio et al., 2016)	38
Figura 6.28 – Available Water Storage per l’Italia estratto dalla mappa dell’AWS dell’ESDAC, ricampionato alla risoluzione di 1km ed espresso in mm/m.....	39
Figura 6.29 – Pagina del portale SINAnet di ISPRA per l’accesso alla carta nazionale del consumo di suolo (http://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/consumo-di-suolo)	39
Figura 6.30 – Carta del consumo di suolo ad altissima risoluzione (10 m) aggregata in due macro classi	40
Figura 6.31 – Particolare della carta del consumo di suolo ad altissima risoluzione aggregata in 2 macro classi in relazione alla corrispondente immagine satellitare e alla griglia di riferimento (in rosso).....	40
Figura 6.32 – Schema delle classi di copertura del suolo usate nel modello BIGBANG.....	41
Figura 6.33 – Particolare della griglia di calcolo lungo la linea di costa.....	41
Figura 6.34 – Schema delle celle poste lungo il confine nazionale o lungo la linea di costa	41
Figura 6.35 – Carta del soil sealing rate 2019 con risoluzione 1 km.....	42
Figura 6.36 – Andamento del consumo di suolo a livello nazionale e per le diverse articolazioni territoriali italiane, espresso in percentuale di suolo consumato sulla superficie territoriale tra gli anni ’50 e il 2015. Fonte: rete di monitoraggio ISPRA ARPA-APPA (tratta da Riitano et al., 2016)	43
Figura 6.37 – Pagina del portale Istat per l’accesso ai confini amministrativi (https://www.istat.it/it/archivio/222527)	44
Figura 6.38 – Particolare del grid del rapporto tra l’area di ciascuna cella di calcolo contenuta entro il confine nazionale e l’area totale della cella stessa.....	45
Figura 6.39 – Diagramma di flusso del modello di bilancio idrologico BIGBANG	47
Figura 6.40 – Relazione tra temperatura mensile T, quota Z e aliquota di precipitazione nevosa SNOW	48
Figura 6.41 – Schema del contenuto d’acqua nel terreno.....	54
Figura 6.42 – Schema “simple bucket” con riduzione del contenuto d’acqua indipendente dallo stesso	55
Figura 6.43 – Schema bucket con riduzione del contenuto d’acqua proporzionale allo stesso	55
Figura 6.44 – Schema bucket con riduzione del contenuto d’acqua proporzionale allo stesso al di sotto di un valore soglia	56
Figura 6.45 – Relazioni tra evapotraspirazione reale e contenuto d’acqua adottate dalla FAO: (a) tratta da Allen et al. 1998; (b) tratta dal sito http://www.fao.org/nr/water/aquastat/watresafrika/index4.stm non più esistente).....	56
Figura 6.46 – Schema di calcolo delle componenti del bilancio idrologico nelle aree naturali per il modello adottato	57
Figura 6.47 – Schema della valutazione delle componenti del bilancio idrologico sulla cella con la caratterizzazione binaria del land cover	60
Figura 6.48 – Generalizzazione dello schema della valutazione delle componenti del bilancio idrologico sulla cella con una caratterizzazione multipla del land cover.....	60
Figura 7.1 – Confronto tra i valori della media della ricarica degli acquiferi forniti dal modello di bilancio a scala locale e dal BIGBANG per il corpo idrico sotterraneo Monte Maggiore in Campania (tratto da Braca e Ducci, 2018)	63
Figura 7.2 – Pagina del portale ORNL DAAC della NASA da cui scaricare i dati di evapotraspirazione MODIS16A2 (http://daac.ornl.gov/MODIS/modis.html)	63
Figura 7.3 – Suddivisione del planisfero in tile. L’Italia ricade nelle tile h18v04, h18v05, h19v04 e h19v05	64
Figura 7.4 – Confronto nel decennio 2001-2010 tra l’evapotraspirazione mensile ragguagliata al territorio italiano stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2	65
Figura 7.5 – Correlazione nel decennio 2001-2010 tra l’evapotraspirazione (a) mensile e (b) annua stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2	65
Figura 7.6 – Confronto nel decennio 2001-2010 tra l’evapotraspirazione mensile media ragguagliata al territorio italiano stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2	66
Figura 7.7 – Differenza percentuale media nel decennio 2001-2010 tra l’evapotraspirazione annua ragguagliata al territorio delle regioni stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2.....	66

Figura 8.1 – Bilancio idrologico nazionale annuo dal 1951 al 2019.....	70
Figura 8.2 – Bilancio idrologico nazionale annuo nell'ultimo decennio dal 2010 al 2019.....	70
Figura 8.3 – Serie storica delle precipitazioni annue dal 1951 al 2019 ordinate in senso decrescente	71
Figura 8.4 – Serie storica dell'internal flow annuo dal 1951 al 2019 ordinate in senso decrescente ..	71
Figura 8.5 – Serie storica del rapporto percentuale internal flow annuo – precipitazioni totali annue dal 1951 al 2019.....	71
Figura 8.6 – Bilancio idrologico nazionale mensile dal 1951 al 2019.....	72
Figura 8.7 – Bilancio idrologico nazionale mensile nell'ultimo decennio dal 2010 al 2019.....	72
Figura 8.8 – Bilancio idrologico nazionale mensile medio (LTA)	75
Figura 8.9 – Serie storica delle precipitazioni annue dal 1951 al 2019 con l'indicazione della media LTAA e della media mobile.....	76
Figura 8.10 – Precipitazioni mensili medie (LTA) nel primo semestre	78
Figura 8.11 – Precipitazioni mensili medie (LTA) nel secondo semestre.....	79
Figura 8.12 – Precipitazioni annue medie (LTAA).....	80
Figura 8.13 – Serie storica della temperatura media annua dal 1951 al 2019.....	81
Figura 8.14 – Temperatura media mensile media (LTA) nel primo semestre	83
Figura 8.15 – Temperatura media mensile media (LTA) nel secondo semestre.....	84
Figura 8.16 – Temperatura media annua media (LTAA)	85
Figura 8.17 – Serie storica della precipitazione nevosa annua dal 1951 al 2019	86
Figura 8.18 – Precipitazione nevosa mensile media (LTA) nel primo semestre	88
Figura 8.19 – Precipitazione nevosa mensile media (LTA) nel secondo semestre	89
Figura 8.20 – Precipitazione nevosa annua media (LTAA)	90
Figura 8.21 – Serie storica dell'evapotraspirazione potenziale annua dal 1951 al 2019.....	91
Figura 8.22 – Evapotraspirazione potenziale mensile media (LTA) nel primo semestre	93
Figura 8.23 – Evapotraspirazione potenziale mensile media (LTA) nel secondo semestre	94
Figura 8.24 – Evapotraspirazione potenziale annua media (LTAA)	95
Figura 8.25 – Serie storica dell'evapotraspirazione reale annua dal 1951 al 2019.....	96
Figura 8.26 – Evapotraspirazione reale mensile media (LTA) nel primo semestre	98
Figura 8.27 – Evapotraspirazione reale mensile media (LTA) nel secondo semestre.....	99
Figura 8.28 – Evapotraspirazione reale annua media (LTAA)	100
Figura 8.29 – Serie storica del deficit annuo dal 1951 al 2019	101
Figura 8.30 – Deficit mensile medio (LTA) nel primo semestre.....	103
Figura 8.31 – Deficit mensile medio (LTA) nel secondo semestre	104
Figura 8.32 – Deficit annuo medio (LTAA).....	105
Figura 8.33 – Serie storica della ricarica degli acquiferi annua dal 1951 al 2019.....	106
Figura 8.34 – Ricarica degli acquiferi mensile media (LTA) nel primo semestre.....	108
Figura 8.35 – Ricarica degli acquiferi mensile media (LTA) nel secondo semestre	109
Figura 8.36 – Ricarica degli acquiferi annua media (LTAA).....	110
Figura 8.37 – Serie storica del ruscellamento annuo dal 1951 al 2019.....	111
Figura 8.38 – Ruscellamento mensile medio (LTA) nel primo semestre	113
Figura 8.39 – Ruscellamento mensile medio (LTA) nel secondo semestre.....	114
Figura 8.40 – Ruscellamento annuo medio (LTAA)	115
Figura 8.41 – Serie storica del contenuto d'acqua nel suolo medio annuo dal 1951 al 2019	116
Figura 8.42 – Contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel primo semestre.....	118
Figura 8.43 – Contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel secondo semestre	119
Figura 8.44 – Contenuto medio annuo d'acqua nel suolo medio (LTAA)	120
Figura 8.45 – Variazione del contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel primo semestre	122
Figura 8.46 – Variazione del contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel secondo semestre	123
Figura 8.47 – Serie storica dell'internal flow annuo dal 1951 al 2019	124
Figura 8.48 – Internal flow mensile medio (LTA) nel primo semestre	126
Figura 8.49 – Internal flow mensile medio (LTA) nel secondo semestre	127
Figura 8.50 – Internal flow annuo medio (LTAA)	128
Figura 9.1 – Suddivisione del territorio nazionale nei distretti idrografici ai sensi del DLgs 152/2006 e s.m.i.....	129
Figura 9.2 – Precipitazioni annue medie nei distretti idrografici	130
Figura 9.3 – Internal flow annuo medio nei distretti idrografici.....	130
Figura 9.4 – Suddivisione del territorio nazionale nei compartimenti del soppresso Servizio Idrografico all'epoca della CNA	139
Figura 9.5 – Precipitazioni annue medie nei compartimenti del Servizio Idrografico	140
Figura 9.6 – Internal flow annuo medio nei compartimenti del Servizio Idrografico	140
Figura 9.7 – Suddivisione del territorio nazionale nelle regioni amministrative.....	155
Figura 9.8 – Precipitazioni annue medie (LTAA) nelle regioni amministrative.....	156
Figura 9.9 – Internal flow annuo medio (LTAA) nelle regioni.....	159
Figura 9.10 – Volume dell'internal flow annuo medio (LTAA) nelle regioni.....	159

Figura 9.11 – <i>Internal flow annuo medio (LTAA) pro capite nelle regioni</i>	159
Figura 10.1 – <i>Indice di aridità FAO-UNEP (AI): valori medi relativi al periodo 1951-2019</i>	161
Figura 10.2 – <i>Bilancio idro-climatico aprile-settembre medio 1951-2019</i>	162
Figura 10.3 – <i>SPI a 3 mesi (a) e SPI a 12 mesi (b) in Italia nel dicembre 2019 con riferimento alla serie storica delle precipitazioni mensili 1951-2019</i>	163
Figura 10.4 – <i>SPI a 12 mesi dal 1951 al 2019 per il territorio nazionale. Elaborazione effettuata con il tool ANABASI sviluppato dall'ISPRA (https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/ANABASI_ISPRA.html)</i>	164
Figura 10.5 – <i>Esempio di proiezione mediante il BIGBANG della precipitazione annua media del ventennio 1995-2015 su quattro scenari di cambiamento climatico (righe) e su tre diversi orizzonti temporali (colonne) (tratta da Braca et al., 2019)</i>	165
Figura 10.6 – <i>Schema del modello di NASH con N serbatoi lineari in serie di costante k</i>	167
Figura 10.7 – <i>Schema di calcolo della componente di deflusso di base</i>	168
Figura 10.8 – <i>Schema di calcolo della componente di deflusso di base a partire dalle componenti del bilancio idrologico valutate con il modello BIGBANG</i>	168
Figura 10.9 – <i>Portate e precipitazioni mensili del fiume Fiora a Montalto di Castro</i>	169
Figura 10.10 – <i>Confronto tra le portate mensili misurate e stimate nella fase di calibrazione</i>	170
Figura 10.11 – <i>Confronto tra le portate mensili misurate e stimate nella fase di validazione</i>	170
Figura 10.12 – <i>Correlazione tra le portate mensili osservate e stimate nella fase di validazione (a) e calibrazione (b)</i>	171
Figura 10.13 – <i>Classificazione delle capacità predittive di un modello idrologico sulla base di alcuni indici di performance (estratta da Moriasi et al., 2015)</i>	171
Figura 11.1 – <i>Pagina del portale dell'USGS da cui scaricare le mappe delle componenti del bilancio idrologico per la parte continentale del territorio degli Stati Uniti (https://www.sciencebase.gov/catalog/item/59bc197de4b091459a5912a1)</i>	173
Figura 11.2 – <i>Pagina del portale del CEDEX da cui scaricare le mappe delle componenti del bilancio idrologico dal 1940 al 2018 elaborate con il modello SIMPA (pagina tradotta automaticamente in italiano) (https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/evaluacion-recursos-hidricos-regimen-natural/)</i>	173

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1 – Cronologia del BIGBANG.....	xvi
Tabella 1.2 – Scheda informativa associata al modello BIGBANG.....	xvii
Tabella 4.1 – Afflusso annuo medio (1921–1950) stimato nella CNA per i compartimenti idrografici del SII (dati ripresi dalla Tabella III della CNA)	10
Tabella 4.2 – “Afflussi meteorici sull’Italia” stimati nella CNA (dati ripresi dalla Tabella II della CNA)	10
Tabella 4.3 – “Bilancio idrico globale del territorio nazionale” stimato nella CNA (dati ripresi dalla Tabella XVII della CNA)	11
Tabella 4.4 – “Risorse superficiali naturali del territorio nazionale” stimate nella CNA (riproduzione della Tabella V della CNA).....	11
Tabella 4.5 – Rapporto percentuale tra la risorsa superficiale e l’afflusso stimate nella CNA (elaborazione dalle Tabelle II e Tabella V della CNA)	12
Tabella 4.6 – Bilancio idrologico nelle macro-regioni europee stimato in Chernogaeva (1970)	12
Tabella 6.1 – Distribuzione delle stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG per fasce altimetriche nel 1951 e nel 2019 rispetto al territorio nazionale	26
Tabella 6.2 – Strutture regionali e relativi URL per l’accesso ai dati pluviometrici.....	28
Tabella 6.3 – Coefficienti di infiltrazione potenziale CIP per i diversi complessi idrogeologici (riprodotta da Celico, 1988).....	36
Tabella 6.4 – Caratteristiche idrauliche del suolo	37
Tabella 6.5 – Classi di consumo del suolo	40
Tabella 6.6 – Andamento nel tempo della percentuale del consumo di suolo per le diverse articolazioni territoriali italiane dagli anni ’50 (tratta da Riitano et al., 2016)	43
Tabella 6.7 – Andamento nel tempo della percentuale e del valore assoluto del suolo consumato in Italia dagli anni ’50 (tratta da Riitano et al., 2016).....	43
Tabella 6.8 – Superfici delle regioni (fonte Istat https://www.istat.it/it/archivio/82599)	44
Tabella 6.9 – Superficie dei distretti idrografici	45
Tabella 6.10 – Superficie dei compartimenti idrografici del soppresso SII.....	45
Tabella 6.11 – Valori della radiazione extraterrestre giornaliera media mensile espressa in mm/giorno equivalenti di acque evaporata per diverse latitudini (Doorenbos e Pruitt, 1977)	52
Tabella 6.12 – Coefficiente b di irraggiamento mensile della formula di Thornthwaite per diverse latitudini (Bras, 1990)	53
Tabella 6.13 – Proprietà idrauliche dei suoli in funzione della tessitura (estratta da ASCE, 1990, Tabella 2.6, p. 21).....	54
Tabella 8.1 – Bilancio idrologico nazionale annuo dal 1951 al 2019	73
Tabella 8.2 – Bilancio idrologico nazionale annuo medio nei trentenni climatologici	74
Tabella 8.3 – Confronto tra i valori del “Bilancio idrico globale del territorio nazionale” stimato nella CNA (dati ripresi dalla Tabella XVII della CNA) e i valori stimati mediante il modello BIGBANG 4.0	74
Tabella 8.4 – Bilancio idrologico nazionale mensile medio (LTA)	74
Tabella 8.5 – Precipitazioni mensili dal 1951 al 2019 in Italia	77
Tabella 8.6 – Temperatura media mensile dal 1951 al 2019	82
Tabella 8.7 – Precipitazione nevosa mensile dal 1951 al 2019	87
Tabella 8.8 – Evapotraspirazione potenziale mensile dal 1951 al 2019	92
Tabella 8.9 – Evapotraspirazione reale mensile dal 1951 al 2019	97
Tabella 8.10 – Deficit mensile dal 1951 al 2019.....	102
Tabella 8.11 – Ricarica degli acquiferi mensile dal 1951 al 2019.....	107
Tabella 8.12 – Ruscigliamento mensile dal 1951 al 2019	112
Tabella 8.13 – Contenuto d’acqua nel suolo mensile dal 1951 al 2019	117
Tabella 8.14 – Variazione del contenuto d’acqua nel suolo mensile dal 1951 al 2019	121
Tabella 8.15 – Internal flow mensile dal 1951 al 2019.....	125
Tabella 9.1– Precipitazioni mensili medie (LTA) nei distretti idrografici	131
Tabella 9.2– Internal flow mensile medio (LTA) nei distretti idrografici	131
Tabella 9.3 – Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) relativo ai distretti idrografici	131
Tabella 9.4 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto delle Alpi Orientali.....	132
Tabella 9.5 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto del fiume Po.....	133
Tabella 9.6 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell’Appennino Settentrionale.....	134

Tabella 9.7 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell’Appennino Centrale</i>	135
Tabella 9.8 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell’Appennino Meridionale</i>	136
Tabella 9.9 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto della Sardegna</i>	137
Tabella 9.10 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto della Sicilia</i>	138
Tabella 9.11 – <i>Precipitazioni mensili medie (LTA) nei compartimenti del Servizio Idrografico</i>	141
Tabella 9.12 – <i>Internal flow mensile medio (LTA) nei compartimenti del Servizio Idrografico</i>	141
Tabella 9.13 – <i>Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) nei compartimenti del Servizio Idrografico</i>	141
Tabella 9.14 – <i>Confronto tra afflussi stimati nella CNA e con il modello BIGBANG 4.0 nei compartimenti del Servizio Idrografico</i>	142
Tabella 9.15 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Venezia</i>	143
Tabella 9.16 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Parma</i>	144
Tabella 9.17 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Genova</i>	145
Tabella 9.18 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Bologna</i>	146
Tabella 9.19 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Pisa</i>	147
Tabella 9.20 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Roma</i>	148
Tabella 9.21 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Pescara</i>	149
Tabella 9.22 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Napoli</i>	150
Tabella 9.23 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Bari</i>	151
Tabella 9.24 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Catanzaro</i>	152
Tabella 9.25 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Palermo</i>	153
Tabella 9.26 – <i>Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Cagliari</i>	154
Tabella 9.27 – <i>Precipitazioni medie (LTA) nelle regioni</i>	156
Tabella 9.28 – <i>Internal flow mensile medio (LTAA) relativo alle regioni</i>	157
Tabella 9.29 – <i>Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) relativo alle regioni</i>	157
Tabella 9.30 – <i>Internal flow mensile medio (LTAA) pro capite relativo alle regioni</i>	158
Tabella 9.31 – <i>Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) pro capite relativo alle regioni</i>	158
Tabella 10.1 – <i>Classificazione del clima sulla base dell’AI</i>	160
Tabella 10.2 – <i>Classificazione del clima sulla base del valore dell’indicatore SPI</i>	163
Tabella 10.3 – <i>Indici di performance nell’applicazione del modello di stima delle portate mensili al Fiora a Montalto di Castro</i>	171

ELENCO ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AI	<i>Aridity Index</i>
APPA	<i>Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente</i>
ARCIS	<i>Archivio Climatologico Italia Centroseptentrionale</i>
ARPA	<i>Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente</i>
ARPAE	<i>Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia</i>
BDAN	<i>Banca Dati Agrometeorologica Nazionale</i>
BIC	<i>Bilancio Idro-Climatico</i>
BIGBANG	<i>Bilancio Idrologico GIS BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare</i>
CEDEX	<i>Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas</i>
CFD	<i>Centri Funzionali Decentrati</i>
CNA	<i>Conferenza Nazionale delle Acque</i>
CNR IIA	<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto sull'Inquinamento Atmosferico</i>
CNR IRSA	<i>Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca Sulle Acque</i>
CUAHSI	<i>Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science, Inc.</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DPC	<i>Dipartimento della Protezione Civile</i>
DPSIR	<i>Drivers, Pressures, State, Impact and Response</i>
DQA	<i>Direttiva Quadro Acque</i>
ECA&D	<i>European Climate Assessment & Dataset</i>
EEA	<i>European Environmental Agency</i>
EIONET	<i>European Environment Information and Observation Network</i>
ESDAC	<i>European Soil Data Center</i>
Eurostat	<i>European Statistical Office</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FC	<i>Field Capacity</i>
FSC	<i>Fondo per lo Sviluppo e la Coesione</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GSE	<i>Gestore dei Servizi Elettrici</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
Istat	<i>Istituto Nazionale di Statistica</i>
IWD	<i>Inverse Distance Weighted</i>
HIS	<i>Hydrological Information System</i>
HDF	<i>Hierarchical Data Format</i>
JQ-IW	<i>Eurostat Joint Questionnaire on Inland Waters</i>
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LAEA	<i>Lambert Azimuthal Equal Area</i>
LAI	<i>Leaf Area Index</i>
LTA	<i>Long term average</i>
LTAA	<i>Long term annual average</i>
LUCAS	<i>Land Use and Cover Area frame Statistical survey</i>
MATTM	<i>Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare</i>
MiPAF	<i>Ministero delle politiche Agricole e Forestali</i>
MiTE	<i>Ministero della Transizione Ecologica</i>
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NN	<i>Natural Neighbours</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
OCSE	<i>Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico</i>
ORNL	<i>Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center</i>
DAAC	

PRISM	<i>Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model</i>
PTA	<i>Piano di Tutela delle Acque</i>
POA	<i>Piano Operativo Ambiente</i>
SCIA	<i>Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatici di Interesse Ambientale</i>
SII	<i>Servizio Idrografico Italiano</i>
SIMN	<i>Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale</i>
SoE	<i>State of the Environment</i>
SPEI	<i>Standardized Precipitation Evapotranspiration Index</i>
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
TUA	<i>Testo Unico Ambientale</i>
UNECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>
UNEP	<i>United Nations Environmental Program</i>
UNSD	<i>United Nations Statistical Division</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
WEI+	<i>Water Exploitation Index Plus</i>
WFD	<i>Water Framework Directive (2000/60/EC)</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
WISE	<i>Water Information System for Europe</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>
WP	<i>Wilting point</i>

CRONOLOGIA DEL BIGBANG

L'attuale versione del modello BIGBANG è la 4.0 che viene definitivamente rilasciata contestualmente al presente Rapporto.

A partire dal primo rilascio avvenuto nel 2017, il modello è stato oggetto di una continua attività di aggiornamento e miglioramento dei codici utilizzati, oltre che di ampliamento della base dati e delle carte tematiche utilizzati nelle valutazioni del bilancio idrologico. Le principali variazioni e integrazioni apportate nella presente versione e in quelle che l'hanno preceduta sono riportate nella Tabella 1.1.

L'attività di aggiornamento e miglioramento dei codici del BIGBANG sarà ulteriormente estesa nel corso dei prossimi anni sia nell'ambito del Piano Operativo Ambiente, promosso dall'attuale Ministero della Transizione Ecologica (ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), sia nel corso dell'Azione di Accompagnamento del Piano Mirror Copernicus per la Space Economy Nazionale, promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico.

Tabella 1.1 – Cronologia del BIGBANG

Versione	Rilascio	Periodo elaborazione	Note – principali variazioni rispetto alla versione precedente
1.0	marzo-17	1996-2015	Sviluppo codice Python in ambiente ESRI ArcGIS 10.1; costruzione DB dati pluviometrici mensili 1996-2015; utilizzo del metodo di interpolazione delle precipitazioni <i>Inverse Distance Weighted</i>
2.0	ottobre-18	1961-2016	Utilizzo del metodo di interpolazione delle precipitazioni <i>Natural Neighbour (2 steps procedure)</i> ; estensione del periodo di elaborazione al 1961 e al 2016; modifica alla formula dell'evapotraspirazione potenziale; estrapolazione della carta dell'AWS sui bordi; introduzione modello di evoluzione del <i>soil sealing rate</i>
3.0	ottobre-19	1961-2017	Sviluppo in ambiente ESRI arcGIS 10.2; modifica al metodo di interpolazione delle precipitazioni <i>Natural Neighbour (2 steps procedure)</i> con introduzione di punti fittizi; utilizzo della carta del <i>soil sealing rate 2017</i>
4.0	marzo-21	1951-2019	Sviluppo in ambiente ESRI ArcGIS 10.3. Correzioni alla base dati pluviometrica; estrapolazione <i>grid</i> temperatura alla griglia di riferimento; estensione del periodo di elaborazione dal 1951 al 2019; utilizzo della carta del <i>soil sealing rate 2019</i>

VERSIONING E SCHEDA INFORMATIVA

Al modello BIGBANG è associato un sistema di *versioning* strutturato in due cifre: la prima varia in corrispondenza di sostanziali modifiche nelle schematizzazioni, nelle metodologie e nei dati di base nonché in corrispondenza di aggiornamenti annuali; la seconda cifra varia quando sono apportate modifiche non sostanziali, correzioni di piccoli errori, ecc.

A ogni modifica sostanziale, l'elaborazione del bilancio viene ri-effettuata per tutto il periodo disponibile. Pertanto, una corretta analisi della variabilità spaziale e temporale delle grandezze idrologiche valutate dal BIGBANG deve essere svolta sempre considerando la serie storica proveniente dalla medesima versione principale.

Di seguito è riportata una scheda informativa che ne riassume le caratteristiche principali (Tabella 1.2).

Tabella 1.2 – Scheda informativa associata al modello BIGBANG

SCHEDA INFORMATIVA MODELLO BIGBANG	
INFORMAZIONI GENERALI	
Corresponding Author	Giovanni Braca (ISPRA) giovanni.braca@isprambiente.it
Versione	4.0
Linguaggio di sviluppo	Python
Ambiente GIS	ESRI ArcGIS 10.3
Data di rilascio	marzo 2021
Periodo di elaborazione	1951-2019
Passo temporale	mensile
Risoluzione spaziale	1 km
Griglia di calcolo	EAA reference grid 2.0
Sistema di coordinate	EPSG:3035
DATI DI BASE	
Base dati pluviometrica mensile	DBPLUVIOM 4.0
Base dati termometrica	Grid 1 km ISPRA-SCIA (1951-2019)
Consumo del suolo	Grid 10 m ISPRA (2019) ricampionato a 1 km
Numero di classi di land cover	2 (naturale/artificiale)
DEM	Grid ISPRA 20 m ricampionato a 1 km
Permeabilità formazioni litologiche	Shape ISPRA Complessi idrogeologi Mouton rasterizzato a 1 km
AWC	Grid 500 m JRC-LUCAS ricampionato a 1 km
METODI	
Metodo evapotraspirazione potenziale	Thornthwaite
Metodo evapotraspirazione reale	Thornthwaite & Mather (FAO)
Profondità del suolo (<i>root zone</i>)	100 cm (costante)
Metodo interpolazione precipitazioni	Natural Neighbours 2 step
Metodo interpolazione temperatura media	Kriging regressivo
Metodo valutazione precipitazione nevosa	USGS
	TRain = 3.0 °C (temperatura media mensile sopra la quale la precipitazione è sempre liquida)
	TSnow_inf = -10.0 °C (temperatura media mensile sotto la quale la precipitazione è sempre solida per area sotto la quota Zsnow)
	TSnow_sup = -1.0 °C (temperatura media mensile sotto la quale la precipitazione è sempre solida per area sopra la quota Zsnow)
	ZSnow = 1000.0 m s.l.m. (quota di riferimento)
Metodo scioglimento nivale	Gradi giorno
	TSnow_melt = 0.0 °C (temperatura media mensile sopra la quale inizia lo scioglimento nivale)
	Melt Rate_C = 150 mm/mese/°C (tasso di scioglimento nivale)
Metodo valutazione ricarica acquiferi	Coefficiente di infiltrazione potenziale (CIP)
Metodo valutazione ruscellamento	Complemento al surplus della ricarica degli acquiferi

PRESENTAZIONE

A cinquant'anni dalla Conferenza Nazionale delle Acque, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale produce il Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica, nel quale vengono valutate le componenti del bilancio idrologico a scala mensile e annua per l'intero territorio nazionale, al fine di fornire un quadro, il più possibile aggiornato, sulla situazione della disponibilità naturale della risorsa idrica, presupposto essenziale per un'efficace ed efficiente, nonché equa e sostenibile, gestione della risorsa idrica. Efficace, perchè essa deve soddisfare i fabbisogni delle attività umane, efficiente, perchè lo deve fare riducendo al minimo gli sprechi, equa, perchè deve assicurare, fra i sempre più numerosi utilizzatori, innanzitutto il soddisfacimento dei fabbisogni primari di tutti e sostenibile, perchè sia al contempo salvaguardato lo stato quali-quantitativo della risorsa e dei servizi ecosistemici connessi, anche nel lungo termine.

Il bilancio idrologico si configura pertanto come strumento basilare per la gestione della risorsa idrica e consente di definire e mantenere l'equilibrio tra disponibilità naturale, fabbisogni e utilizzi per evitare o, almeno, limitare, il sovrasfruttamento e il depauperamento delle risorse e la sensibile riduzione della disponibilità di risorse rinnovabili, sempre più a rischio, anche in prospettiva di cambiamenti climatici.

Il bilancio idrologico è altresì strumento per individuare la necessità di infrastrutture in grado di rendere la disponibilità naturale una disponibilità effettiva e di gestire la risorsa in maniera solidale con il trasferimento di volumi idrici dalle aree ricche di acque a quelle più povere.

Sul bilancio sono inoltre basate le statistiche che accompagnano la definizione o la valutazione della performance di strategie o programmi nazionali, europei, globali, sempre più attraverso indicatori standardizzati a livello europeo o globale, come quelli dell'ONU sulla sostenibilità dello sviluppo.

Negli ultimi decenni importanti passi avanti sono stati fatti per la conoscenza idrologica del Paese, attraverso le attività conoscitive messe in atto prima dalle Autorità di Bacino e dalle Regioni per la redazione dei Piani di Tutela delle Acque e, più recentemente, da parte delle Autorità di Distretto per la redazione dei Piani di Gestione delle Acque richiesti dalla Direttiva Europea 2000/60/CE.

Tuttavia, mancava una caratterizzazione a livello nazionale delle componenti del bilancio idrologico, non ottenibile dalla mosaicatura delle valutazioni prodotte a scala locale inadatte alla definizione di un contesto idrologico organico di livello nazionale.

Con il Rapporto sul bilancio idrologico nazionale si risponde a tale esigenza, dando attuazione non solo al dettato normativo legato al tema delle acque ma all'esigenza più ampia di valutare la sostenibilità delle politiche, dei piani e dei programmi nazionali, quale contributo al rapporto annuo sullo stato del capitale naturale, base per "assicurare il raggiungimento degli obiettivi sociali, economici e ambientali coerenti con la programmazione finanziaria e di bilancio".

Attraverso le elaborazioni prodotte e le statistiche da esse alimentate, vogliamo consentire al Paese di potersi nuovamente confrontare sul tema delle risorse idriche e della sostenibilità a livello europeo e mondiale.

*Stefano Laporta
Presidente di ISPRA e del Sistema Nazionale per
la Protezione dell'Ambiente (SNPA)*

1. INTRODUZIONE

Il bilancio idrologico, inteso come valutazione quantitativa e confronto, in relazione a una specifica scala spaziale e temporale, dei flussi e degli *stock* naturali nelle diverse forme (liquida, solida, gassosa) in cui si manifesta l'acqua nel suo ciclo sulla terra (sia in superficie, sia al di sotto di essa), costituisce il presupposto conoscitivo indispensabile all'attività di pianificazione finalizzata alla gestione delle risorse idriche.

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), allo scopo di delineare un contesto idrologico oggettivo per una gestione condivisa della risorsa e anche per attuare un dettato normativo che richiede all'ISPRA la formazione del bilancio idrico sulla scorta di quelli di bacino, ha sviluppato un modello denominato BIGBANG, acronimo di “**B**ilancio **I**drologico **G**is **B**ased a scala **N**azionale su **G**riglia regolare”. Tale modello consente la valutazione mensile e sull'intero territorio nazionale delle variabili idrologiche che intervengono nell'elaborazione del bilancio idrologico.

Negli ultimi anni il problema di un'efficace, efficiente, equa e sostenibile allocazione della risorsa, che tenga conto molto più che in passato anche delle esigenze ambientali degli ecosistemi ad essa legati, ha assunto importanza alla scala globale, traducendosi in strategie e anche in indicatori specifici di sostenibilità, considerato che a un'aumentata domanda corrisponde una graduale riduzione della disponibilità e della fruibilità della risorsa, anche per effetto dei cambiamenti climatici.

L'Italia è, in realtà, un paese annualmente ricco di afflussi meteorici, se confrontato con gli altri paesi europei, ma caratterizzato da una grande disomogeneità spaziale e temporale della disponibilità che lo rende particolarmente soggetto a crisi idriche. Esse interessano alternativamente parti più o meno vaste del paese e negli ultimi anni si stanno verificando con sempre maggiore frequenza, anche in territori tradizionalmente ricchi di acqua.

La gestione della risorsa idrica, di per sé già complessa, lo diventa ancor di più quando si affrontano situazioni connotate da scarsità, ambito in cui diventa imprescindibile partire dal presupposto conoscitivo del bilancio idrologico.

Gli aspetti quantitativi messi in evidenza dal bilancio idrologico sono complementari a quelli qualitativi, che pure sono di fondamentale importanza per la gestione della risorsa, ed entrambi rilevanti al fine dell'implementazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE. Il modello BIGBANG è sviluppato, dunque, anche con riferimento alle linee guida della Commissione Europea per la redazione del bilancio idrico a supporto dell'implementazione della Direttiva Quadro Acque.

Il presente Rapporto, tuttavia, non affronta la complessa problematica dell'eziologia delle sempre più frequenti crisi legate alla scarsità idrica, non solo dovute a deficit di precipitazioni, ma si limita a effettuare una “fotografia” dello stato attuale della disponibilità naturale della risorsa da mettere in relazione con quella passata e con quella attesa. Il passaggio dalla disponibilità naturale, infatti, all'effettiva utilizzabilità della risorsa richiede ulteriori informazioni e analisi di natura tecnica, economica e sociale.

L'approccio distribuito e omogeneo utilizzato nel modello BIGBANG, per la valutazione delle variabili idrologiche, consente il confronto tra le diverse aree del paese, utile, ad esempio, per l'analisi degli eventi siccitosi nell'ambito degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici o per prevedere lo stato delle componenti del bilancio al variare degli utilizzi o delle condizioni climatiche e comprendere l'impatto sugli utilizzi stessi.

Il Rapporto è strutturato in quattro parti:

- la prima di carattere introduttivo;
- la seconda, nella quale viene fornita una dettagliata descrizione della metodologia e dei dati utilizzati;
- la terza, in cui vengono riportati, in formato grafico e tabellare, per il territorio nazionale, per i distretti idrografici, per i compartimenti del soppresso Servizio Idrografico e per le regioni amministrative, i principali risultati delle elaborazioni in termini di valori medi mensili e annui su lungo periodo;
- la quarta, in cui si descrivono alcune applicazioni e utilizzi dei risultati del modello.

In un'ottica di totale condivisione dei dati ambientali, l'Istituto mette a disposizione, attraverso il proprio portale, tutti i risultati prodotti dal modello, sia in forma tabellare che di mappa numerica.

PARTE I

2. IL CONTESTO NORMATIVO

Il bilancio idrologico costituisce lo strumento imprescindibile per la gestione consapevole, sostenibile e adattiva delle risorse idriche, ponendosi alla base della pianificazione degli usi dell'acqua, della progettazione delle strutture per conseguirli e delle misure per mitigarne gli effetti.

La normativa europea e nazionale di settore prevedono, pertanto, il ricorso al bilancio idrologico e la conoscenza delle sue componenti alle diverse scale spazio-temporali, sulla base delle informazioni derivanti dalla caratterizzazione e dal monitoraggio dei bacini idrografici (sia in termini naturali che antropici) quali misure propedeutiche al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dettati dalla normativa medesima.

Più in generale, gli strumenti di contabilità delle risorse naturali, in primis quelle idriche, sono indispensabili per il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità dello sviluppo di cui all'Agenda 2030 globale e del Green Deal Europeo che li ha tradotti in strategie, politiche e piani finanziari, non ultimi quelli previsti per il superamento della pandemia in corso.

La valutazione dello stato delle risorse naturali e dei servizi ecosistemici associati, e cioè del c.d. Capitale Naturale, rientra dunque tra gli strumenti necessari ad *assicurare il raggiungimento degli obiettivi sociali, economici e ambientali coerenti con la programmazione finanziaria e di bilancio* e la normativa nazionale (L. 221/2015) obbliga un apposito Comitato a redigere annualmente e inviare “*al Presidente del Consiglio dei ministri e al Ministro dell'economia e delle finanze un rapporto sullo stato del capitale naturale del Paese, corredato di informazioni e dati ambientali espressi in unità fisiche e monetarie, seguendo le metodologie definite dall'Organizzazione delle Nazioni Unite e dall'Unione europea, nonché di valutazioni ex ante ed ex post degli effetti delle politiche pubbliche sul capitale naturale e sui servizi ecosistemici*”.

2.1 La Direttiva Quadro Acque e il bilancio idrologico

La Direttiva Quadro sulle Acque (Dir. 2000/60/CE – Water Framework Directive, WFD) si prefigge di tutelare gli ecosistemi acquatici e la risorsa idrica in termini quali-quantitativi, di sostenibilità degli usi attuali e futuri, riduzione dell'inquinamento, mitigazione degli impatti degli estremi idrologici (alluvioni, siccità), riassumibili nell'obiettivo di raggiungimento del buono stato (o del buon potenziale) di tutti i corpi idrici nel 2015, attraverso cicli di pianificazione sessennale alla scala del Distretto Idrografico. Tale obiettivo è differibile/derogabile nei sessenni successivi ove sussistano giustificati motivi (art. 4).

Lo stato di un corpo idrico misura la sua risposta rispetto agli usi delle risorse idriche nel corpo idrico e nel bacino a monte, ed è quindi un indice di sostenibilità dello sviluppo sul territorio e dei collegati usi idrici e nello stato, gli aspetti quantitativi e qualitativi sono dunque intimamente connessi. Infatti, se per i corpi idrici superficiali il buono stato ecologico deve essere supportato da condizioni idromorfologiche coerenti, nel caso dei corpi idrici sotterranei esso dipende esplicitamente dal buono stato quantitativo, definito proprio sulla base dell'equilibrio di bilancio e della sostenibilità dei prelievi (WFD, All.V, par. 2.1.2).

Il raggiungimento degli obiettivi si attua attraverso il Piano di Gestione (PdG) di bacino distrettuale che distingue le fasi di caratterizzazione di bacino e dei corpi idrici, monitoraggio, valutazione dello stato dei corpi idrici, programmazione delle misure per raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale, in un'approccio DPSIR¹ (EEA, 1999). I programmi di misure devono includere una serie di “misure di base”, tra cui quelle di controllo dei prelievi di acque fluviali, lacustri o sotterranee, e i relativi catasti e

¹ I driver di sviluppo socio-economico (D) sottopongono l'ambiente a pressioni (P), che ne alterano le condizioni ambientali (state - S) determinando la significatività dell'impatto (I) sugli ecosistemi, in risposta al quale misure di miglioramento (R response) per gli ecosistemi atte a raggiungere gli obiettivi ambientali devono essere messe in atto.

autorizzazioni (Art. 11.e) ovvero misure ulteriori (Allegato VI, B) come la riduzione di prelievi o il rilascio dei c.d. “deflussi ecologici”, e cioè dei regimi idrologici necessari a consentire il raggiungimento degli obiettivi ambientali (EC, 2014).

Ai sensi dell’art. 5 della WFD, occorre caratterizzare i bacini e i corpi idrici in termini di disponibilità e fruibilità delle risorse idriche superficiali e sotterranee (componenti del bilancio idrologico), di pressioni antropiche (prelievi, restituzioni) e obiettivi economici (domanda, schemi). L’allegato II obbliga infatti, tra l’altro, alla “stima e individuazione delle estrazioni significative di acqua per usi urbani, industriali, agricoli e di altro tipo, comprese le variazioni stagionali, la domanda annua complessiva e le perdite dai sistemi di distribuzione”, alla “stima e individuazione dell’impatto delle regolazioni significative del flusso idrico, compresi trasferimenti e deviazioni delle acque, sulle caratteristiche complessive del flusso e sugli equilibri idrici”, nonché alla necessità di “dati sufficienti per calcolare la velocità annua media di ravvenamento globale a lungo termine” dei corpi idrici sotterranei.

L’art. 8 della WFD e l’allegato V definiscono l’obbligo di monitoraggio delle portate dei corsi d’acqua, delle sorgenti e dei livelli di falda.

I dati di caratterizzazione, i programmi di monitoraggio e i programmi di misure devono essere riportati all’interno dei PdG ai sensi dell’art. 13. L’allegato VII della WFD dettaglia, tra i contenuti di piano, i censimenti dei prelievi, descritti nella “Sintesi dei controlli sull’estrazione e l’arginamento delle acque, con rimando ai registri e specificazione dei casi in cui sono state concesse esenzioni a norma dell’articolo 11, paragrafo 3, lettera e)”.

In sostanza, la norma europea obbliga alla conoscenza sistematica e continuativa dello stato delle risorse, delle pressioni attuali o future su di esse e dunque alla stima delle componenti di bilancio al fine di poter verificare gli effetti e la sostenibilità di scenari di utilizzo delle risorse idriche, legati a taluni contesti socio-economici e climatici attuali e futuri, e selezionare quelli che consentano in maniera più costo-efficace di raggiungere gli obiettivi della norma.

La strategia c.d. *Blueprint* della Commissione Europea (EC, 2012) pone tra i suoi obiettivi quello di giungere ad un sistema di *water accounting* europeo attraverso strumenti standardizzati e confrontabili a livello europeo e globale, e sottolinea la necessità, per gli Stati membri, di dotarsi di strumenti di contabilità delle risorse idriche a supporto della pianificazione di bacino, in modalità previsionale e consuntiva, anche alla luce dei cambiamenti del clima. A tal fine, la Commissione ha pubblicato nel 2015 un documento tecnico di indirizzo, sulla stima e applicazione dei bilanci idrici come strumento essenziale per la gestione efficiente delle risorse idriche in attuazione della WFD (EC, 2015).

Il Green Deal europeo (EC, 2020) definisce obiettivi ambiziosi, in attuazione dell’Agenda globale 2030, legati alla sostenibilità del proprio sviluppo e al contempo alla tutela e miglioramento della qualità dell’ambiente in Europa, riconoscendo le rilevanti interconnessioni e interdipendenze tra ambiente ed economia e dunque sottintendendo la necessità di dotarsi di una contabilità ambientale.

2.2 Le norme nazionali e il bilancio idrologico

La WFD è stata recepita e integrata a livello nazionale all’interno della Parte terza del Testo Unico Ambientale (DLgs. 152/06 e s.m.i - TUA) che contiene anche gli obblighi di caratterizzazione, monitoraggio, valutazione e definizione dei programmi di misure per raggiungere gli obiettivi ambientali per tutti i corpi idrici di distretto e per la corretta predisposizione dei Piani di Gestione di bacino distrettuale (art. 117 TUA) ed assegna le relative competenze in coerenza con l’assetto istituzionale definito a seguito della riforma del titolo V della Costituzione (art. 75 TUA).

In particolare, il tema del bilancio idrico è affrontato esplicitamente dall’articolo 95 (Pianificazione del bilancio idrico), che:

- a. sancisce il ruolo cruciale della tutela quantitativa della risorsa nel concorrere *al raggiungimento degli obiettivi di qualità attraverso una pianificazione delle utilizzazioni delle acque volta ad evitare ripercussioni sulla qualità delle stesse e a consentire un consumo idrico sostenibile.*
- b. Sancisce l’obbligo che nei piani di tutela delle acque (PTA, art. 121), piani settoriali attuativi degli obiettivi dei PdG distrettuali, siano *adottate le misure volte ad assicurare l’equilibrio del bilancio idrico come definito dalle Autorità di bacino, nel rispetto delle priorità stabilite dalla normativa vigente e tenendo conto dei fabbisogni, delle disponibilità, del minimo deflusso vitale, della capacità di ravvenamento della falda e delle destinazioni d’uso della risorsa compatibili con le relative caratteristiche qualitative e quantitative.*

-
- c. Obbliga le Regioni² a definire gli obblighi per l'*installazione e manutenzione in regolare stato di funzionamento di idonei dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi d'acqua pubblica derivati, in corrispondenza dei punti di prelievo e, ove presente, di restituzione, nonché gli obblighi e le modalità di trasmissione dei risultati delle misurazioni dell'Autorità concedente per il loro successivo inoltramento alla regione ed alle Autorità di bacino competenti e all'ISPRA.*
- d. Impone, all'Autorità concedente, di regolare le derivazioni garantendo il rilascio del minimo deflusso vitale nei corpi idrici, come definito da specifici decreti (DM. 28 luglio 2004; Decreto Direttoriale 2017 STA/30 MATTM) *senza che ciò possa dar luogo alla corresponsione di indennizzi da parte della pubblica amministrazione, fatta salva la relativa riduzione del canone demaniale di concessione.*
- e. Obbliga le Autorità concedenti ad effettuare il *censimento di tutte le utilizzazioni in atto nel medesimo corpo idrico sulla base del D.M. 28 luglio 2004, stabilendo che le medesime Autorità provvedono successivamente, ove necessario, alla revisione di tale censimento, disponendo prescrizioni o limitazioni temporali o quantitative, senza che ciò possa dar luogo alla corresponsione di indennizzi da parte della pubblica amministrazione, fatta salva la relativa riduzione del canone demaniale di concessione.*

Nel D.M. 28/07/2004 recante "*Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale*", sono contenute definizioni e indicazioni per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, che verranno illustrate come termini di riferimento nel successivo capitolo 3, e per stimare il deflusso minimo vitale. Quest'ultimo è definito, in seno al medesimo decreto, come *la portata istantanea da determinare in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua, che deve garantire la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corpo idrico, chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali. Per salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corso d'acqua si intende il mantenimento delle sue tendenze evolutive naturali (morfologiche ed idrologiche), anche in presenza delle variazioni artificialmente indotte nel tirante idrico, nella portata e nel trasporto solido. Per salvaguardia delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque deve intendersi il mantenimento, nel tempo, dello stato di qualità delle acque, in linea con il perseguimento degli obiettivi di qualità previsti dalla WFD e della naturale capacità di autodepurazione del corso d'acqua.*

La norma nazionale, nel 2004, descrive ciò che a livello europeo è oggi definito come deflusso ecologico o meglio regime dei deflussi ecologici, sinteticamente il regime dei deflussi che occorre garantire per mantenere o raggiungere il buono stato ecologico.

A livello di pianificazione di bilancio idrico, ciò pone il problema di individuare le idroesigenze ecosistemiche (sia per il biota che per gli habitat) o per poterle preservare ed escludere dai volumi potenzialmente allocabili.

² "*sulla base delle linee guida adottate dal Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare con proprio decreto, previa intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, nonché sulla base dei criteri già adottati dalle Autorità di bacino*". Tali linee guida non sono mai state pubblicate.

3. DEFINIZIONI DI “BILANCIO IDROLOGICO” E DI “RISORSA IDRICA”

Considerato che il tema principale del presente Rapporto è la stima delle componenti del bilancio idrologico e della disponibilità naturale della risorsa idrica, è opportuno partire da una disamina delle definizioni che si possono riscontrare in ambito tecnico-scientifico e indicare quelle che qui sono utilizzate per evitare possibili equivoci sui termini che concorrono alla loro valutazione.

Il Decreto 28 luglio 2004 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio recante le “*Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152*”, tra le altre, fornisce per “bilancio idrologico” la seguente definizione: “*comparazione, nel periodo di tempo considerato e con riferimento ad un determinato bacino o sottobacino, superficiale o sotterraneo, tra afflussi e deflussi naturali, ovvero deflussi che si avrebbero in assenza di pressione antropica*”. Con la definizione di bilancio idrologico viene sottolineata la “naturalità” della circolazione idrica superficiale e sotterranea generata dagli afflussi. A questa definizione si fa riferimento nel presente Rapporto, per tenere il bilancio idrologico distinto dal “bilancio idrico”, che viene invece definito come “*comparazione, nel periodo di tempo considerato, fra le risorse idriche (disponibili o reperibili) in un determinato bacino o sottobacino, superficiale o sotterraneo, al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici ed i fabbisogni per i diversi usi (esistenti o previsti)*”, nel quale interviene la componente antropica a modificare la circolazione idrica per il soddisfacimento dei fabbisogni.

Per “risorsa idrica naturale” invece nel Decreto si intende il “*volume di acqua che, nel periodo di tempo considerato (annuale, o più breve), attraversa una determinata sezione di un corso d'acqua superficiale, o di una falda sotterranea, in assenza di alterazioni prodotte da usi antropici*”. Tale definizione comporta la misura o la stima della portata in una sezione del corso d'acqua ovvero il flusso idrico attraverso una sezione sotterranea nelle condizioni naturali indisturbate in assenza di influenza antropica.

La Conferenza Nazionale delle Acque, di cui si riferirà nel capitolo 4, invece, distingue le risorse idriche in “*...statiche e dinamiche. Le prime sono rappresentate dai depositi geologici (o fossili) costituitisi nei secoli, analoghi a quelli di petrolio; le seconde da tutte le acque superficiali e sotterranee in movimento alimentate dalle precipitazioni*”. Dal punto di vista dell'utilizzo invece distingue le risorse idriche in naturali, potenziali e utilizzabili: “*La risorsa idrica naturale dinamica è il volume di acqua medio annuo (deflusso medio) che attraversa una determinata sezione di un corso d'acqua superficiale, oppure di una falda sotterranea. La risorsa idrica potenziale è la massima risorsa che può essere messa a disposizione con mezzi artificiali (ad esempio con serbatoi di regolazione). La risorsa idrica utilizzabile o disponibile è quella suscettibile di essere valorizzata, tenendo conto di considerazioni economiche e sociali*”.

La definizione di risorsa idrica naturale dinamica, sostanzialmente ripresa successivamente nel Decreto Ministeriale, è adatta a una valutazione locale, come un bacino idrografico sotteso da una sezione o a una falda sotterranea, ma mal si presta alla quantificazione della risorsa per tutto il territorio nazionale, dovendosi conoscere le portate di tutti i corsi d'acqua, dai più piccoli ai più grandi, e di tutti gli acquiferi sotterranei nelle sezioni sotterranee di sbocco a mare.

Per tale motivo, nelle valutazioni effettuate con il BIGBANG che hanno una valenza nazionale, si ritiene opportuno far riferimento alle definizioni proposte dagli organismi internazionali che elaborano, o che richiedono ai Paesi, statistiche sulle risorse idriche relative alla scala nazionale o sub-nazionale (ad es., macro regioni, distretti idrografici). Tale motivazione, concordata a livello nazionale anche con l'Istat, permette non solo di ovviare a una difficile, se non impossibile, raccolta omogenea di informazioni sulle misure di portata di tutti i corsi d'acqua e di tutte le falde sotterranee, ma anche di rispondere nella maniera più coerente possibile alla compilazione degli indicatori proposti e richiesti dagli organismi sovranazionali. Questo è il caso dell'OCSE (*Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico*) che, congiuntamente a Eurostat, richiede annualmente a tutti i Paesi la compilazione del *Joint Questionnaire on Inland Waters* per l'elaborazione delle statistiche europee sulle risorse idriche. L'OCSE ed Eurostat richiedono informazioni sulle risorse idriche naturali attraverso la compilazione della tabella riportata in Figura 3.1, le cui definizioni sono contenute nel *Data Collection Manual* (2018). In particolare la risorsa idrica naturale (*total renewable freshwater resources*) viene definita come “la risorsa idrica che si produce naturalmente nel territorio di riferimento esclusivamente dalle

precipitazioni, che al netto dell'evapotraspirazione, sono cadute all'interno dello stesso territorio (*internal flow*) a cui si somma eventualmente la risorsa naturale proveniente dall'esterno del territorio (*actual external inflow*)³. L'*internal flow* è calcolato o misurato come differenza tra la precipitazione e l'evapotraspirazione (Figura 3.2).

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (*European Environment Agency*, EEA), per il popolamento del Sistema Informativo sulle Acque per l'Europa (*Water Information System for Europe*, WISE), adotta le stesse definizioni di OCSE/Eurostat.

Table 1 is designed to provide an overview of freshwater resources on the national territory and the flows of which they are composed (internal flow and actual external inflow). By definition, the concept of renewable resources excludes non-renewable resources available from the potential use of water reserves (essentially groundwater).

Parameters (definition number)	Definition DCM page	Decision tree DCM page	Good practices DCM page
Precipitation (1)	29	34	-
Actual evapotranspiration (2)	29	34	35
Internal flow (3)	29	34	-
Actual external inflow (4)	30	34	36
Total actual outflow (5)	30	34	36
into the sea (6)	30	34	-
into neighbouring territories (7)	30	34	-
Total renewable freshwater resources (8)	30	34	-
Recharge into the aquifer (9)	30	34	36
Groundwater available for annual abstraction (10)	31	34	37
Freshwater resources 95 % of time (11)	32	34	37

Figura 3.1 – Tabella 1 sulle risorse idriche rinnovabili dell'OCSE/Eurostat riportata nel *Joint Questionnaire on Inland Waters* (2018)

In maniera analoga, la *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), che riporta le statistiche globali sulle risorse idriche nella banca dati ACQUASTAT (<http://www.fao.org/aquastat/en/>), è allineata alla definizione di OCSE/Eurostat⁴.

Anche altre organizzazioni delle Nazioni Unite come l'*United Nations Statistics Division* (UNSD), l'*United Nations Environment Programme* (UNEP) e l'*United Nations Economic Commission for Europe*⁵ (UNECE) hanno armonizzato le proprie definizioni di risorsa idrica naturale con quella di OCSE/Eurostat.

Nel presente Rapporto, quindi, assumendo le definizioni adottate dagli organismi internazionali, si intende per disponibilità naturale della risorsa idrica, nel generico intervallo di tempo e per un dato territorio, il termine di afflusso liquido al suolo (pioggia e scioglimento nivale) al netto dell'evapotraspirazione, oltre eventualmente la risorsa esterna.

Ciò consente anche di popolare in maniera appropriata e omogenea a scala nazionale (o sub-nazionale) alcuni importanti indicatori attualmente adottati a livello internazionale per valutare le pressioni che le attività umane esercitano sulla risorsa idrica rinnovabile. Tra questi si ricorda a livello europeo il *Water Exploitation Index Plus* (WEI+) proposto dalla Commissione Europea quale indicatore di riferimento per gli Stati Membri nella valutazione dello stress idrico (Faergemann, 2012; Mariani et al., 2018), richiesto nel *reporting* della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, laddove i prelievi costituiscano una pressione significativa per il distretto idrografico, e che è entrato a far parte del set di indicatori adottati dall'EEA.

Nel contesto mondiale è importante menzionare l'indicatore 6.4.2 *Level of Water Stress*, che misura il rapporto tra i prelievi per tutte le attività economiche e il totale delle risorse idriche rinnovabili disponibili (Vanhama et al., 2018), scelto nell'ambito degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile

³ "Total renewable freshwater resources" come "Internal flow plus actual external inflow" dove per Internal flow viene indicato "Total volume of river runoff and groundwater generated, in natural conditions, exclusively by precipitation into a territory. The internal flow is equal to precipitation less actual evapotranspiration and can be calculated or measured. If the river runoff and groundwater generation are measured separately, transfers between surface and groundwater should be netted out to avoid double counting."

⁴ "Total Renewable Water Resources (TRWR): The sum of internal renewable water resources (IRWR) and external renewable water resources (ERWR). It corresponds to the maximum theoretical yearly amount of water available for a country at a given moment"

⁵ "Renewable freshwater (surface and groundwater) resources are replenished by precipitation (less evapotranspiration) that ends up as runoff to rivers and recharge to aquifers (internal flow), and by surface waters and groundwater flowing in from neighbouring countries (inflow). The indicator also includes the outflow of surface and groundwaters to neighbouring countries and to the sea".

(Sustainable Development Goals, SDGs) promossi dalle Nazioni Unite per monitorare l'efficienza idrica in tutti i settori in cui la risorsa è utilizzata, assicurandone così un uso sostenibile.

Le definizioni degli organismi internazionali fanno riferimento alla risorsa "rinnovabile" (*renewable water resources*) che è quella che si rigenera naturalmente nell'ambito del ciclo idrologico in tempi comparabili con quelli caratteristici delle attività umane; per risorsa "non rinnovabile" (*non-renewable water resources*) si fa riferimento alle riserve idriche naturali, superficiali (e.g. ghiacciai) e sotterranee (e.g. acque fossili), il cui volume può essere utilizzato *una tantum* nel periodo considerato, al pari dei combustibili fossili (petrolio, gas, ecc.), poiché presentano un tasso di ripristino molto basso, con tempi di natura geologica, o addirittura nullo, per cui il loro utilizzo implica una riduzione definitiva del volume della risorsa naturale destinata, quindi, a esaurirsi.

Renewable freshwater resources - long-term annual average
(million m³)

	A. Precipitation	B. Evapotranspiration	C. Internal Flow	D. External Inflow	E. Renewable freshwater resources - total	F. Renewable freshwater resources per 1000 inhabitants
	C=A-B			E=C+D		
Belgium	28 039	15 757	12 282	11 565	24 032	2.1
Bulgaria	73 310	57 252	16 058	83 731	99 789	14.2
Czechia	54 104	38 410	15 694	575	16 260	1.5
Denmark	38 485	22 145	16 340	0 ^(e)	16 340	2.8
Germany	278 000	161 000	117 000	71 000	188 000	2.3
Estonia	29 018	:	12 347	:	12 347	9.4
Ireland	87 632	38 308	49 324	3 469	52 793	10.9
Greece	115 000	55 000	60 000	12 000	72 000	6.7
Spain	333 657	226 453	107 204	0	107 204	2.3
France	512 563	317 327	195 236	11 000	206 236	3.1
Croatia	66 625 ^(e)	42 095 ^(e)	24 529 ^(e)	93 782 ^(e)	118 312 ^(e)	28.8 ^(e)
Italy	281 752	147 283	134 469	:	:	:
Cyprus	3 030	2 709	321	0	321	0.4
Latvia	43 220	23 573	19 647	16 992	36 639	18.9
Lithuania	44 886	31 584	13 854	8 413	22 267	7.9
Luxembourg	2 030	1 125	905	739	1 644	2.7
Hungary	55 707	48 174	7 533	108 897	116 430	11.9
Malta	177	93	85	0	85	0.2
Netherlands	31 618	21 293	10 325	81 500	91 825	5.3
Austria	99 800	43 100	56 700	29 300	86 000	9.7
Poland	195 656	142 772	52 884	7 669	60 553	1.6
Portugal	82 164	43 571	38 593	35 000	73 593	7.2
Romania	154 630	115 432	39 198	366	39 564	2.0
Slovenia	31 746	13 150	18 596	13 496	32 092	15.5
Slovakia	37 352	24 278	13 074	67 252	80 326	14.8
Finland	222 000	115 000	107 000	3 200	110 000	20.0
Sweden	344 572	164 623	180 474	14 859	195 333	19.3
Norway	374 833	141 052	233 781	12 325	246 106	46.5
Switzerland	61 207	21 382	39 825	12 560	52 385	6.2
United Kingdom	287 607	127 290	161 369	6 454	172 861	2.6
Serbia	57 029	43 714	13 315	158 330	171 644	24.5
Turkey	503 100	275 700	227 400	6 900	234 300	2.9
Bosnia and Herzegovina	55 863 ^(e)	25 940 ^(e)	29 922 ^(e)	2 000 ^(e)	:	:
Kosovo *	763	478	285	11	296	0.2

(:) not available; (e): estimated;

The minimum period taken into account for the calculation of long term averages is 20 years

* This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence

Source: Eurostat (online data codes: env_wat_res and demo_pjan)

eurostat 

Figura 3.2 – Tabella pubblicata da Eurostat sulle risorse idriche naturali nei paesi europei
(https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics#Water_as_a_resource)

Non sempre è possibile stabilire se una risorsa idrica utilizzata è rinnovabile o meno, anche perché una medesima risorsa può presentare solo un'aliquota che si rinnova; il bilancio idrologico in questo contesto può costituire lo strumento per individuare il sovrasfruttamento di una risorsa con l'attingimento dall'aliquota non rinnovabile. A ciò si aggiunge l'impatto del cambiamento climatico sul ciclo idrologico che potrebbe in tempi brevi rendere non più rinnovabile parte delle risorse che attualmente si rigenerano.

La quantificazione della risorsa idrica utilizzabile implica considerazioni di varia natura: tecnica, economica, sociale, ambientale, politica ecc., non affrontate nel presente Rapporto.

È opportuno comunque ribadire che la risorsa naturale, anche nell'ipotesi estrema che sia tecnicamente ed economicamente realizzabile, non potrà mai essere utilizzata totalmente per i vincoli di carattere ambientale che è necessario considerare per la salvaguardia degli ecosistemi (EC, 2015).

4. IL BILANCIO IDROLOGICO DALLA CONFERENZA DELLE ACQUE DEL 1971

Le stime presentate in questo Rapporto si propongono, per quanto riguarda gli aspetti del bilancio idrologico e della disponibilità naturale della risorsa idrica, come proseguimento delle valutazioni proposte nella I Conferenza Nazionale delle Acque, tenutasi cinquant'anni or sono, in un ideale collegamento con essa, poiché le valutazioni idrologiche vengono qui riprese dal 1951, esattamente dall'anno successivo al periodo 1921–1950 cui esse si riferivano nella Conferenza.

La I Conferenza Nazionale delle Acque (d'ora in avanti CNA) (Figura 4.1), tenutasi dal dicembre 1968 al luglio 1971, fu voluta e attuata a cura della Associazione Nazionale delle Bonifiche, sotto gli auspici della Presidenza del Consiglio dei Ministri e venne presieduta dal Senatore Giuseppe Medici. I lavori della CNA furono finalizzati al tema fondamentale “... *come proteggere il ciclo naturale delle acque, cercando, nello stesso tempo, di utilizzare le risorse idriche del Paese al fine di rendere più alto il reddito, più sano e gradevole l'ambiente naturale più sicuro il territorio urbano e rurale di fronte al pericolo delle alluvioni*”.

La durata della Conferenza (circa 3 anni) era giustificata dalla estrema complessità del tema, di natura tecnica, scientifica, economica e politica, che non poteva, quindi, esaurirsi in una breve ed estemporanea manifestazione di qualche giornata di studio. L'elevatissimo livello tecnico-scientifico dei contributi, fanno ritenere, senza tema di smentita, che le determinazioni cui si giunse siano di assoluta autorevolezza e del massimo grado di accuratezza possibile per l'epoca, costituendo ancora oggi un solido riferimento per la valutazione delle risorse idriche in Italia.

Finora non è stato difatti effettuato un completo e approfondito aggiornamento della CNA, che tenga conto della mutata realtà ambientale, tecnica e normativa, per cui qualunque analisi sulle risorse idriche in Italia non può che muoversi dalle determinazioni della CNA.

Nella CNA furono affrontati svariati temi riguardanti “i problemi delle acque” articolati nei diversi settori sottoelencati, ciascuno dei quali trattato da un gruppo di lavoro:

- Risorse Idriche;
- Fabbisogni idrici;
- Difesa dalle acque;
- Inquinamento e depurazione delle acque;
- Il piano generale delle acque;
- Istruzione professionale e ricerca;
- Problemi giuridici e amministrativi.

In questo capitolo e nel prosieguo del Rapporto si farà riferimento ad alcune determinazioni del gruppo di lavoro “Risorse Idriche” operante nell'ambito della CNA coordinato dal professore Costantino Fassò (CNA, 1972) e costituito da eminenti scienziati dell'epoca.



Figura 4.1 – Frontespizio degli atti della Conferenza Nazionale delle Acque

La CNA formulò le sue valutazioni utilizzando per la parte idrologica cinquant'anni (1921–1970) di conoscenze acquisite soprattutto dal Servizio Idrografico Italiano dell'allora Ministero dei Lavori Pubblici (SII, che dal 1989 e fino al 2002 prese il nome di Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, SIMN, incardinato nel Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali della Presidenza del Consiglio dei Ministri)⁶, le cui attività erano ripartite per compartimenti definiti secondo criteri idrografici (aggregazioni di bacini). Si trattava di stime che utilizzavano principalmente dati osservati con sistematicità o ricavati da indagini ad hoc tratte da valutazioni di esperti per i dati mancanti o non aggiornati (Rusconi, 1994).

In particolare, nella CNA le stime degli afflussi medi annui facevano riferimento ai dati e alla carta della precipitazione annua media del trentennio 1921–1950 (Figura 4.2).

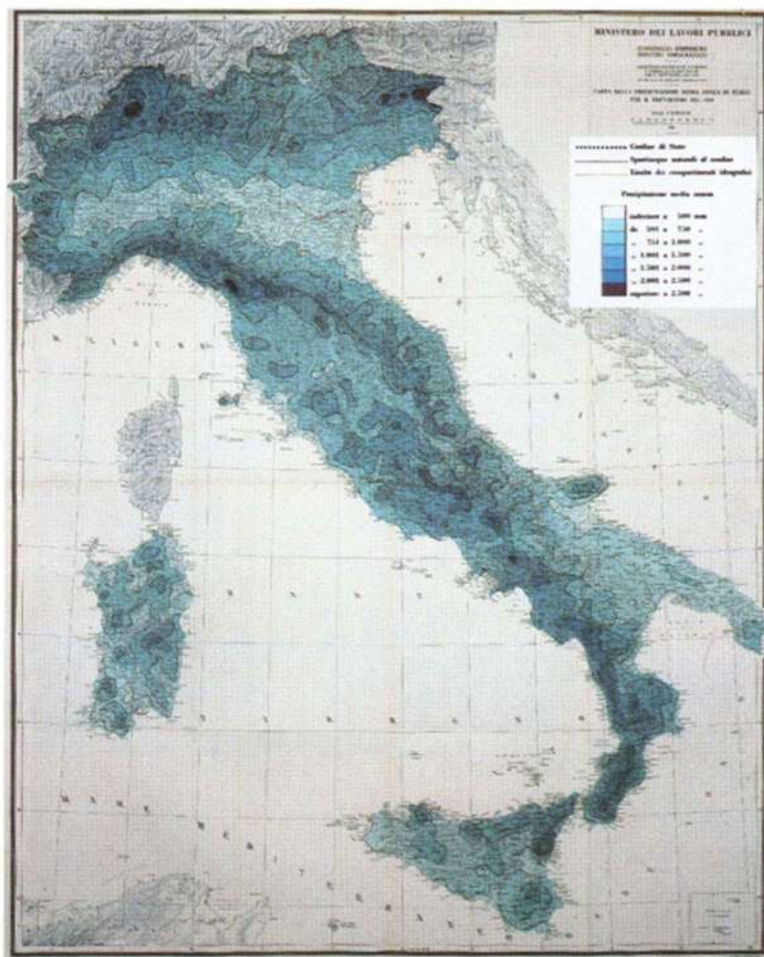


Figura 4.2 – Carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921–1950 elaborata dal SII

Nel periodo di massimo sviluppo, il SII disponeva di oltre 3300 stazioni di rilevamento termopluviometrico funzionanti e distribuite sul territorio italiano con densità uniforme superiore a una stazione ogni 100 km².

Nella CNA le stime delle grandezze idrologiche facevano riferimento, oltre che ai territori dei compartimenti, anche ad ambiti territoriali più vasti, aggregati sempre su base idrografica: l'Italia settentrionale derivava dall'aggregazione dei compartimenti di Venezia, Parma e Genova, l'Italia centrale dall'aggregazione di quelli di Bologna Firenze e Roma e, infine, l'Italia meridionale dall'aggregazione di quelli di Pescara, Napoli, Bari e Catanzaro. I compartimenti cui si riferivano le elaborazioni della CNA erano, ovviamente, quelli al 1970, quando non erano stati ancora istituiti i compartimenti idrografici delle provincie di Trento e Bolzano, incorporati dal compartimento di Venezia nella metà degli anni '70 del XX secolo.

Nelle tabelle seguenti sono riportati alcuni dei principali risultati della CNA relativamente alla risorsa naturale, ottenuti nell'ambito del tema "Risorse Idriche".

⁶ Per maggiori dettagli si rimanda a "Inquadramento storico del monitoraggio idro-meteorologico e delle relative competenze", disponibile sul portale ISPRA all'indirizzo: <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/acque-interne-e-marino-costiere-1/progetto-annali/inquadramento-storico-del-monitoraggio-idro-meteorologico-e-delle-relative-competenze>.

L'afflusso annuo medio relativo al periodo 1921–1950 ragguagliato su tutto il territorio nazionale veniva stimato in 990 mm a cui corrispondeva un volume di afflusso di 296 miliardi di m³. Il massimo afflusso medio di 1340 mm veniva registrato nel compartimento idrografico di Genova e il valore minimo di 660 mm nel compartimento idrografico di Bari (Tabella 4.1). Le precipitazioni annue medie erano superiori alla media nazionale nei compartimenti del versante tirrenico e inferiori alla media in quelli del versante adriatico. Molto al di sotto della media nazionale, invece, erano le precipitazioni medie sulle isole. Il valore medio della precipitazione annua per l'intero territorio nazionale, arrotondato a 1000 mm, ha costituito, e costituisce tutt'ora, uno di quei valori di riferimento che fanno parte del bagaglio tecnico di ogni ingegnere idraulico, idrologo e idrogeologo italiano.

Tabella 4.1 – *Afflusso annuo medio (1921–1950) stimato nella CNA per i compartimenti idrografici del SII (dati ripresi dalla Tabella III della CNA)*

COMPARTIMENTO IDROGRAFICO	Superficie	Afflusso ragguagliato	Afflusso	Percentuale afflusso
	km ²	mm	km ³	%
VENEZIA	37000	1160	42.9	14.5
PARMA	67100	1070	71.8	24.2
GENOVA	4800	1340	6.4	2.1
BOLOGNA	22000	940	20.7	7.0
PISA	20700	1010	20.9	7.1
ROMA	23600	1020	24.1	8.1
PESCARA	13200	900	11.9	4.0
NAPOLI	19300	1200	23.2	7.8
BARI	20000	660	13.2	4.5
CATANZARO	23700	1012	24.0	8.1
PALERMO	25700	730	18.8	6.3
CAGLIARI	24100	780	18.8	6.3
ITALIA	301200	990	296.6	100.0

Nella Tabella 4.2 sono riportate le stime degli afflussi meteorici annui medi aggregati per gli ambiti territoriali più vasti, ossia Italia settentrionale, Italia centrale e Italia meridionale, e per la ripartizione geografica Penisola e Isole maggiori Sicilia e Sardegna, con l'indicazione della percentuale rispetto all'afflusso totale nazionale. La distribuzione percentuale degli afflussi era sostanzialmente in linea con la percentuale del territorio ad eccezione delle isole, dove, a fronte di un territorio corrispondente a circa l'8–9% di quello nazionale, l'afflusso si attestava intorno al 6%.

Tabella 4.2 – *“Afflussi meteorici sull'Italia” stimati nella CNA (dati ripresi dalla Tabella II della CNA)*

AFFLUSSI METEORICI SULL'ITALIA			
Zona	Afflusso ragguagliato	Afflusso	Percentuale afflusso
(percentuale del territorio)	mm	km ³	%
Italia settentrionale (36%)	1112.0	121.0	40.8
Italia centrale (22%)	991.0	65.6	22.2
Italia meridionale (25%)	948.8	72.3	24.4
Penisola (83%)	1030.6	258.9	87.4
Sicilia (9%)	730.0	18.8	6.4
Sardegna (8%)	780.0	18.3	6.2
Territorio nazionale (100%)	990.0	296.0	100.0

La Tabella 4.3 riporta la stima del bilancio idrologico per l'intero territorio nazionale, mentre la Tabella 4.4 quella del deflusso superficiale, con riferimento sia all'articolazione degli ambiti territoriali più vasti sia all'articolazione geografica Penisola-Isole maggiori. Dalla Tabella 4.3 emerge l'importanza quantitativa della risorsa superficiale rispetto a quella sotterranea. Si deve, tuttavia, precisare che nel deflusso superficiale è compresa l'aliquota delle acque meteoriche che si infiltrano nel sottosuolo e che per il complesso dei fenomeni di circolazione sotterranea vanno ad alimentare i corsi d'acqua superficiali. In realtà, le risorse idriche sotterranee e superficiali di un bacino non sono tra loro

indipendenti ma il loro rapporto può essere immaginato come quello in cui “...l’acquifero corrisponda a un lago artificiale costruito per la regolazione delle acque di un fiume ai fini di una certa utilizzazione, gli alvei rialimentati dalla falda corrispondano all’impianto di utilizzazione e lo scarico a mare corrisponda allo sfioratore: infatti a quel modo che lo sfioratore del lago artificiale scarica solo l’acqua che non può essere assorbita dall’impianto di utilizzazione così il bordo a mare dell’acquifero sversa solamente quell’aliquota dell’acqua invasata che non è riuscita a immettersi, regolata, negli alvei più a monte” (CNA, 1972).

Nello specifico si può osservare in Tabella 4.3 che, dei 990 mm di afflusso annuo medio stimato, solo 510 mm, che rappresenta il 52% dell’afflusso totale, diventava deflusso superficiale e solo 40 mm, corrispondente al 4.1% del totale, costituiva il deflusso sotterraneo che, se non captato, si scaricava naturalmente a mare. Le perdite stimate, dovute principalmente all’evapotraspirazione, costituivano il 43.6% dell’afflusso totale.

Tabella 4.3 – “Bilancio idrico globale del territorio nazionale” stimato nella CNA (dati ripresi dalla Tabella XVII della CNA)

BILANCIO IDRICO GLOBALE DEL TERRITORIO NAZIONALE			
	Deflusso annuo	Altezza raggugiata	Percentuale volume
	km³	mm	%
Deflusso superficiale	155.0	510.0	52.3
Deflusso sotterraneo scaricantesi a mare	12.0	40.0	4.1
Perdita (Evapotraspirazione)	129.0	440.0	43.6
Afflusso meteorico	296.0	990.0	100.0

Da notare invece come le risorse superficiali nella Tabella 4.4, non erano più in linea con i valori della superficie del territorio, come gli afflussi in Tabella 4.2. Ad esempio, in Italia meridionale la stima delle risorse superficiali costituiva solo il 20.7% delle risorse superficiali naturali stimate per l’intero territorio nazionale, a fronte di un afflusso stimato del 24.4 % e di un territorio che costituisce il 25% di quello nazionale. Per la Sicilia e la Sardegna, che già presentavano afflussi in percentuale significativamente inferiori a quella del territorio, la situazione sulle risorse superficiali era ancora più distante, presentando percentuali del 3.2% e del 3.9% a fronte di un territorio rispettivamente del 9% e del 8% di quello nazionale.

Tabella 4.4 – “Risorse superficiali naturali del territorio nazionale” stimate nella CNA (riproduzione della Tabella V della CNA)

RISORSE SUPERFICIALI NATURALI DEL TERRITORIO NAZIONALE			
Zona	Risorsa raggugiata	Volume	Percentuale volume
(percentuale del territorio)	mm	km³	%
Italia settentrionale (36%)	751.1	81.8	52.8
Italia centrale (22%)	454.0	30.1	19.4
Italia meridionale (25%)	421.3	32.1	20.7
Penisola (83%)	572.8	144.0	92.9
Sicilia (9%)	190.7	4.9	3.2
Sardegna (8%)	253.1	6.1	3.9
Territorio nazionale (100%)	510.0	155.0	100.0

Una valutazione sul rapporto tra deflusso superficiale e afflusso riferita al periodo 1921–1950 è riportata in Tabella 4.5. A livello di ambiti territoriali, è interessante notare che nell’Italia settentrionale il 67% dell’afflusso si trasformava in deflusso superficiale, mentre per gli altri due ambiti territoriali il rapporto era dell’ordine del 45%. Se spostiamo la valutazione sulla ripartizione geografica Penisola-Isole maggiori è da evidenziare la situazione della Sicilia in cui solo il 26% dell’afflusso si trasformava in deflusso superficiale.

Tabella 4.5 – Rapporto percentuale tra la risorsa superficiale e l’afflusso stimato nella CNA (elaborazione dalle Tabelle II e Tabella V della CNA)

RAPPORTO RISORSA SUPERFICIALE/AFFLUSSO			
Zona (percentuale del territorio)	Volume afflusso	Volume risorsa superficiale	Rapporto percentuale
	km ³	km ³	%
Italia settentrionale (36%)	121.0	81.8	67.6
Italia centrale (22%)	65.6	30.1	45.9
Italia meridionale (25%)	72.3	32.1	44.4
Penisola (83%)	258.9	144.0	55.6
Sicilia (9%)	18.8	4.9	26.1
Sardegna (8%)	18.3	6.1	33.3
Territorio nazionale (100%)	296.0	155.0	52.4

All’epoca della CNA, Chernogaeva (1970) presentava i risultati di una ricerca condotta a livello europeo sul bilancio idrologico e sulla disponibilità di risorsa idrica. Da quella analisi risultava che l’afflusso medio per l’Europa mediterranea era stato stimato in 843 mm, mentre per l’intero continente europeo si attestava a 646 mm (Tabella 4.6). Pertanto, l’Italia con 990 mm presentava un afflusso superiore sia alla media europea sia alla media dei paesi dell’Europa mediterranea.

Tabella 4.6 – Bilancio idrologico nelle macro-regioni europee stimato in Chernogaeva (1970)

Water balance and water resources of Europe

Region	Unit	Precipitation	Total river runoff	Ground water discharge into rivers	Surface flood runoff	Evaporation	Total moisture of an area	Runoff coefficient	Coefficient of river feeding in p.c. of runoff water	Groundwater runoff
<i>Eastern</i> (the European part of the USSR without islands, Poland, Czechoslovakia, Rumania Bulgaria),	mm	503	193	59	134	310	369	0,38	0,16	30,5
	km ³	2976	1091	332	759	1885	2217			
<i>Middle</i> (GDR, FRG, Austria, Switzerland, Hungary)	mm	861	405	175	230	456	631	0,47	0,28	43,2
	km ³	551	226	97	129	255	352			
<i>North-Western</i> (Iceland, Denmark, Norway, Sweden, Finland)	mm	685	469	53	416	216	269	0,68	0,19	11,4
	km ³	862	590	67	523	272	339			
<i>Western</i> (England, France, Belgium, Holland)	mm	1007	548	214	334	459	673	0,54	0,32	39,1
	km ³	870	472	179	293	398	577			
<i>Southern</i> (Portugal, Spain, Yougoslavia, Albania, Greece)	mm	843	343	103	240	500	603	0,41	0,17	30,0
	km ³	1107	451	136	315	656	792			
The whole of Europe	mm	646	290	82	207	356	439	0,44	0,19	28,6
	km ³	6290	2830	811	2019	3466	4277			

Nel 1989 da parte dell’allora Ministero dell’Agricoltura e Foreste fu proposto un aggiornamento dei risultati della CNA, che, per quanto concerne la disponibilità annua media della risorsa idrica naturale, confermava le determinazioni del 1971 (Ministero dell’Agricoltura e Foreste, 1990). Tali determinazioni furono confermate anche successivamente dall’IRSA-CNR (1999).

Una recente valutazione della disponibilità naturale annua della risorsa idrica è stata poi effettuata nel 2015 dall’Istat (Figura 4.3) i cui risultati si riferivano al decennio 2001–2010 e alla media del trentennio 1971–2000.

In merito a questi studi è importante sottolineare che le valutazioni sulla disponibilità di risorsa idrica sono sempre state effettuate con riferimento ai valori annui. Tuttavia, come fu messo in evidenza anche nell’ambito della stessa CNA, i valori annui medi possono fornire valutazioni fuorvianti in quanto: “... possono condurre a giudizi ottimistici dai quali bisogna guardarsi, e ciò perché non è stato dato abbastanza rilievo al fatto che la quantità di acqua che cade può essere utilizzata soltanto se essa ha una regolare distribuzione durante l’anno, il che, di regola, non avviene nel nostro paese...”.

La disponibilità idrica stimata nella CNA e negli studi successivi, è infatti solo un valore annuo medio, che non tiene conto della grande variabilità stagionale (o intra-annuale) e inter-annuale caratteristica del nostro clima, nonché della elevata eterogeneità geografica, oltre al fatto che le risorse risultano quasi sempre in “controfase” rispetto ai fabbisogni (Rusconi, 1994).

TAVOLE DI DATI
RISORSE IDRICHE NATURALI

Istat presenta, per la prima volta, la valutazione quantitativa delle risorse idriche naturali, determinata attraverso gli indicatori idrologici (precipitazione, evapotraspirazione reale, deflusso totale, ricarica degli acquiferi) derivati dalla rilevazione "Dati meteo-climatici ed idrologici", che ha come unità rispondenti gli enti gestori delle reti di monitoraggio meteorologico e idrometrico nazionali, regionali e locali.

I dati diffusi si riferiscono agli anni del decennio 2001-2010 e alla media annuale del trentennio 1971-2000. Il calcolo degli indicatori è realizzato considerando come unità di analisi il bacino idrografico e sono diffusi per regione e per distretto idrografico (i limiti dei distretti sono quelli definiti in base al d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152).

Le particolari caratteristiche idrogeologiche e climatiche della penisola italiana condizionano notevolmente la disponibilità e la distribuzione delle risorse idriche sul territorio. A scala nazionale, nel decennio 2001-2010 si registra un leggero aumento della quantità di risorse idriche rispetto al trentennio di riferimento. Ad un maggiore livello di dettaglio, stagionale e territoriale, il trend è, tuttavia, piuttosto eterogeneo. Forti precipitazioni, alluvioni, ondate di calore o di gelo, concentrati in particolari aree territoriali ed in brevi lassi di tempo, sono sempre più frequenti ed influenzano sensibilmente la distribuzione e la disponibilità delle risorse idriche.

PERIODO DI RIFERIMENTO: ANNI 2001-2010
DATA DI PUBBLICAZIONE: 20 MARZO 2015

ALLEGATI

- INDICE DELLE TAVOLE (pdf 84 kb)
- TAVOLE (XLS-005) (zip 78 kb)
- NOTA METODOLOGICA (pdf 437 kb)
- GLOSSARIO (pdf 123 kb)

Figura 4.3 – Pagina del portale WEB dell'Istat relativa alle valutazioni annuali delle risorse idriche naturali per il decennio 2001–2010 e per la media del 1971–2000 (<https://www.istat.it/it/archivio/153668>)

È dunque, più che mai necessario passare a una valutazione a scala mensile e con un approccio spazialmente distribuito, in maniera tale da cogliere l'estrema variabilità spaziale e temporale della risorsa naturale. Tale valutazione è oggi facilmente attuabile grazie alla disponibilità di potenti sistemi di elaborazione grafica e numerica costituiti, ad esempio, dagli ambienti GIS (*Geographic Information System*) e favorita dalla disponibilità di informazioni di tipo distribuito, in formato raster, ad alta risoluzione.

PARTE II

5. FORMULAZIONE GENERALE DEL BILANCIO IDROLOGICO

In generale con il termine “bilancio” riferito a un certo volume e a un determinato intervallo di tempo si esprime il principio di conservazione di una grandezza fisica: massa, energia, ecc.

Nella sua forma più generale, la relazione che esprime il bilancio della grandezza fisica in un assegnato volume e in un determinato intervallo di tempo Δt può essere scritta come:

$$IN = OUT + \Delta/\Delta t \quad \text{eq. 5.1}$$

dove:

IN è il flusso della grandezza in ingresso al volume di controllo nell'intervallo di tempo Δt (nelle opportune unità di misura rapportate al tempo);

OUT è il flusso della grandezza in uscita al volume di controllo nell'intervallo di tempo Δt (nelle opportune unità di misura rapportate al tempo);

Δ è la variazione della grandezza immagazzinata, nello stesso intervallo di tempo Δt , che è positiva se il flusso uscente è inferiore a quello entrante, negativa nel caso contrario (nelle opportune unità di misura).

Nel “bilancio idrologico”, la grandezza fisica di cui si vuole esprimere la conservazione è la massa dell'acqua oppure, nella sua forma liquida incomprimibile, il suo volume, riferito a una porzione di spazio attraverso il quale si muove nel suo perenne ciclo naturale sulla Terra.

Con riferimento allo schema riportato in Figura 5.1, il bilancio idrologico nel “volume di controllo”, che generalmente è costituito dal territorio del bacino idrografico e dalla sua estensione sotterranea, in un dato intervallo di tempo Δt viene espresso dalla relazione:

$$P + (Q_{SUP,IN} + Q_{SOT,IN})\Delta t = E + (Q_{SUP,OUT} + Q_{SOT,OUT})\Delta t + \Delta V \quad \text{eq. 5.2}$$

dove al primo membro sono riportati tutti i volumi in ingresso e al secondo tutti quelli in uscita:

P è il volume delle precipitazioni totali (anche solide in equivalente liquido) nell'intervallo di tempo Δt ;
 $Q_{SUP,IN}$ è il flusso idrico in ingresso superficialmente al territorio di riferimento (generalmente attraverso il reticolo idrografico);

$Q_{SOT,IN}$ è il flusso idrico in ingresso al territorio attraverso l'estensione sotterranea;

E è il volume idrico che viene restituito all'atmosfera sotto forma di vapore (in equivalente liquido) per i fenomeni di evaporazione e di traspirazione della vegetazione, conglobati nel complessivo fenomeno dell'evapotraspirazione, nell'intervallo di tempo Δt ;

$Q_{SUP,OUT}$ è il flusso idrico in uscita superficialmente al bacino (generalmente attraverso il reticolo idrografico);

$Q_{SOT,OUT}$ è il flusso idrico in uscita dal territorio attraverso l'estensione sotterranea;

ΔV è la variazione dei volumi idrici (*stock*) immagazzinati nei diversi ambienti del territorio nell'intervallo di tempo Δt ; esso è costituito dalla somma dei diversi contributi in cui l'acqua può trovarsi immagazzinata: nella coltre nevosa e nei ghiacci (ΔV_{neve}), nel suolo (ΔV_{suolo}), negli acquiferi sotterranei ($\Delta V_{acquiferi}$), nei laghi (ΔV_{laghi}), negli invasi artificiali (ΔV_{invasi}), nella rete idrografica ($\Delta V_{rete\ idrografica}$) e in misura minore sulla vegetazione (fenomeno della intercezione) e in piccole depressioni e irregolarità di superfici impermeabili.

I fenomeni che intervengono nel ciclo idrologico sono molto complessi e caratterizzati da scale spaziali e temporali anche molto diverse tra loro. Nel presente Rapporto ci si limiterà, tuttavia, ad una descrizione necessariamente schematica e funzionale alla descrizione del modello BIGBANG, mentre per una loro approfondita descrizione si rimanda ai testi specialistici (e.g. Maidment, 1993; Bras, 1990).

Alla complessità dei fenomeni si aggiunge anche la generale scarsa conoscenza degli ambienti interessati dal movimento delle acque, come ad esempio quello sotterraneo, per cui la quantificazione dei processi del ciclo idrologico può essere fatta solo con un elevato margine di incertezza.

Ritornando allo schema in Figura 5.1, i termini che intervengono nel bilancio idrologico sono di seguito descritti in maniera schematica: il principale flusso in ingresso al volume di controllo sono le precipitazioni (P), che possono essere sia liquide che solide, dalle quali si originano tutti i fenomeni legati alla circolazione idrica superficiale e sotterranea nel bacino. Un'aliquota delle precipitazioni, ovviamente nelle aree con temperatura adeguata, avviene in forma solida e sono immagazzinate nella coltre nevosa e nei ghiacci (ΔV_{neve}), che successivamente, quando le condizioni atmosferiche lo consentono, si trasformano in volumi idrici in forma liquida che contribuiscono ad alimentare la circolazione idrica nel bacino.

Una cospicua aliquota del flusso delle precipitazioni, invece, fuoriesce nuovamente dal volume di controllo, in tempi comparabili allo stesso flusso in ingresso, attraverso i fenomeni di evaporazione dalle superfici liquide (laghi, invasi, ecc.), dalle superfici del terreno dove l'acqua si è raccolta in piccole depressioni e irregolarità del terreno, dall'acqua intercettata dal fogliame della vegetazione (intercezione) e di traspirazione della vegetazione, nel complesso fenomeno dell'evapotraspirazione (E). Rimane in ingresso, pertanto, solo un'aliquota delle precipitazioni, che dà origine alla circolazione all'interno del bacino.

Una parte del flusso delle precipitazioni resta immagazzinata nel suolo (ΔV_{suolo}), dove ha luogo il complesso dei fenomeni di assorbimento da parte della vegetazione. Quando il volume delle precipitazioni immagazzinato nel suolo supera la sua capacità di ritenzione, la cosiddetta capacità di campo, si genera il flusso di ricarica degli acquiferi sotterranei (G) e quello del ruscellamento (R).

Il flusso della ricarica (G) alimenta gli acquiferi sotterranei nei quali si immagazzina dinamicamente un volume idrico ($\Delta V_{acquiferi}$) che, ritornando in parte in superficie con un ritardo più o meno accentuato rispetto alla precipitazione, mediante un complesso meccanismo di scambio con la rete idrografica, alimenta i corsi d'acqua all'interno del bacino. Il volume idrico immagazzinato negli acquiferi può essere scambiato in parte anche con altri acquiferi limitrofi generando un flusso in ingresso ($Q_{SOT,IN}$) e in uscita ($Q_{SOT,OUT}$), ovvero alimentare la rete idrografica di territori limitrofi o anche scaricarsi sotterraneamente a mare con emergenze sottomarine.

Il ruscellamento (R), invece, si incanala nella rete idrografica del bacino dando origine a una portata (Q) alla quale, come già detto, può aggiungersi una portata detta "di base" (*base flow*) (BF) proveniente dall'ambiente sotterraneo che alimenta i corsi d'acqua anche in periodi di assenza di precipitazioni. La portata nella rete idrografica del bacino può essere anche costituita da una aliquota proveniente da territori limitrofi ($Q_{SUP,IN}$).

La portata nella rete idrografica del bacino prima di raggiungere l'uscita, può ulteriormente modificarsi per effetto dell'immagazzinamento nella stessa rete idrografica ($\Delta V_{rete\ idrografica}$), ed eventualmente dell'immagazzinamento in laghi (ΔV_{laghi}) e/o in invasi artificiali (ΔV_{inva}).

Infine il bilancio idrologico si chiude con la portata uscente nella sezione di chiusura del bacino lungo la rete idrografica ($Q_{SUP,OUT}$) che può essere immessa in territori limitrofi o scaricarsi direttamente in mare.

Considerata la particolare struttura sequenziale della schematizzazione del ciclo idrologico, così come descritto, è possibile focalizzare l'attenzione solo su una parte di esso i cui flussi in ingresso e in uscita costituiscono rispettivamente i flussi in uscita dai processi precedenti e in entrata per quelli successivi. In realtà i fenomeni naturali descritti non hanno luogo in maniera strettamente sequenziale, ma sono intimamente intrecciati spazialmente e temporalmente.

Si pone quindi l'attenzione sulla parte del bilancio, in Figura 5.1 circoscritta dalla linea tratteggiata in rosso, che rappresenta la parte del ciclo idrologico che ha luogo nel suolo, assunto come volume di controllo del bilancio.

Con riferimento alla Figura 5.2, il suolo, a sua volta, può essere schematizzato come costituito dalla superficie e dallo strato di terreno interessato dall'apparato radicale della vegetazione (*root zone*), tra i quali hanno luogo dei flussi idrici. La suddivisione del suolo nella superficie e nella *root zone* consente di individuare in maniera più chiara le variabili idrologiche e l'ambiente in cui intervengono nel bilancio.

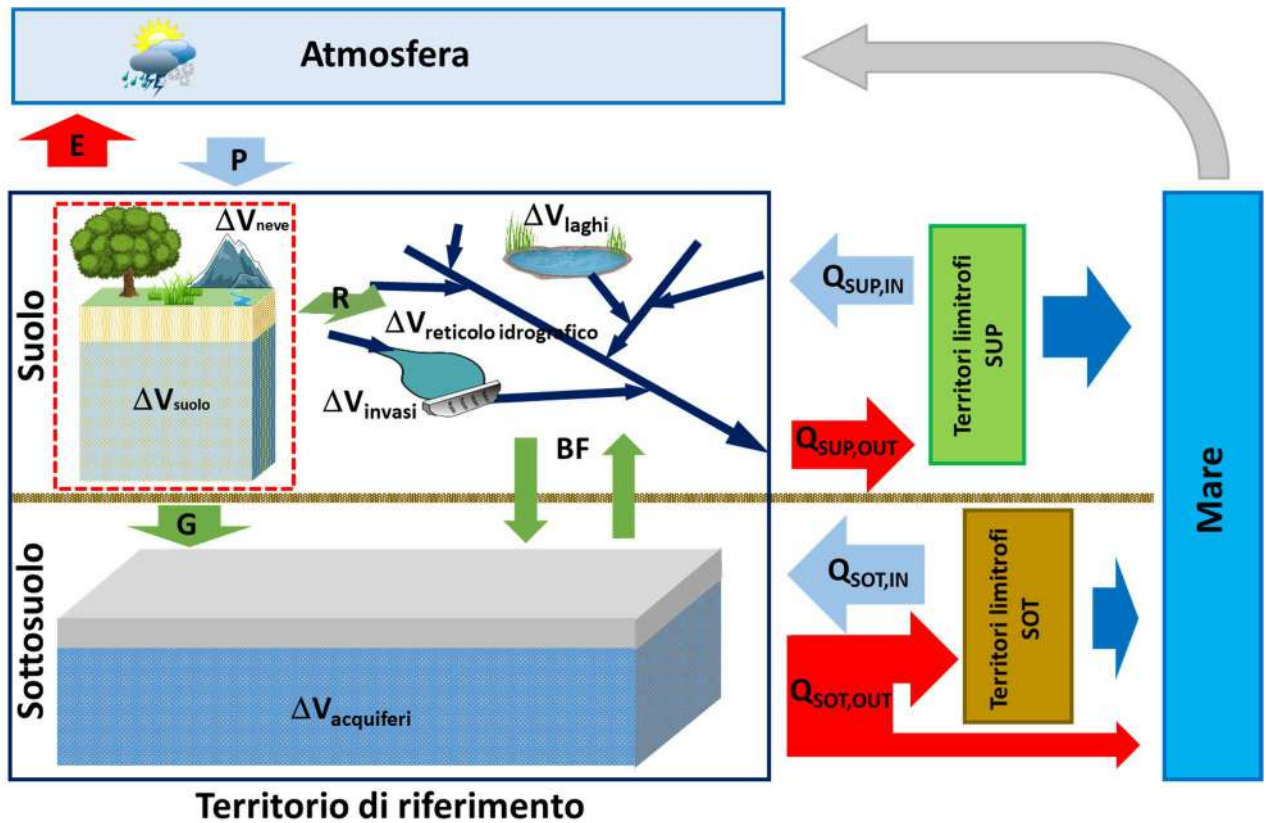


Figura 5.1 – Schema del ciclo idrologico in relazione al territorio di riferimento

Per la *root zone* il bilancio si scrive:

$$AS - TR = SR + G + \Delta V_{suolo} \quad \text{eq. 5.3}$$

dove:

AS è il volume di afflusso netto al suolo nell'intervallo di tempo Δt , costituito dall'aliquota delle precipitazioni P che avvengono in forma liquida a cui si aggiunge lo scioglimento nivale (ossia $-\Delta V_{neve}$) e al quale si sottraggono, dato che non raggiungono la *root zone*, il ruscellamento diretto (DR) (*direct runoff* o *storm runoff*) che avviene in superficie e l'evaporazione dalla superficie del suolo (EV);

TR è il volume idrico nell'intervallo di tempo Δt che viene assorbito dalla vegetazione mediante l'apparato radicale e trasferito al fusto e alle foglie da dove viene immesso in atmosfera nel complesso fenomeno della traspirazione;

SR è il volume idrico nell'intervallo di tempo Δt che si genera nella *root zone* quando in essa si supera il valore della capacità di campo, definito da alcuni autori (McCabe e Markstrom, 2007) come *surplus runoff* e che potrebbe essere assimilato al ruscellamento ipodermico o sotto-superficiale.

Considerato quindi che è:

$$AS = P - EV - DR - \Delta V_{neve} \quad \text{eq. 5.4}$$

si ha che l'equazione di bilancio per la *root zone* nell'intervallo di tempo Δt diventa:

$$P - EV - DR - \Delta V_{neve} - TR = SR + G + \Delta V_{suolo} \quad \text{eq. 5.5}$$

che, raggruppando alcuni termini, prende la formulazione:

$$(P - \Delta V_{neve}) - (EV + TR) = (SR + DR) + G + \Delta V_{suolo} \quad \text{eq. 5.6}$$

che diventa infine:

$$A - E = R + G + \Delta V_{suolo} \quad \text{eq. 5.7}$$

dove:

A è il volume di afflusso liquido al suolo costituito dall'aliquota delle precipitazioni che avvengono in forma liquida a cui si aggiunge lo scioglimento nivale nell'intervallo di tempo Δt ;

E è il volume dell'evapotraspirazione (equivalente liquido) nell'intervallo di tempo Δt , che è dato dalla somma del volume idrico che la vegetazione preleva dal suolo attraverso l'apparato radicale ed emette in atmosfera attraverso l'apparato fogliare a seguito del processo di traspirazione (TR) e il volume di evaporazione dalla superficie del terreno (EV).

R è il volume totale del ruscellamento nell'intervallo di tempo Δt , che è dato dalla somma del volume idrico del ruscellamento diretto (DR) e di quello del ruscellamento ipodermico (SR).

ΔV_{suolo} è la variazione del volume (stock) immagazzinato nel suolo nell'intervallo di tempo Δt .

La eq. 5.7 si può anche scrivere esplicitando il termine di accumulo e scioglimento nivale:

$$P - E = R + G + \Delta V_{suolo} + \Delta V_{neve} \quad \text{eq. 5.8}$$

riconducendosi all'equazione del bilancio idrologico per tutto il suolo, senza la necessità di dettagliare i flussi interni ad esso come rappresentato in Figura 5.1.

L'eq. 5.8 esprime il bilancio nel suolo in assenza di flussi in ingresso dall'esterno. I flussi sono quelli generati dalle sole precipitazioni all'interno del territorio di riferimento. In altri termini, l'eq. 5.8 esprime la ripartizione delle sole precipitazioni che cadono all'interno del territorio di riferimento nelle diverse aliquote, senza tener conto di eventuali altri flussi sia superficiali che sotterranei in ingresso.

Il termine $(P - E)$ viene definito "internal flow"⁷ (Eurostat, 2018) poiché i flussi naturali nelle acque superficiali e sotterranee che da esso si generano sono dovuti esclusivamente alle precipitazioni cadute all'interno del territorio.

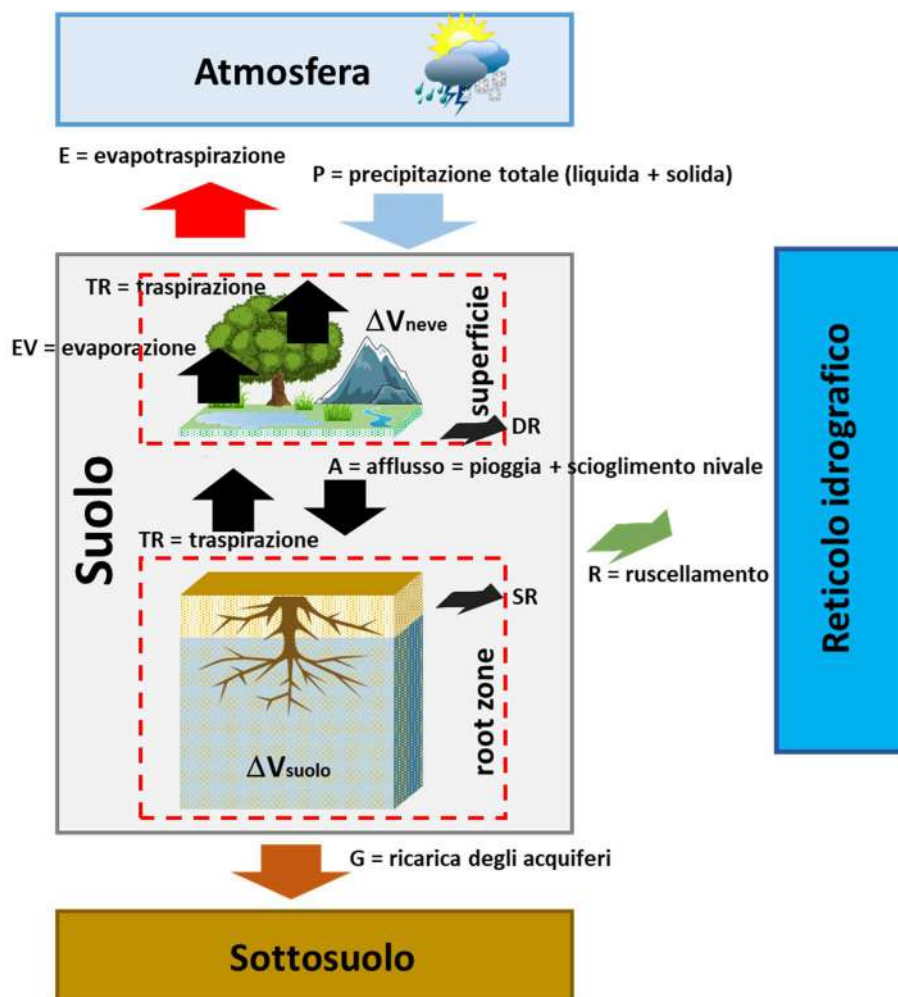


Figura 5.2 – Schema del bilancio idrologico nel suolo

⁷ Internal flow (Eurostat 2018): total volume of river run-off and groundwater generated, in natural conditions, exclusively by precipitation into a territory. The internal flow is equal to precipitation less actual evapotranspiration and can be calculated or measured. If the river run-off and groundwater generation are measured separately, transfers between surface and groundwater should be netted out to avoid double counting

Nel modello BIGBANG poiché si tiene conto anche dello scioglimento nivale, il termine “*internal flow*” viene posto uguale al termine $(A - E)$.

Il bilancio idrologico nel suolo così come sopra descritto si presta ad una valutazione distribuita in ambiente GIS che è quella adottata e implementata nel modello BIGBANG, dove il suolo costituisce l’elemento centrale nell’intero bilancio, poiché determina la ripartizione delle precipitazioni nei diversi flussi.

5.1 Il modello BIGBANG

Il modello BIGBANG ha l’obiettivo di stimare per l’intero territorio nazionale le variabili che intervengono nell’equazione del bilancio del suolo secondo la formulazione dell’eq. 5.8.

Il modello non ha la pretesa di essere “esatto” ma quella di essere utile, ispirandosi ad un aforisma di Box (1976) secondo il quale “*All models are wrong but some are useful*”. Lo sviluppo del modello è ispirato anche alla considerazione che “... *la costruzione di un modello perfetto è inutile. Non ha alcuna coerenza con gli obiettivi dell’Idrologia. È sufficiente raggiungere un risultato affidabile per la risoluzione dei problemi specifici che si devono affrontare e un livello di approssimazione compatibile con il quadro delle incertezze derivanti dagli altri settori disciplinari eventualmente interessati ai medesimi problemi*” (Versace, 2004). Infatti, ancorché affette da incertezza, le valutazioni che si faranno con il modello, consentono di cogliere i principali aspetti della variabilità spaziale e temporale della disponibilità risorsa idrica, utili per una sua efficace, efficiente, equa e sostenibile gestione.

Il modello è stato sviluppato sulla base di una serie di criteri informatori, che sono di seguito elencati, ma in particolar modo facendo riferimento al principio della semplicità e della parsimonia dei parametri (Koutsoyiannis, 2009).

Nello sviluppo del modello si è fatto riferimento ai seguenti criteri informatori:

- valutazione distribuita delle componenti del bilancio idrologico su una griglia regolare relativa all’intero territorio nazionale, che consentisse di “ritagliare” le grandezze di interesse su qualunque ambito territoriale o “unità di bilancio” contenuto nei confini nazionali;
- valutazione a scala mensile, che permettesse di evidenziare le variazioni intra-annuali dei termini del bilancio e di poterli “aggregare” a qualunque scala temporale multipla del mese (trimestrale, stagionale, semestrale, annuale, ecc.);
- valutazione dei termini del bilancio mediante schemi semplici e consolidati nella letteratura tecnico-scientifica che richiedessero il minor numero di parametri;
- adozione di schemi che facessero uso di dati liberamente disponibili, in particolare *open data* scaricabili tramite il WEB, che fossero relativi all’intero territorio nazionale e, per le serie storiche, che avessero una copertura del territorio nazionale sufficientemente densa e omogenea e fossero rilevati per un arco temporale sufficientemente lungo;
- possibilità di aggiornamento agevole e continuo in funzione della disponibilità di nuovi dati o di dati aggiornati e del miglioramento delle tecniche di stima, ecc.
- implementazione in ambiente GIS per sfruttarne le potenzialità grafiche e di analisi.

La scelta di una piattaforma GIS si rivela particolarmente adatta all’implementazione dei modelli che soddisfano i precedenti criteri, così come viene utilizzata in molti altri studi e modelli (Álvarez, 2004; Portoghese et al. 2005; La Loggia et al., 2005; Mendicino e Versace, 2007; Abera et al., 2017).

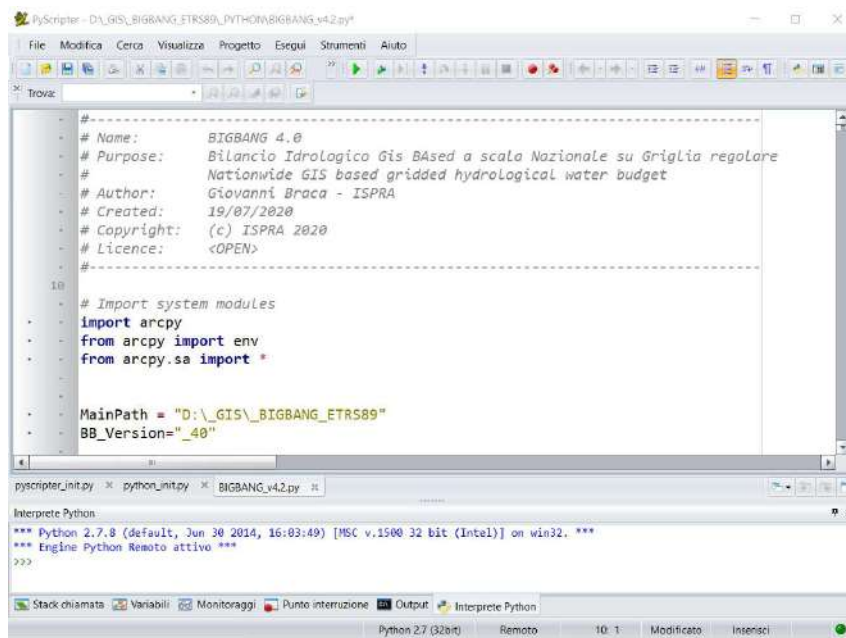
L’uso di una piattaforma GIS consente, tra l’altro, di operare direttamente su oggetti *grid*, per cui gli operandi, nelle formule e nelle equazioni nonchè i parametri, sono tutti oggetti *grid*. Per rappresentare questa situazione, la relazione espressa dall’eq. 5.8, in cui sono stati accorpati in ΔV i termini della variazione del contenuto idrico nel suolo e dell’accumulo nivale, può assumere la forma grafica riportata in Figura 5.3:



Figura 5.3 – Equazione del bilancio idrologico rappresentata in termini di grid

Nel capitolo seguente sono descritti in dettaglio i dati di base e le schematizzazioni dei fenomeni adottati nel modello BIGBANG che è sviluppato in ambiente ESRI ArcGIS 10.3 in linguaggio Python con l'editor PyScripter (Figura 5.4).

L'elaborazione del BIGBANG, nella versione attuale, copre il periodo dal 1951 al 2019 e si riferisce al territorio italiano secondo i confini amministrativi Istat, senza considerare le parti transnazionali dei bacini idrografici come quello del Ticino in Svizzera, dell'Isonzo in Slovenia e del Roja in Francia che recapitano in Italia.



```
PyScripter - D:\_GIS_BIGBANG_ETRS89_PYTHON\BIGBANG_v4.2.py*
File Modifica Cerca Visualizza Progetto Esegui Strumenti Aiuto
Trova:
-----
- # Name: BIGBANG 4.0
- # Purpose: Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare
- # Purpose: Nationwide GIS based gridded hydrological water budget
- # Author: Giovanni Braca - ISPRA
- # Created: 19/07/2020
- # Copyright: (c) ISPRA 2020
- # Licence: <OPEN>
- #-----
10
- # Import system modules
- import arcpy
- from arcpy import env
- from arcpy.sa import *
-
- MainPath = "D:\_GIS_BIGBANG_ETRS89"
- BB_Version="40"
-----
pyscripter_init.py x python_init.py x BIGBANG_v4.2.py x
Interprete Python
*** Python 2.7.8 (default, Jun 30 2014, 16:03:49) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32. ***
*** Engine Python Remoto attivo ***
>>>
Stack chiamata Variabili Monitoraggi Punto interruzione Output Interprete Python
Python 2.7 (32bit) Remoto 10: 1 Modificato Insenisci
```

Figura 5.4 – Editor PyScripter per lo sviluppo del modello BIGBANG nel linguaggio Python

6. MATERIALI E METODI

6.1 Approccio distribuito

Il modello BIGBANG impiega, per la valutazione delle componenti del bilancio idrologico, un approccio spazialmente distribuito (Hostetler e Alder, 2016). Ciò significa che sia le grandezze idrologiche da stimare, sia i parametri climatici, idraulici, geologici, ecc., che caratterizzano il territorio, sono variabili con continuità su tutta la sua superficie. L'approccio distribuito si contrappone a quello cosiddetto "a parametri concentrati", noto anche come *lumped*, nel quale l'intero territorio di riferimento è descritto, per ciascuna delle sue caratteristiche, da un unico valore.

Nell'approccio distribuito la superficie del territorio è discretizzata mediante una griglia regolare a maglia quadrata, nella fattispecie di lato 1 km, le cui caratteristiche sono descritte dettagliatamente in seguito, in cui ciascuna cella è caratterizzata da un valore dei parametri e delle variabili. L'equazione di bilancio (eq. 5.8) viene calcolata su ciascun elemento della griglia regolare.

Il calcolo viene eseguito su ciascuna cella indipendentemente l'una dalle altre, senza considerare connessioni fisiche tra esse (Figura 6.1).

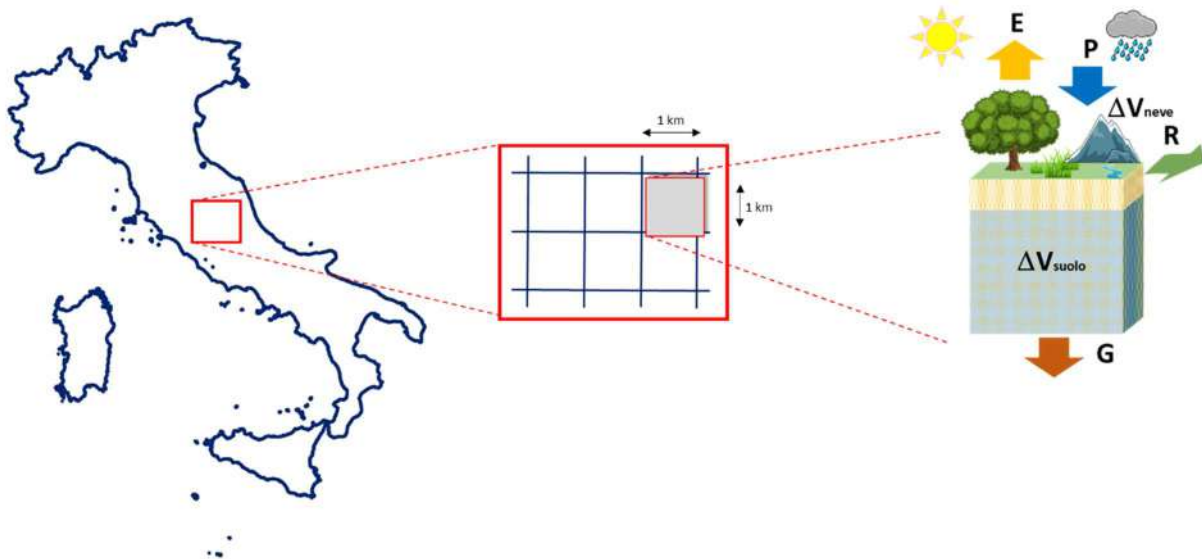


Figura 6.1 – Schema concettuale di calcolo delle componenti del bilancio idrologico a scala nazionale

6.2 I dati di base

Un aspetto che nello sviluppo del modello è stato tenuto in particolare considerazione è stato quello di utilizzare, per quanto possibile, dati che fossero accessibili liberamente attraverso il WEB (*open data*). Per questo motivo, anche per consentire la riproducibilità dei risultati, nella descrizione dei dati di base del modello si fornisce, per ciascuna categoria, l'URL e l'immagine della pagina WEB da cui è stata prelevata la risorsa.

Ove disponibili, ci si è avvalsi di fonti di dati ufficiali rese disponibili da Enti che raccolgono o producono dati, layer informativi o statistiche sulla base di un dettato normativo che ne assegna loro la competenza. In questo ambito, si è data preferenza, in particolare, ai dati prodotti dall'ISPRA. In ogni caso, per garantirne l'affidabilità, l'origine dei dati è sempre stata individuata in strutture tecnico-scientifico di rilievo nazionale e internazionale.

Proprio in virtù del fatto che il modello BIGBANG fa uso di dati liberamente accessibili e nell'ottica della totale condivisione dei dati ambientali, prevista soprattutto dalla Direttiva (UE) 2019/1024 relativa agli *open data* e al riutilizzo dell'informazione del settore pubblico, l'ISPRA rende disponibili con libero accesso, tutte le valutazioni prodotte. Utilizzare *open data* consente di poter effettuare con sistematicità le valutazioni con dati sempre più aggiornati e affidabili. Per questo motivo è previsto un sistema di *versioning* descritto nella parte iniziale del Rapporto.

Nella versione attuale del modello sono implementate schematizzazioni dei fenomeni naturali coinvolti nel ciclo idrologico che utilizzano dati di base, le cui fonti e le cui caratteristiche saranno dettagliate nei paragrafi successivi. Alcuni di essi sono in formato vettoriale (*point* o *polygon*), altri in formato raster:

- 1) griglia di riferimento per il calcolo (vettoriale *polygon*)
- 2) modello digitale del terreno (raster)
- 3) precipitazioni mensili (vettoriale *point*)
- 4) temperatura mensile (raster)
- 5) caratteristiche idrauliche del suolo (raster)
- 6) impermeabilizzazione del suolo (raster)
- 7) complessi idrogeologici (vettoriale *polygon*)

L'effettiva utilizzabilità dei dati nel modello di bilancio passa attraverso la loro trasformazione nel formato ESRI *grid*, allineato (*snapped*) alla griglia di riferimento.

Rispetto alla griglia di riferimento utilizzata, i dati vettoriali di tipo *polygon* devono essere rasterizzati, i dati vettoriali di tipo *point* necessitano di essere spazializzati e i dati raster devono essere ricampionati; tutti devono essere infine proiettati nel sistema di coordinate adottato nel modello.

I raster dei dati di base ottenuti da fonti diverse non solo sono spesso in una proiezione differente da quella adottata nel modello, ma generalmente non coprono esattamente l'estensione della griglia di calcolo del BIGBANG. Ciò ha reso necessario integrare alcuni valori con procedure di estrapolazione o di assegnazione di valori fittizi, per evitare che il calcolo del bilancio producesse un *NoData* in corrispondenza di celle della griglia in cui non fossero disponibili i dati.

Infine, per la valutazione delle componenti del bilancio idrologico in ambiti territoriali sub-nazionali, come distretti idrografici, compartimenti idrografici, regioni, ecc., sono stati utilizzati i dati geografici vettoriali, in formato ESRI *shapefile*, dei confini territoriali, sui quali sono stati ritagliati (*clipped*), con le usuali funzionalità degli ambienti GIS, i risultati ottenuti in forma distribuita per il territorio nazionale.

6.2.1 Griglia di riferimento

Il modello BIGBANG è implementato su una griglia regolare con risoluzione di 1 km, riferita al Datum ETRS89 con la proiezione cartografica di *Lambert Azimuthal Equal Area* (LAEA). Il sistema di coordinate adottato nel modello è identificato anche con il codice del *Geodetic Parameter Dataset* EPSG:3035.

La griglia di calcolo è estratta dal set di griglie di riferimento definite dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) nel contesto della Direttiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*), per 25 paesi dell'Unione Europea (EU25), in particolare per lo scambio dei dati spaziali dei suoli a livello regionale, nazionale ed europeo (Figura 6.2.).

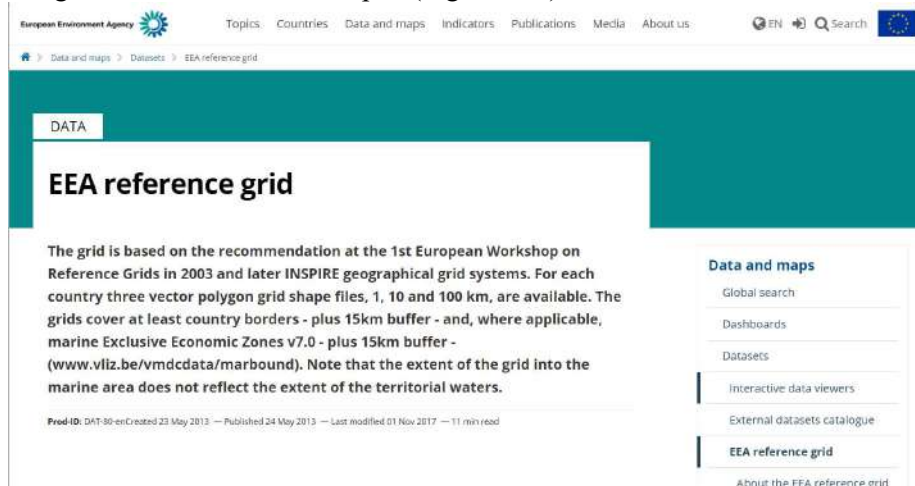


Figura 6.2 – Pagina del portale dell'EEA per l'accesso alla griglia di riferimento (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2>)

Si tratta di un set di grigliati regolari di risoluzione 100 km, 10 km e 1 km, innestati l'uno nell'altro nel Datum ETRS89 e proiezione LAEA in cui ogni cella è identificata mediante un codice univoco ed è costituita da un poligono all'interno di un file vettoriale in formato *shapefile*.

Il codice della cella nel *grid* è nella forma:

CELLCODE=*Risoluzione&CoordinataEst&CoordinataNord* del vertice in basso a sinistra (Figura 6.3).

FID	Shape	CELLCODE	EOFORIGIN	NOFORIGIN
0	Polygono	ItemE:396:1N1750	3961000	1750000
1	Polygono	ItemE:396:1N1751	3961000	1751000
2	Polygono	ItemE:396:1N1752	3961000	1752000
3	Polygono	ItemE:396:1N1753	3961000	1753000
4	Polygono	ItemE:396:1N1754	3961000	1754000
5	Polygono	ItemE:396:1N1755	3961000	1755000
6	Polygono	ItemE:396:1N1756	3961000	1756000
7	Polygono	ItemE:396:1N1757	3961000	1757000
8	Polygono	ItemE:396:1N1758	3961000	1758000
9	Polygono	ItemE:396:1N1759	3961000	1759000
10	Polygono	ItemE:396:2N1747	3962000	1747000
11	Polygono	ItemE:396:2N1748	3962000	1748000
12	Polygono	ItemE:396:2N1749	3962000	1749000
13	Polygono	ItemE:396:2N1750	3962000	1750000
14	Polygono	ItemE:396:2N1751	3962000	1751000
15	Polygono	ItemE:396:2N1752	3962000	1752000
16	Polygono	ItemE:396:2N1753	3962000	1753000
17	Polygono	ItemE:396:2N1754	3962000	1754000
18	Polygono	ItemE:396:2N1755	3962000	1755000
19	Polygono	ItemE:396:2N1756	3962000	1756000

Figura 6.3 – Tabella degli attributi associata alla griglia 1km completa dell’EEA per l’Italia in cui ciascuna cella è identificata univocamente con un codice nel campo **CELLCODE**

Ciascuna griglia copre, oltre ai confini degli Stati un buffer di 15 km e per le zone a mare un buffer di 15 km oltre la *Exclusive Economic Zone* versione 7.0 (www.vliz.be/vmcdcddata/marbound, <http://www.marineregions.org/>) che tuttavia non costituisce l’ambito delle acque territoriali (Figura 6.4)

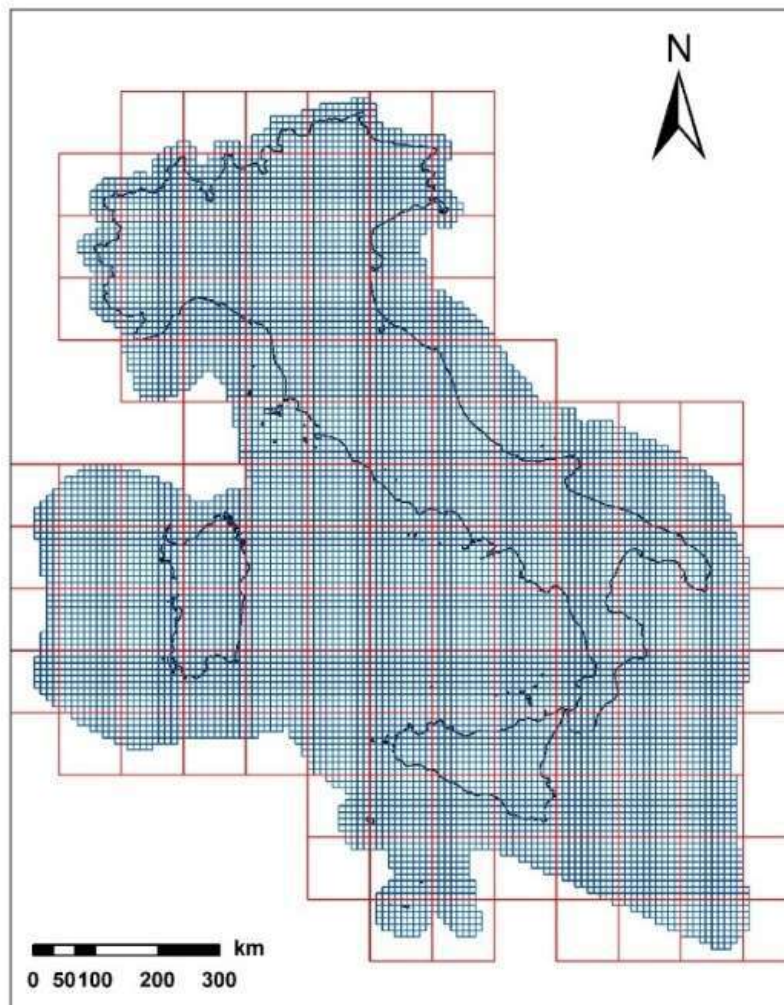


Figura 6.4 – Griglie complete dell’EEA per l’Italia. In rosso la griglia di risoluzione 100 km; in blu quella con risoluzione 10 km. Per le sue dimensioni non si riporta la griglia da 1 km perché troppo fitta

La griglia è basata sulle raccomandazioni formulate al “1 European Workshop on Reference Grids” organizzato nel 2003 a Ispra dal *Joint Research Centre* (JRC) della Commissione Europea. La griglia utilizzata per l’Italia nel modello BIGBANG è estratta dalla più ampia griglia alla risoluzione di 1 km mediante un’operazione di “*Selection by Location*” implementata nell’ambiente ESRI ArcGIS 10.3 che consente di considerare tutte le celle della griglia che intersecano il territorio nazionale (Figura 6.5) secondo i confini amministrativi ufficiali pubblicati dall’Istat (cfr. paragrafo 6.2.8).

Rispetto ai confini amministrativi dell'Istat, nel modello sono stati considerati facenti parte del dominio di elaborazione anche i territori della Repubblica di San Marino e della Città del Vaticano.

Sono state quindi ottenute 306975 celle di 1 km² a partire dalla griglia originale di 929444 celle. Se si utilizzasse nel "Selection by Location" il criterio delle celle totalmente contenute nel confine del territorio si otterrebbero 296407 celle, perdendo 10568 celle e di conseguenza le relative valutazioni, cosa che non avviene con il tipo di selezione utilizzata.

Ne deriva che la superficie della griglia che ricopre il territorio nazionale è, per come è stata determinata, lievemente superiore a quella effettiva per gli effetti di bordo.

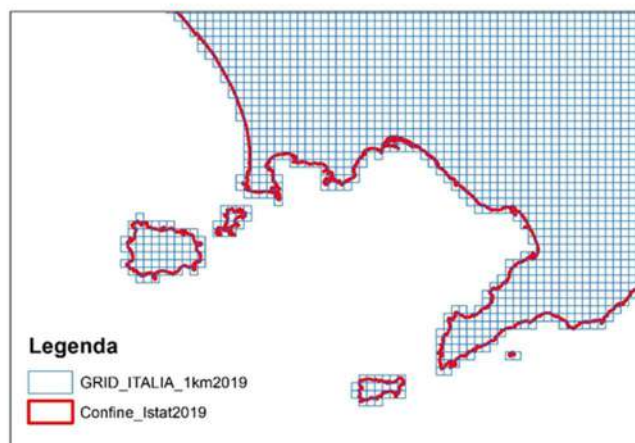


Figura 6.5 – Particolare della griglia di calcolo rispetto al confine del territorio italiano o alla linea di costa

La superficie ufficiale del territorio Italiano fornita dall'Istat è 302072.8 km² che sommata alla superficie della Repubblica di San Marino (61.19 km²) e a quella della Città del Vaticano e dei suoi territori extraterritoriali (di circa 1 km²) è 302135 km². Pertanto, la superficie dell'intera griglia di calcolo è maggiore di circa 1.6% della superficie Istat.

6.2.2 Digital Elevation Model (DEM)

L'implementazione del modello BIGBANG richiede un modello digitale del terreno (*Digital Elevation Model - DEM*), dal quale estrarre una serie di informazioni per la caratterizzazione dei fenomeni fisici, come ad esempio quello della formazione della precipitazione nevosa.

Nella versione attuale il modello digitale del terreno è ricavato dal DEM con risoluzione 20 m e nella proiezione ED50 UTM32 disponibile all'interno del portale SINAnet dell'ISPRA (Figura 6.6).

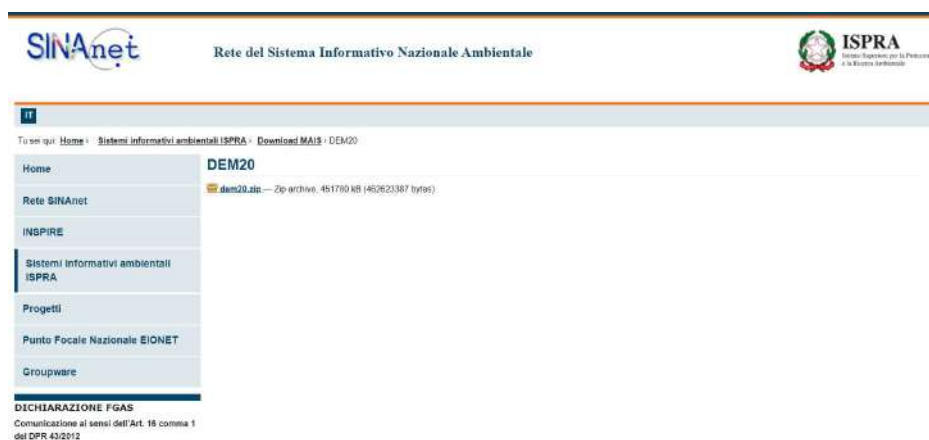


Figura 6.6 – Pagina del portale SINAnet dell'ISPRA di accesso al DEM 20
(<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/dem20/view>)

Per renderlo coerente con la griglia di calcolo è stato ricampionato alla risoluzione 1 km e proiettato nel sistema ETRS89 LAEA (Figura 6.7).

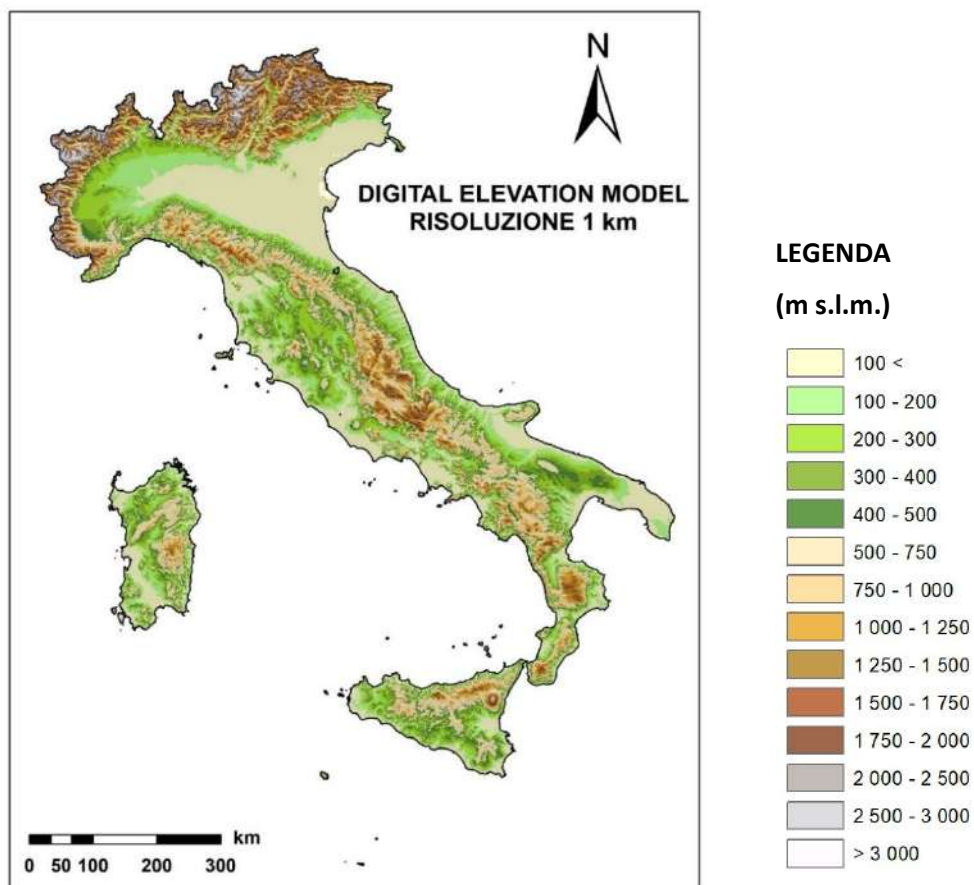


Figura 6.7 – DEM utilizzato nel BIGBANG con risoluzione 1 km

6.2.3 Temperature medie mensili

Per quanto riguarda il layer delle temperature medie mensili in formato raster, il modello BIGBANG utilizza le mappe spazializzate elaborate dall'ISPRA nell'ambito del *Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatici di Interesse Ambientale SCIA* (Fioravanti et al., 2010a, 2010b), opportunamente proiettate nel sistema di riferimento ETRS89-LAEA.



Figura 6.8 – Pagina del portale ISPRA dedicata al sistema SCIA da cui accedere alle mappe di temperatura http://www.scia.isprambiente.it/wwwrootscia/Home_new.html

I dati utilizzati dall'ISPRA per la produzione delle mappe SCIA sono provenienti da diverse reti di monitoraggio, principalmente afferenti alle ARPA, alle strutture agrometeorologiche regionali e nazionali e all'Aeronautica Militare, e coprono il periodo che va dal 1961 ad oggi.

Le mappe relative al periodo dal 1951 al 1960 sono state, invece, prodotte *ad hoc* per le valutazioni del BIGBANG, a seguito della digitalizzazione da parte dell'ISPRA dei dati di temperatura media mensile pubblicati negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano.

L'approccio seguito per la produzione delle mappe di temperatura mensile è quello ibrido del "regression kriging" (Hengl, 2007) in cui parte della variabilità dei dati viene spiegata mediante un modello di regressione e parte interpolandone i residui mediante *kriging* ordinario. Nel caso delle mappe di temperatura, il modello di regressione è stato costruito utilizzando come variabili ausiliarie la latitudine e l'altimetria di ciascun punto stazione, dopo averne verificato la correlazione con la temperatura.

È stato tuttavia necessario estendere i *grid* originali della temperatura media mensile, alle celle della griglia di riferimento del modello e in particolare alle celle ricadenti nella laguna di Venezia, che nel BIGBANG sono considerate come territorio, mediante un'interpolazione e/o estrapolazione dei valori delle celle limitrofe.

6.2.4 Precipitazioni mensili

Dato il ruolo fondamentale dei dati di precipitazione nell'elaborazione del bilancio idrologico, questi saranno descritti in dettaglio, sia per quanto concerne la fonte del dato sia in relazione alla metodologia di spazializzazione.

Le precipitazioni totali sono calcolate, per ciascuna cella della griglia di riferimento, mediante interpolazione spaziale dei valori puntuali rilevati dalle stazioni di monitoraggio pluviometrico appartenenti a reti diverse.

Per la raccolta e la gestione dei dati di precipitazione mensile è stata costruita una banca dati *ad hoc*, denominata DBPLUVIOM la cui struttura è costituita da record, ciascuno contenente le informazioni relative ad un anno-stazione:

- la denominazione originale della stazione;
- l'anno di riferimento;
- le coordinate geografiche della stazione;
- la quota della stazione;
- i valori delle precipitazioni mensili e il valore annuo;
- la fonte dei dati;
- alcuni campi con informazioni di supporto.

Nell'elaborazione del bilancio idrologico dal 1951 al 2019 sono stati utilizzati 200262 anni-stazione con una media di 2900 stazioni per ciascun anno di elaborazione, con il massimo di 3432 stazioni nel 1960 e il minimo nel 2001 con 2206 stazioni (Figura 6.9).

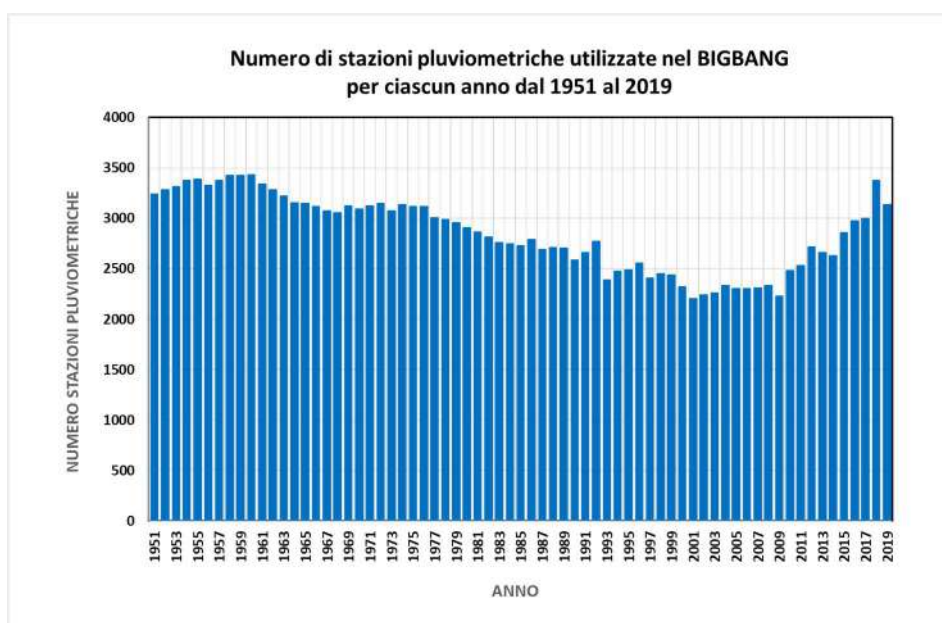


Figura 6.9 – Numero di stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG dal 1951 al 2019

Le stazioni utilizzate sono distribuite in maniera abbastanza omogenea sul territorio, come si evince dalla Figura 6.10 nella quale si riportano, a titolo di esempio, le distribuzioni delle stazioni pluviometriche utilizzate nel 1951 e nel 2019, rispettivamente il primo e l'ultimo anno di elaborazione. Tale circostanza è confermata anche dalla distribuzione delle stazioni per fasce altimetriche che risulta in linea con la distribuzione delle quote del territorio italiano, sia nel 1951 sia nel 2019 (Tabella 6.1 e Figura 6.11).

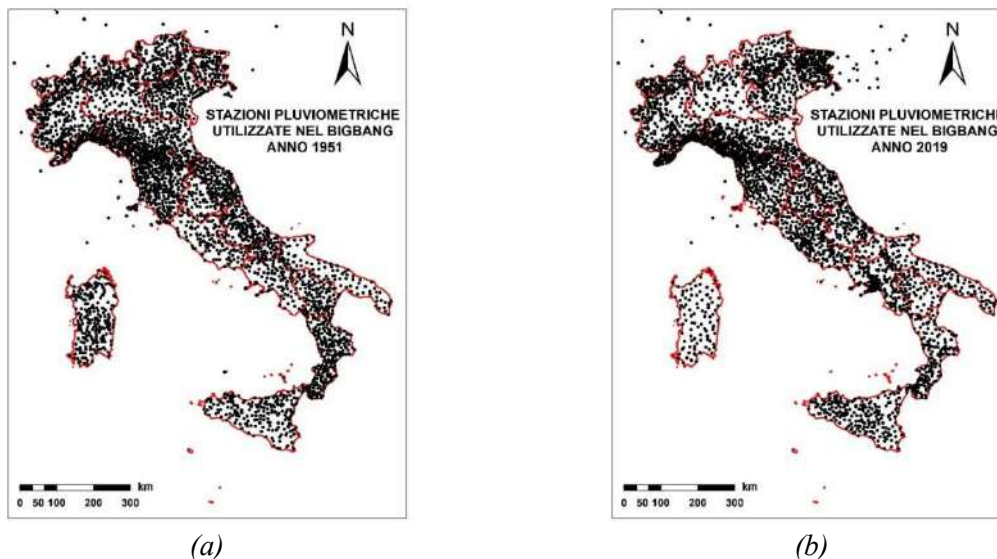


Figura 6.10 – Stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG nel primo e nell'ultimo anno di elaborazione

Tabella 6.1 – Distribuzione delle stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG per fasce altimetriche nel 1951 e nel 2019 rispetto al territorio nazionale

Fascia altimetrica	Numero stazioni	%	Numero stazioni	%	Superficie	%
m s.l.m.	1951	1951	2019	2019	km ²	Territorio
300 <	1327	40.93	1339	42.70	140638	46.68
300-600	886	27.33	763	24.33	66635	22.12
600-900	564	17.40	482	15.37	36755	12.20
900-1200	260	8.02	227	7.24	20261	6.73
1200-1500	119	3.67	130	4.15	12504	4.15
1500-1800	49	1.51	90	2.87	8335	2.77
1800-2100	22	0.68	62	1.98	6216	2.06
2100-2400	10	0.31	30	0.96	4598	1.53
2400-2700	4	0.12	9	0.29	3101	1.03
> 2700	1	0.03	4	0.13	2230	0.74

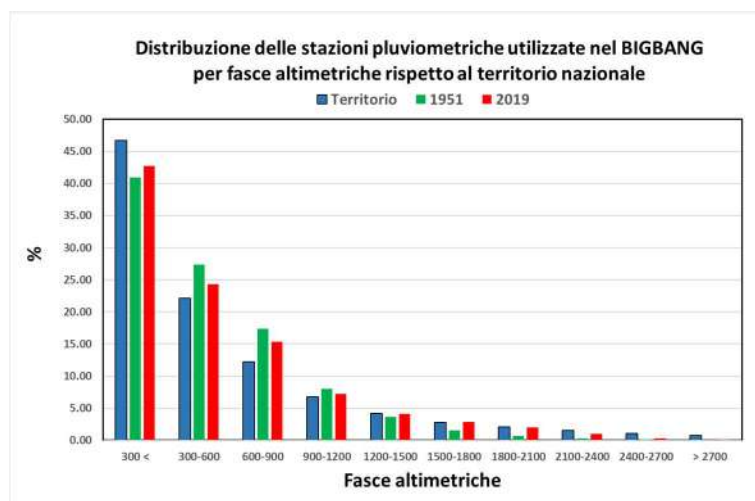


Figura 6.11 – Distribuzione delle stazioni pluviometriche utilizzate nel BIGBANG per fasce altimetriche rispetto al territorio nazionale, nel 1951 e nel 2019

Nel periodo dal 1951 alla fine degli anni '90 del XX secolo, la quasi totalità dei dati pluviometrici utilizzati nelle elaborazioni sono quelli pubblicati dal soppresso SIMN negli Annali Idrologici parte I (Ministero LLPP, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Figura 6.12), recuperando i valori delle precipitazioni mensili tramite la digitalizzazione delle immagini degli Annali accessibili sul portale dell'ISPRA (Figura 6.13)

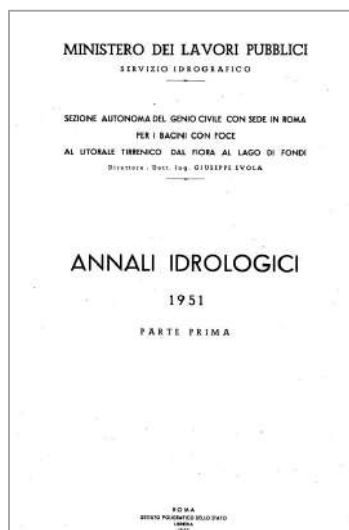


Figura 6.12 – Annali Idrologici parte I del Servizio Idrografico

Tabella II. — Totali annui e riassunto dei totali mensili delle quantità di precipitazione. Anno 1957

BACINO E STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
(segue)													
SCRIVIA													
S. Agata Fossili	78.5	121.0	22.0	128.0	176.0	75.0	28.0	32.0	17.0	92.0	253.0	190.0	1212.5
Tortona	28.4	77.8	19.1	118.5	174.1	68.4	18.6	4.0	19.0	78.9	190.6	109.6	907.4
Garbagna	30.0	167.0	17.0	115.0	175.0	101.0	24.0	17.0	11.0	58.0	211.0	164.0	1084.0
CURONE													
Montecaparo	16.0	81.0	32.0	141.0	183.0	96.0	51.0	8.0	8.0	44.0	144.0	100.0	904.0
Montemarzino	40.0	77.4	13.7	92.6	142.3	102.7	16.7	11.5	15.0	66.4	153.0	110.5	841.8
Cornale	68.1	98.9	24.3	111.5	195.5	59.4	57.9	4.1	46.4	62.8	180.5	96.8	1006.2

Figura 6.13 – Pagina del portale ISPRA dedicata agli Annali Idrologici (<http://www.acq.isprambiente.it/annalipdf/>)

Nel periodo successivo i dati pluviometrici utilizzati nel BIGBANG sono principalmente quelli degli uffici regionali e delle province autonome ai quali sono state trasferite, per effetto del DPCM del 24 luglio 2002, le competenze degli uffici compartimentali del SIMN. Tali uffici rientrano come Centri Funzionali Decentrati (CFD) nella Rete Nazionale dei Centri Funzionali per le finalità di protezione civile, introdotta dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 febbraio 2004, che è costituita da 21 CFD, uno per ciascuna regione e provincia autonoma, e da un Centro Funzionale Centrale presso il Dipartimento della Protezione Civile. Presso alcuni dei centri funzionali decentrati o regionali sono stati trasferiti, per effetto del DPCM del 24 luglio 2002, gli uffici compartimentali del SIMN. I CFD rappresentano, quindi, il naturale proseguimento del monitoraggio pluviometrico attuato dal SIMN. La frammentazione del monitoraggio pluviometrico ha comportato, tuttavia, un'elevata difficoltà per raccogliere i dati che coprono l'intero territorio nazionale, difficoltà messa in evidenza anche da studi sulla climatologia nazionale (Crespi et al., 2018).

La maggior parte dei dati pluviometrici dei CFD sono stati acquisiti attraverso il *download* dai rispettivi siti web di cui si riporta un elenco nella Tabella 6.2, ciascuno con formati e aggregazioni diverse. È stato

necessario un elevato sforzo sia per l'omogeneizzazione dei dati affinché potessero essere utilizzati nel modello, sia per il controllo dei dati più recenti che non hanno ancora subito il processo di validazione da parte degli stessi centri.

Per quanto è stato possibile sono stati utilizzati i dati provenienti dalla sola rete del soppresso SIMN prima, e dei CFD dopo, per il vantaggio di mantenere, dove la densità delle stazioni fosse sufficiente, l'omogeneità del rilevamento pluviometrico.

Tabella 6.2 – Strutture regionali e relativi URL per l'accesso ai dati pluviometrici

REGIONE/ PROVINCIA	URL
ABRUZZO	https://www.regione.abruzzo.it/archivio-dati-meteorologici-giornalieri
ABRUZZO	https://www.regione.abruzzo.it/content/annali-idrologici
BASILICATA	http://centrofunzionalebasilicata.it/it/
BASILICATA	http://www.centrofunzionalebasilicata.it/it/annali1.php
BOLZANO	http://meteo.provincia.bz.it/download-dati.asp#accept-cookies
CALABRIA	http://www.cfd.calabria.it/index.php/dati-stazioni/dati-storici
CAMPANIA	http://centrofunzionale.regione.campania.it/#/pages/sensori/archivio-pluviometrici
EMILIA ROMAGNA	https://simc.arpae.it/dext3r/
FRIULI VENEZIA GIULIA	http://www.meteo.fvg.it/clima.php?ln=
FRIULI VENEZIA GIULIA	http://www.protezionecivile.fvg.it/it/rete-idrometeorologica
LAZIO	http://www.regione.lazio.it/rl_protezione_civile/?vw=contenutidettaglio&id=152
LIGURIA	http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp
LIGURIA	https://www.arpal.gov.it/homepage/meteo/osservazioni.html
LIGURIA	https://www.arpal.gov.it/homepage/meteo/pubblicazioni/annali-idrologici.html
LOMBARDIA	https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Richiesta-dati-misurati.aspx
MARCHE	http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Annali-Idrologici
MARCHE	http://app.protezionecivile.marche.it/sol/indexjs.php?lang=it
MOLISE	http://www.protezionecivile.molise.it/centro-funzionale/la-rete-meteo-idro-pluviometrica.html
PIEMONTE	https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/accesso-ai-dati/annali_meteoidrologici/annali-meteo-idro/banca-dati-idrologica.html
PUGLIA	http://www.protezionecivile.puglia.it/centro-funzionale/analisielaborazione-dati
SARDEGNA	http://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=611&s=21&v=9&c=93749&na=1&n=10
SARDEGNA	http://www.regione.sardegna.it/j/v/25?s=131338&v=2&c=5650&t=1
SICILIA	http://www.osservatorioacque.it/?cmd=page&id=dati_annali_int_pmensili
SICILIA	http://www.osservatorioacque.it/?cmd=page&id=dati_annali_cons
TOSCANA	http://www.sir.toscana.it/ricerca-dati
TOSCANA	http://www.sir.toscana.it/annali-idrologici
TRENTO	https://www.meteotrentino.it/#!/content?menuItemDesktop=143
TRENTO	https://content.meteotrentino.it/dati-meteo/registri-cartacei/registri.aspx?id=245
UMBRIA	http://www.regione.umbria.it/ambiente/servizio-idrografico
UMBRIA	http://www.idrografico.regione.umbria.it/annali/default.aspx
UMBRIA	http://www.cfumbria.it/index.php?s=511
UMBRIA	http://www.cfumbria.it/index.php?s=45
UMBRIA	https://annali.regione.umbria.it/
VALLE D'AOSTA	http://cf.regione.vda.it/richesta_dati.php
VALLE D'AOSTA	http://cf.regione.vda.it/lista_stazioni.php
VALLE D'AOSTA	http://cf.regione.vda.it/situazione_attuale.php
VENETO	http://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/file-e-allegati/trend_Variabili_meteorologiche.zip/view
VENETO	http://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima/principali-variabili-meteorologiche

In alcune aree e per alcuni anni, i dati pluviometrici sono stati integrati con dati provenienti dalle reti agrometeorologiche regionali e dalla Rete Agrometeorologica Nazionale del MiPAAF, i cui dati sono accessibili attraverso la Banca Dati Agrometeorologica Nazionale (BDAN) del Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN).



Figura 6.14 – Pagina di accesso alla BDAN (http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/index3.htm)

In alcune altre aree e per alcuni anni si è fatto anche ricorso alle elaborazioni contenute nell'Archivio Climatologico per l'Italia Centro Settentrionale (ARCIS, Pavan et al., 2013, 2019; Figura 6.15) che fornisce, previa registrazione, i valori della precipitazione giornaliera dal 1961 al 2015 in formato *netCDF*, per le regioni dell'Italia centro settentrionale, interpolati mediante la metodologia PRISM (Daly et al., 1997) su una griglia quadrata di risoluzione 5 km.



Figura 6.15 – Portale dell'Archivio Climatologico per l'Italia Centro Settentrionale ARCIS (<https://www.arcis.it/wp/>)

Sono stati inoltre utilizzati, per tutto il periodo dal 1951 al 2019, i dati di circa 100 stazioni pluviometriche dei Paesi europei confinanti con il territorio nazionale. Tali dati sono stati scaricati dalla banca dati del portale dell'ECA&D-*European Climate Assessment & Dataset* (Figura 6.16), che raccoglie le osservazioni meteorologiche di tutti i Paesi europei a scala giornaliera. Pertanto, è stata necessaria la loro aggregazione alla scala mensile per l'utilizzo nel modello BIGBANG.



Figura 6.16 – Portale dell'European Climate Assessment & Dataset (<https://www.ecad.eu/>)

6.2.4.1 *Sistema informativo HIS Central*

L'inizializzazione di una qualsiasi procedura o modello di calcolo e, nello specifico, di un modello per la valutazione delle componenti di bilancio idrologico come il BIGBANG, che si proponga di essere operativo, non può prescindere dalla automatizzazione della raccolta dei dati di input, da una standardizzazione dei relativi formati e infine dalla continuità del flusso di informazioni.

Ciò, allo stato attuale, si scontra con l'evidente frammentazione in Italia del monitoraggio idrologico e delle conseguenti modalità di consultazione e di accesso ai relativi dati. L'esigenza di disporre di un sistema unico a livello nazionale per la condivisione e pubblicazione dei dati idrologici, che tenesse anche conto degli standard nazionali e internazionali, si è posta come prioritaria già in fase di definizione degli obiettivi del *Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa*.

In particolare, nell'ambito di uno dei gruppi di lavoro del suddetto Tavolo è stato realizzato da ARPAE Emilia Romagna, in collaborazione con gli altri Enti del gruppo di lavoro, lo *Hydrological Information System (HIS Central)* – Figura 6.17), un sistema informativo *open source* di tipo distribuito che consente la condivisione e pubblicazione dei dati idrologici. Tale piattaforma, allo stato attuale in versione prototipale, accessibile dal sito ISPRA <http://www.hiscentral.isprambiente.gov.it/>, rende possibile all'utente (*data user*) effettuare ricerche di dati idrologici di proprio interesse avendo accesso a varie sorgenti di dati consorziate (*data service provider*).

Lo HIS Central prevede l'uso di standard internazionali approvati dal WMO per i formati di dati meteo-idrologici, quali il WaterML. In particolare, l'adozione del WaterML consente non solo di aderire a un format comune di interscambio per le serie storiche idrologiche, ma anche di disporre di uno strumento in grado di associare al dato idrologico note e informazioni su qualità, validità e interpolazione del dato stesso (*metadato*). Infine tale format costituisce un quadro di riferimento unitario per la condivisione e la disseminazione dei dati idrologici e idrometeorologici su scala internazionale.



Figura 6.17 – *Homepage del Sistema nazionale per la condivisione dei dati idrologici HIS Central.*

Lo HIS Central si innesta nel più ampio sistema WHOS (WMO Hydrological Observing System – <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/chy/whos/>), il portale del WMO che consente l'accesso senza restrizioni e costi alle banche dati storiche e ai dati in tempo quasi-reale dei Servizi Idrologici Nazionali sparsi nel mondo.

Il sistema si compone di tre elementi fondamentali: il “*Client*”, web (Figura 6.18) o desktop (ad es., Hydrodesktop), che permette di accedere ai dati; lo “*Hydroserver*” che pubblica i dati di ogni gestore e il “*Catalog*” in cui sono pubblicati i metadati di tutti i data provider registrati.



Figura 6.18 – OBS Client tramite web

L'intera struttura si articola secondo una configurazione distribuita composta da un nodo centrale residente in ISPRA ove hanno sede l'interfaccia di accesso web, il catalogo e i servizi di brokeraggio e dai nodi locali corrispondenti ai Servizi Idrografici regionali e delle province autonome (Figura 6.19).

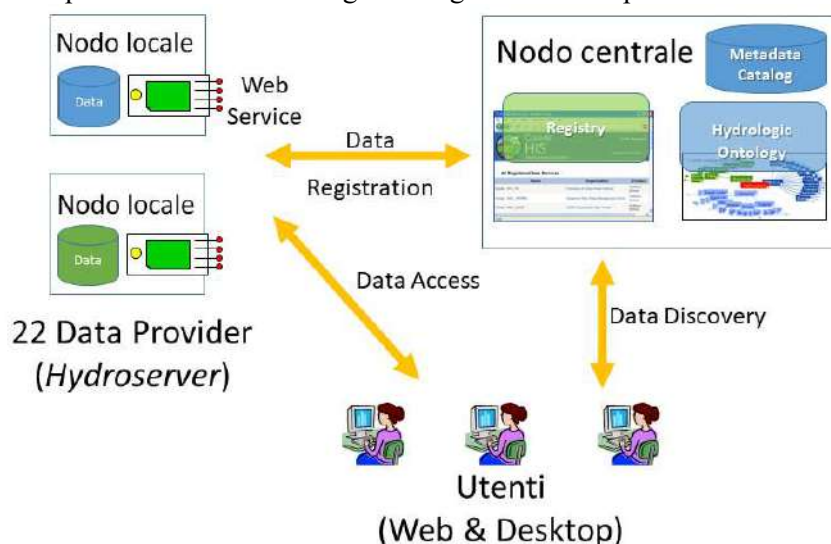


Figura 6.19 – Schema del sistema informativo HIS-Central

Un servizio di brokeraggio, nel caso specifico, necessita della definizione dell'ontologia idrologica, cioè un inventario di concetti idrologici e delle loro relazioni e permette a ogni sistema connesso in rete, una volta registrato, sia di mettere a disposizione i propri servizi (informazioni e funzioni elaborative) che di accedere a quelli degli altri sistemi. In sostanza, funge da mediatore tra data service provider e data service user, consentendo di trovare una risorsa (*discovery*) e di potervi accedere (*access*).

L'architettura del sistema si basa sulla logica proposta dal consorzio CUAHSI⁸ (*Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science, Inc.*), la cui applicazione al contesto nazionale ha richiesto opportuni sviluppi di codice. Tali sviluppi hanno consentito da una parte di superare l'originale dipendenza da software commerciale, adottando nello HIS Central soluzioni alternative di tipo *open source* e dall'altra di ampliare i servizi previsti originariamente dal Consorzio americano. Ciò è stato ottenuto attraverso l'impiego del GI-Cat, il *middleware service* sviluppato dalla divisione di Firenze dello CNR-IIA (Nativi et al., 2009) e prevedendo una serie di tool in grado di soddisfare diverse esigenze dell'utenza, in specie istituzionale, rispetto all'accesso e fruibilità del dato.

Il GI-Cat è l'implementazione di un servizio di brokeraggio di cataloghi che permette di cercare e accedere a una molteplicità di cataloghi dei *data provider* consorziati, nonché di trovare le risorse che tali cataloghi mettono a disposizione e accedere ad esse. Si basa su una serie di componenti tra cui quelle di *profiler*, *accessor* e *distributor*: il *profiler* traduce le query provenienti dalle applicazioni Client con cui gli utenti ricercano i dati, prende i risultati provenienti dall'*accessor* traducendoli e armonizzandoli

⁸ Fondato nel 2001, il CUAHSI è una organizzazione che rappresenta più di 130 università statunitensi e organizzazioni internazionali che si occupano di idrologia

in accordo con l'interfaccia specifica di servizio adottata dall'applicazione Client e li restituisce come risultato all'applicazione stessa; l'*accessor* consente di interfacciarsi con i servizi dei data provider che sono eterogenei in quanto caratterizzati da specifiche e standard diversificati; il *distributor* distribuisce la richiesta degli utenti su vari cataloghi, aggregando poi il risultato.

6.2.4.2 *Interpolazione spaziale dei dati di precipitazione mensile*

Sul tema dell'interpolazione spaziale dei dati climatici, la letteratura tecnico-scientifica è estremamente ampia (Dobesch et al., 2007, Hengl, 2009) ma non identifica un metodo di interpolazione spaziale in assoluto migliore degli altri (Hofstra et al., 2008), dipendendo la scelta da molteplici fattori, messi in evidenza da molti lavori di confronto tra le performance dei diversi metodi a partire dal medesimo set di dati puntuali (Tabios e Salas, 1985; Ly et al., 2013). Un metodo, attualmente molto utilizzato per l'interpolazione spaziale della precipitazione, e che potrebbe essere utilizzato nelle prossime versioni del modello BIGBANG, è il metodo *PRISM-Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model* (Daly et al., 1997) che è anche applicato, tra gli altri, nell'ARCIS (Archivio Climatologico per l'Italia Centro Settentrionale) per l'interpolazione delle precipitazioni giornaliere (Isotta et al., 2014, Pavan et al. 2018) e in alcuni studi sulla climatologia nazionale (Crespi et al., 2018).

Nella versione attuale del modello BIGBANG è utilizzato, invece, il metodo di interpolazione spaziale noto come *Natural Neighbours* (NN) (Sibson, 1981; Ledoux e Gold, 2005), conosciuto anche come interpolazione di Voronoi, così come implementato nell'estensione *Spatial Analyst* nell'ambiente ESRI ArcGIS 10.3, con una variante che prevede una doppia interpolazione.

Il metodo NN è un'estensione del metodo dei poligoni di Thiessen (1911) noto anche come *Nearest Neighbours*, molto usato in passato in idrologia per la valutazione delle piogge areali.

Tra i molteplici metodi proposti in letteratura, sia di natura deterministica che stocastica, la scelta del metodo NN, è stata ispirata dalle seguenti considerazioni:

- è implementato nei *tools* dell'ambiente GIS utilizzato;
- è utilizzato in studi di climatologia (Keller et al., 2015);
- è un metodo deterministico di semplice interpretazione;
- è un interpolatore esatto, cioè la superficie derivante passa per i punti di misura e non produce valori superiori a quelli misurati;
- non richiede parametri di taratura ed è quindi robusto;
- presenta normalmente in maniera ridotta l'effetto "bull's eye";
- richiede un impegno computazionale inferiore rispetto alla famiglia dei metodi *kriging* (Isaaks e Srivastava, 1989; Cressie, 1991), che però forniscono anche mappe dell'errore di stima standard.

Il metodo NN assume che il valore della precipitazione nel mese k -esimo, P_k , nella generica cella della griglia di calcolo di coordinate (x_i, y_i) è fornito da una media pesata dei valori misurati $\{R_{k,j}\}_{j=1,\dots,N}$, nello stesso mese k , in N stazioni circostanti:

$$P_k(x_i, y_i) = \sum_{j=1}^N w_j(x_i, y_i) R_{k,j} \quad k = 1, \dots, 12 \quad \text{eq. 6.1}$$

dove i pesi $w_j(x_i, y_i) \in [0,1]$ e soddisfano la condizione $\sum_j^N w_j(x_i, y_i) = 1$

Sono vari i metodi che stimano il valore in un punto non dotato di misura mediante una media pesata dei valori misurati in alcuni punti circostanti. La differenza tra i metodi risiede nella modalità di calcolo dei pesi, che può essere deterministica ovvero di natura stocastica.

Nel metodo *NN* i pesi, di natura deterministica, sono calcolati dalla relazione:

$$w_j(x_i, y_i) = \frac{\text{area}(T_i^* \cap T_j)}{\text{area}(T_j)} \quad \text{eq. 6.2}$$

in cui T_j sono i poligoni della tassellazione di Voronoi (o di Thiessen) relativa alle stazioni pluviometriche funzionanti nel mese k ; T_i^* è, invece, il poligono di Voronoi relativo al punto (x_i, y_i) nel quale si vuole stimare il valore di precipitazione, derivante da una nuova tassellazione che, oltre alle stazioni di misura funzionanti nel mese k , contiene anche il punto (x_i, y_i) (Figura 6.20).

Il metodo fornisce una superficie continua con la sua derivata prima tranne che nei punti di misura. Tale circostanza tuttavia non è di grande rilevanza nella ricostruzione della distribuzione della precipitazione che è un fenomeno che può presentare forti discontinuità spaziali già nel valore stesso.

Il metodo del NN non presenta in maniera evidente il cosiddetto effetto “*bull's eye*” che invece affligge, in maniera talvolta molto evidente, il metodo dell’inverso della distanza (IWD, *Inverse Distance Weighted*), rendendo la spazializzazione delle precipitazioni poco realistica.

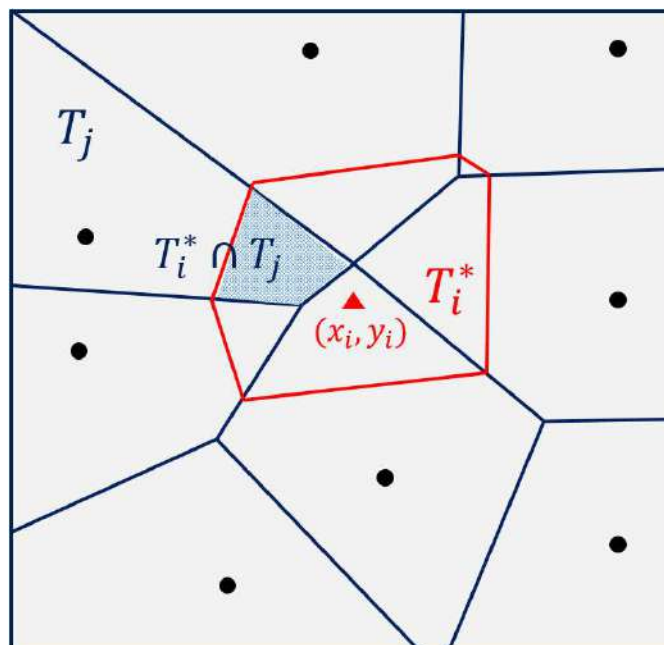


Figura 6.20 – Schema di calcolo dei pesi nel metodo Natural Neighbours

La metodologia implementata nel modello BIGBANG prevede un procedimento a due passi per trattare, in maniera adeguata, i non rari valori di precipitazione mensile nulli o prossimi allo zero soprattutto nelle aree dell’Italia meridionale e nei periodi estivi.

Nel primo passo, in analogia con il metodo dell’*Indicator Kriging* (Glacken e Blackney, 1998), viene interpolata una variabile binaria indicatrice di evento i , definita su ciascun punto di misura per “indicare” l’accadimento dell’evento di precipitazione; nel secondo sono interpolati i valori puntuali di precipitazione mensile tenendo conto dei valori indicatori del campo binario prodotto al passo precedente.

In particolare, in conformità con quanto stabilito convenzionalmente per definire un giorno piovoso, si assume che abbia avuto luogo nel mese un evento di precipitazione se il valore registrato sia stato maggiore della soglia di 1 mm, per cui la variabile binaria indicatrice di evento i è definita dalla relazione:

$$i = \begin{cases} 1 & \text{se } P > 1 \text{ mm} \\ 0 & \text{se } P \leq 1 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{eq. 6.3}$$

Mediante l’interpolazione della variabile binaria i (sempre con il metodo NN), si ottiene un campo continuo di valori compresi tra 0 e 1. Questo campo continuo è, a sua volta, trasformato in un campo binario, ponendo uguale a 1 i valori maggiori di 0.5 e uguale a zero i valori minori o uguali a 0.5. Il campo binario che ne deriva fornisce una chiara rappresentazione delle aree con precipitazione mensile nulla (Figura 6.21a).

La distribuzione spaziale finale della precipitazione mensile (Figura 6.21c) è il prodotto della variabile binaria indicatrice di evento (Figura 6.21a) e della precipitazione interpolata (Figura 6.21b).

L’utilizzo di una procedura a due step consente di evitare zone con valori prossimi allo zero e di evidenziare con maggiore chiarezza le aree che hanno registrato una precipitazione mensile nulla.

L’interpolazione con il metodo NN presenta, tuttavia, un limite in quanto esso agisce solo all’interno dell’involuppo convesso (*convex hull*) che contiene i punti di misura (Bobacha et al., 2009). Tale circostanza richiede la necessità di inserire punti fittizi all’esterno del *convex hull* per definire un più ampio involucro convesso che contenga tutti i punti di misura.

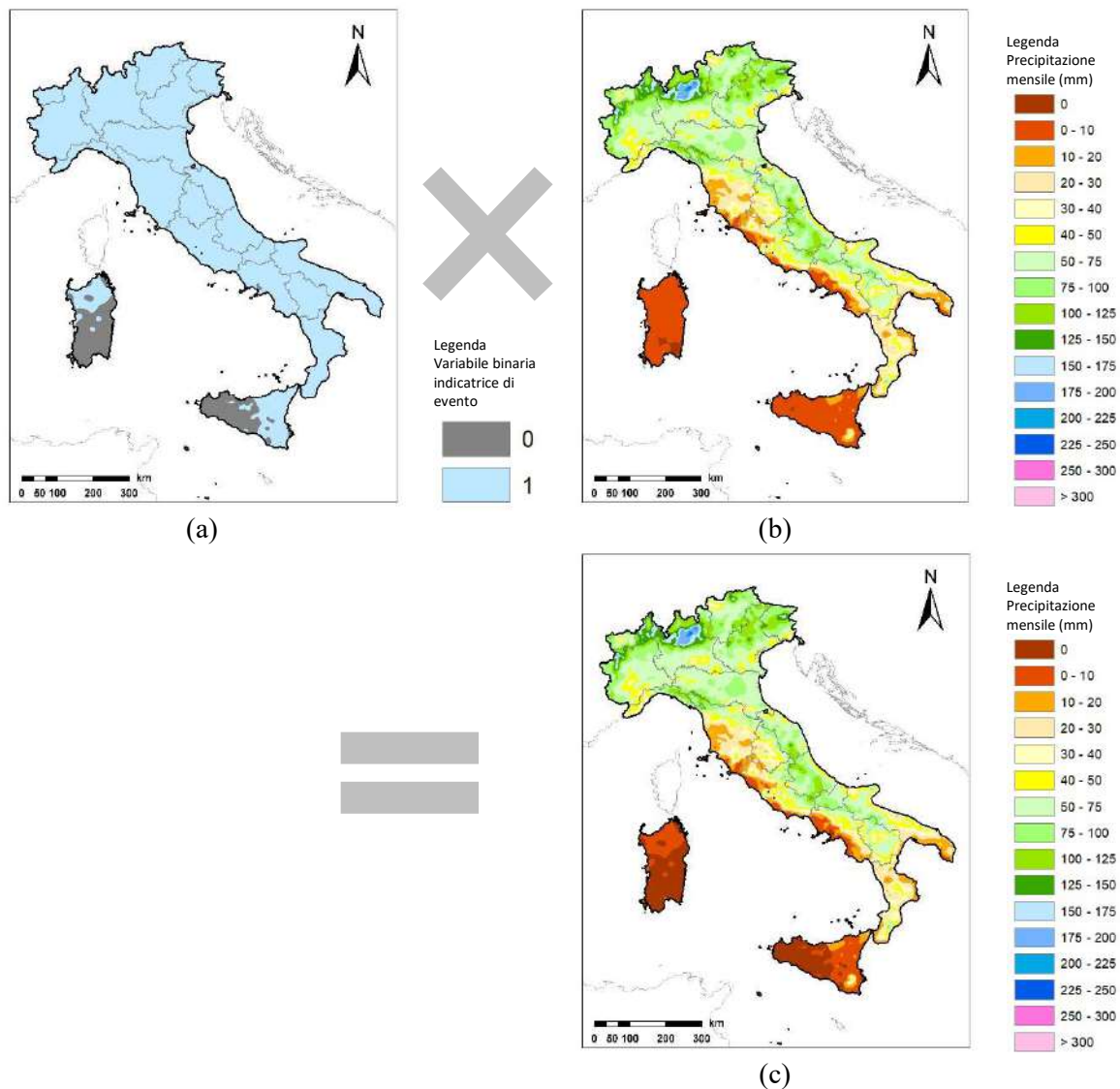


Figura 6.21 – Esempio di interpolazione a due step per il mese di maggio 2017: (a) distribuzione spaziale della variabile indicatrice di evento; (b) interpolazione intermedia della precipitazione mensile; (c) interpolazione finale della precipitazione mensile

6.2.4.3 *Stime delle medie su lungo periodo e qualità media della stima*

Dall'analisi dei dati di precipitazione mensile raccolti nella banca dati DBPLUVIOM è emerso che solo una decina di stazioni hanno funzionato in maniera continua, senza alcuna interruzione, per tutti i mesi del periodo dal 1951 al 2019.

Il funzionamento intermittente delle stazioni pluviometriche ha comportato che per la valutazione dei valori medi delle precipitazioni mensili, e di conseguenza anche di tutte le variabili idrologiche, sia stato adottato un approccio “*grid then average*” piuttosto che il più corretto, dal punto di vista climatologico, “*average then grid*” (Perry e Hollis, 2005). La ricostruzione dei dati mancanti nelle serie storiche mediante interpolazione con i valori circostanti non avrebbe introdotto, comunque, un miglioramento nella stima delle medie su lungo periodo, poiché non avrebbe aggiunto ulteriore informazione.

Al fine di valutare la qualità complessiva della stima delle medie su lungo periodo della precipitazione mensile e annua in ciascuna cella, si è adottato come *proxi* la media della distanza euclidea tra il centroide della cella e il centroide della cella contenente la stazione pluviometrica più vicina, funzionante nel mese. Ciò in considerazione della proprietà di autocorrelazione spaziale del campo delle precipitazioni per cui l'accuratezza della sua stima in una data cella dipende, anche se solo in parte, dalla distanza delle stazioni con cui essa è stimata.

In Figura 6.22 è riportato il risultato dell'elaborazione sui dati raccolti nel DBPLUVIOM, eseguita con il tool *Euclidean Distance*, disponibile nell'estensione *Spatial Analyst* di ArcGIS, che calcola, per ogni cella del *grid* di riferimento, il suddetto *proxi*.

La mappa derivante da tale elaborazione esprime, quindi, il fatto che la stima della precipitazione mensile nella cella è eseguita, mediamente nell'arco del periodo 1951-2019, con stazioni che sono a distanza maggiore o uguale della distanza espressa dal valore nella mappa.

Dall'analisi si osserva, in particolare, che la precipitazione mensile in alcune aree della Lombardia è stata stimata con stazioni che mediamente si trovavano ad una distanza compresa tra i 10 e 20 km, mentre nella gran parte dell'Italia, la stima della precipitazione mensile è stata effettuata mediamente con stazioni a distanza tra 5 e 10 km. In alcune aree, per lo più ricadenti nelle isole lontane dalla costa, la stima della precipitazione è stata effettuata mediamente con stazioni a distanza superiore a 20 km.

Non è superfluo precisare che la qualità della stima non dipende solo dalla distanza delle stazioni con cui si effettua la stima stessa, ma dipende in particolar modo dalla possibilità di tener conto della variabilità del campo di precipitazioni che, generalmente, è molto elevata in zone a orografia complessa e meno in zone pianeggianti.

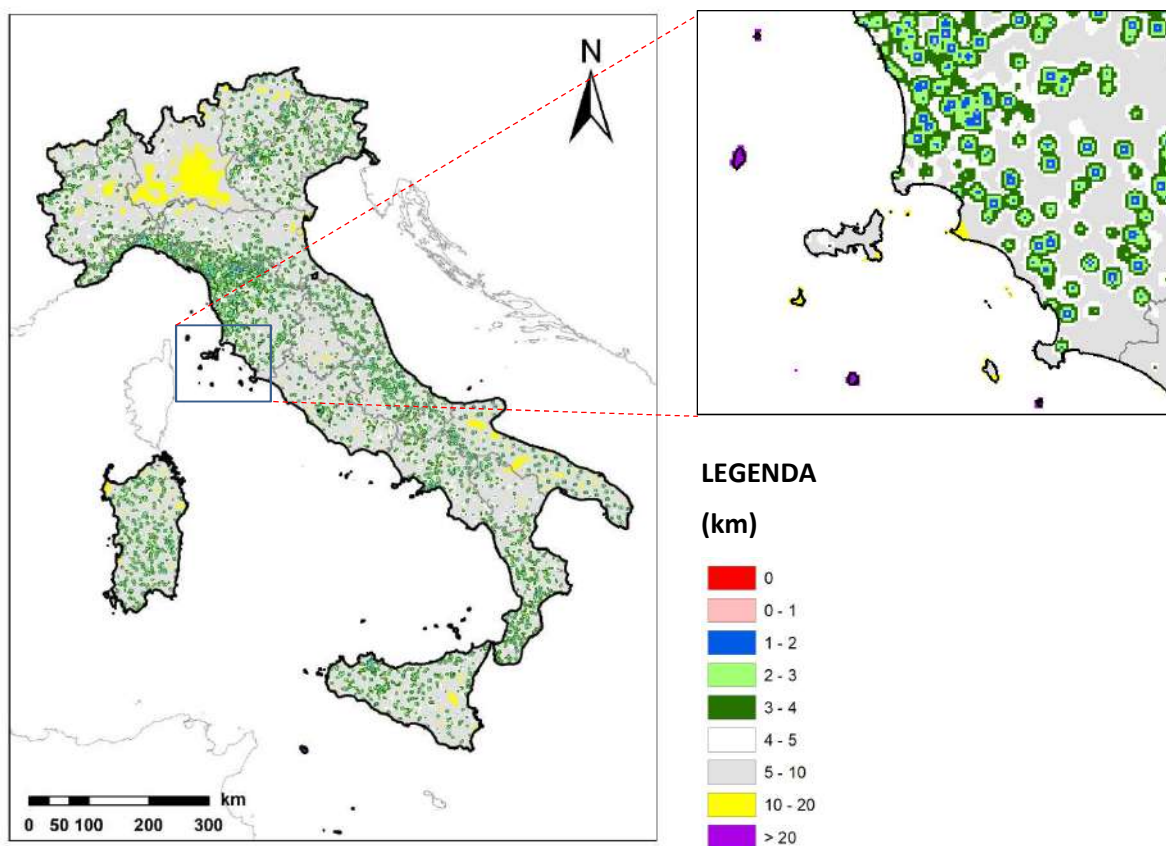


Figura 6.22 – Distanza media, calcolata su base mensile nel periodo 1951-2019, della cella della griglia di riferimento dalla cella contenente la stazione pluviometrica funzionante più vicina.

6.2.5 Complessi idrogeologici

L'informazione sulle caratteristiche idrogeologiche per la valutazione della ricarica degli acquiferi o dell'infiltrazione profonda è fornita dalla carta dei complessi idrogeologici di Mouton (Mouton et al., 1982) informatizzata da ISPRA e scaricabile dal portale SINAnet (Figura 6.23) in formato ESRI *shapefile* (Figura 6.24).

A ciascun complesso idrogeologico è stato associato un valore del coefficiente di infiltrazione potenziale sulla base della Tabella 6.3 che ne caratterizza la permeabilità (CIP, Celico, 1988).



Figura 6.23 – Pagina del portale SINAnet dell’ISPRA per l’accesso alla carta dei complessi idrogeologici (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/complexi-idrogeologici/view>)

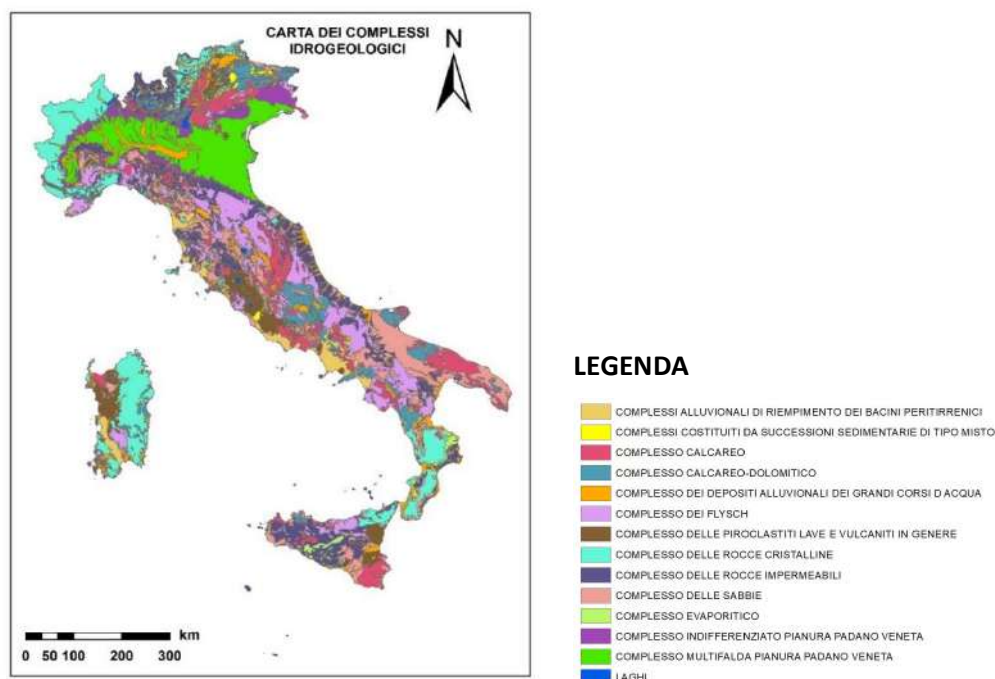


Figura 6.24 – Carta dei complessi idrogeologici di Mouton scaricabile dal portale SINAnet in formato ESRI shapefile

Per il suo utilizzo all’interno del BIGBANG, a ciascun complesso idrogeologico nella tabella degli attributi è stato associato il valore medio del coefficiente di infiltrazione potenziale (Tabella 6.3), quindi lo *shapefile* è stato convertito in formato raster e campionato alla risoluzione di 1 km, ottenendo così la mappa raster dei coefficienti di infiltrazione potenziale riportata in Figura 6.25.

Tabella 6.3 – Coefficienti di infiltrazione potenziale CIP per i diversi complessi idrogeologici (riprodotta da Celico, 1988)

Complessi idrogeologici	CIP	
	Min	Max
	%	%
Calcari	90	100
Calcari dolomitici	70	90
Dolomie	50	70
Calcari marnosi	30	50
Detriti grossolani	80	90
Depositi alluvionali	80	100
Depositi argilloso-marnoso-arenacei	5	25
Lave	90	100
Depositi piroclastici	50	70
Piroclastiti e lave	70	90
Rocce intrusive	15	35
Rocce metamorfiche	5	20
Sabbie	80	90
Sabbie argillose	30	50

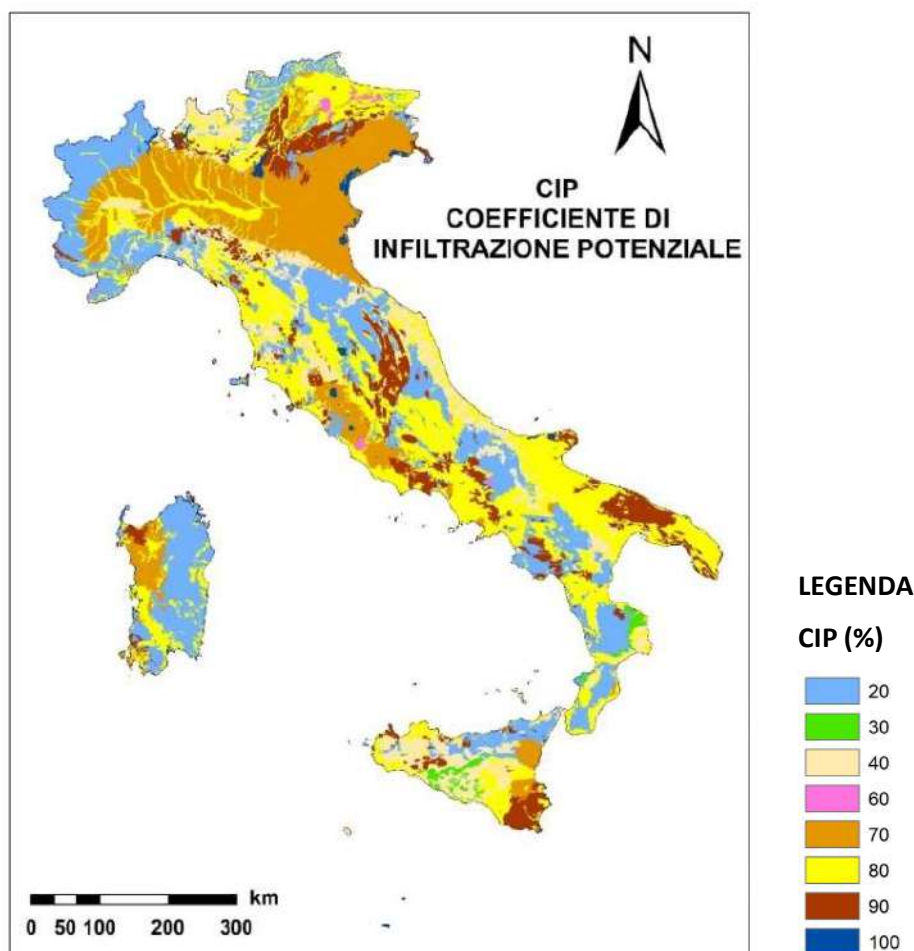


Figura 6.25 – Grid con risoluzione 1 km del coefficiente di infiltrazione potenziale associato ai complessi idrogeologici

6.2.6 Capacità di immagazzinamento del suolo

La caratteristica idraulica del suolo che esprime la massima capacità di immagazzinamento (nota come *AWC Available Water Content* o anche *AWS Available Water Storage* o, ancora, *WHC soil-water holding capacity*) utilizzata nel modello BIGBANG per l'elaborazione del bilancio idrico del suolo, è quella prodotta dall'*European Soil Data Center (ESDAC)* (Panagos et al., 2012), nell'ambito del progetto *Land Use and Cover Area frame Statistical survey (LUCAS)* (Toth et al., 2013; Ballabio et al., 2016).

L'ESDAC mette a disposizione tramite il proprio portale (Figura 6.26) una serie di mappe delle caratteristiche del suolo per il territorio dell'Unione Europea per 23 Stati Membri, con risoluzione 500 m (Figura 6.27). Tali mappe sono elaborate statisticamente in base a circa 20000 campionamenti georiferiti del suolo. Per ciascun campione sono state analizzate una serie di caratteristiche chimico-fisiche, tra le quali la percentuale del contenuto di sabbia, del limo e dell'argilla. È stata determinata la curva di ritenzione idrica di van Genuchten (1980), cioè la curva del contenuto d'acqua θ in funzione della pressione di suzione ψ , in cui i parametri θ_s , θ_r , rispettivamente contenuto d'acqua a saturazione e il contenuto d'acqua residuo, sono stati stimati a partire dalla tessitura dei suoli, definita in base alle frazioni di sabbia, limo e argilla, mediante le funzioni di trasferimento continue (*continuous pedotransfer functions*) di Wösten et al. (2001). L'AWS è stata quindi derivata come differenza tra il valore del contenuto d'acqua corrispondente rispettivamente alla pressione di suzione di -33 kPa, corrispondente alla capacità di campo θ_{fc} , e di -1500 kPa, corrispondente al punto di appassimento θ_{wp} (Tabella 6.4).

Tabella 6.4 – Caratteristiche idrauliche del suolo

Nome	Simbolo	Suzione (kPa)	Contenuto d'acqua tipico (-)	Condizione
Contenuto d'acqua a saturazione	θ_s	0	0.2–0.5	Contenuto d'acqua nel suolo completamente saturo equivalente alla porosità
Capacità di campo	θ_{fc}	-33	0.1–0.35	Contenuto d'acqua nel suolo dopo 2-3 giorni dalla pioggia o dall'irrigazione
Punto di appassimento	θ_{wp}	-1500	0.01–0.25	Contenuto d'acqua nel suolo al quale le piante appassiscono in maniera irreversibile
Contenuto residuo	θ_r	$-\infty$	0.001–0.1	Residuo di acqua

Ancorchè i dati si riferiscano ai 20 cm di suolo più superficiale (*topsoil*), in mancanza di altre informazioni, si è deciso di estendere la proprietà AWS fino al primo metro, anche se in talune circostanze la composizione della parte più superficiale del suolo può essere significativamente diversa dalle zone a maggiore profondità. Alle celle corrispondenti a superfici liquide (laghi, lagune, ecc.) si è attribuito il valore di AWS uguale a 1000 mm/m.

Il *grid* originale dell'AWS, tuttavia, non ricopre esattamente la griglia di riferimento del BIGBANG lungo la linea costiera per cui è stato necessario estendere alcuni valori mancanti. In mancanza di altre informazioni si è attribuito a queste celle il valore di AWS uguale a 99.99 mm/m (non molto diverso dal valore medio), cosicchè fossero facilmente riconoscibili.



Figura 6.26 – Pagina del portale ESDAC del Joint Research Center da cui si è avuto accesso ai dati sulle caratteristiche idrauliche del suolo (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/topsoil-physical-properties-europe-based-lucas-topsoil-data>)

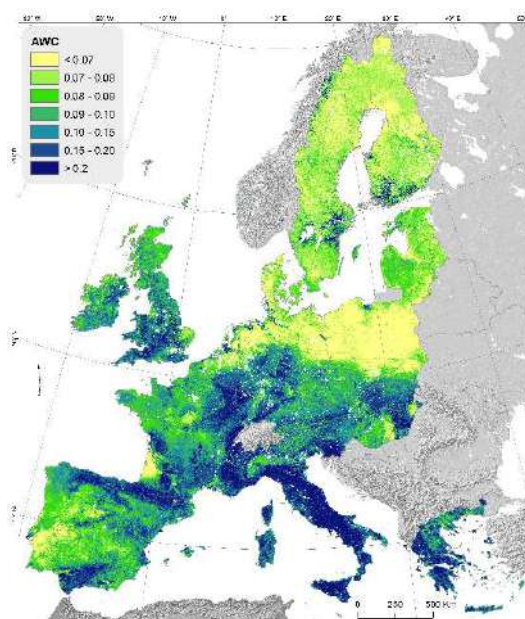


Figura 6.27 – Carta europea dell'AWS indicato come Available Water Capacity (AWC) dal portale ESDAC del JRC. L'unità di misura è m/m (estratta da Ballabio et al., 2016)

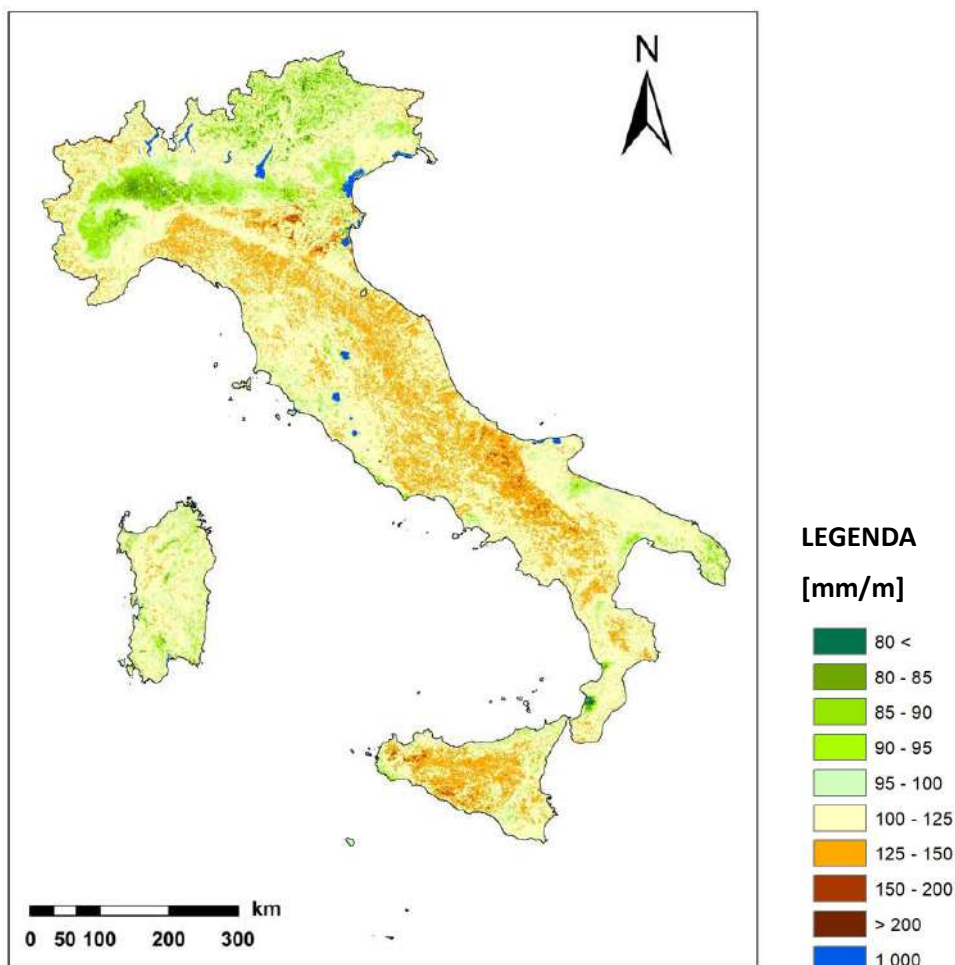


Figura 6.28 – Available Water Storage per l'Italia estratto dalla mappa dell'AWS dell'ESDAC, ricampionato alla risoluzione di 1km ed espresso in mm/m

6.2.7 Copertura del suolo (land cover)

La copertura del suolo (*land cover*) costituisce un elemento essenziale nella valutazione del bilancio poiché, com'è facile intuire, influenza in maniera determinante i processi del moto delle acque meteoriche non solo sulla superficie terrestre ma anche al di sotto di essa.

L'attuale versione del BIGBANG utilizza un semplice schema binario per differenziare la valutazione del bilancio in funzione della copertura del suolo.

L'ISPRA produce da diversi anni e per ogni anno, la carta del consumo di suolo a livello nazionale (Munafò et al., 2013) ottenuta a partire dagli "imperviousness layer" prodotti dall'EU Copernicus Land Monitoring Service (<https://land.copernicus.eu/>).

La carta, scaricabile dal portale SINAnet dell'ISPRA (Figura 6.29), è costituita da un *grid* alla risoluzione di 10 m nella quale sono riportate le classi di consumo del suolo elencate nella Tabella 6.5.

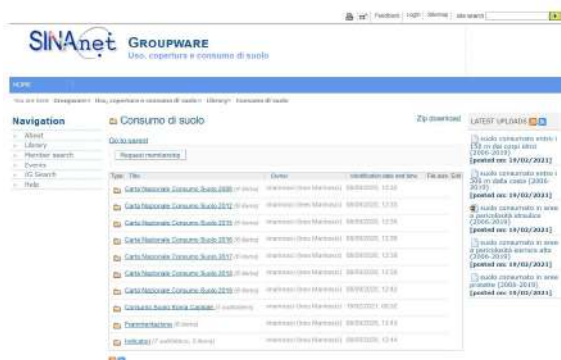


Figura 6.29 – Pagina del portale SINAnet di ISPRA per l'accesso alla carta nazionale del consumo di suolo (<http://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/consumo-di-suolo>)

Nel modello BIGBANG le classi di consumo di suolo sono aggregate, per semplicità, in due macroclassi “suolo consumato” e “suolo non consumato” corrispondenti rispettivamente al codice 1 e al codice 2 nella Tabella 6.5 (Figura 6.30 e Figura 6.31). La macro-classe “suolo consumato” identifica il suolo costruito e artificializzato caratterizzato da una totale impermeabilità; la seconda macro-classe viene assimilata al suolo naturale e vegetato che consente l’infiltrazione della precipitazione.

Oltre al raggruppamento in due macro classi, la carta originale con risoluzione 10 m viene aggregata sulla cella di calcolo di risoluzione 1 km, fornendo il tasso di consumo di suolo (*soil sealing rate*) X_1 , compreso tra 0 e 1, che rappresenta il rapporto tra la superficie di suolo consumato ($A_{ARTIFICIALIZZATA}$) rispetto alla superficie della cella (A_{CELLA}). Il complemento a 1, X_2 , è evidentemente la porzione di superficie di suolo non consumato della cella (Figura 6.32). Nella Figura 6.35 è riportata la carta del *soil sealing rate* del 2019 per tutto il territorio nazionale utilizzata nel BIGBANG.

Tabella 6.5 – *Classi di consumo del suolo*

CODICE	TIPOLOGIA
1	Suolo consumato
2	Suolo non consumato
11	Suolo consumato permanente
12	Suolo consumato reversibile
111	Edifici, fabbricati, capannoni
112	Strade asfaltate
113	Sede ferroviaria
114	Aeroporti
115	Porti
116	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate
117	Serre permanenti pavimentate
118	Discariche
121	Strade sterrate
122	Cantieri e altre aree in terra battuta
123	Aree estrattive non rinaturalizzate
124	Cave in falda
125	Campi fotovoltaici a terra
126	Altre coperture artificiali la cui rimozione ripristina le condizioni iniziali del suolo
201	Corpi idrici artificiali
202	Rotonde e svincoli (aree permeabili)
203	Serre non pavimentate



Figura 6.30 – *Carta del consumo di suolo ad altissima risoluzione (10 m) aggregata in due macro classi*

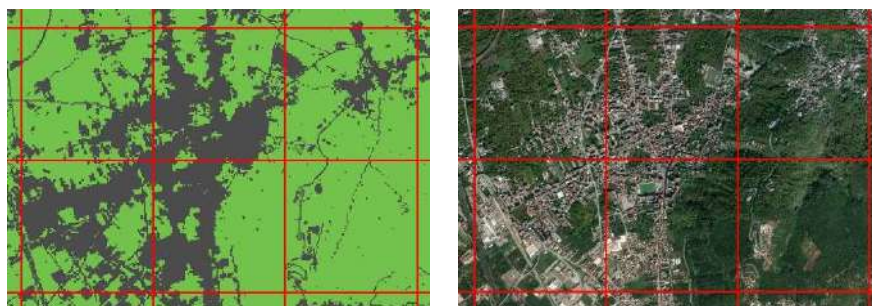


Figura 6.31 – *Particolare della carta del consumo di suolo ad altissima risoluzione aggregata in 2 macro classi in relazione alla corrispondente immagine satellitare e alla griglia di riferimento (in rosso)*

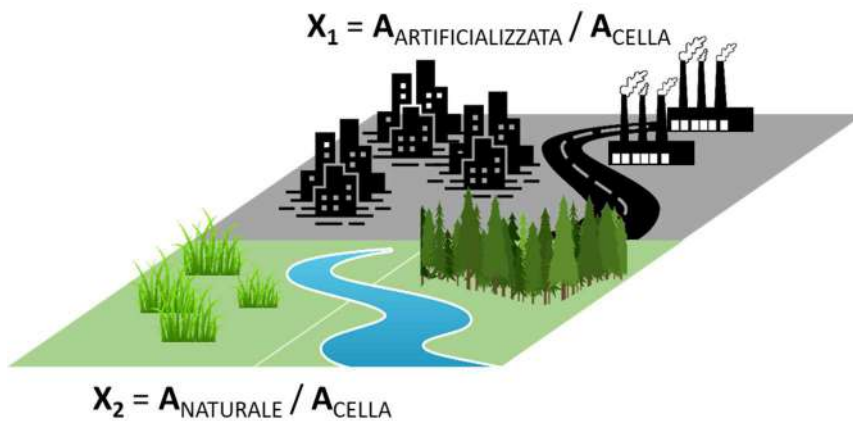


Figura 6.32 – Schema delle classi di copertura del suolo usate nel modello BIGBANG

Nelle celle della griglia di calcolo poste sul confine nazionale o sulla linea di costa, che contengono solo parzialmente il territorio (Figura 6.33), il valore del rapporto di consumo di suolo (X_1) attribuito alla cella è quello riferito alla sola porzione di territorio effettivo secondo lo schema di Figura 6.34.

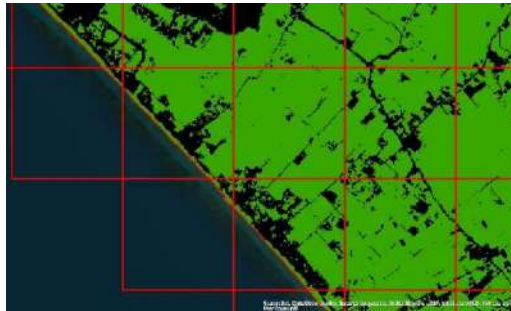


Figura 6.33 – Particolare della griglia di calcolo lungo la linea di costa

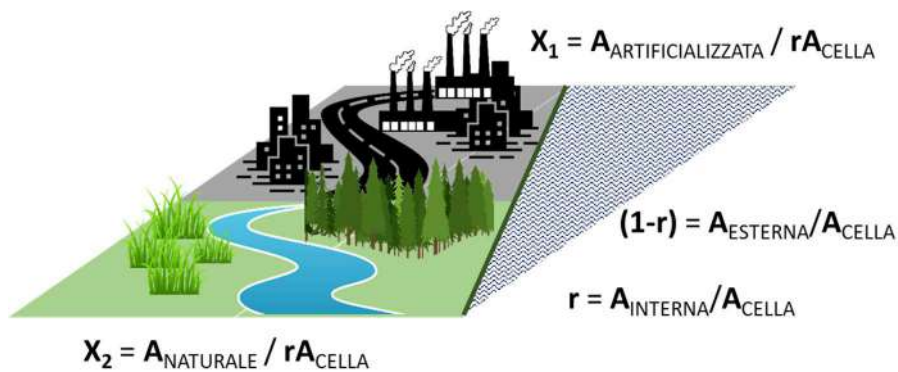


Figura 6.34 – Schema delle celle poste lungo il confine nazionale o lungo la linea di costa

Bisogna, tuttavia, tenere presente che il *land cover* è una caratteristica che muta nel tempo per cui è necessario poter disporre, per ciascun anno di calcolo del bilancio, della corrispondente carta del *land cover*.

Per effettuare la valutazione delle componenti del bilancio idrologico in anni in cui non si dispone dell'informazione del consumo di suolo, è quindi necessario definire un modello che possa simulare l'evoluzione del consumo di suolo nel tempo. Si tratta di un problema complesso, poiché lo sviluppo nel paese e il conseguente consumo di suolo non è stato né uniforme nello spazio né omogeneo nel tempo. Nel caso di due sole macro-classi di *land cover* utilizzate nel BIGBANG si è ritenuto sufficiente ricostruire a ritroso nel tempo, mediante una semplice interpolazione lineare, a partire dall'attuale distribuzione del consumo di suolo, assumendo l'ipotesi che andando indietro nel tempo la classe “*suolo consumato*” si riducesse a vantaggio dell'altra.

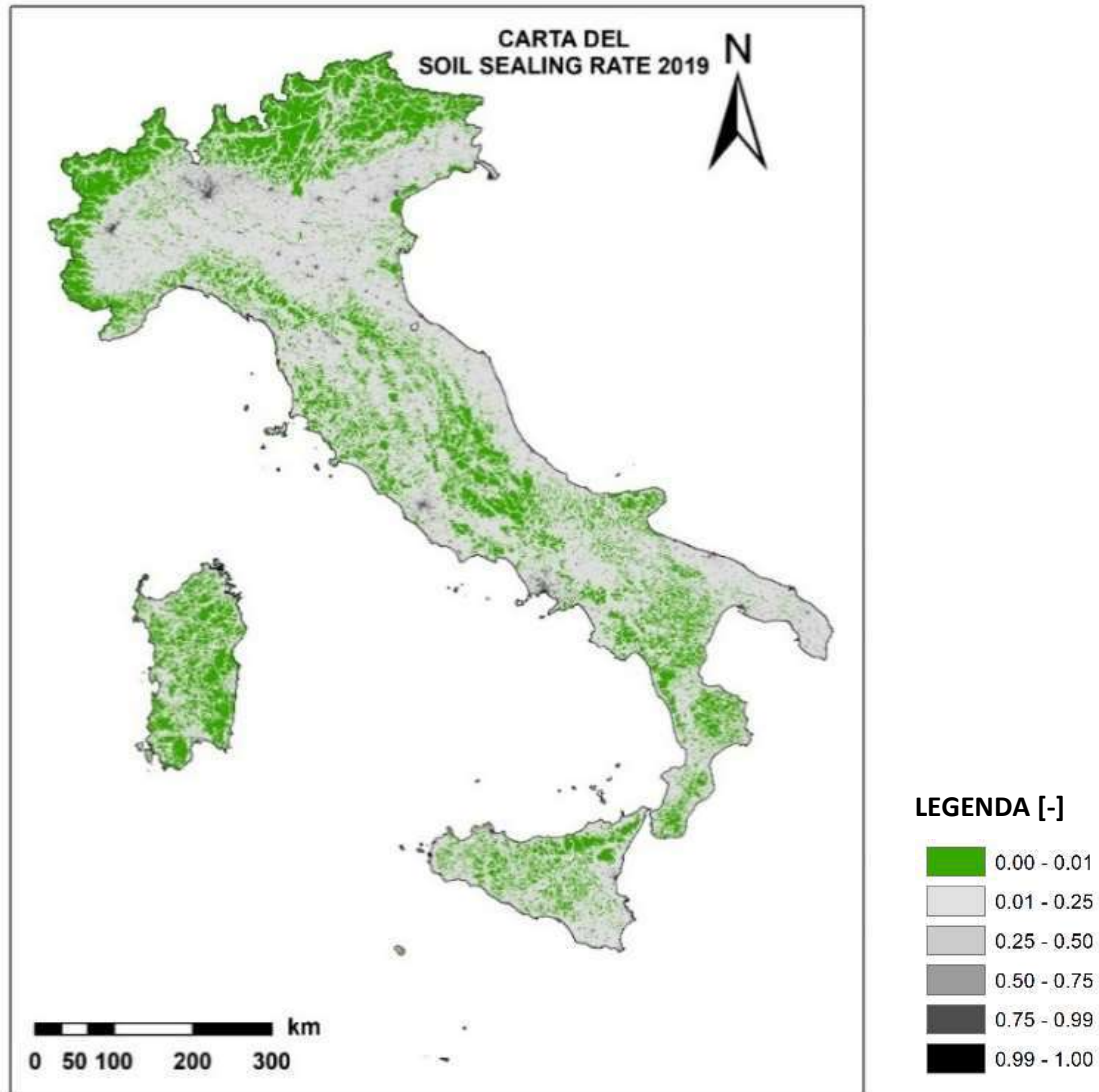


Figura 6.35 – Carta del soil sealing rate 2019 con risoluzione 1 km

In considerazione dell'andamento praticamente costante dell'incremento del consumo di suolo negli ultimi 60 anni in Italia e in tutte le articolazioni territoriali (Ritano et al., 2016; Figura 6.36), con un rapporto tra il valore del 2015 e quello degli anni '50 sostanzialmente simile assunto pari a 2.5 (Tabella 6.6 e Tabella 6.7), si è adottato uno schema semplice per valutare il *soil sealing rate* nell'anno y , SSR_y in funzione di quello dell'ultimo anno disponibile SSR_{yf} :

$$SSR_y = \alpha_y SSR_{yf} \quad \text{con } \alpha_y \leq 1 \quad \text{eq. 6.4}$$

con

$$\alpha_y = \frac{1}{\beta_{f,i}} + \left(\frac{\beta_{f,i} - 1}{\beta_{f,i}} \right) \left(\frac{y - y_i}{y_f - y_i} \right) \quad \text{eq. 6.5}$$

dove:

- $\beta_{f,i}$ è il rapporto tra il valore del *soil sealing rate* dell'anno finale e dell'anno iniziale della serie di consumo di suolo disponibile;
- y, y_i, y_f sono rispettivamente l'anno in cui si vuole stimare il *soil sealing rate*, l'anno iniziale e l'anno finale della serie disponibile.

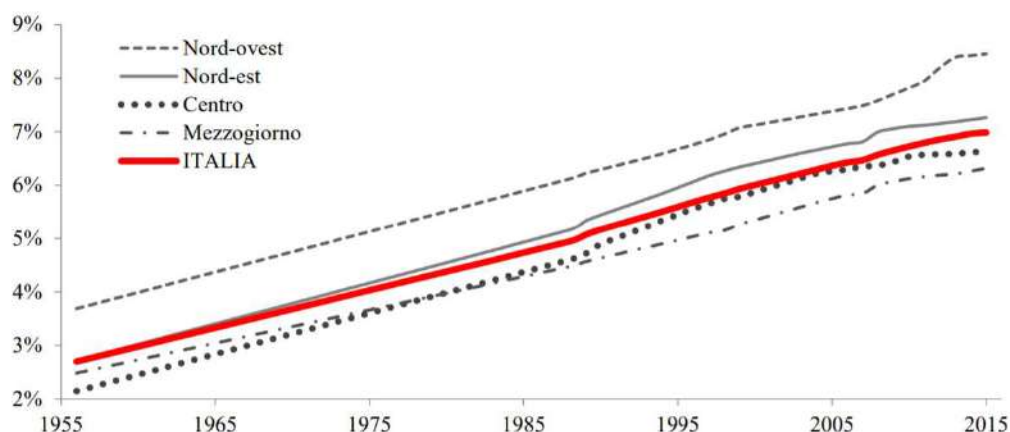


Figura 6.36 – Andamento del consumo di suolo a livello nazionale e per le diverse articolazioni territoriali italiane, espresso in percentuale di suolo consumato sulla superficie territoriale tra gli anni '50 e il 2015. Fonte: rete di monitoraggio ISPRA ARPA-APPA (tratta da Riitano et al., 2016)

Il modello implementato per la valutazione dell'evoluzione del consumo di suolo secondo lo schema della eq. 6.4 fornisce per ogni cella della griglia di calcolo un valore del consumo di suolo che si riduce al valore iniziale in maniera lineare. Lo schema adottato, per quanto semplificato, risulta comunque realistico almeno nella misura in cui conserva nel passato la completa naturalità attuale delle celle. Meno realistico invece risulta nell'ipotesi che il consumo di suolo sia avvenuto in maniera omogenea su tutto il territorio nazionale.

Tabella 6.6 – Andamento nel tempo della percentuale del consumo di suolo per le diverse articolazioni territoriali italiane dagli anni '50 (tratta da Riitano et al., 2016)

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2015
Nord-ovest	3,7%	6,2%	6,8%	7,0%	7,4%	7,6%	8,4%	8,5%
Nord-est	2,7%	5,3%	6,1%	6,3%	6,8%	7,0%	7,2%	7,3%
Centro	2,1%	4,7%	5,6%	5,7%	6,3%	6,4%	6,6%	6,6%
Mezzogiorno	2,5%	4,6%	5,0%	5,2%	5,8%	6,0%	6,2%	6,3%

Tabella 6.7 – Andamento nel tempo della percentuale e del valore assoluto del suolo consumato in Italia dagli anni '50 (tratta da Riitano et al., 2016)

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2008	2013	2015
Suolo consumato (%)	2,7	5,1	5,7	5,8	6,4	6,6	6,9	7,0
Suolo consumato (km²)	8.100	15.300	17.100	17.600	19.400	19.800	20.800	21.100

6.2.8 Ambiti territoriali e confini amministrativi

La valutazione delle componenti del bilancio idrologico viene fornita anche per ambiti territoriali contenuti nei confini nazionali. In particolare i risultati sono elaborati per ambiti territoriali che costituiscono una partizione⁹ del territorio nazionale come i distretti idrografici (di cui all'art. 64 del DLgs. 152/2006 e s.m.i), le regioni amministrative e i compartimenti del soppresso Servizio Idrografico, per consentire, in quest'ultimo caso, il confronto con i valori riportati negli Annali Idrologici e con le valutazioni presentate nell'ambito della Conferenza sulle Acque del 1971 (CNA,1972).

A tal fine sono stati utilizzati i dati geografici vettoriali, in formato ESRI *shapefile*, dei confini dei vari ambiti territoriali, sui quali sono stati ritagliati (*clipped*), con le usuali funzionalità delle piattaforme GIS, i risultati ottenuti dal BIGBANG in forma distribuita per il territorio nazionale.

⁹ Nella teoria degli insiemi una partizione è una divisione di un insieme X in sottoinsiemi tali che "coprono" X senza sovrapporsi e la cui unione è l'insieme stesso.

Nel caso degli ambiti amministrativi regionali e per quello nazionale, si è fatto riferimento ai dati vettoriali messi a disposizione dall'Istat sul proprio portale (Figura 6.37).

Figura 6.37 – Pagina del portale Istat per l'accesso ai confini amministrativi (<https://www.istat.it/it/archivio/222527>)

Per quanto concerne i limiti amministrativi delle Autorità di Bacino Distrettuali, i confini utilizzati sono quelli scaricabili tramite i servizi WFS (*Web Feature Service*) del Geoportale Nazionale del MiTE (ex MATTM).

http://wms.pcn.minambiente.it/ogc?map=/ms_ogc/wfs/Limiti_Ammministrativi_AdBD_2018.map

Poiché il modello BIGBANG elabora il bilancio idrologico con riferimento al volume per unità di superficie e i risultati sono tutti espressi in *mm*, quando si vuole esprimere il risultato in termini di volume, occorre moltiplicare il risultato medio per la superficie effettiva del territorio. È pertanto importante indicare a quale superficie del territorio si è fatto riferimento. Per la superficie nazionale e per quelle delle regioni sono stati utilizzati i valori ufficiali forniti da Istat (Tabella 6.8).

Le superfici dei distretti idrografici (Tabella 6.9) e dei compartimenti idrografici (Tabella 6.10), sono invece forniti dal calcolo effettuato dalla piattaforma GIS e dipendono, com'è noto, dalla proiezione cartografica adottata, per cui in questi ultimi due casi la somma delle superfici dei singoli ambiti non è perfettamente uguale alla superficie del territorio nazionale.

Tabella 6.8 – Superfici delle regioni (fonte Istat <https://www.istat.it/it/archivio/82599>)

REGIONE	SUPERFICIE km ²	POPOLAZIONE (1° gennaio 2020)	DENSITÀ abitanti/km ²
PIEMONTE	25387	4311217	170
VALLE DAOSTA	3261	125034	38
LIGURIA	5416	1524826	282
LOMBARDIA	23864	10027602	420
TRENTINO-ALTO ADIGE	13606	1078069	79
VENETO	18407	4879133	265
FRIULI-VENEZIA GIULIA	7862	1206216	153
EMILIA-ROMAGNA	22453	4464119	199
TOSCANA	22987	3692555	161
UMBRIA	8464	870165	103
MARCHE	9401	1512672	161
LAZIO	17232	5755700	334
ABRUZZO	10832	1293941	119
MOLISE	4461	300516	67
CAMPANIA	13671	5712143	418
PUGLIA	19541	3953305	202
BASILICATA	10073	553254	55
CALABRIA	15222	1894110	124
SICILIA	25832	4875290	189
SARDEGNA	24100	1611621	67
ITALIA	302073	59433744	197

Tabella 6.9 – Superficie dei distretti idrografici

DISTRETTO IDROGRAFICO	SUPERFICIE km ²
ALPI ORIENTALI	34724
FIUME PO	82785
APPENNINO SETTENTRIONALE	24284
APPENNINO CENTRALE	42275
APPENNINO MERIDIONALE	67490
SARDEGNA	24118
SICILIA	25718
ITALIA	302073

Tabella 6.10 – Superficie dei compartimenti idrografici del soppresso SII

COMPARTIMENTO IDROGRAFICO	SUPERFICIE km ²
VENEZIA	36595
PARMA	70002
GENOVA	4848
BOLOGNA	19430
PISA	19563
ROMA	23833
PESCARA	13236
NAPOLI	19197
BARI	19745
CATANZARO	23889
PALERMO	25748
CAGLIARI	24049
ITALIA	302073

6.2.9 Effetti di bordo

Per le celle che contengono solo una porzione di territorio (sia quelle poste lungo la linea di costa sia quelle confinanti con i paesi limitrofi) la valutazione delle componenti del bilancio idrologico, ove tutti i layer non contengano *NoData*, viene effettuata per l'intera cella salvo poi tenere conto dell'informazione relativa alla sola frazione di territorio presente nella cella (Figura 6.38).

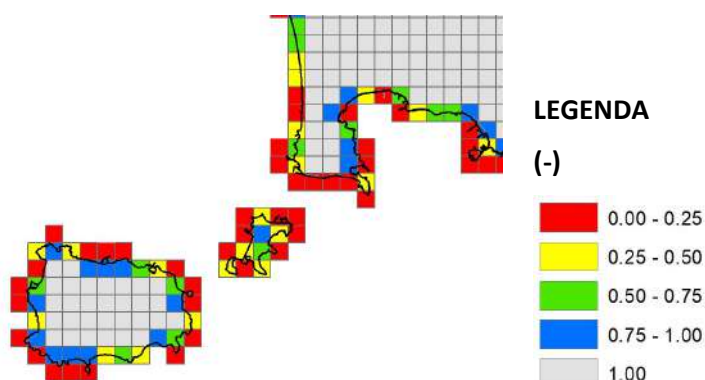


Figura 6.38 – Particolare del grid del rapporto tra l'area di ciascuna cella di calcolo contenuta entro il confine nazionale e l'area totale della cella stessa

6.2.10 Dati mancanti

Alcune informazioni distribuite non sono disponibili per la Repubblica di San Marino, per la Città del Vaticano e Castel Gandolfo. Alcune elaborazioni per queste aree contenute all'interno del dominio di calcolo produrranno valori *NoData*.

6.3 Modellazione delle componenti del bilancio

Nel paragrafo precedente sono stati descritti i dati di base utilizzati nel BIGBANG per la valutazione delle componenti del bilancio idrologico, le cui schematizzazioni vengono descritte in dettaglio in questo paragrafo. La disponibilità dei dati per l'intero territorio nazionale e per tutto il periodo di elaborazione ha guidato la scelta del tipo di schematizzazioni dei fenomeni adottate nel BIGBANG.

Nelle formule riportate nel seguito gli operandi faranno riferimento all'intero *grid* e non alla singola cella. Pertanto, il pedice utilizzato nelle formule si riferirà alla sola variabile temporale.

Nel *flow chart* in Figura 6.39 è riportata la struttura logica del modello BIGBANG avendo differenziato con forme e colori diversi quelli che sono dati, processi e risultati, connessi all'elemento centrale costituito dal suolo, con la sua funzione fondamentale di ripartizione degli afflussi nelle diverse componenti idrologiche.

Negli elementi ellittici in giallo sono rappresentati i dati utilizzati nelle schematizzazioni, ampiamente descritti nel paragrafo 6.2. Le schematizzazioni sono rappresentate dagli elementi romboidali in rosso con l'indicazione delle variabili in esse coinvolte. Negli elementi rettangolari in colore verde sono rappresentate le componenti del bilancio idrologico calcolate nell'attuale versione del modello:

- precipitazione nevosa
- immagazzinamento nella coltre nevosa
- scioglimento nivale
- afflusso
- evapotraspirazione potenziale
- evapotraspirazione reale
- immagazzinamento nel suolo
- ruscellamento
- ricarica degli acquiferi

Nella struttura del modello sono state poi riportate anche le variabili idrologiche (elementi rettangolari in grigio) che nell'attuale implementazione del modello non sono valutate e i dati che sarebbero necessari per la loro valutazione (elementi ellittici in arancio). In particolare per la valutazione del deflusso totale in una sezione fluviale (cfr. Figura 5.1), sarebbe necessaria la stima di una serie di variabili idrologiche: immagazzinamento superficiale e sotterraneo, componente sotterranea del deflusso e volumi scambiati con i territori limitrofi superficialmente e nel sottosuolo (o con il mare). Per tali variabili sarebbe necessaria la conoscenza dei dati delle caratteristiche degli invasi, dei laghi e delle portate.

L'accertamento della disponibilità di tali dati sull'intero territorio nazionale e la successiva raccolta e condivisione sono in corso di approfondimento nell'ambito di due iniziative nazionali, la rete degli Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici e il Piano Operativo Ambiente FSC 2014-2020.

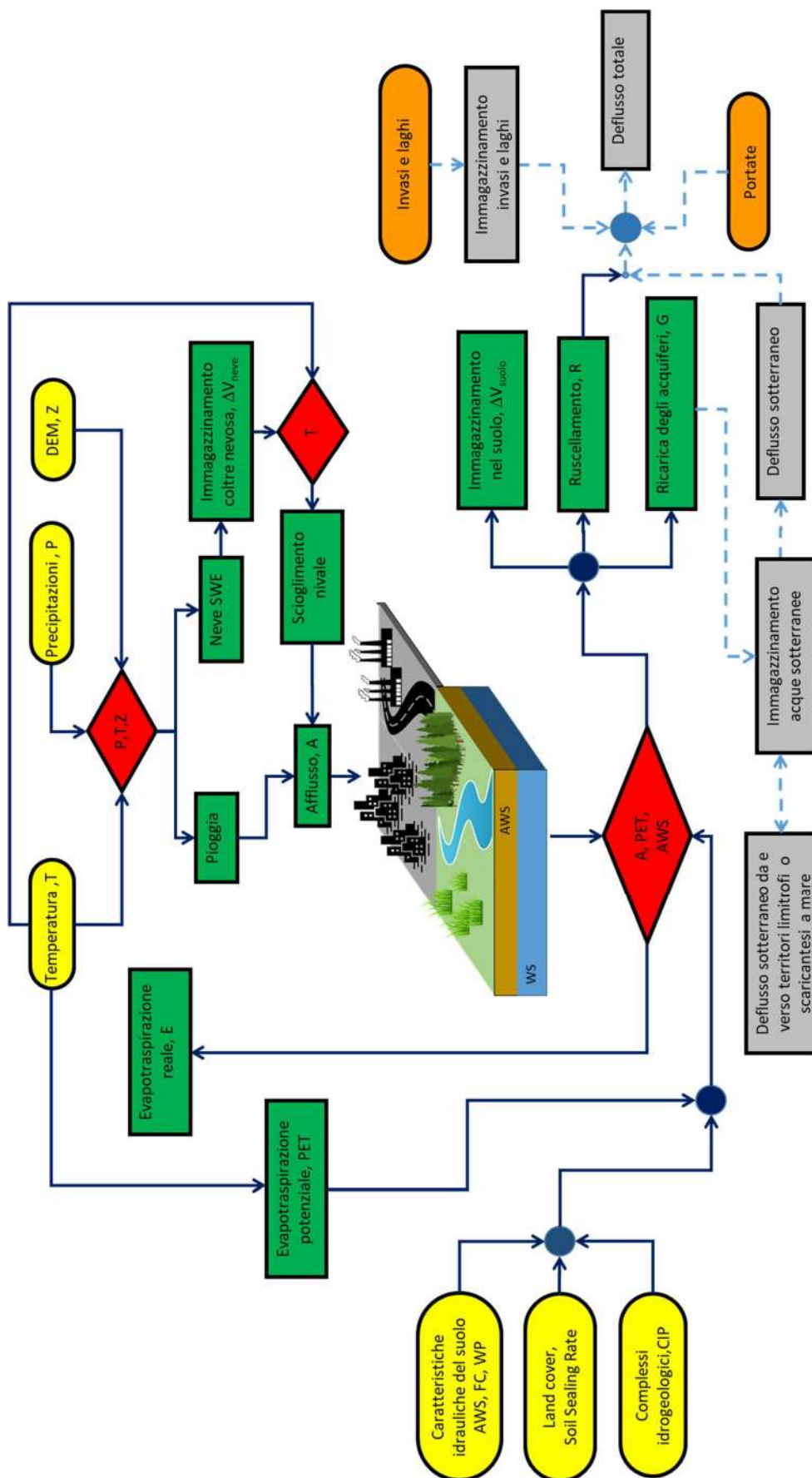


Figura 6.39 – Diagramma di flusso del modello di bilancio idrologico BIGBANG

6.3.1 Precipitazione nevosa

Il fenomeno della precipitazione nevosa è estremamente complesso e dipende da molteplici fattori (DeWalle e Rango, 2008).

Nell'attuale implementazione del BIGBANG, disponendo solo dei dati di precipitazione mensile e di temperatura media mensile, la stima dell'aliquota della precipitazione totale che avviene sotto forma di neve, espressa in termini di equivalente in acqua (*snow water equivalent*, SWE), è effettuata mediante un semplice schema basato sulla temperatura media mensile e sulla quota media derivata dal DEM (McCabe e Markstrom, 2007).

La precipitazione nevosa nel mese i -esimo è calcolata come un'aliquota della precipitazione totale secondo la relazione:

$$P_{snow,i} = SNOW_i \times P_i \quad \text{eq. 6.6}$$

in cui P_i è la precipitazione mensile e il coefficiente $SNOW_i$ è dato dalla relazione:

$$SNOW_i = \begin{cases} 1 & \text{se } T_i < T_{snow} \\ \frac{T_{rain} - T_i}{T_{rain} - T_{snow}} & \text{se } T_{snow} \leq T_i \leq T_{rain} \\ 0 & \text{se } T_i > T_{rain} \end{cases} \quad \text{eq. 6.7}$$

dove T_i è la temperatura media nel mese i -esimo e T_{snow} è la temperatura limite che definisce la formazione della precipitazione nevosa e T_{rain} è un valore di soglia costante. A sua volta, T_{snow} si declina in due valori, in funzione della quota Z :

$$T_{snow} = \begin{cases} T_{snow,sup} & \text{se } Z > Z_{snow} \\ T_{snow,inf} & \text{se } Z \leq Z_{snow} \end{cases} \quad \text{eq. 6.8}$$

in cui $T_{snow,inf}$ e $T_{snow,sup}$ sono due valori di soglia costanti.

Dalle relazioni precedenti discende che quando la temperatura media mensile T_i è inferiore alla soglia T_{snow} tutta la precipitazione è a carattere nevoso. Quando invece la temperatura media mensile T_i è al di sopra della soglia T_{rain} , tutta la precipitazione avviene in forma liquida.

Nel diagramma in Figura 6.40 è sintetizzato il funzionamento dello schema che prevede un comportamento diverso per le zone a "bassa quota" (linea rossa con quota $Z \leq Z_{snow}$) e per le zone ad alta quota (linea blu con quota $Z > Z_{snow}$).

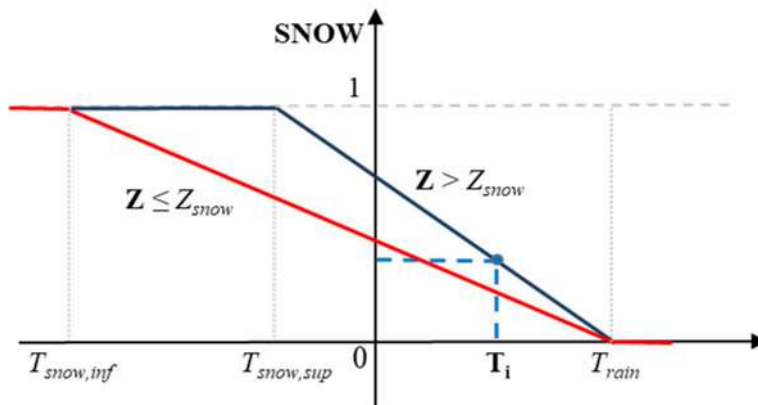


Figura 6.40 – Relazione tra temperatura mensile T , quota Z e aliquota di precipitazione nevosa $SNOW$

All'interno dell'intervallo (T_{snow}, T_{rain}) l'aliquota della precipitazione nevosa decresce linearmente dal valore 1 al valore 0. Inoltre il limite inferiore dell'intervallo al di sotto del quale la precipitazione è totalmente nevosa viene considerato variabile con la quota per cui al di sotto di una quota limite Z_{snow} , che definisce la zona ad alta e quella a bassa quota, è necessaria una temperatura media mensile più bassa per ottenere una totale precipitazione nevosa mentre per la zona ad alta quota questa temperatura risulta maggiore.

Nell'attuale versione del modello BIGBANG, nelle more di una calibrazione per le diverse aree del paese, i parametri che caratterizzano il modello di formazione della precipitazione nevosa sono posti, in prima istanza, costanti per tutto il territorio nazionale e pari a valori di letteratura (McCabe e Markstrom, 2007):

- T_{rain} è posto pari a 3.0 °C
- $T_{snow,inf}$, è posto pari a -10.0 °C
- $T_{snow,sup}$ è posto pari a -1.0 °C
- Z_{snow} è posto pari a 1000 m s.l.m.

Assumendo lo stesso significato dei simboli adottati nelle equazioni soprariportate si propone nel Box 6.1 lo pseudocodice di calcolo del modello della precipitazione nevosa adottato nel BIGBANG.

Box 6.1 – Pseudocodice di calcolo della precipitazione nevosa

Definizione delle costanti:
 $T_{snow, inf}$: temperatura soglia al di sotto della quale la precipitazione è totalmente solida per la zona a bassa quota (°C)
 $T_{snow, sup}$: temperatura soglia al di sotto della quale la precipitazione è totalmente solida per la zona ad alta quota (°C) (°C)
 T_{rain} : temperatura soglia al di sopra della quale la precipitazione è sempre totalmente liquida (°C)
 Z_{snow} : quota limite che definisce la zona ad alta quota e bassa quota (m s.l.m.)

Definizione delle variabili:
 T_i : temperatura media mensile mese i -esimo (°C)
 $SNOW_i$: frazione della precipitazione totale che avviene in forma solida nel mese i -esimo (-)

Calcolo frazione di precipitazione nevosa nel mese i -esimo

IF $T_i < T_{snow, inf}$ **THEN**
 $SNOW_i = 1$

ELSEIF $T_i \geq T_{snow, inf}$ **AND** $T_i < T_{snow, sup}$ **AND** $Z \leq Z_{snow}$ **THEN**
 $SNOW_i = (T_{rain} - T_i) / (T_{rain} - T_{snow, inf})$

ELSEIF $T_i \geq T_{snow, inf}$ **AND** $T_i < T_{snow, sup}$ **AND** $Z > Z_{snow}$ **THEN**
 $SNOW_i = 1$

ELSEIF $T_i \geq T_{snow, sup}$ **AND** $T_i < T_{rain}$ **AND** $Z \leq Z_{snow}$ **THEN**
 $SNOW_i = (T_{rain} - T_i) / (T_{rain} - T_{snow, inf})$

ELSEIF $T_i \geq T_{snow, sup}$ **AND** $T_i < T_{rain}$ **AND** $Z > Z_{snow}$ **THEN**
 $SNOW_i = (T_{rain} - T_i) / (T_{rain} - T_{snow, sup})$

ELSEIF $T_i \geq T_{rain}$ **THEN**
 $SNOW_i = 0$

END IF

6.3.2 Scioglimento nivale e altezza della coltre nevosa

Lo scioglimento nivale è invece modellato mediante il semplice schema dei gradi-giorno che assume una relazione empirica tra lo scioglimento nivale e la temperatura dell'aria (Hock, 1999; USDA, 2004):

$$SNOWMELT_i = \begin{cases} C \times (T_i - T_{snowmelt}) & \text{se } T_i \geq T_{snowmelt} \\ 0 & \text{se } T_i < T_{snowmelt} \end{cases} \quad \text{eq. 6.9}$$

Mentre l'accumulo della neve (espressa sempre in termini di SWE) è dato:

$$SNOWDEPTH_i = SNOWDEPTH_{i-1} + (P_{snow,i} - SNOWMELT_i) \quad \text{eq. 6.10}$$

Se lo scioglimento nivale $SNOWMELT_i$ calcolato nel mese i -esimo è maggiore dell'altezza cumulata di neve nello stesso mese $SNOWDEPTH_i$, lo scioglimento nivale è posto pari all'altezza $SNOWDEPTH_i$. Il valore $T_{snowmelt}$ è la soglia di temperatura in °C al di sopra della quale inizia il processo di scioglimento, il valore T_i è la temperatura media mensile e C è un coefficiente, espresso in mm/°C/mese, generalmente indicato con riferimento allo scioglimento nivale giornaliero. Ne consegue che per ottenere il coefficiente C su base mensile occorre moltiplicare il valore giornaliero per il numero dei giorni del mese.

Lo USDA (2004) indica valori usuali del coefficiente da 1.6 a 6 mm/°C/giorno che diventano quindi da 50 a 180 mm/°C/mese.

I valori dei parametri per lo schema di scioglimento nivale sono dedotti, in prima istanza, dai valori di letteratura USDA (2004) e sono unici per tutta l'Italia e per tutto il periodo dell'anno, nelle more di un studio *ad hoc* per la taratura dello schema stesso. Nel BIGBANG i valori dei parametri sono posti rispettivamente:

- $C=150 \text{ mm/°C/mese}$

- $T_{snowmelt} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Il modello di scioglimento nivale, come indicato nell'eq. 6.10, richiede la conoscenza dello stato nel mese precedente, per il calcolo dell'altezza e dello scioglimento. È stato quindi necessario definire una condizione iniziale.

Nel Box 6.2 è riportato lo pseudocodice di calcolo dello scioglimento nivale e dell'altezza della coltre nevosa

Box 6.2 – Pseudocodice di calcolo dello scioglimento nivale e dell'altezza del manto nevosa

Definizione delle costanti:
C: tasso di scioglimento nivale mensile (mm/mese/°C)
T_{snowmelt}: temperatura soglia di scioglimento nivale (°C)

Definizione delle variabili:
P_i: precipitazione totale mese *i*-esimo (mm)
T_i: temperatura media mensile mese *i*-esimo (°C)
TEMP_MELT_i: scioglimento nivale temporaneo mese *i*-esimo (mm)
SNOWMELT_i: scioglimento nivale definitivo mese *i*-esimo (mm)
TEMP_SNOW_i: altezza temporanea manto nevoso mese *i*-esimo (mm)
SNOWDEPTH_i: altezza definitiva manto nevoso mese *i*-esimo (mm)
SNOW_i: frazione della precipitazione totale che avviene in forma solida nel mese *i*-esimo (-)

Calcolo scioglimento nivale e altezza della coltre nevosa nel mese *i*-esimo
 $TEMP_MELT_i = C \times (T_i - T_{snowmelt})$
 $TEMP_SNOW_i = SNOWDEPTH_{i-1} + SNOW_i \times P_i$
IF $T_i < T_{snowmelt}$ **THEN**
 $SNOWMELT_i = 0$
ELSEIF $T_i \geq T_{snowmelt}$ **AND** $TEMP_MELT_i > TEMP_SNOW_i$ **THEN**
 $SNOWMELT_i = SNOWDEPTH_{i-1} + SNOW_i \times P_i$
ELSEIF $T_i \geq T_{snowmelt}$ **AND** $TEMP_MELT_i \leq TEMP_SNOW_i$ **THEN**
 $SNOWMELT_i = TEMP_MELT_i$
END IF
 $SNOWDEPTH_i = SNOWDEPTH_{i-1} + (SNOW_i \times P_i - SNOWMELT_i)$

6.3.3 Evapotraspirazione di riferimento e potenziale

Nel BIGBANG sono, allo stato attuale, implementate diverse formulazioni dell'evapotraspirazione potenziale e di riferimento. In particolare sono impiegate quelle formulazioni che fanno uso dei dati di temperatura, media, minima e massima mensile, e delle caratteristiche di insolazione, funzione solo del mese e della latitudine: Turc (semplificata) (1961), Hargreaves e Samani (1982) e Thornthwaite (1948). Alcune formulazioni fanno riferimento alla cosiddetta "evapotraspirazione di riferimento" ET_0 e altre alla "evapotraspirazione potenziale" ET_P che sono due concetti che normalmente vengono assimilati ma che partono da definizioni diverse. Una chiara esposizione della differenza tra evapotraspirazione potenziale ed evapotraspirazione di riferimento è riportata in Irmak e Haman (2003)¹⁰. Nell'implementazione del BIGBANG i due concetti, tuttavia, sono assimilati e la variabile sarà identificata con il simbolo unico PET.

L'evapotraspirazione potenziale e/o di riferimento viene utilizzata nel bilancio del suolo nello schema di Thornthwaite e Mather.

Essendo un parametro non facilmente misurabile viene di norma confrontato con la formulazione di ET_0 più completa di Penman Monteith, che tiene conto anche di altre variabili climatiche, fornita nel quaderno n. 56 della FAO (Allen et al., 1998).

¹⁰ Potential evapotranspiration (ET_P): The potential evapotranspiration concept was first introduced in the late 1940s and 50s by Penman and it is defined as "the amount of water transpired in a given time by a short green crop, completely shading the ground, of uniform height and with adequate water status in the soil profile". Note that in the definition of potential evapotranspiration, the evapotranspiration rate is not related to a specific crop. The main confusion with the potential evapotranspiration definition is that there are many types of horticultural and agronomic crops that fit into the description of short green crop. So, scientists may be confused as to which crop should be selected to be used as a short green crop because the evapotranspiration rates from well-watered agricultural crops may be as much as 10 to 30% greater than that occurring from short green grass.

Reference evapotranspiration (ET_0): Reference evapotranspiration is defined as "the rate of evapotranspiration from a hypothetical reference crop with an assumed crop height of 0.12 m (4.72 in), a fixed surface resistance of 70 s m⁻¹ (70 sec 3.2ft-1) and an albedo of 0.23, closely resembling the evapotranspiration from an extensive surface of greengrass of uniform height, actively growing, well-watered, and completely shading the ground". In the reference evapotranspiration definition, the grass is specifically defined as the reference crop and this crop is assumed to be free of water stress and diseases

6.3.3.1 Formulazione di Turc semplificata

Una versione semplificata dell'equazione di Turc (1961) per l'evapotraspirazione potenziale, utilizzabile se l'umidità relativa è sufficientemente elevata $UR > 50\%$ e per intervalli di un mese, dipendente solo dalle temperature medie mensili e dalla latitudine, è la seguente:

$$(PET_{TRC})_i = M_i \times 0.0133 \times \frac{(\overline{T_{med,g}})_i}{(\overline{T_{med,g}})_i + 15} \times [(\overline{\alpha R_g})_i + 50] \quad [mm/mese] \quad \text{eq. 6.11}$$

dove:

- M_i è il numero di giorni nel mese i -esimo. Il prodotto $(M_i \times 0.0133)$ fornisce un coefficiente che vale 0.40 per tutti i mesi e 0.37 per il mese di febbraio;
- $(\overline{\alpha R_g})_i$ è la radiazione solare totale al suolo (diretta e diffusa) giornaliera media mensile (media mensile dei valori di radiazione totale giornaliera) del mese i -esimo;
- α è il fattore di conversione tra unità di misura che assume i valori: 1.0 se R_g è espresso in $[cal/cm^2]$; 0.0239 se R_g è espresso in $[kJ/m^2]$; 23.9 se R_g è espresso in $[MJ/m^2]$, in base al fattore di conversione $1 [cal/cm^2] = 0.041868 [MJ/m^2]$;
- $(\overline{T_{med,g}})_i$ è la temperatura media giornaliera media mensile (media mensile delle medie giornaliere) del mese i -esimo espressa in $[^\circ C]$.

La stima della radiazione solare totale giornaliera media mensile può essere effettuata con la formula empirica (Angström, 1924) in funzione della radiazione solare giornaliera extraterrestre (al limite dell'atmosfera su superficie orizzontale) che dipende solo dalla latitudine e del rapporto di insolazione.

$$(\overline{R_g})_i = (\overline{Q_s})_i \times \left[0.18 + 0.62 \times \left(\frac{n}{N} \right)_i \right] \quad [cal/cm^2/giorno] \quad \text{eq. 6.12}$$

dove:

- $(\overline{Q_s})_i$ è il valore medio mensile (nel mese i -esimo) della radiazione giornaliera totale extraterrestre (al limite dell'atmosfera) su una superficie orizzontale espressa in $[cal/cm^2]$;
- $\left(\frac{n}{N} \right)_i$ è il rapporto d'insolazione (nel mese i -esimo) in cui N è il numero massimo delle ore di insolazione e n è il numero effettivo di ore di insolazione.

L'applicazione della formula di Turc semplificata richiede quindi dati di radiazione solare giornaliera misurati con radiometri oppure, se viene applicata la formula empirica, sono richiesti dati di eliofania misurati con eliofanometro.

Non essendo disponibili in maniera omogenea su tutto il territorio nazionale e per un periodo lungo dati di radiazione solare ovvero quelli di eliofania, non è possibile applicare la formula di Turc semplificata a meno di non ricorrere alla formulazione empirica di Hargreaves (Fisher e Pringle III, 2013), adottata nella formula di Hargreaves e Samani per la ET_0 , in cui la radiazione al suolo è espressa in funzione della radiazione extraterrestre R_a e delle temperature massima e minima giornaliera $T_{max,g}$ e $T_{min,g}$:

$$R_g = 0.16 \times (T_{max,g} - T_{min,g})^{0.5} \times R_a \quad [MJ/m^2] \quad \text{eq. 6.13}$$

6.3.3.2 Formulazione di Hargreaves e Samani

Quella di Hargreaves e Samani (1982) è una formula empirica che stima l'evapotraspirazione di riferimento ET_0 . Tuttavia nell'ambito del BIGBANG si continua a utilizzare il simbolo PET con il pedice HGS che riporta agli autori della formula.

La formulazione fa dipendere l'evapotraspirazione di riferimento solo dalla temperatura media e dalla radiazione solare totale e alla scala mensile ha la seguente espressione:

$$(PET_{HGS})_i = M_i \times 0.0135 \times \left[(\overline{T_{med,g}})_i + 17.8 \right] \times \left[k_R \times \sqrt{(\overline{T_{max,g}})_i - (\overline{T_{min,g}})_i} \times (\overline{R_a})_i \right] \quad [mm/mese] \quad \text{eq. 6.14}$$

dove:

- M_i è il numero di giorni del mese i -esimo;
- $(\overline{R_a})_i$ è la radiazione extraterrestre giornaliera, media mensile nel mese i -esimo, espressa in $[mm/giorno]$ equivalenti di acqua evaporata. Il fattore di conversione tra la radiazione

espressa in MJ/m² e mm è 2.45 (che è il calore latente di vaporizzazione dell'acqua pari a 2.45 MJ/kg). I valori della radiazione solare extraterrestre dipendono solo dalla latitudine (Tabella 6.11).

- k_R è un coefficiente [$^{\circ}\text{C}^{-0.5}$] che assume valori tra 0.16 e 0.19. Comunemente si attribuisce il valore 0.17;
- $(\overline{T_{max,g}})_i$, $(\overline{T_{min,g}})_i$ e $(\overline{T_{med,g}})_i$ sono le medie mensili, nel mese i -esimo, delle temperature espresse in [$^{\circ}\text{C}$] rispettivamente massime, minime e medie giornaliere. La temperatura media giornaliera è data dalla semisomma della temperatura massima e minima.

Il termine nell'eq. 6.14:

$$R_s = k_R \times \sqrt{T_{max,g} - T_{min,g}} \times R_a \quad \text{eq. 6.15}$$

costituisce la relazione empirica proposta da Hargreaves e Samani per esprimere la radiazione solare totale.

Tabella 6.11 – Valori della radiazione extraterrestre giornaliera media mensile espressa in mm/giorno equivalenti di acque evaporata per diverse latitudini (Doorenbos e Pruitt, 1977)

LAT N	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3

6.3.3.3 Formulazione di Thornthwaite

La formula di Thornthwaite (1948), che ha il pregio della semplicità ed è ampiamente utilizzata, fa dipendere l'evapotraspirazione potenziale (PET_{THW}) dalla sola temperatura media mensile e dall'insolazione:

$$(PET_{THW})_i = 16 \times b_i \times \left[10 \times \frac{(\overline{T_{med,g}})_i}{I} \right]^a \quad [\text{mm/mese}] \quad \text{eq. 6.16}$$

dove:

- $b_i = N_j/12 \times d_j/30$ è il coefficiente di irraggiamento, rapporto tra il numero di ore diurne e la metà (12) delle ore giornaliere; N_i numero massimo, medio mensile, di ore di insolazione al giorno in funzione del mese e della latitudine; d_i numero di giorni del mese i -esimo (Tabella 6.12);
- $(\overline{T_{med,g}})_i$ è la media mensile della temperatura media giornaliera del mese i -esimo. Ove tale temperatura risultasse minore di 0, il valore si pone uguale a 0;
- I è l'indice termico calcolato sulla base della media T_i^* della serie delle temperature medie mensili; ove tale temperatura risultasse minore di 0, il valore è posto uguale a 0:

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left[\frac{T_j^*}{5} \right]^{1.514} \quad \text{eq. 6.17}$$

con:

$$T_i^* = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M [(\overline{T_{med,g}})_i]_k \quad i = 1, \dots, 12 \quad \text{eq. 6.18}$$

dove M è il numero di anni della serie storica delle temperature medie mensili.
L'esponente a è espresso dalla relazione:

$$a = 0.49239 + 0.01792 \times I - 0.0000771 \times I^2 + 0.000000675 \times I^3 \quad \text{eq. 6.19}$$

I valori del coefficiente b_i sono riportati nella Tabella 6.12.

Tabella 6.12 – Coefficiente b di irraggiamento mensile della formula di Thornthwaite per diverse latitudini (Bras, 1990)

LAT N	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88

6.3.4 Evapotraspirazione effettiva

La valutazione dell'evapotraspirazione effettiva costituisce l'elemento centrale del bilancio idrologico, sia perché costituisce l'aliquota maggiore tra quelle in cui si suddivide l'afflusso meteorico, sia perché la sua stima è affetta da elevata incertezza.

Nell'attuale implementazione del modello BIGBANG, seguendo il criterio informatore di utilizzare schemi semplici e consolidati nella letteratura tecnico-scientifica, l'evapotraspirazione effettiva, indicata qui anche con il simbolo AET (*Actual EvapoTranspiration*) è valutata attraverso lo schema di Thornthwaite e Mather (1955 e 1957) di bilancio idrico del suolo, considerato come un unico strato omogeneo.

In ambito tecnico-scientifico l'approccio di Thornthwaite e Mather, nonostante sia stato proposto negli anni '50 del secolo scorso, è stato, ed è ancora, molto utilizzato (Steenhuis e Van Der Molen, 1986; Calvo, 1986; Mendicino e Versace, 2003, 2007; McCabe e Markstrom, 2007; Westenbroek et al., 2018). Nel modello BIGBANG la valutazione delle componenti del bilancio viene differenziata per le aree naturali e quelle artificiali sulla base delle due macro-classi di *land cover* descritte nel paragrafo 6.2.7. In particolare, per le aree naturali o vegetate la stima dell'evapotraspirazione effettiva corrisponde solo a quella di origine naturale senza, cioè, considerare l'apporto idrico artificiale dovuto all'irrigazione.

6.3.4.1 Bilancio su aree naturali o "non consumate"

Lo strato di 1 m di profondità del suolo, che si ipotizza essere la *root zone* e cioè l'ambiente dove avvengono i fenomeni legati all'attività delle radici della vegetazione, viene schematizzato come un "secchio", generalmente indicato nella letteratura tecnico-scientifica come *bucket* (Romano et al. 2011), la cui capacità massima è generalmente indicata come AWS (*available water storage*), o AWC (*available water content*) o anche come WHC (*soil-water holding capacity*). Questi termini sono utilizzati indifferentemente come sinonimi. La capacità massima costituisce la quantità di acqua che un suolo può contenere e che può essere utilizzata dalla vegetazione. Tale quantità è data dalla differenza tra il contenuto d'acqua corrispondente alla cosiddetta capacità di campo FC (*field capacity*) e il contenuto d'acqua corrispondente al cosiddetto punto di appassimento WP (*wilting point*) (Figura 6.41). Il "secchio" così schematizzato viene riempito dell'afflusso (pioggia e scioglimento nivale) e svuotato dall'evapotraspirazione mentre la formazione del ruscellamento e della ricarica degli acquiferi avviene solo quando il *bucket* è traboccante.

La capacità di campo costituisce la massima quantità di acqua che è trattenuta dal terreno dopo la percolazione a seguito della totale saturazione (in genere due o tre giorni dopo l'evento di pioggia che ha saturato il terreno), mentre il punto di appassimento costituisce il contenuto d'acqua al di sotto del quale la vegetazione appassisce irreversibilmente. Quest'ultimo parametro, evidentemente, dipende, oltre che dalle caratteristiche del terreno anche dalle caratteristiche della vegetazione, ma si assume come riferimento quello attribuito al girasole (Kirkham, 2004).

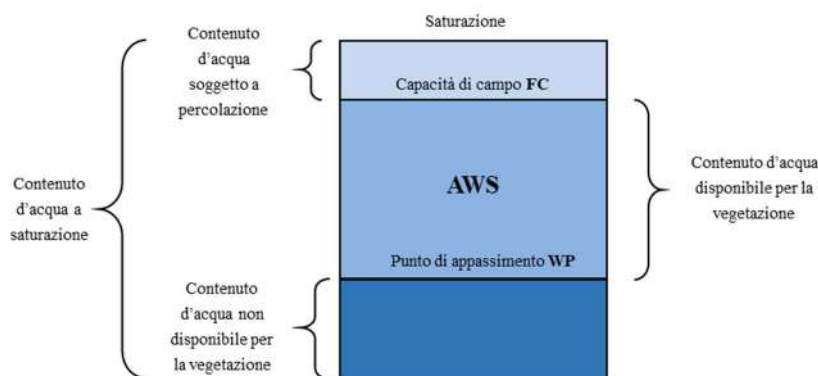


Figura 6.41 – Schema del contenuto d'acqua nel terreno

La AWS è, ovviamente, inferiore al contenuto d'acqua a saturazione, corrispondente alla porosità del terreno. Le caratteristiche idrauliche del suolo dipendono dalla sua tessitura. Nella Tabella 6.13 sono riportati valori tipici dell'AWS come differenza tra la capacità di campo e il punto di appassimento. Tuttavia non tutta l'acqua disponibile per le piante è assorbibile alla stessa maniera. In genere una prima aliquota viene assorbita dalla pianta senza stress e viene indicata come RAW (*Readily Available Water*). Una seconda aliquota invece viene assorbita dalla pianta con stress. Tale aliquota viene posta generalmente, come di fatto lo è anche nel BIGBANG, uguale al 50% (Allen et al., 1998).

Tabella 6.13 – Proprietà idrauliche dei suoli in funzione della tessitura (estratta da ASCE, 1990, Tabella 2.6, p. 21)

Tessitura del suolo	Capacità di campo FC mm/m	Punto di appassimento WP mm/m	Capacità disponibile AWS mm/m
Sabbia	120	40	80
Sabbia limosa	140	60	80
Limo sabbioso	230	100	130
Limo	320	150	170
Limo argilloso	340	190	150
Argilla limosa	360	210	150
Argilla	360	210	150

I parametri idraulici che caratterizzano il suolo sono riferiti ad un volume unitario di terreno (in particolare allo spessore di un metro) per cui sono espressi in mm/m.

Il bilancio idrico del suolo viene effettuato con riferimento a uno spessore di suolo costante di 1 m e un intervallo temporale di 1 mese a partire dai valori della evapotraspirazione potenziale e della caratterizzazione idraulica dei suoli.

Nello schema di bilancio idrico del suolo si distinguono la fase di umidificazione e quella di essiccamento, cioè:

- quando nel mese *i-esimo* l'afflusso liquido è maggiore o uguale all'evapotraspirazione potenziale, $A_i \geq PET_i$, l'evapotraspirazione avviene sempre con entità uguale a quella potenziale, indipendentemente dal contenuto d'acqua nel terreno WS_i , che pertanto si incrementa della quantità $A_i - PET_i$;
- quando nel mese *i-esimo* l'afflusso liquido è minore dell'evapotraspirazione potenziale, $A_i < PET_i$, tutto l'afflusso evapotraspira e il deficit, $PET_i - A_i$, viene soddisfatto attingendo alla riserva idrica contenuta nel terreno WS_i ; la riduzione del volume di acqua nel terreno avviene per effetto di un'evapotraspirazione effettiva funzione dello stesso contenuto d'acqua nel terreno WS_i secondo una legge che può assumere diverse forme.

In generale si può scrivere:

$$AET_i = \begin{cases} A_i + f(WS_i, AWS) \times (PET_i - A_i) & \text{se } PET_i > A_i \\ PET_i & \text{se } A_i \geq PET_i \end{cases} \quad \text{eq. 6.20}$$

Nella fase di essiccamento, quando cioè l'afflusso liquido non sia sufficiente a soddisfare la domanda evapotraspirativa e bisogna attingere alle riserve del suolo, l'equazione che descrive la riduzione del contenuto d'acqua nel suolo è:

$$\frac{d(W S_i)}{dt} = -f(W S_i, A W S) \times (P E T_i - A_i) \quad \text{se } P E T_i > A_i \quad \text{eq. 6.21}$$

La funzione $f(W S_i, A W S)$ può assumere diverse forme a seconda di come si ipotizzi che avvenga l'evapotraspirazione al variare del contenuto d'acqua nel terreno. In maniera molto schematica, il modello più semplice è quello riportato in Figura 6.42, che si potrebbe definire "simple bucket" in cui il tasso di riduzione del contenuto d'acqua nel terreno è indipendente dallo stesso contenuto d'acqua ed avviene sempre al valore massimo dell'evapotraspirazione potenziale fintantochè c'è acqua nel terreno. La relazione si esprime nella seguente:

$$f(W S_i, A W S) = \begin{cases} 1 & \text{se } 0 < W S_i \leq A W S \\ 0 & \text{se } W S_i = 0 \end{cases} \quad \text{eq. 6.22}$$

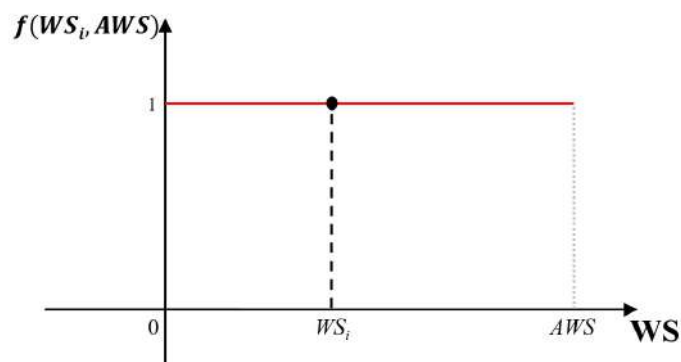


Figura 6.42 – Schema "simple bucket" con riduzione del contenuto d'acqua indipendente dallo stesso

Lo schema originale di Thornthwaite e Mather usa invece un modello più articolato, sempre del tipo *bucket*, nel quale la riduzione del contenuto d'acqua è proporzionale al contenuto d'acqua stesso (Westenbroek et al., 2018) ed è espresso dalla seguente relazione rappresentata nella Figura 6.43:

$$f(W S_i, A W S) = \begin{cases} \frac{W S_i}{A W S} & \text{se } 0 < W S_i \leq A W S \\ 0 & \text{se } W S_i = 0 \end{cases} \quad \text{eq. 6.23}$$

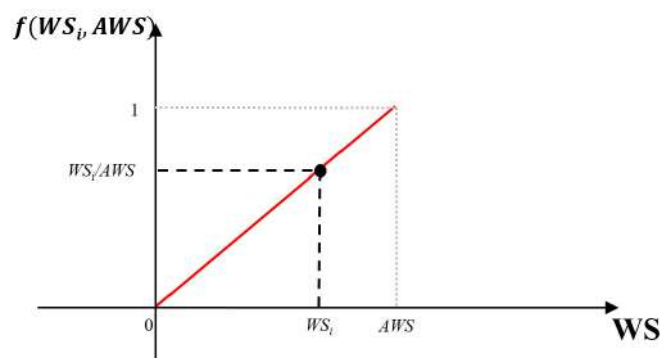


Figura 6.43 – Schema bucket con riduzione del contenuto d'acqua proporzionale allo stesso

Una combinazione dei due schemi precedentemente descritti (Figura 6.44), nel quale la riduzione del contenuto d'acqua è indipendente dallo stesso fintantoché esso si mantiene al di sopra di un valore soglia $W S^*$, mentre si riduce linearmente per valori inferiori, è quello generalmente adottato (Manabe, 1969; Kandell et al. 2005) ed è espresso dalla seguente:

$$f(W S_i, A W S) = \begin{cases} \frac{W S_i}{W S^*} & \text{se } 0 \leq W S_i \leq W S^* \\ 1 & \text{se } W S^* < W S_i \leq A W S \end{cases} \quad \text{eq. 6.24}$$

Dove $W S^*$ è una frazione di $A W S$ generalmente posta uguale a 0.5. Il valore di $W S^*$ rappresenta il valore del contenuto d'acqua nel suolo al di sotto del quale la vegetazione inizia a subire stress (*reduction point*), mentre al di sopra di tale valore il contenuto d'acqua nel suolo è quello corrispondente alla cosiddetta *RAW* (*Readily Available Water*).

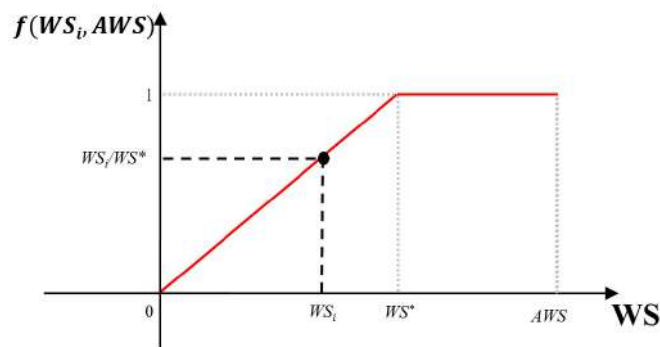


Figura 6.44 – Schema bucket con riduzione del contenuto d'acqua proporzionale allo stesso al di sotto di un valore soglia

Anche la FAO (Allen et al. 1998, FAO 2001) ha adottato uno schema analogo, in cui l'evapotraspirazione reale dipende dal contenuto d'acqua nel suolo attraverso le funzioni mostrate in Figura 6.45a e Figura 6.45b.

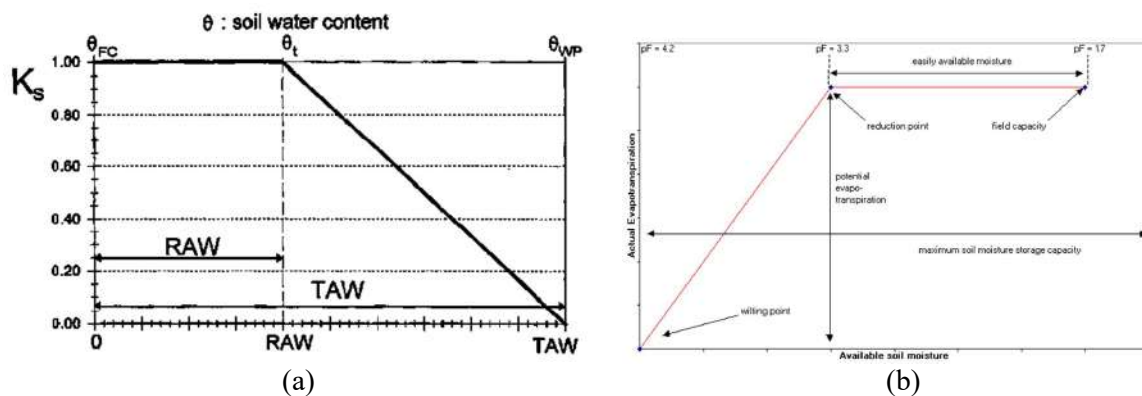


Figura 6.45 – Relazioni tra evapotraspirazione reale e contenuto d'acqua adottate dalla FAO: (a) tratta da Allen et al. 1998; (b) tratta dal sito <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/watresafrika/index4.stm> non più esistente)

Nel caso in cui la riduzione del contenuto d'acqua del suolo (caso in cui $A_i < P E T_i$) avviene in corrispondenza del tratto della funzione ad andamento lineare, è facilmente dimostrabile, integrando la relazione eq. 6.21, che il volume è dato dalla relazione:

$$W S_i = W S_{i-1} \exp\left(\frac{A_i - P E T_i}{W S^*}\right) \quad \text{eq. 6.25}$$

L'essiccamento del suolo avviene con un andamento esponenziale negativo e tende a zero asintoticamente. Nel caso invece in cui la riduzione del contenuto d'acqua del suolo avviene in corrispondenza del tratto della funzione ad andamento costante è facilmente dimostrabile che il volume è dato dalla relazione:

$$W S_i = W S_{i-1} + (A_i - P E T_i) \quad \text{eq. 6.26}$$

Nel caso in cui la riduzione del contenuto d'acqua ha inizio quando esso è maggiore del *reduction point* e prosegue anche quando è inferiore, la riduzione dell'evapotraspirazione avviene solo in una frazione del mese:

$$prd = 1 - \frac{WS_{i-1} - WS^*}{PET_i - A_i} \quad \text{eq. 6.27}$$

Il volume al termine del mese è dato da:

$$WS_i = WS^* \exp\left(\frac{A_i - PET_i}{WS^*} \times prd\right) \quad \text{eq. 6.28}$$

che, con semplici passaggi, si riduce a:

$$WS_i = WS^* \exp\left(\frac{A_i - PET_i + WS_{i-1}}{WS^*} - 1\right) \quad \text{eq. 6.29}$$

Nell'attuale versione del modello BIGBANG è adottato lo schema espresso dalla eq. 6.24, adottando un valore soglia WS^* uguale alla metà dell' AWS .

Con riferimento alla Figura 6.46, nel calcolo dell'evapotraspirazione si distinguono 5 diversi casi a seconda del valore del contenuto d'acqua nel terreno alla fine del mese precedente WS_{i-1} e del bilancio idroclimatico $A_i - PET_i$ del mese attuale.

Nel Box 6.3, con lo stesso significato dei simboli, viene riportato lo pseudocodice di calcolo per la valutazione dell'evapotraspirazione effettiva e del surplus generato dall'eccesso di precipitazione.

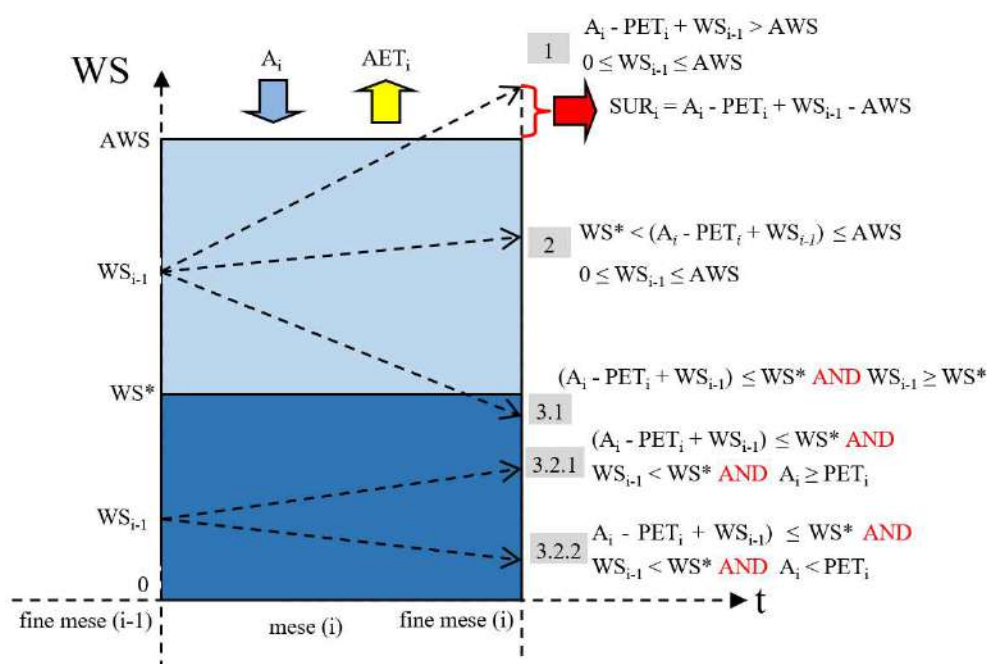


Figura 6.46 – Schema di calcolo delle componenti del bilancio idrologico nelle aree naturali per il modello adottato

Box 6.3 – Pseudocodice di calcolo delle componenti del bilancio idrologico nelle aree naturali per il modello adottato

Definizione delle costanti:
AWS: Available water content
*WS**: soglia del contenuto d'acqua che definisce la riduzione proporzionale dell'evapotraspirazione
CIP: coefficiente di infiltrazione potenziale
 Definizione delle variabili:
A_i: afflusso totale mese *i*-esimo
PET_i: evapotraspirazione potenziale mese *i*-esimo
AET_i: evapotraspirazione reale mese *i*-esimo
WS_i: contenuto d'acqua mese *i*-esimo
ΔST_i: variazione del contenuto d'acqua nel suolo nel mese *i*-esimo

SUR_i : surplus mese i -esimo
 GWR_i : ricarica degli acquiferi mese i -esimo
 ROF_i : ruscellamento mese i -esimo

Caso 1 (umidificazione)

IF $(A_i - PET_i + WS_{i-1}) > AWS$ **THEN**

$$\begin{aligned} WS_i &= AWS \\ AET_i &= PET_i \\ \Delta ST_i &= AWS - WS_{i-1} \\ SUR_i &= P_i - PET_i + WS_{i-1} - AWS \end{aligned}$$

Caso 2 (umidificazione)

IF $WS^* \leq (A_i - PET_i + WS_{i-1}) \leq AWS$ **THEN**

$$\begin{aligned} WS_i &= A_i - PET_i + WS_{i-1} \\ AET_i &= PET_i \\ \Delta ST_i &= AWS - WS_{i-1} \\ SUR_i &= 0 \end{aligned}$$

Caso 3.1 (essiccamento)

IF $(A_i - PET_i + WS_{i-1}) < WS^*$ **AND** $WS_{i-1} > WS^*$ **THEN**

$$\begin{aligned} prd &= 1 - (WS_{i-1} - WS^*) / (PET_i - A_i) \\ WS_i &= WS^* \times \text{EXP} [(A_i - PET_i) / WS^* \times prd] = WS^* \times \text{EXP} [(A_i - PET_i + WS_{i-1}) / WS^* - 1] \\ AET_i &= WS_{i-1} - WS_i + A_i \\ \Delta ST_i &= A_i - AET_i \\ SUR_i &= 0 \end{aligned}$$

Caso 3.2.1 (umidificazione)

IF $(A_i - PET_i + WS_{i-1}) \leq WS^*$ **AND** $WS_{i-1} \leq WS^*$ **AND** $(A_i - PET_i) \geq 0$ **THEN**

$$\begin{aligned} WS_i &= WS_{i-1} + A_i - PET_i \\ AET_i &= PET_i \\ \Delta ST_i &= A_i - AET_i \\ SUR_i &= 0 \end{aligned}$$

Caso 3.2.2 (essiccamento)

IF $(A_i - PET_i + WS_{i-1}) \leq WS^*$ **AND** $WS_{i-1} \leq WS^*$ **AND** $(A_i - PET_i) < 0$ **THEN**

$$\begin{aligned} WS_i &= WS_{i-1} \times \text{EXP} [(A_i - PET_i) / WS^*] \\ AET_i &= WS_{i-1} - WS_i + A_i \\ \Delta ST_i &= A_i - AET_i \\ SUR_i &= 0 \end{aligned}$$

$$GWR_i = CIP SUR_i$$

$$ROF_i = (1 - CIP) SUR_i$$

Lo schema di calcolo richiede la valutazione del contenuto d'acqua nel mese precedente WS_{i-1} per cui è necessario, per l'avvio del calcolo, definire una condizione iniziale. Poiché l'elaborazione ha inizio nel mese di gennaio del 1951, si assume verosimilmente che in questo mese il contenuto d'acqua sia quello massimo uguale a AWS per tutto il territorio nazionale.

6.3.4.2 Bilancio su aree artificializzate o "consumate"

In queste aree si assume che non vi sia vegetazione per cui non avvengano i fenomeni di traspirazione. L'evapotraspirazione si riduce alla sola evaporazione dell'acqua che bagna le superfici (strade, tetti, ecc.) e/o si immagazzina in piccole depressioni e contenitori (pozzanghere, caditoie, ecc.).

Il fenomeno molto complesso, tuttavia si può schematizzare in maniera semplice ipotizzando che l'afflusso liquido mensile A_i al di sotto di una determinata soglia A^* non produca ruscellamento e si trasformi tutto in evaporazione. Al di sopra della soglia A^* l'evaporazione mensile può essere posta uguale ad un'aliquota α dell'ulteriore afflusso liquido, eventualmente anche funzione della temperatura media mensile:

$$AE_i = \begin{cases} A_i & \text{se } A_i \leq A^* \\ A^* + \alpha(A_i - A^*) & \text{se } A_i > A^* \end{cases} \quad \text{eq. 6.30}$$

In questo caso il ruscellamento risulta pari all'aliquota dell'afflusso liquido complementare all'evaporazione. Non si produce, evidentemente, alcuna infiltrazione e nessun immagazzinamento nel suolo.

Tuttavia non avendo riferimenti circa i valori da assegnare, nelle more di approfondimenti e calibrazioni, nell'attuale versione del BIGBANG i parametri A^* e α vengono posti entrambi uguali a zero, per cui nelle aree impermeabilizzate tutto l'afflusso liquido è trasformato in ruscellamento superficiale, trascurandone l'evaporazione.

Nel Box 6.4 con lo stesso significato dei simboli, viene riportato lo pseudocodice di calcolo per la valutazione delle componenti del bilancio idrologico nelle aree artificializzate

Box 6.4 – Pseudocodice di calcolo delle componenti del bilancio idrologico nelle aree artificializzate

Definizione delle costanti:
AWS Available water content
ALPHA: aliquota dell'afflusso che evapora
*A**: valore soglia dell'afflusso che determina il ruscellamento

Definizione delle variabili:
A_i: afflusso totale mese *i*-esimo
AE_i: evaporazione mese *i*-esimo
ROF_i: ruscellamento mese *i*-esimo
GWR_i: ricarica degli acquiferi mese *i*-esimo
SUR_i: surplus mese *i*-esimo
WS_i: contenuto d'acqua mese *i*-esimo

IF $A_i \leq A^*$ **THEN**
 $AE_i = A_i$
 $ROF_i = 0$

ELSE
 $AE_i = A^* + ALPHA (A_i - A^*)$
 $ROF_i = A_i - AE_i$

$WS_i = 0$
 $GWR_i = 0$
 $SUR_i = ROF_i$

6.3.4.3 Bilancio su specchi d'acqua

Allo stato attuale dell'implementazione del BIGBANG gli specchi liquidi (laghi, lagune, ecc.) sono trattati con lo stesso schema delle aree naturali in cui il valore del parametro *AWS* è posto pari a 1000 mm/m. Pertanto la valutazione dell'evaporazione dagli specchi liquidi è pari all'evapotraspirazione potenziale (cfr. paragrafo 6.2.6).

6.3.4.4 Bilancio totale sulla cella di calcolo

Determinate le componenti idrologiche del bilancio per ciascuna tipologia di copertura del suolo, come se l'intera cella di calcolo fosse relativa ad un'unica tipologia di *land cover*, il valore effettivo della generica variabile idrologica *VAR*, coinvolta nel bilancio del suolo, sarà data dalla media ponderata delle sue valutazioni sulle due classi di suolo, i cui pesi sono costituiti dai rapporti di queste aree rispetto all'area totale della cella (Figura 6.47):

$$VAR = X_1 \cdot VAR_1 + X_2 \cdot VAR_2 \quad \text{eq. 6.31}$$

con:

$$X_1 = \frac{A_{artificializzata}}{A_{cella}} \quad e \quad X_2 = \frac{A_{naturale}}{A_{cella}} \quad \text{eq. 6.32}$$

L'eq. 6.31 può essere generalizzata nel caso in cui si adottino *N* tipologie di *land cover* (Figura 6.48), ciascuna eventualmente anche con diversa profondità *Y* della *root zone*, per ognuna delle quali è possibile definire uno schema di bilancio; il valore effettivo della componente del bilancio idrologico per la cella di calcolo sarà quindi fornita dalla media pesata:

$$VAR = \sum_i^N X_i \cdot VAR_i \quad \text{eq. 6.33}$$

dove X_i è il rapporto dell'area del *land cover* i-esimo e l'area della cella di calcolo, ed è ovviamente:

$$\sum_i^N X_i = 1 \quad \text{eq. 6.34}$$

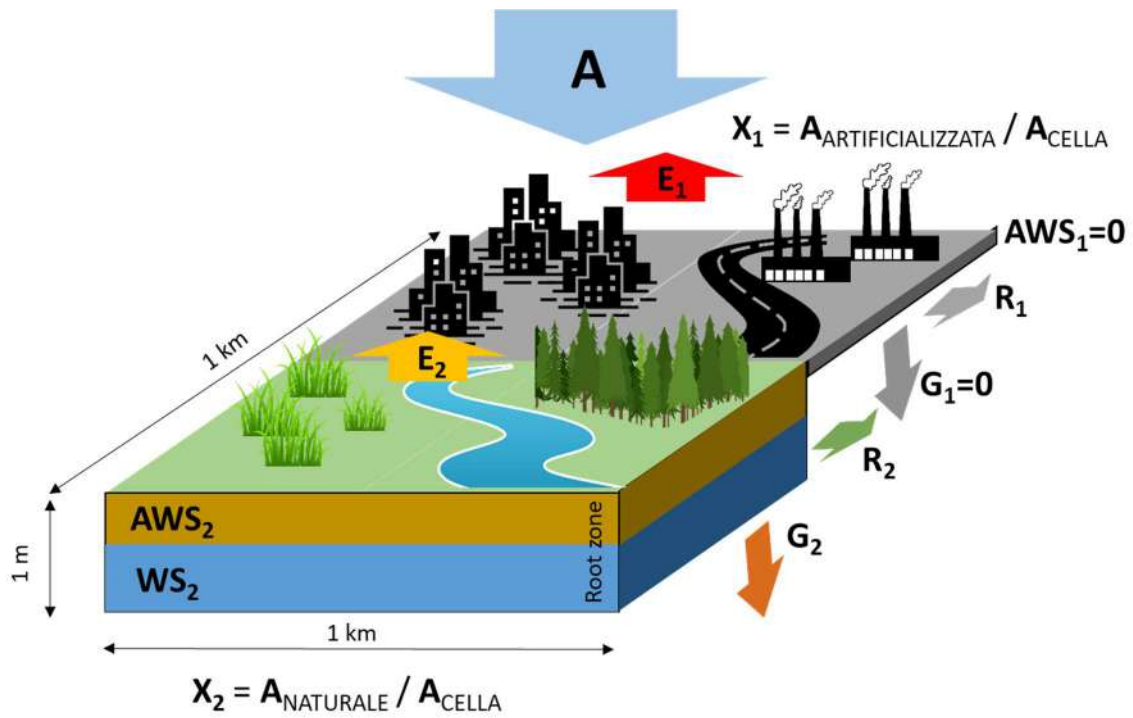


Figura 6.47 – Schema della valutazione delle componenti del bilancio idrologico sulla cella con la caratterizzazione binaria del *land cover*

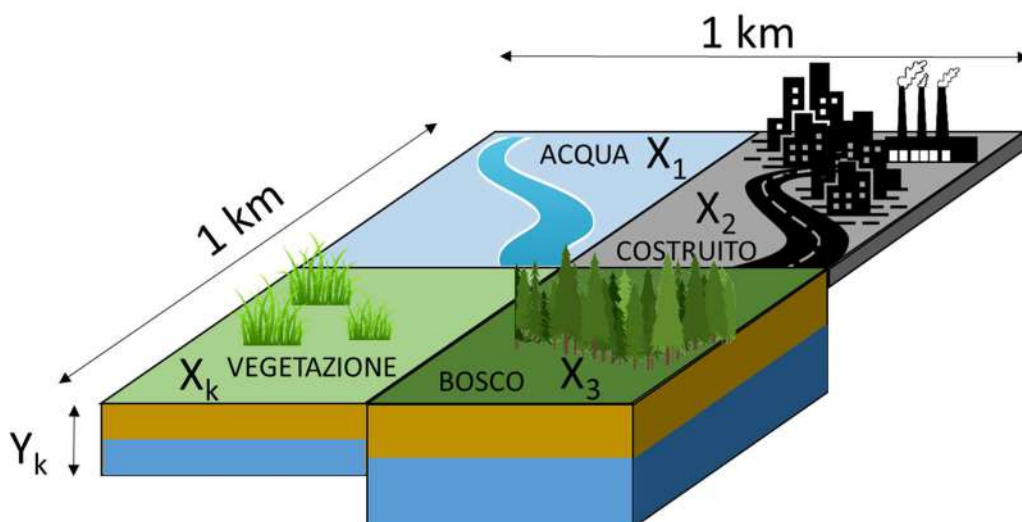


Figura 6.48 – Generalizzazione dello schema della valutazione delle componenti del bilancio idrologico sulla cella con una caratterizzazione multipla del *land cover*

6.3.5 Surplus

Il termine surplus viene calcolato solo per le aree naturali o “non consumate” e assume valori maggiori di zero allorché il volume dell’afflusso nel mese i -esimo, al netto dell’evapotraspirazione, supera il volume mancante al “riempimento” del *bucket*:

$$SUR_i = \max\{[(A_i - PET_i) - (AWS - WS_{i-1})], 0\} \quad \text{eq. 6.35}$$

Dal surplus si genera la ricarica degli acquiferi, in funzione delle caratteristiche di permeabilità della formazione geologica sottostante il suolo. Il ruscellamento è costituito dall’aliquota rimanente del surplus.

6.3.6 Ricarica degli acquiferi

Una volta stimati l’evapotraspirazione effettiva, il contenuto d’acqua nello strato di terreno di 1 m e il surplus al termine del mese i -esimo, la valutazione del volume di ricarica degli acquiferi (*aquifer recharge*) nel mese i -esimo G_i , viene effettuata come aliquota del termine di surplus SUR_i mediante il metodo empirico del coefficiente di infiltrazione potenziale (Celico, 1988; Brugioni et al., 2008):

$$G_i = \frac{CIP}{100} \times SUR_i \quad \text{eq. 6.36}$$

Il coefficiente di infiltrazione potenziale per un complesso idrogeologico è definito come il rapporto percentuale tra l’aliquota della infiltrazione e la cosiddetta “pioggia efficace”, definita come differenza tra l’afflusso e l’evapotraspirazione.

6.3.7 Ruscellamento

Il termine di ruscellamento nel mese i -esimo, R_i , senza alcuna distinzione tra quello diretto (*direct runoff* o *storm runoff*) e quello cosiddetto ipodermico o sotto-superficiale (*surplus runoff*), è valutato, nelle aree “non consumate” come l’aliquota complementare al termine di ricarica nel surplus:

$$R_i = \left(1 - \frac{CIP}{100}\right) \times SUR_i \quad \text{eq. 6.37}$$

Nelle aree artificializzate o “consumate”, invece il ruscellamento è posto uguale all’afflusso liquido totale (pioggia e scioglimento nivale):

$$R_i = A_i \quad \text{eq. 6.38}$$

6.3.8 Internal flow

Uno dei parametri calcolati dal BIGBANG e dedotti dalle componenti del bilancio idrologico, è il termine indicato da Eurostat e OCSE nel *Joint Questionnaire on Inland Waters versione 4* (2018) come *Internal Flow*, definito come la differenza tra precipitazione ed evapotraspirazione reale.

Tuttavia, poiché il modello BIGBANG è strutturato per la valutazione a scala mensile anche della precipitazione nevosa e dello scioglimento nivale, l’*Internal Flow* nel mese i -esimo viene valutato come differenza tra l’afflusso liquido al suolo A_i (pioggia e scioglimento nivale) e l’evapotraspirazione effettiva E_i :

$$IF_i = A_i - E_i \quad \text{eq. 6.39}$$

Le due definizioni coincidono quando si fa riferimento ai valori annui medi, poiché i termini di variazione degli accumuli sono nulli.

6.3.9 Deficit

Un altro parametro che viene dedotto dalle componenti del bilancio idrologico e il cosiddetto deficit idrico che è definito come la differenza tra l’evapotraspirazione potenziale e quella effettiva e rappresenta il volume d’acqua mancante alla vegetazione per il suo massimo e rigoglioso sviluppo:

$$DEF_i = PET_i - E_i \quad \text{eq. 6.40}$$

6.3.10 Incertezza del bilancio idrologico

La valutazione delle componenti del bilancio idrologico, così come descritta nei paragrafi precedenti, e in particolare la stima del ruscellamento come complemento al surplus della ricarica degli acquiferi, comporta un'esatta chiusura del bilancio e cioè il completo soddisfacimento del principio di conservazione della massa; in realtà è stato utilizzato proprio il principio di continuità per calcolare la componente del ruscellamento come quantità residuale.

La valutazione delle componenti del bilancio idrologico, invece, comporta sempre uno scostamento dal corrispondente valore "vero" dovuto sia alla schematizzazione adottata, sia agli errori delle misure (Winter, 1981).

Ove si proceda a una valutazione indipendente di ciascuna componente del bilancio, la somma delle quantità entranti nel volume di controllo non coincide con la somma di quelle uscenti risultando un termine residuale la cui entità può essere considerata una misura dell'accuratezza del bilancio (Flerchinger e Cooley, 2000).

Considerando l'errore di stima di ciascuna componente, l'eq. 5.8 si può riscrivere in termini di valori "veri":

$$(P + \varepsilon_P) - (E + \varepsilon_E) = (G + \varepsilon_G) + (R + \varepsilon_R) + (\Delta V + \varepsilon_{\Delta V}) \quad \text{eq. 6.41}$$

in cui ε_k è l'errore della k-esima componente rispetto al corrispondente valore "vero", che, ovviamente, non è noto.

Raggruppando gli errori di stima in un unico termine ε_T si ottiene la seguente:

$$P - E = G + R + \Delta V + \varepsilon_T \quad \text{eq. 6.42}$$

Il termine residuale ε_T presenta una media generalmente non nulla poiché è costituito non solo da errori di tipo casuale, notoriamente con media nulla, ma anche da errori di natura sistematica (Trask et al., 2017). Ciò comporta che anche il bilancio idrologico mediato su lungo periodo, annuo e mensile, presenta generalmente un termine residuale non nullo.

Nel caso in cui una componente è valutata come residuo dell'equazione del bilancio, la sua incertezza è la somma delle incertezze di tutte le altre componenti (Winter, 1981).

In questo caso indicata con j la componente nel bilancio valutata come residuo, tra gli errori di stima sussiste la seguente:

$$\varepsilon_j = \sum_{i \neq j} \varepsilon_i \quad \text{eq. 6.43}$$

e quindi tra le varianze degli stessi:

$$\text{Var}(\varepsilon_j) = \sum_i \text{Var}(\varepsilon_i) + 2 \sum_{\substack{i,k \\ i>k}} \text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_k) \quad \text{con } i, k \neq j \quad \text{eq. 6.44}$$

È verosimile che le covarianze siano nulle, essendo le stime delle altre componenti valutate con schemi indipendenti, e quindi con errori indipendenti, per cui la varianza dell'errore della componente residuale è fornita solo dalla somma delle varianze degli errori delle altre componenti.

Per minimizzare l'errore di stima di ciascuna componente è quindi auspicabile stimarle in maniera indipendente l'una dall'altra (Gupta, 1989).

7. VALIDAZIONE DEL MODELLO

Contestualmente allo sviluppo del modello è stata avviata anche una costante attività di verifica e validazione dei risultati, finalizzata al miglioramento delle stime.

Dato il lungo periodo di riferimento e la natura delle valutazioni, queste non sono facilmente confrontabili con valori direttamente misurati in campo. La verifica viene effettuata tramite il confronto con elaborazioni simili effettuati con schematizzazioni diverse, che si riferiscono a periodi di tempo più limitati, che sono relative a valori aggregati a diverse scale spaziali e che, nella maggior parte dei casi, riguardano valori medi.

In Braca e Ducci (2018) è stato, ad esempio, eseguito un confronto dei valori medi della ricarica degli acquiferi per alcune strutture idrogeologiche della Campania (Figura 7.1), ottenendo dei risultati alquanto soddisfacenti, ancorchè le elaborazioni si riferissero al periodo 1996–2015 considerato nella versione 1.0 del BIGBANG.

Table 1 Yearly water budget for Monte Maggiore groundwater body

Monte Maggiore—period 2000–2015									
Method	Area	Mean elevation	Temperature	Precipitation	Actual	Surface runoff	CIP	Groundwater recharge (G)	
	km ²	m a.s.l.	°C	mm	mm	mm	%	mm	10 ⁶ m ³ /year
Local scale	180	338,9	14,8	1271	706 (1)	564	90	508	91,4
				1271	620 (2)	650	90	585	105,4
National scale	186			1116	556 (3)	560	90	504	93,8

Actual evapotranspiration evaluated by (1): Turc; (2) Hargreaves and Samani; (3) Thornthwaite and Mather. CIP = percentage of (P-E) that becomes groundwater recharge (G) in function of the permeability of the outcropping hydrogeological units

Figura 7.1 – Confronto tra i valori della media della ricarica degli acquiferi forniti dal modello di bilancio a scala locale e dal BIGBANG per il corpo idrico sotterraneo Monte Maggiore in Campania (tratto da Braca e Ducci, 2018)

Sono state confrontate anche le valutazioni areali delle grandezze puntuali misurate, come la precipitazione, effettuate con diverse metodologie di spazializzazione. Nello studio sulla pluviometria in Italia nel trentennio climatologico 1961-1990, Crespi et al. (2018) hanno eseguito un confronto tra diverse metodologie di spazializzazione, che tengono in conto anche la quota topografica, fornendo per l'Italia un valore medio climatico di 964 mm con il metodo LWRL (*local weighted linear regression*) e un valore sostanzialmente coincidente di 960 mm con il metodo RK (*regression kriging*). Il valore stimato per l'Italia nel modello BIGBANG mediante il metodo *Natural Neighbour* per lo stesso periodo 1961–1990 è di 938 mm, presentando quindi una differenza percentuale inferiore al 3%.

Un maggiormente sistematico confronto è stato condotto per le stime di evapotraspirazione reale, riportate nel paragrafo seguente.

7.1 Verifica con i dati MODIS16A2

Una sistematica verifica dei risultati del modello BIGBANG è stata effettuata confrontando le stime dell'evapotraspirazione reale con i dati di evapotraspirazione mensile MODIS16A2 (ver.5) (Mu et. al. 2013) prodotti dalla NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) mediante i dati telerilevati dal *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) montato sui satelliti TERRA e AQUA. I dati sono gratuiti e scaricabili, previa registrazione, dal sito dell'*Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center* (ORNL DAAC, Figura 7.2).

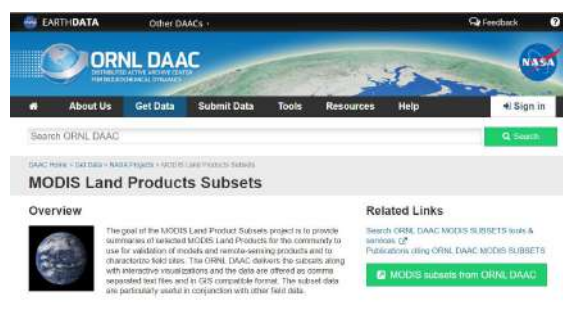


Figura 7.2 – Pagina del portale ORNL DAAC della NASA da cui scaricare i dati di evapotraspirazione MODIS16A2 (<http://daac.ornl.gov/MODIS/modis.html>)

I dati in formato HDF (*Hierarchical Data Format*), sono forniti per *tile* in cui è suddiviso il planisfero. L'Italia ricade nei *tile* *h18v04*, *h18v05*, *h19v04* e *h19v05*. È stato quindi necessario sviluppare uno script in Python nell'ambiente ESRI ArcGIS 10.3 per mosaicare, per ciascuno dei 120 mesi di dati disponibili sul periodo 2001–2010, i quattro *tile*, convertire la mosaicatura in formato *ESRI grid*, ritagliarla sul territorio italiano e proiettarla nel sistema di coordinate EPSG:3035 utilizzato dal modello BIGBANG. Le verifiche sono consistite nel confronto dell'evapotraspirazione mensile ragguagliata all'Italia nel decennio 2001-2010 per il quale erano disponibili i dati.

Il *dataset* di evapotraspirazione MOD16A2 è stimato mediante l'algoritmo di Mu et al. (2011) che ha migliorato un precedente algoritmo, sempre di Mu et al. (2007). L'algoritmo è basato sull'equazione di Penmann-Monteith (Monteith, 1965).

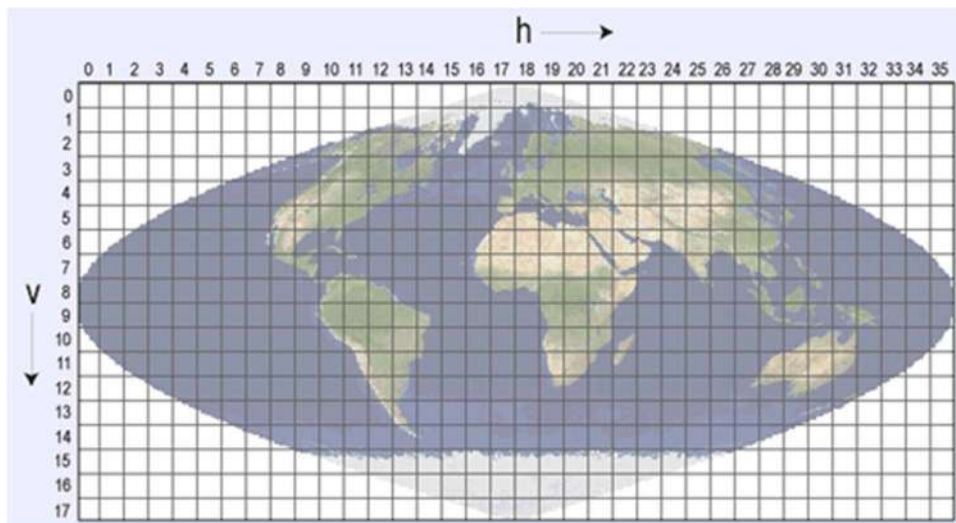


Figura 7.3 – *Suddivisione del planisfero in tile. L'Italia ricade nelle tile h18v04, h18v05, h19v04 e h19v05*

Allo stato attuale il confronto è stato fatto su aree vaste (regioni e intero territorio nazionale) poiché bisogna tenere conto che la valutazione dell'evapotraspirazione MODIS16A2 essendo basata anche sul *Leaf Area Index* (LAI), che è una misura dello sviluppo della vegetazione, risente, molto probabilmente, anche dell'effetto dell'irrigazione e quindi localmente potrebbe essere diversa.

Dal confronto emerge che la stima dell'evapotraspirazione a scala mensile effettuata dal BIGBANG, per il territorio nazionale generalmente sottostima le valutazioni del MODIS nel periodo invernale e le sovrastima nel periodo estivo (Figura 7.4). La sottostima invernale è principalmente da ascrivere alla formula dell'evapotraspirazione potenziale di Thornthwaite, in base alla quale l'evapotraspirazione potenziale tende a zero quando la temperatura tende a zero, annullando, di fatto poco realisticamente, l'attività biologica della vegetazione, mentre la serie dei dati mensili di MODIS non scende mai al di sotto dei 20 mm. Questo effetto è particolarmente evidente in Figura 7.5a dove, ad una buona correlazione per valori mensili maggiori di 20 mm si contrappone una totale assenza di correlazione intorno a questo valore. Anche per l'aggregazione annua la correlazione risulta nel complesso buona ad eccezione del valore relativo al 2002 (Figura 7.5b).

La sovrastima nel periodo estivo deve essere oggetto di ulteriori indagini per individuare possibili miglioramenti della stima modello. I valori nelle stagioni intermedie risultano invece abbastanza in linea. A scala annuale, com'è evidente, le differenze tendono a compensarsi e quindi i valori annui tendono ad allinearsi fino a raggiungere la quasi perfetta uguaglianza con il valore medio annuo nel decennio, come si può evincere dalla Figura 7.6.

Riguardo alla distribuzione spaziale dell'evapotraspirazione media del decennio si può osservare in Figura 7.7 come essa sia eterogenea e, di conseguenza, necessiti di ulteriori approfondimenti. A scala nazionale, le stesse differenze spaziali tendono a compensarsi fino a raggiungere il perfetto allineamento. La differenza percentuale sul territorio nazionale del valore medio sul decennio si riduce difatti al -0.9% .

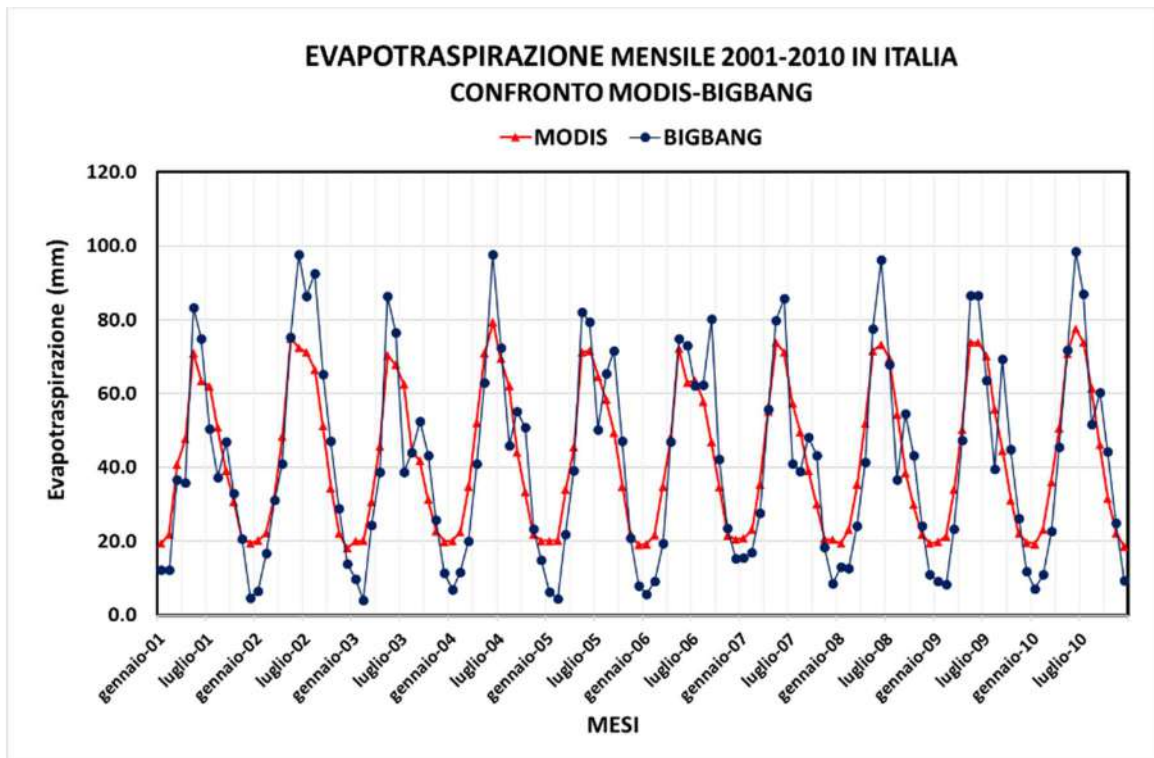


Figura 7.4 – Confronto nel decennio 2001-2010 tra l'evapotraspirazione mensile ragguagliata al territorio italiano stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2

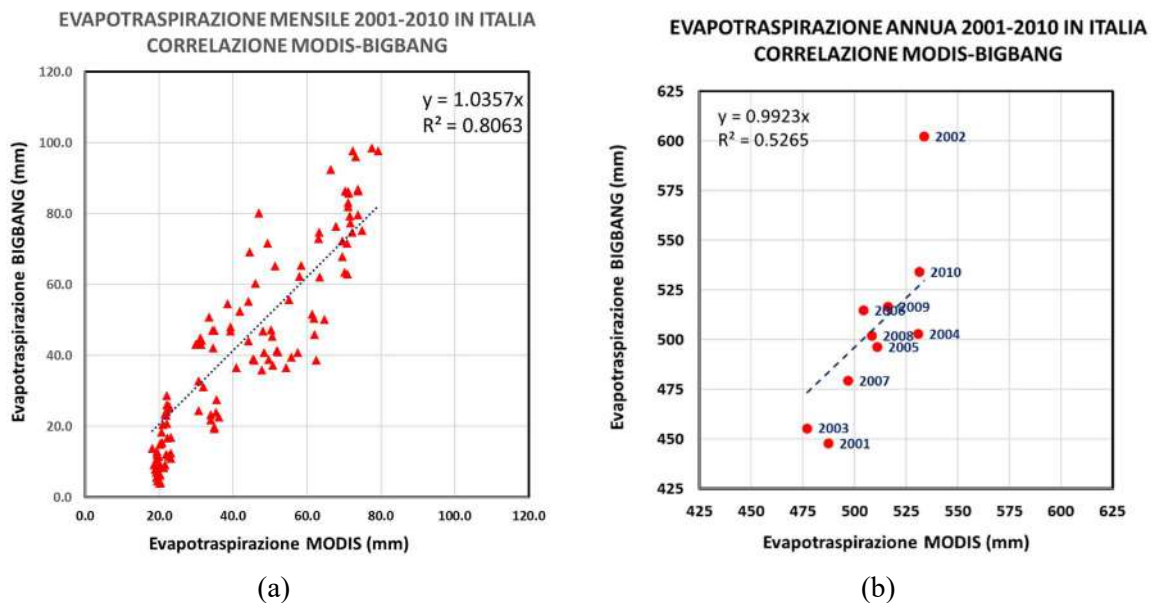


Figura 7.5 – Correlazione nel decennio 2001-2010 tra l'evapotraspirazione (a) mensile e (b) annua stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2

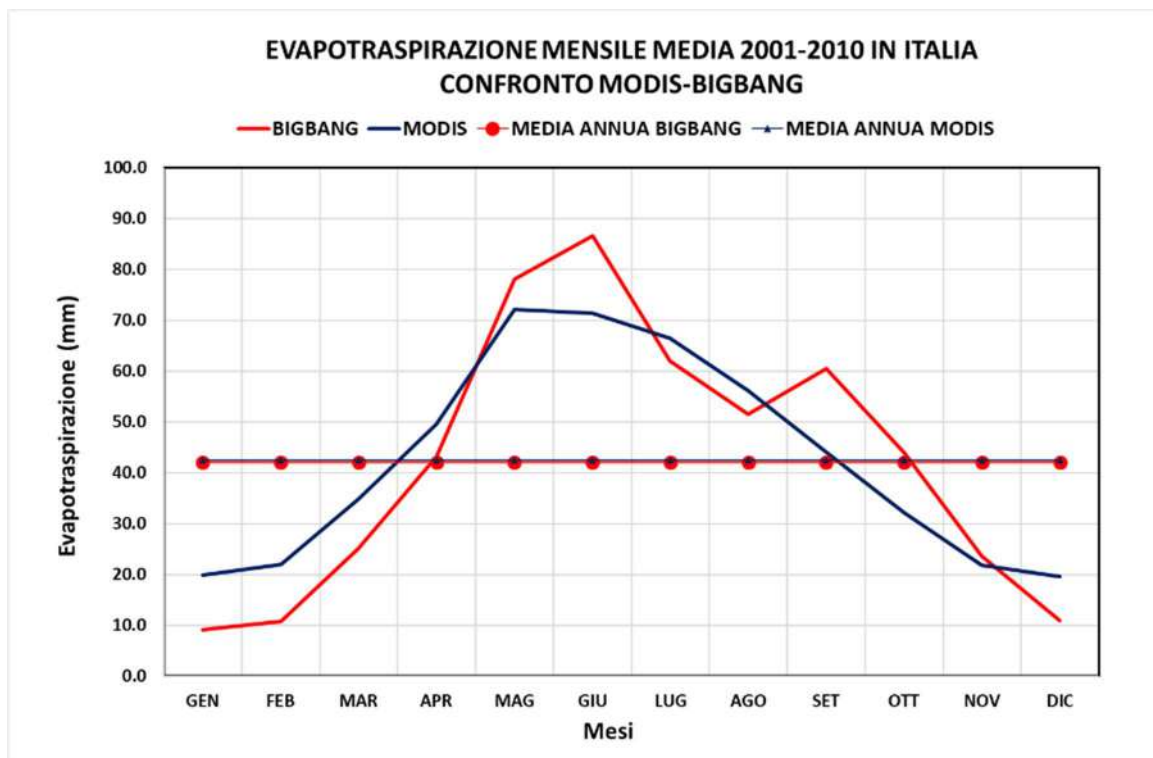


Figura 7.6 – Confronto nel decennio 2001-2010 tra l'evapotraspirazione mensile media ragguagliata al territorio italiano stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2

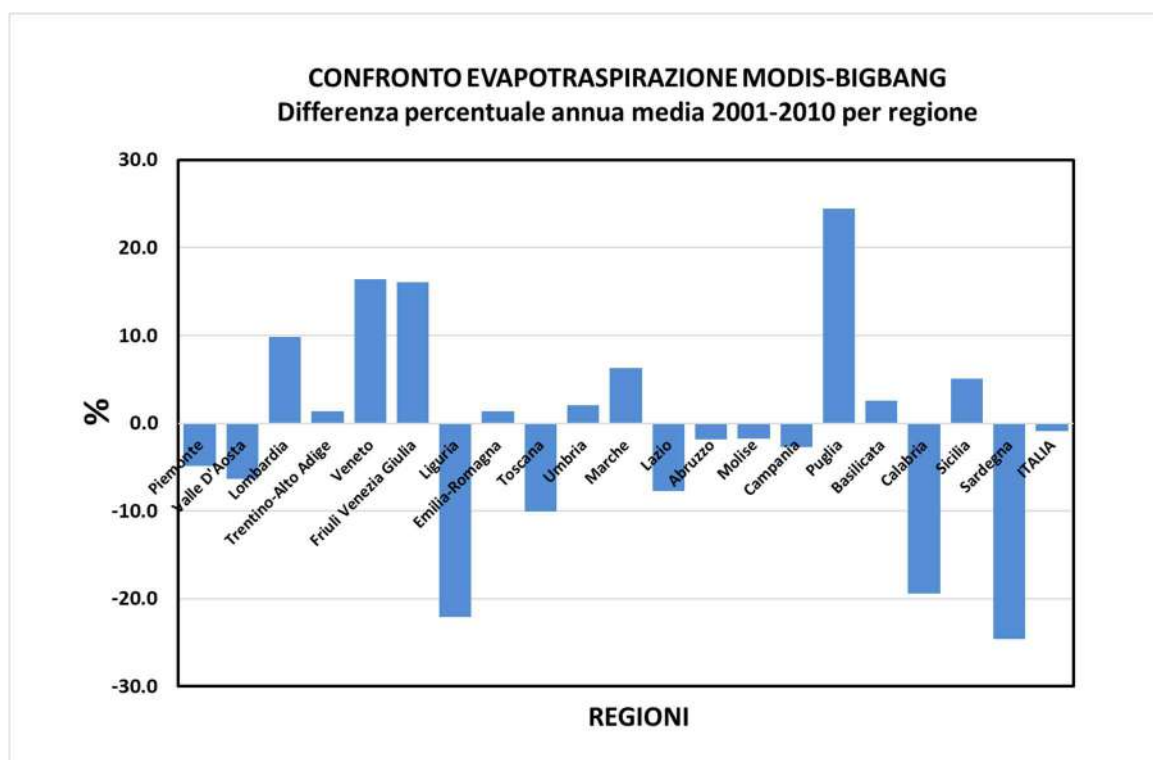


Figura 7.7 – Differenza percentuale media nel decennio 2001-2010 tra l'evapotraspirazione annua ragguagliata al territorio delle regioni stimata con il modello BIGBANG e quella stimata MODIS16A2

PARTE III

8. RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG PER IL TERRITORIO NAZIONALE

In questo capitolo si forniscono i principali risultati dell'applicazione del modello BIGBANG per il territorio nazionale, ricordando che i valori delle grandezze idrologiche sono, per la maggior parte, costituite da stime, basate su una rappresentazione schematica dei fenomeni naturali, e come tali vanno interpretate. Solo le precipitazioni e le temperature derivano da misure dirette puntuali, ma le cui valutazioni areali qui riportate, essendo il risultato di un'interpolazione spaziale, sono anch'esse dipendenti dalla particolare metodologia adottata per la stima nei punti non strumentati, per cui andrebbero anch'esse interpretate in maniera appropriata.

Le stime qui riportate sono finalizzate alla valutazione della disponibilità naturale della risorsa idrica e del suo trend a scala nazionale. Per ciascuna delle 17 variabili coinvolte nel bilancio idrologico, o da esso derivate, sono state elaborate 12 mappe mensili per ogni anno del periodo 1951-2019, per un totale di 828 mappe. A queste si aggiungono ulteriori 69 mappe delle stesse grandezze prodotte all'aggregazione annua. Per ciascuna variabile sono state inoltre elaborate le 12 mappe delle medie su lungo periodo dei valori mensili e quella del valore annuo. Nel complesso, quindi, per ciascuna variabile idrologica sono state prodotte ben 910 mappe. Pertanto, il totale di mappe raster prodotte per le 17 variabili idrologiche ammonta a 15470.

Le variabili idrologiche di cui sono state elaborate le mappe sono:

- 1) precipitazioni;
- 2) temperatura media;
- 3) precipitazione nevosa;
- 4) altezza della neve;
- 5) variazione altezza neve;
- 6) scioglimento nivale;
- 7) afflusso liquido (pioggia + scioglimento nivale);
- 8) evapotraspirazione potenziale su tutto il territorio;
- 9) evapotraspirazione potenziale su suolo naturale;
- 10) evapotraspirazione reale;
- 11) surplus;
- 12) deficit;
- 13) ricarica degli acquiferi;
- 14) ruscellamento;
- 15) contenuto d'acqua nel suolo;
- 16) variazione del contenuto d'acqua nel suolo;
- 17) internal flow.

All'inizio della PARTE III sono mostrate le risultanze del bilancio idrologico nazionale e la comparazione delle stime elaborate in seno alla CNA con i corrispondenti valori calcolati con il modello BIGBANG.

Nel seguito si andranno ad analizzare le singole variabili idrologiche. Non essendo però possibile mostrare nel presente Rapporto l'intero set di elaborazioni prodotte, ci si limiterà a riportare, per un sottoinsieme di 10 variabili idrologiche principali, le seguenti elaborazioni riferite al territorio nazionale:

- il grafico della serie storica annua con l'indicazione della media annua, della retta di regressione e della media mobile su 30 anni (Figura 8.9, Figura 8.13, Figura 8.17, Figura 8.21, Figura 8.25, Figura 8.29, Figura 8.33, Figura 8.37, Figura 8.41 e Figura 8.47)

- le tabelle che riportano, per ciascuna variabile, i valori mensili e annui e le medie sul lungo periodo (Tabella 8.5, Tabella 8.7, Tabella 8.6, Tabella 8.8, Tabella 8.9, Tabella 8.10, Tabella 8.11, Tabella 8.12, Tabella 8.13, Tabella 8.14 e Tabella 8.15), ricordando che nelle tabelle a ciascun valore corrisponde una mappa raster, di cui esso è l'aggregato
- le mappe delle grandezze medie su lungo periodo per ciascun mese (Figura 8.10, Figura 8.11, , Figura 8.14 e Figura 8.15, Figura 8.18, Figura 8.19, Figura 8.22, Figura 8.23, Figura 8.26, Figura 8.27, Figura 8.30, Figura 8.31, Figura 8.34, Figura 8.35, Figura 8.38, Figura 8.39, Figura 8.42, Figura 8.43, Figura 8.45, Figura 8.46, Figura 8.48 e Figura 8.49)
- le mappe delle grandezze medie su lungo periodo per l'intero anno (Figura 8.12, Figura 8.16, Figura 8.20, Figura 8.24, Figura 8.28, Figura 8.32, Figura 8.36, Figura 8.40, Figura 8.44 e Figura 8.50).

Le tendenze che presentano le variabili idrologiche rispecchiano i trend, o la loro combinazione, delle grandezze misurate e coinvolte nelle schematizzazioni e cioè precipitazione, temperatura e consumo di suolo; i trend delle variabili derivate vanno pertanto interpretati tenendo presente la dipendenza di queste dalle grandezze misurate.

Per comodità del lettore, poiché i valori sono espressi in termini di altezza ragguagliata misurata in mm, mentre può essere richiesta la valutazione in termini di volume, misurato in miliardi di metri cubi (km³), si riporta la relazione di equivalenza:

$$Volume[km^3] = \frac{Superficie [km^2] \times Altezza[mm]}{1000000} \quad \text{eq. 8.1}$$

8.1 Bilancio idrologico nazionale

A livello nazionale e per i valori annui le componenti del bilancio idrologico presentano una variabilità molto elevata in tutto il periodo (Figura 8.1, Tabella 8.1), così come negli ultimi 10 anni (Figura 8.2).

Il valore massimo della precipitazione annua, stimata nel periodo, è 1271.0 mm, corrispondente a 383.9 miliardi di m³, verificatosi nel 1960 (Figura 8.3). Al valore massimo di precipitazione è associata anche la massima disponibilità naturale della risorsa idrica “prodotta” internamente al territorio, definita come *internal flow*, stimata in 758.4 mm e corrispondente a 229.1 miliardi di m³ (Figura 8.4). La valutazione delle disponibilità della risorsa idrica totale (*total renewable freshwater resources*), invece, richiede la valutazione dell'aliquota della risorsa proveniente dai territori esterni (*actual external inflow*), che nel caso nazionale sono principalmente quelle che si “producono” nella porzione di bacino del fiume Isonzo in territorio sloveno, nella porzione di bacino del fiume Ticino in territorio svizzero e nella porzione del bacino del fiume Roja in territorio francese. Il rapporto percentuale tra la risorsa annua e la corrispondente precipitazione annua non è costante ma oscilla tra un minimo di 32.1% ad un massimo di 59.7% (Figura 8.5). La minore disponibilità di risorsa, stimata in 247.2 mm nel 1989, non è corrispondente al minimo della precipitazione annua, che invece si è verificata nel 2017 e stimata in 750.2 mm. In tale anno la disponibilità della risorsa naturale è stimata in 300.1 mm, che costituisce comunque il quarto valore più basso tra quelli stimati nella lunga serie della disponibilità naturale della risorsa idrica, caratterizzata da media di 459.5 mm e una deviazione standard di 108.3 mm.

Nel 2007 e nel 2006 sono stati stimati il secondo e il terzo valore più basso, rispettivamente 261.3 mm e 284.6 mm di disponibilità idrica, associati a una delle più gravi siccità che ha colpito l'Italia negli ultimi decenni. Il valore minimo del 1989 è stato preceduto, nel 1988, dal sesto valore più basso uguale a 323.8 mm ed è stato seguito, nel 1990, dal decimo valore più basso della serie dando origine, nel triennio 1988-1990, ad una delle più critiche siccità registrate in Italia nel XX secolo (IRSA-CNR, 1999). Se nell'ultimo decennio si è registrato il valore minimo di precipitazione con uno dei valori minori di disponibilità di risorsa idrica, parimenti, nello stesso periodo, si sono stimati anche il secondo, il quinto e il settimo valore più alto rispettivamente nel 2010 con 692.3 mm, nel 2014 con 638.0 mm e nel 2013 con 623.7 mm. In media la disponibilità di risorsa idrica si riduce al 47.8% della precipitazione totale. Per effetto dell'alta variabilità inter-annuale della disponibilità, l'effettiva utilizzabilità della risorsa da un anno all'altro richiederebbe riserve, naturali o artificiali, a compenso pluriennale.

Nel lungo periodo di elaborazione del modello BIGBANG, si osserva una riduzione della disponibilità annua media, se si confrontano i valori stimati nei trentenni climatologici (Tabella 8.2). Il minimo si è verificato nel trentennio 1981-2010, con una disponibilità annua media di 415.8 mm, rispetto alla massima stimata nel trentennio 1951-1980 di 499.9 mm. Nell'ultimo (quasi) trentennio 1991-2019, tuttavia, si osservano segni di ripresa, con il valore annuo medio di 439.7 mm.

Dalle stime del bilancio della CNA (1972), si è dedotto un valore della disponibilità di risorsa idrica media, relativa al trentennio 1921-1950, di 550 mm accorpando il valore di deflusso superficiale di 510 mm e quello del deflusso sotterraneo “scaricantesi” a mare di 40 mm (Tabella 8.3). Al netto delle differenze delle metodologie di stima e della base dei dati utilizzati, si deve comunque rilevare nell’ultimo trentennio una riduzione di circa 100 mm, che rappresenta circa il 20% in meno rispetto alla stima della CNA. Ciò deve in ogni caso far riflettere sulla situazione attuale della risorsa, in prospettiva di una probabile ulteriore riduzione dovuta all’impatto dei cambiamenti climatici, ancorchè il trend negativo, sebbene a livello medio nazionale, abbia fatto registrare un’inversione di tendenza nel recente trentennio.

L’analisi di dettaglio della distribuzione spaziale delle grandezze idrologiche stimate dal modello BIGBANG in forma distribuita, consente di valutare la disponibilità ad un livello più locale, in aree maggiormente circoscritte, come quelle dei distretti idrografici, dei compartimenti idrografici o anche delle regioni amministrative.

Ancor più evidente di quella inter-annuale, è la variabilità intra-annuale o stagionale della disponibilità della risorsa (Figura 8.6, Figura 8.7, Figura 8.8). Nella media nazionale, i mesi di giugno e luglio presentano valori della disponibilità negativi, rispettivamente di -16.7 mm e -15.6 mm, mettendo in evidenza che non solo non c’è “produzione” di nuova risorsa idrica ma che le perdite per evapotraspirazione avvengono a spese di parte di quella immagazzinata nei mesi precedenti. I mesi di novembre e dicembre sono quelli nei quali, mediamente, si “produce” la massima parte della risorsa rinnovabile con 92.2 mm e 74.7 mm (Tabella 8.4). Un deficit di precipitazioni in questi mesi comporta quasi sempre problemi di approvvigionamento idrico nell’anno successivo, e talvolta anche negli anni successivi. Le crisi idriche recenti del 2007 e del 2017, infatti, sono iniziate con bassi valori di disponibilità idrica nei mesi di ottobre, novembre e dicembre degli anni precedenti. Analogamente la grave siccità del triennio 1988-1990 fece registrare bassi valori della disponibilità negli ultimi mesi degli anni precedenti.

L’alta variabilità stagionale della disponibilità di risorsa, comporta la necessità di riserve, naturali o artificiali, a compenso annuale per l’effettiva utilizzabilità della risorsa nell’arco dell’anno.

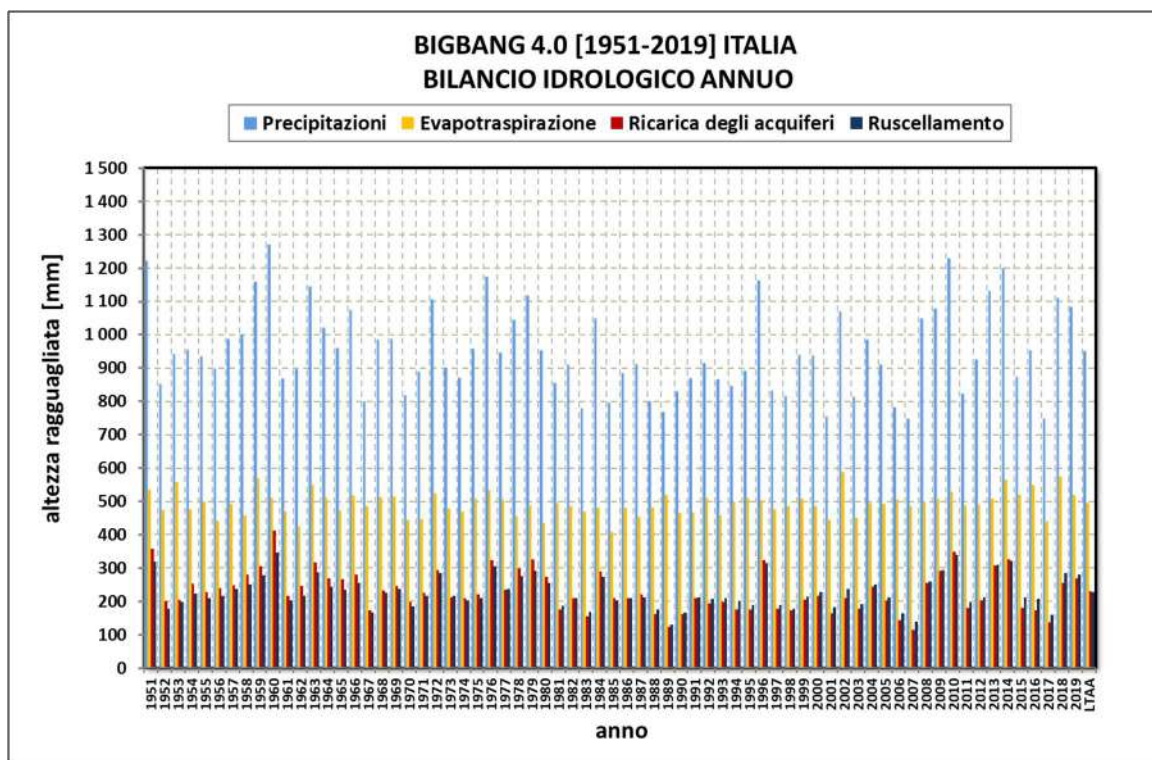


Figura 8.1 – Bilancio idrologico nazionale annuo dal 1951 al 2019

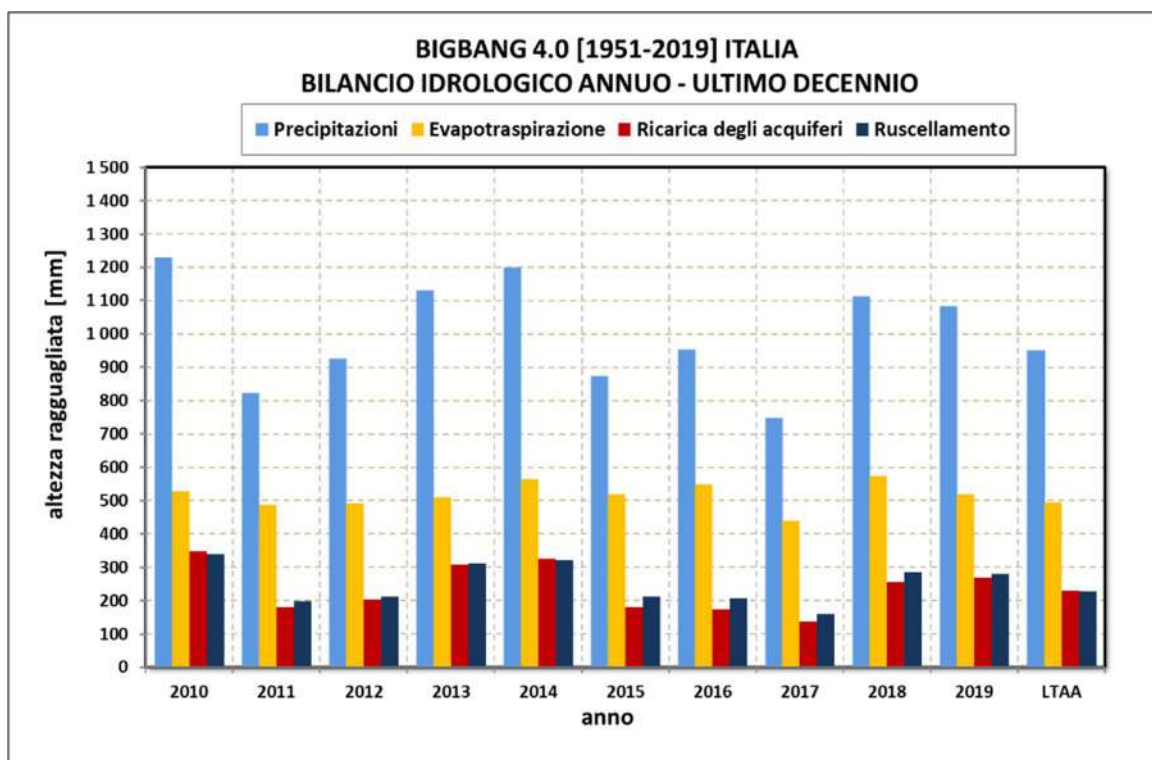


Figura 8.2 – Bilancio idrologico nazionale annuo nell'ultimo decennio dal 2010 al 2019

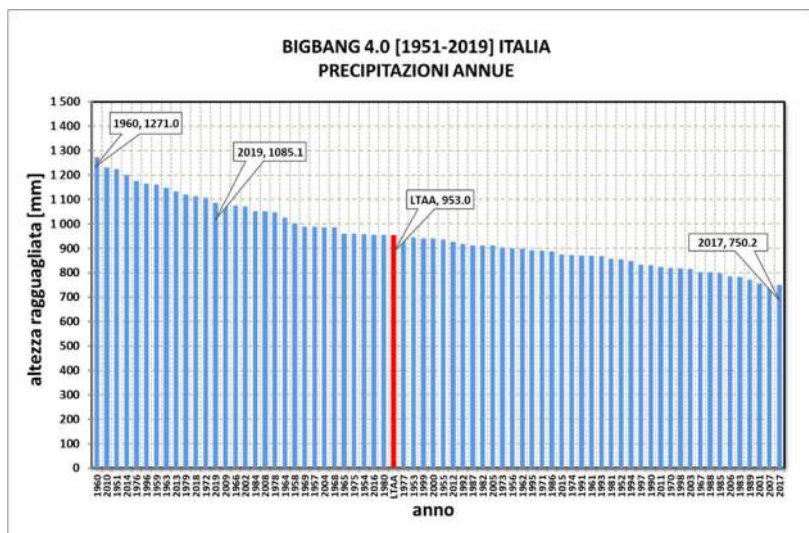


Figura 8.3 – Serie storica delle precipitazioni annue dal 1951 al 2019 ordinate in senso decrescente

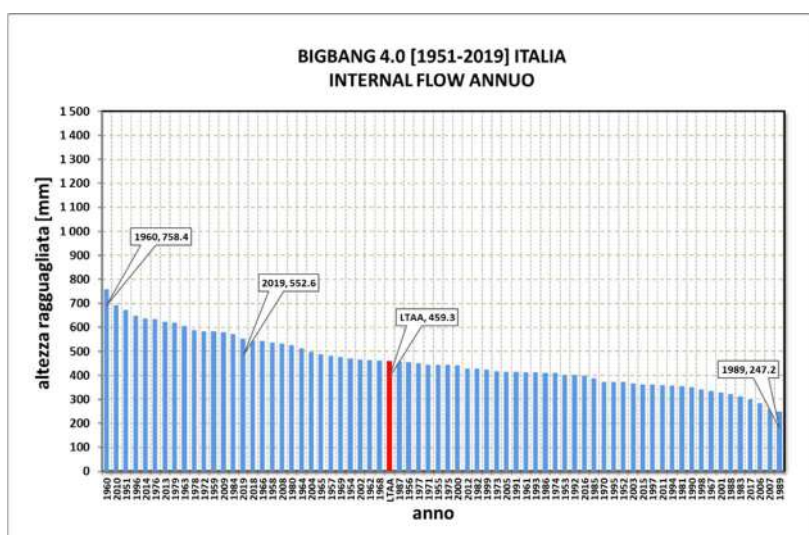


Figura 8.4 – Serie storica dell'internal flow annuo dal 1951 al 2019 ordinate in senso decrescente

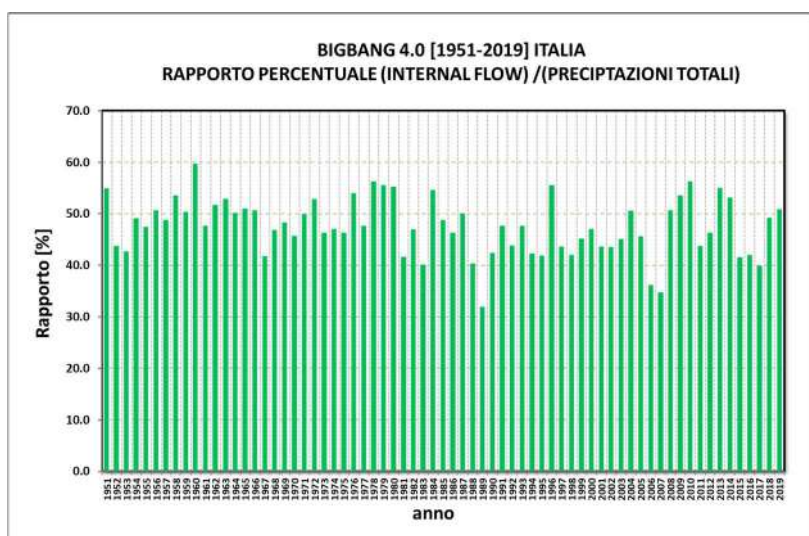


Figura 8.5 – Serie storica del rapporto percentuale internal flow annuo – precipitazioni totali annue dal 1951 al 2019

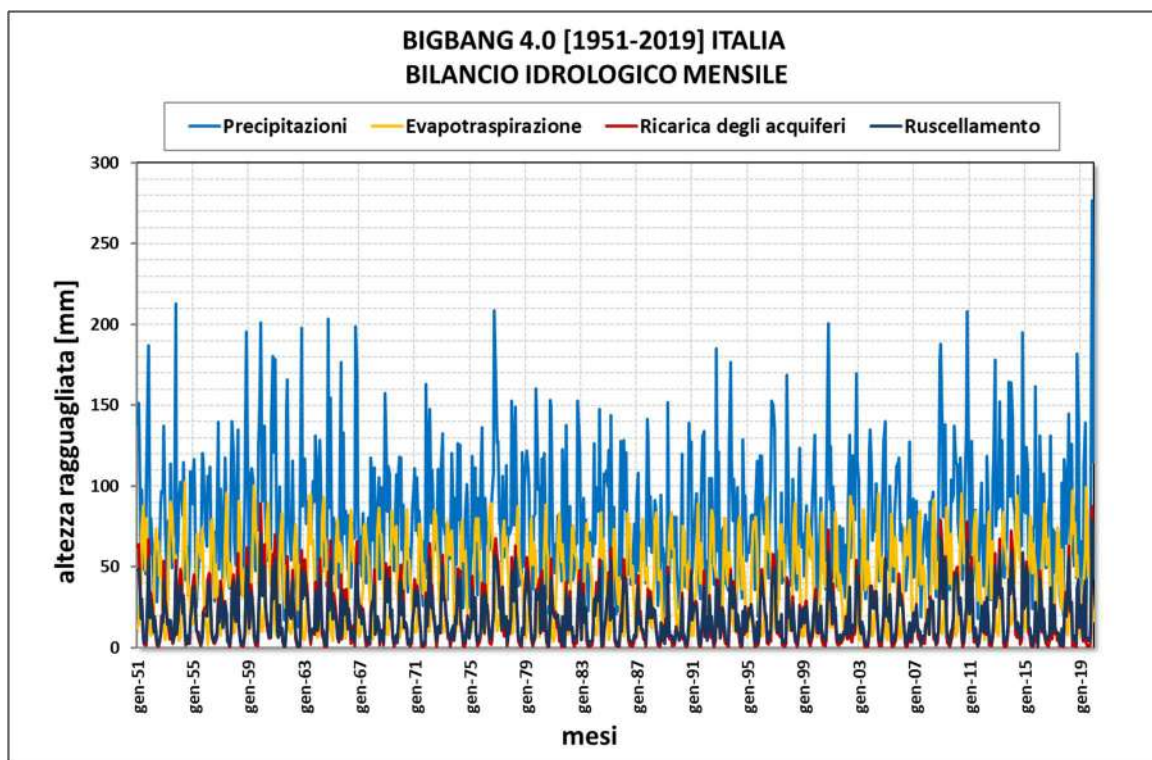


Figura 8.6 – Bilancio idrologico nazionale mensile dal 1951 al 2019

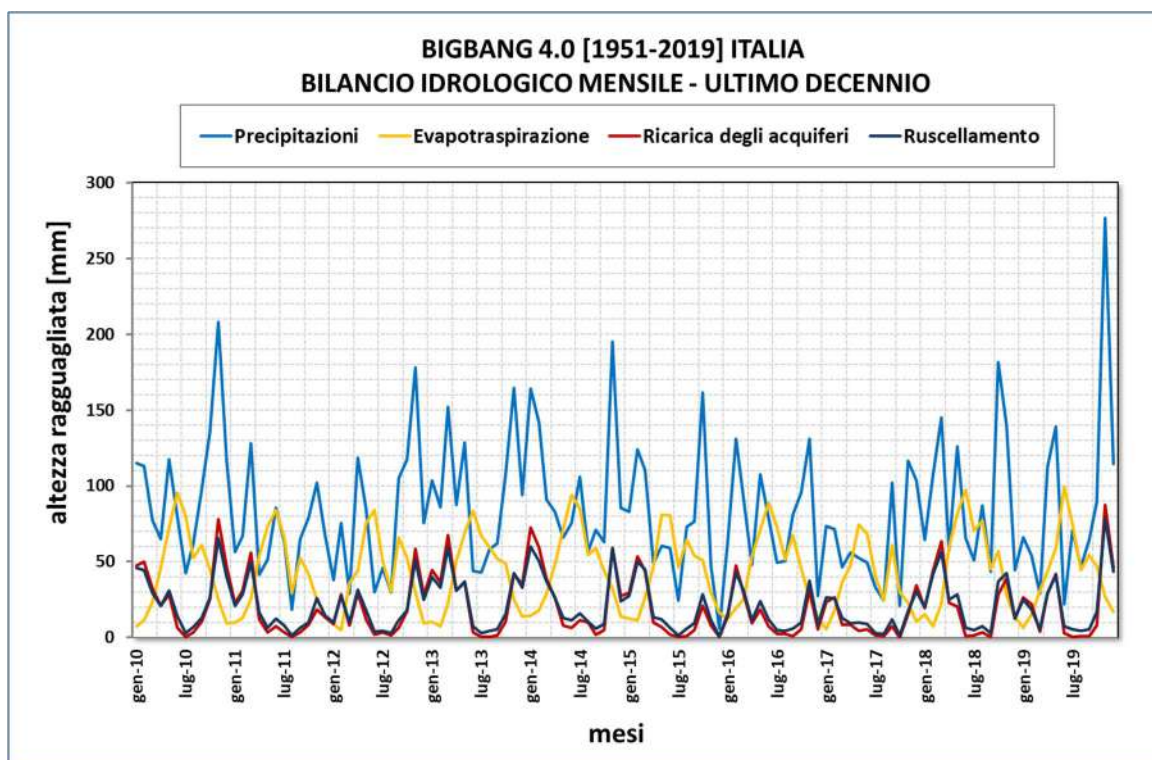


Figura 8.7 – Bilancio idrologico nazionale mensile nell'ultimo decennio dal 2010 al 2019

Tabella 8.1 – Bilancio idrologico nazionale annuo dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1222.9	369.4	1208.5	365.1	722.9	218.4	536.0	161.9	358.4	108.3	318.8	96.3	- 4.6	- 1.4
1952	854.6	258.1	849.0	256.5	759.1	229.3	475.0	143.5	200.3	60.5	178.5	53.9	- 4.7	- 1.4
1953	944.0	285.1	960.9	290.3	715.1	216.0	557.7	168.5	205.2	62.0	199.6	60.3	- 1.5	- 0.5
1954	956.4	288.9	947.3	286.1	681.0	205.7	476.7	144.0	253.1	76.5	224.0	67.7	- 6.4	- 1.9
1955	935.3	282.5	943.3	285.0	699.4	211.3	498.8	150.7	227.2	68.6	209.5	63.3	7.8	2.4
1956	900.6	272.1	900.1	271.9	679.2	205.2	443.0	133.8	238.4	72.0	216.0	65.2	2.7	0.8
1957	988.6	298.6	976.5	295.0	709.3	214.3	493.2	149.0	248.7	75.1	237.7	71.8	- 3.1	- 0.9
1958	1001.6	302.6	995.4	300.7	729.5	220.4	458.4	138.5	279.7	84.5	251.1	75.9	6.2	1.9
1959	1158.8	350.0	1152.7	348.2	702.0	212.1	568.7	171.8	305.3	92.2	279.0	84.3	- 0.2	- 0.1
1960	1271.0	383.9	1269.3	383.4	704.2	212.7	511.0	154.3	411.7	124.4	347.5	105.0	- 0.9	- 0.3
1961	869.1	262.5	883.7	266.9	723.5	218.6	469.0	141.7	216.2	65.3	202.5	61.2	- 4.0	- 1.2
1962	898.5	271.4	888.3	268.3	677.5	204.7	423.0	127.8	245.5	74.2	217.7	65.8	2.1	0.6
1963	1145.8	346.1	1154.9	348.9	673.0	203.3	549.2	165.9	317.3	95.9	287.5	86.8	0.9	0.3
1964	1023.8	309.3	1023.8	309.3	684.4	206.7	509.9	154.0	268.8	81.2	243.2	73.5	1.8	0.5
1965	960.3	290.1	963.0	290.9	641.9	193.9	473.1	142.9	266.7	80.6	234.2	70.8	-11.0	- 3.3
1966	1075.5	324.9	1063.7	321.3	685.2	207.0	518.1	156.5	281.2	84.9	255.5	77.2	8.9	2.7
1967	802.4	242.4	820.4	247.8	693.3	209.4	484.3	146.3	173.7	52.5	166.0	50.1	- 3.6	- 1.1
1968	985.6	297.7	974.8	294.4	668.6	202.0	512.8	154.9	231.8	70.0	224.7	67.9	5.5	1.7
1969	988.6	298.6	994.2	300.3	659.5	199.2	515.8	155.8	247.3	74.7	237.3	71.7	- 6.2	- 1.9
1970	819.2	247.5	819.8	247.6	659.2	199.1	444.7	134.3	198.2	59.9	183.8	55.5	- 6.9	- 2.1
1971	890.0	268.8	891.0	269.1	664.6	200.8	446.2	134.8	225.8	68.2	215.7	65.1	3.3	1.0
1972	1106.1	334.1	1108.1	334.7	638.0	192.7	523.4	158.1	293.6	88.7	284.8	86.0	6.3	1.9
1973	902.1	272.5	897.4	271.1	673.1	203.3	479.4	144.8	212.2	64.1	217.5	65.7	-11.7	- 3.5
1974	872.5	263.6	879.6	265.7	650.9	196.6	468.6	141.5	208.8	63.1	203.4	61.5	- 1.2	- 0.4
1975	958.7	289.6	952.7	287.8	659.1	199.1	508.3	153.6	221.4	66.9	210.3	63.5	12.7	3.8
1976	1175.0	354.9	1168.8	353.1	626.6	189.3	533.8	161.2	323.3	97.7	306.6	92.6	5.0	1.5
1977	947.0	286.0	958.6	289.6	654.7	197.8	506.8	153.1	234.4	70.8	236.8	71.5	-19.3	- 5.8
1978	1045.7	315.9	1045.1	315.7	610.3	184.4	456.8	138.0	299.5	90.5	277.0	83.7	11.8	3.6
1979	1117.4	337.5	1108.7	334.9	659.6	199.2	488.1	147.4	325.7	98.4	291.6	88.1	3.4	1.0
1980	954.4	288.3	963.0	290.9	618.1	186.7	435.5	131.6	273.9	82.7	255.9	77.3	- 2.3	- 0.7
1981	856.2	258.6	849.4	256.6	667.0	201.5	493.6	149.1	175.7	53.1	187.9	56.7	- 7.8	- 2.4
1982	911.7	275.4	914.4	276.2	710.4	214.6	485.8	146.7	209.0	63.1	209.8	63.4	9.8	3.0
1983	782.3	236.3	784.0	236.8	690.2	208.5	469.6	141.8	154.3	46.6	169.8	51.3	- 9.6	- 2.9
1984	1050.7	317.4	1055.4	318.8	624.6	188.7	481.6	145.5	288.6	87.2	274.4	82.9	10.8	3.3
1985	797.6	240.9	798.1	241.1	691.3	208.8	408.1	123.3	209.8	63.4	202.4	61.1	-22.2	- 6.7
1986	887.0	267.9	891.8	269.4	685.8	207.2	480.3	145.1	209.8	63.4	210.1	63.5	- 8.4	- 2.5
1987	912.3	275.6	909.7	274.8	689.1	208.2	452.6	136.7	222.4	67.2	212.6	64.2	22.2	6.7
1988	802.2	242.3	803.9	242.8	711.1	214.8	480.2	145.0	161.9	48.9	174.6	52.8	-12.8	- 3.9
1989	770.9	232.9	765.7	231.3	674.1	203.6	518.6	156.6	122.3	36.9	130.2	39.3	- 5.4	- 1.6
1990	830.4	250.8	817.0	246.8	701.7	212.0	464.1	140.2	161.2	48.7	165.9	50.1	25.8	7.8
1991	870.5	263.0	883.1	266.8	657.1	198.5	468.0	141.4	210.1	63.5	212.1	64.1	- 7.1	- 2.1
1992	916.8	276.9	913.4	275.9	691.1	208.8	510.7	154.3	195.0	58.9	206.7	62.4	0.9	0.3
1993	866.8	261.8	870.7	263.0	683.4	206.4	457.2	138.1	197.6	59.7	209.7	63.4	6.2	1.9
1994	848.3	256.2	857.2	258.9	730.7	220.7	498.0	150.4	176.7	53.4	199.8	60.3	-17.2	- 5.2
1995	892.4	269.6	884.1	267.1	653.6	197.4	509.3	153.9	175.3	53.0	188.3	56.9	11.1	3.4
1996	1164.8	351.9	1152.4	348.1	636.4	192.2	504.5	152.4	324.7	98.1	315.1	95.2	8.1	2.5
1997	833.0	251.6	840.5	253.9	686.5	207.4	476.6	144.0	178.4	53.9	188.9	57.1	- 3.3	- 1.0
1998	818.6	247.3	829.3	250.5	692.5	209.2	485.2	146.6	172.8	52.2	178.4	53.9	- 7.0	- 2.1
1999	940.1	284.0	934.4	282.3	711.2	214.8	508.8	153.7	206.0	62.2	213.4	64.5	6.3	1.9
2000	939.2	283.7	927.2	280.1	718.9	217.2	484.3	146.3	217.8	65.8	228.9	69.2	- 3.8	- 1.2
2001	755.8	228.3	774.6	234.0	712.0	215.1	444.6	134.3	163.5	49.4	182.5	55.1	-16.0	- 4.8
2002	1070.6	323.4	1055.1	318.7	698.8	211.1	588.7	177.8	209.7	63.4	236.3	71.4	20.4	6.2
2003	815.2	246.2	819.5	247.5	763.8	230.7	451.2	136.3	176.9	53.4	192.0	58.0	- 0.5	- 0.2
2004	986.4	298.0	993.7	300.2	687.7	207.7	494.9	149.5	244.4	73.8	251.2	75.9	3.2	1.0
2005	910.6	275.1	908.2	274.3	676.9	204.5	492.6	148.8	203.7	61.5	212.2	64.1	- 0.3	- 0.1
2006	784.5	237.0	791.1	239.0	714.0	215.7	506.5	153.0	144.9	43.8	165.4	50.0	-25.6	- 7.7
2007	750.3	226.6	747.6	225.8	724.1	218.7	486.3	146.9	113.9	34.4	139.9	42.3	7.5	2.3
2008	1050.4	317.3	1029.9	311.1	709.6	214.4	496.7	150.0	255.8	77.3	259.5	78.4	17.9	5.4
2009	1080.6	326.4	1087.9	328.6	729.8	220.5	508.2	153.5	291.6	88.1	294.5	89.0	- 6.4	- 1.9
2010	1229.8	371.5	1221.0	368.8	683.7	206.5	528.7	159.7	349.0	105.4	339.6	102.6	3.7	1.1
2011	823.7	248.8	848.7	256.4	732.9	221.4	487.7	147.3	179.9	54.3	198.8	60.1	-17.6	- 5.3
2012	926.6	279.9	920.7	278.1	751.5	227.0	490.9	148.3	203.0	61.3	212.6	64.2	14.1	4.3
2013	1132.0	342.0	1132.9	342.2	708.6	214.1	509.2	153.8	307.5	92.9	311.2	94.0	5.0	1.5
2014	1199.2	362.2	1202.1	363.1	709.0	214.2	564.1	170.4	325.1	98.2	322.0	97.3	- 9.1	- 2.7
2015	875.0	264.3	883.8	267.0	760.6	229.8	519.9	157.0	180.3	54.5	211.5	63.9	-27.8	- 8.4
2016	954.9	288.4	949.7	286.9	730.0	220.5	548.1	165.6	172.8	52.2	207.2	62.6	21.6	6.5
2017	750.2	226.6	739.2	223.3	765.7	231.3	439.1	132.6	136.2	41.1	159.5	48.2	4.3	1.3
2018	1112.5	336.1	1122.6	339.1	757.6	228.9	574.8	173.6	254.9	77.0	285.9	86.4	7.1	2.1
2019	1085.1	327.8	1071.6	323.7	748.5	226.1	519.0	156.8	269.9	81.5	280.6	84.8	2.0	0.6
MEDIA (LTAA)	953.0	287.9	952.8	287.8	692.7	209.2	493.5	149.1	231.1	69.8	228.3	69.0	- 0.1	0.0

Tabella 8.2 – Bilancio idrologico nazionale annuo medio nei trentenni climatologici

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA								
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO MEDIO NEI TRENTENNI CLIMATICI								
TRENTENNIO CLIMATICO		Precipitazioni	Afflusso liquido	Evapotraspirazione potenziale	Evapotraspirazione	Ricarica degli acquiferi	Ruscellamento	Temperatura media
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C
1951	1980	992.4	992.1	677.4	492.2	259.8	240.5	12.2
1961	1990	938.0	938.3	668.9	482.7	232.7	223.0	12.1
1971	2000	922.0	921.8	672.1	482.8	219.6	219.3	12.3
1981	2010	904.2	903.7	693.6	487.8	204.1	211.7	12.6
1991	2019	940.5	940.3	710.9	500.6	213.3	225.7	13.0
1951	2019	953.0	952.8	692.7	493.5	231.1	228.3	12.5

Tabella 8.3 – Confronto tra i valori del “Bilancio idrico globale del territorio nazionale” stimato nella CNA (dati ripresi dalla Tabella XVII della CNA) e i valori stimati mediante il modello BIGBANG 4.0

		Altezza raggugiata CNA		Altezza raggugiata BIGBANG 4.0		Differenza percentuale altezza
		mm	%	mm	%	%
A	Deflusso superficiale	510.0	51.5	ND		ND
B	Deflusso sotterraneo scaricantesi a mare	40.0	4.0	ND		ND
C	Deflusso totale (A+B)	550.0	55.6	459.5	48.2	-19.7
D	Perdita (Evapotraspirazione)	440.0	44.4	493.5	51.8	10.8
E	Afflusso meteorico	990.0	100.0	953.0	100.0	-3.9

Attualmente non è possibile confrontare le stime del deflusso superficiale, a causa della carenza, in alcune regioni, di dati di portata nei corsi d’acqua. Ciò che è stato possibile confrontare è la somma del deflusso superficiale e sotterraneo “scaricantesi” a mare, stimati nella CNA, ammettendo che essa fosse uguale alla somma del ruscellamento e della ricarica degli acquiferi stimati mediante il modello BIGBANG (ritenendo di poter trascurare l’apporto esterno dai paesi limitrofi).

Tabella 8.4 – Bilancio idrologico nazionale mensile medio (LTA)

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA												
BILANCIO IDROLOGICO MENSILE MEDIO (LTA)												
MESE	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
GEN	79.7	24.1	71.8	21.7	9.4	2.8	9.3	2.8	30.7	9.3	27.3	8.2
FEB	75.1	22.7	70.4	21.3	11.5	3.5	11.5	3.5	30.5	9.2	26.7	8.1
MAR	77.4	23.4	80.0	24.2	24.4	7.4	24.4	7.4	30.3	9.1	27.1	8.2
APR	81.0	24.5	88.6	26.8	42.4	12.8	42.2	12.8	25.9	7.8	24.3	7.3
MAG	75.5	22.8	86.4	26.1	76.4	23.1	73.5	22.2	16.3	4.9	19.6	5.9
GIU	61.4	18.6	66.2	20.0	107.8	32.5	82.8	25.0	6.1	1.9	10.0	3.0
LUG	47.2	14.2	48.1	14.5	130.5	39.4	63.6	19.2	2.4	0.7	4.5	1.3
AGO	56.1	16.9	56.2	17.0	121.0	36.6	52.2	15.8	2.8	0.8	5.0	1.5
SET	78.5	23.7	78.4	23.7	82.4	24.9	54.6	16.5	5.5	1.7	8.3	2.5
OTT	105.6	31.9	104.6	31.6	51.2	15.5	44.3	13.4	15.8	4.8	17.3	5.2
NOV	121.2	36.6	115.4	34.9	23.8	7.2	23.2	7.0	32.0	9.7	29.0	8.8
DIC	94.3	28.5	86.6	26.2	12.0	3.6	11.9	3.6	32.6	9.9	29.2	8.8
ANNO	953.0	287.9	952.8	287.8	692.7	209.2	493.5	149.1	231.1	69.8	228.3	69.0

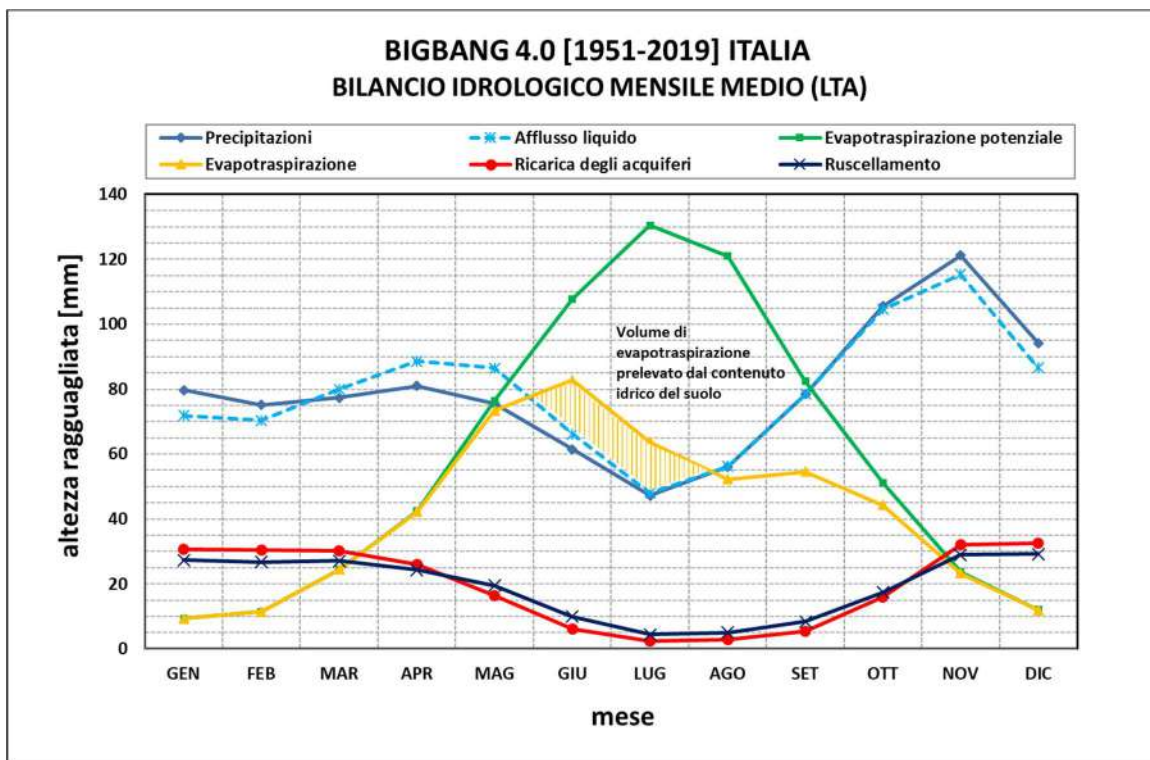


Figura 8.8 – Bilancio idrologico nazionale mensile medio (LTA)

8.2 Precipitazioni: tabelle, diagrammi e mappe

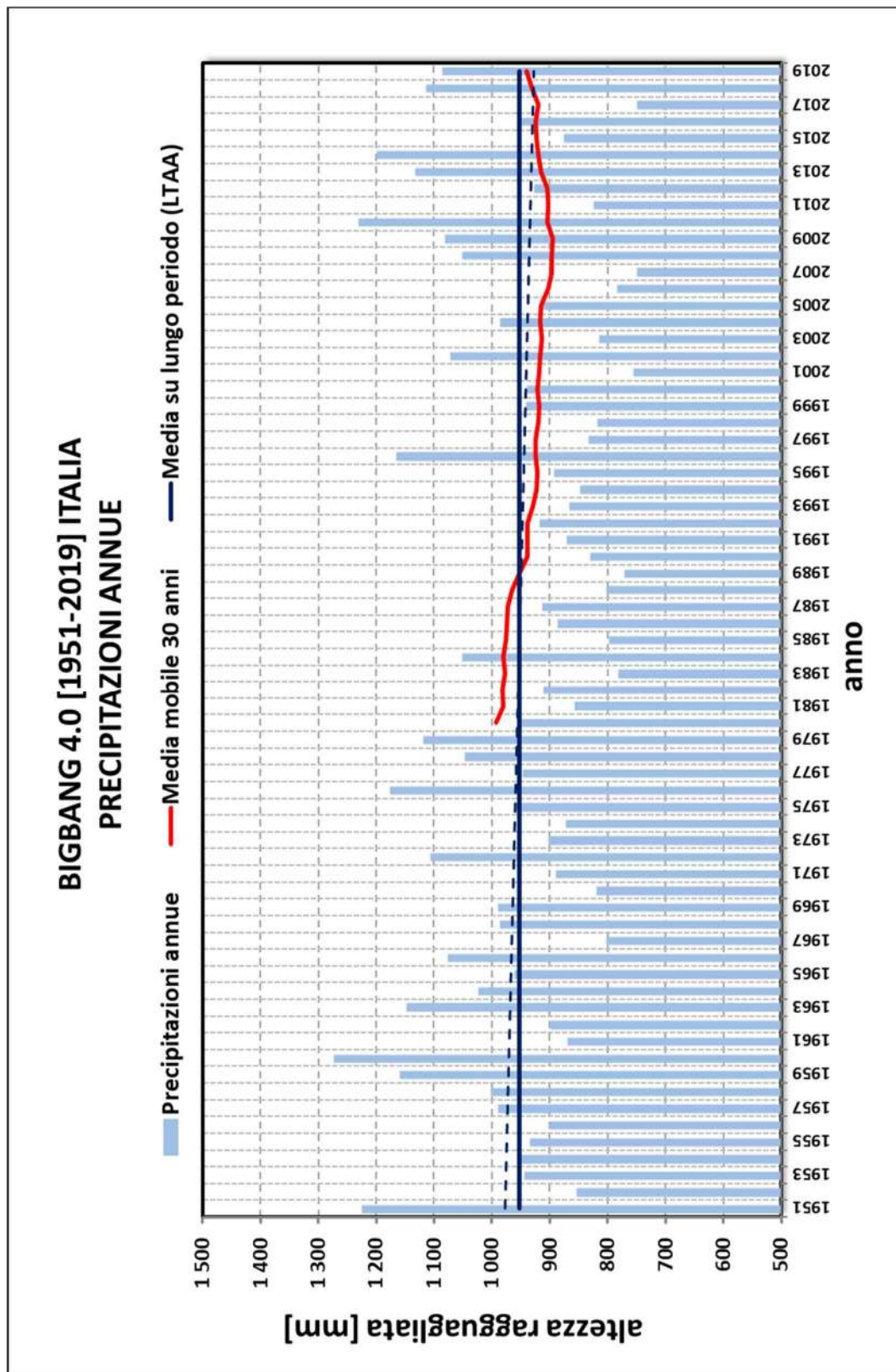


Figura 8.9 – Serie storica delle precipitazioni annue dal 1951 al 2019 con l'indicazione della media LTAA e della media mobile

Tabella 8.5 – Precipitazioni mensili dal 1951 al 2019 in Italia

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
PRECIPITAZIONI MENSILI [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	138.7	151.3	122.2	54.8	97.7	48.5	57.5	45.6	101.0	161.2	186.9	57.7	1222.9
1952	80.2	61.0	34.2	62.9	57.9	28.2	58.9	51.9	89.6	97.0	95.7	137.1	854.6
1953	73.7	60.2	26.6	78.6	69.3	113.7	49.7	66.1	77.5	213.1	48.1	67.4	944.0
1954	91.5	102.5	102.2	81.8	114.8	74.0	41.8	62.0	32.4	55.4	109.2	88.7	956.4
1955	103.2	116.7	91.0	24.9	37.1	51.4	59.2	54.5	120.4	116.0	88.9	72.0	935.3
1956	62.8	106.3	95.7	111.9	52.2	66.6	44.3	28.6	72.2	71.7	139.8	48.5	900.6
1957	98.5	68.7	42.7	90.2	117.8	69.6	49.2	38.8	36.7	115.3	140.3	120.9	988.6
1958	66.0	51.6	90.1	135.1	47.0	61.0	33.3	33.5	42.1	97.1	195.3	149.7	1001.6
1959	58.6	29.0	107.5	111.1	103.7	68.5	47.4	75.4	72.3	124.6	159.4	201.1	1158.8
1960	90.6	106.1	137.2	85.2	53.5	73.1	62.5	42.7	140.3	180.5	120.7	178.5	1271.0
1961	121.5	26.6	18.9	99.6	61.6	66.2	47.3	16.9	20.8	149.1	165.7	74.8	869.1
1962	66.2	54.0	115.8	77.4	61.8	45.3	30.9	13.0	48.8	99.8	198.0	87.4	898.5
1963	107.3	117.3	76.8	90.4	88.5	77.6	68.9	80.1	103.0	90.5	131.0	114.4	1145.8
1964	31.8	60.0	128.4	81.6	47.1	79.0	51.1	62.3	38.3	203.4	86.4	154.5	1023.8
1965	98.0	45.6	80.3	71.5	63.7	55.6	37.1	82.1	176.8	45.8	133.1	70.8	960.3
1966	84.9	81.2	48.0	82.0	74.1	37.5	64.0	77.1	67.7	198.6	170.1	90.4	1075.5
1967	52.1	69.0	44.5	83.4	57.1	63.6	40.1	59.3	80.5	29.9	117.8	105.3	802.4
1968	66.6	111.6	32.4	48.8	86.5	105.3	42.6	99.3	57.4	40.8	157.3	137.1	985.6
1969	84.3	112.4	107.9	60.8	66.8	68.5	47.4	69.9	107.1	33.8	111.6	118.2	988.6
1970	117.7	60.8	88.3	45.9	65.0	50.4	34.5	61.4	40.9	68.4	85.6	100.4	819.2
1971	111.1	72.3	105.3	69.4	84.8	63.5	37.2	26.2	66.1	42.9	163.3	47.9	890.0
1972	132.8	147.8	77.4	110.2	78.6	60.9	78.2	63.4	110.4	88.9	45.4	112.2	1106.1
1973	132.7	77.7	70.4	75.7	29.6	71.5	59.3	55.0	120.3	83.9	33.1	92.8	902.1
1974	51.2	126.3	79.3	125.5	64.2	53.1	24.6	51.9	84.2	101.2	86.0	25.0	872.5
1975	39.7	62.7	118.6	58.3	111.2	63.2	32.5	92.6	60.7	100.7	136.5	81.9	958.7
1976	30.6	92.5	64.4	77.1	59.8	62.4	83.2	93.6	108.7	208.8	167.3	126.6	1175.0
1977	128.1	76.6	76.1	53.2	106.3	56.2	60.2	112.8	59.9	74.3	70.0	73.3	947.0
1978	152.7	105.8	76.0	149.0	107.1	58.6	38.0	47.7	39.3	121.0	50.5	100.0	1045.7
1979	118.6	121.7	110.2	97.0	23.0	64.0	36.4	81.5	82.8	160.1	124.4	97.6	1117.4
1980	99.6	29.2	116.9	41.8	120.3	69.3	30.7	47.4	21.2	153.1	148.8	76.1	954.4
1981	56.6	46.1	64.1	64.4	81.7	63.1	66.1	41.5	122.6	91.3	20.6	137.8	856.2
1982	39.9	50.2	87.4	38.6	60.1	42.1	49.8	70.7	64.6	152.8	133.6	122.0	911.7
1983	17.9	75.9	92.6	61.9	78.9	57.3	22.5	71.7	58.6	62.1	56.4	126.4	782.3
1984	64.5	99.4	89.7	84.0	147.5	50.9	13.8	80.6	107.6	103.2	109.7	99.9	1050.7
1985	122.2	35.5	143.8	52.7	86.8	41.1	20.7	41.4	22.8	59.7	128.0	42.6	797.6
1986	104.8	128.5	86.3	121.0	45.1	74.8	64.9	39.4	53.6	51.8	76.6	40.1	887.0
1987	91.4	108.4	47.6	52.5	70.8	57.4	54.8	53.7	40.0	141.5	131.3	63.0	912.3
1988	93.8	59.1	74.8	73.8	91.1	82.9	26.0	38.6	51.3	94.8	54.4	61.6	802.2
1989	13.7	58.1	39.9	151.9	40.4	71.3	82.9	56.0	81.0	44.8	80.8	50.0	770.9
1990	33.9	24.1	40.4	119.9	53.4	45.6	38.0	46.8	41.1	139.2	120.5	127.4	830.4
1991	45.6	61.7	72.3	90.9	95.4	44.6	40.1	30.2	92.6	130.6	134.2	32.4	870.5
1992	53.5	19.0	50.4	104.9	52.6	104.7	56.8	39.0	69.6	185.2	59.6	121.5	916.8
1993	23.1	26.9	72.2	74.5	58.6	40.3	39.0	35.4	123.2	176.9	118.3	78.4	866.8
1994	104.4	76.8	9.5	99.4	66.8	62.0	45.9	30.7	128.8	76.4	94.0	53.5	848.3
1995	61.1	58.9	70.5	81.7	82.5	77.4	35.7	91.1	115.6	19.6	79.3	119.0	892.4
1996	118.7	92.0	72.3	70.1	91.3	55.7	43.0	77.0	107.4	152.7	150.0	134.8	1164.8
1997	79.3	28.2	26.9	60.1	40.0	96.1	39.9	64.5	41.8	82.0	168.9	105.4	833.0
1998	57.3	47.4	38.2	104.3	86.4	48.2	35.9	42.2	105.0	123.8	68.0	62.0	818.6
1999	70.6	44.2	77.4	88.1	59.2	60.9	56.6	59.6	95.9	104.6	131.4	91.5	940.1
2000	27.7	27.4	62.8	92.6	54.6	52.3	50.4	36.3	79.7	163.1	200.8	91.6	939.2
2001	124.6	42.7	99.7	70.5	69.6	38.2	41.5	35.7	75.3	39.8	73.7	44.4	755.8
2002	31.0	63.7	33.5	88.0	131.8	55.7	84.4	118.8	98.3	78.9	169.7	116.8	1070.6
2003	104.2	40.3	22.9	66.9	36.2	45.7	30.3	41.7	61.7	121.8	135.1	108.2	815.2
2004	66.5	77.9	72.1	101.6	90.9	50.9	41.5	43.5	63.8	109.1	128.6	140.0	986.4
2005	49.6	59.2	47.7	100.2	48.8	41.4	41.2	79.5	98.7	112.4	114.5	117.5	910.6
2006	66.3	76.2	69.3	58.2	39.3	35.4	48.8	81.5	127.4	46.9	42.9	92.3	784.5
2007	43.8	68.6	90.8	38.6	83.6	68.7	18.8	56.7	65.7	76.2	82.4	56.4	750.3
2008	77.6	30.2	90.5	88.4	96.6	79.4	45.9	31.5	70.3	74.0	177.8	188.1	1050.4
2009	140.3	81.0	111.1	138.2	26.0	79.7	42.3	35.8	103.8	90.3	95.0	137.1	1080.6
2010	114.9	113.2	77.3	64.7	117.7	79.4	42.2	62.1	97.4	136.1	208.1	116.7	1229.8
2011	56.3	67.0	127.9	41.5	51.4	85.3	63.5	18.2	64.8	79.0	101.9	66.9	823.7
2012	38.1	75.6	28.7	118.4	84.7	30.0	45.8	29.7	105.0	117.3	177.9	75.4	926.6
2013	103.6	86.2	152.2	87.4	128.5	44.1	43.2	58.4	62.1	107.8	164.7	93.8	1132.0
2014	164.0	142.1	91.1	82.9	65.9	75.5	106.1	56.8	71.0	63.1	195.2	85.6	1199.2
2015	83.2	124.3	110.4	49.1	60.2	59.0	24.2	73.2	76.6	161.7	47.1	5.9	875.0
2016	62.7	131.2	91.7	47.8	107.7	78.8	49.5	50.5	81.2	95.6	131.0	27.2	954.9
2017	73.6	71.3	46.5	56.1	52.5	49.5	33.0	24.4	102.0	21.0	116.6	103.7	750.2
2018	64.4	107.3	144.9	57.4	126.2	65.4	50.7	87.2	43.4	181.8	139.4	44.5	1112.5
2019	65.9	53.8	29.1	112.6	139.3	21.9	71.0	46.3	64.3	89.7	276.5	114.7	1085.1
MEDIA (LTA)	79.7	75.1	77.4	81.0	75.5	61.4	47.2	56.1	78.5	105.6	121.2	94.3	953.0

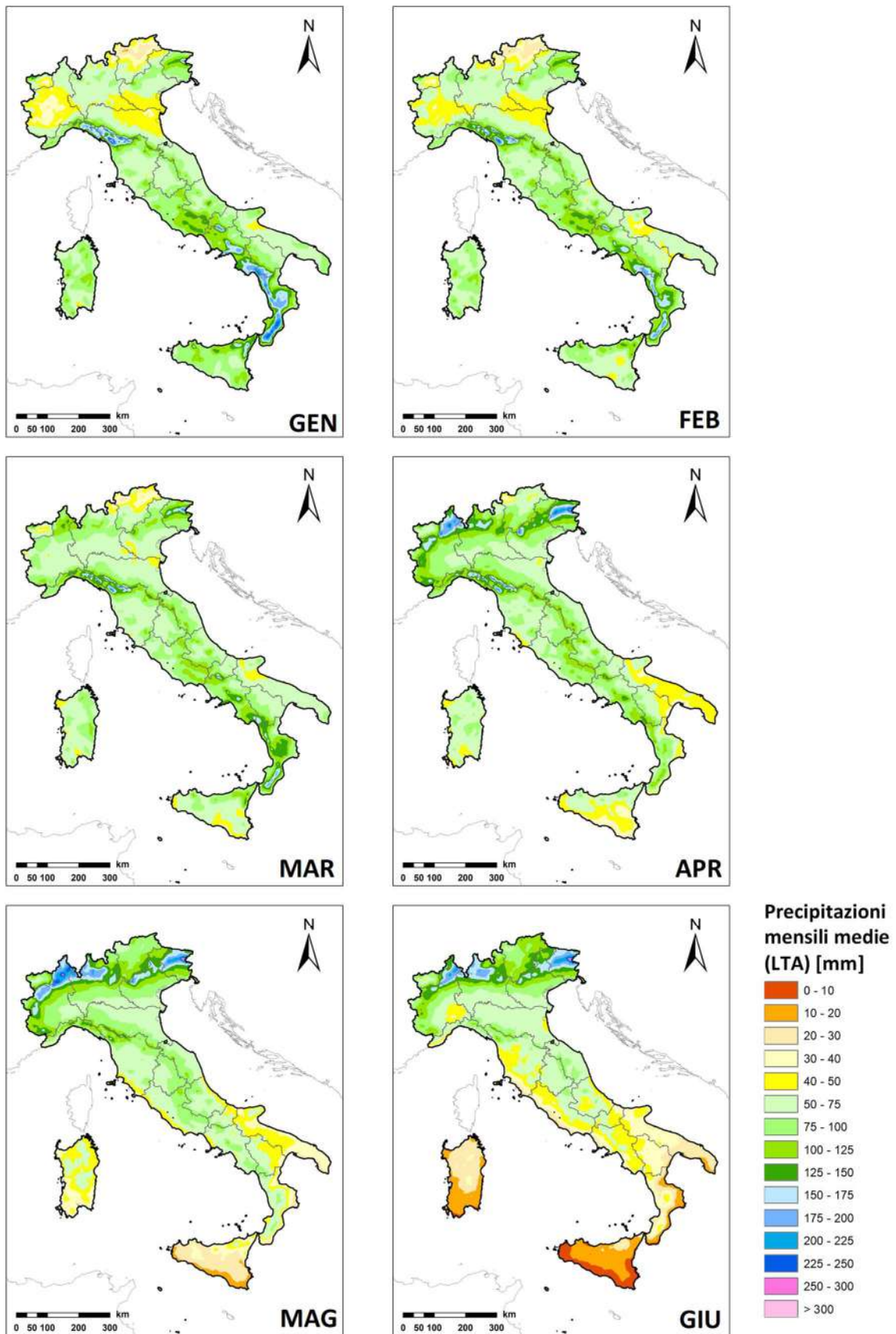


Figura 8.10 – Precipitazioni mensili medie (LTA) nel primo semestre

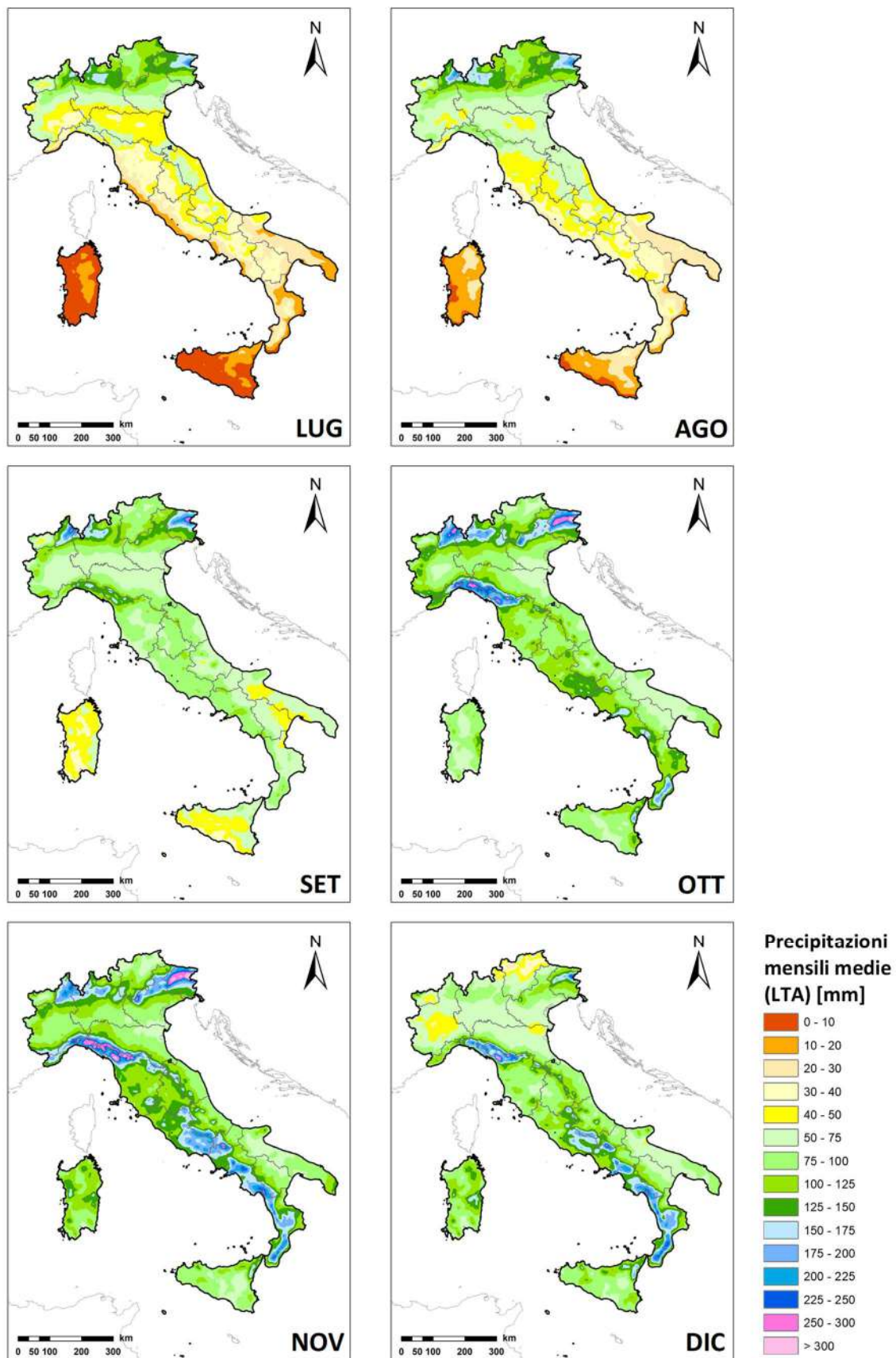


Figura 8.11 – Precipitazioni mensili medie (LTA) nel secondo semestre

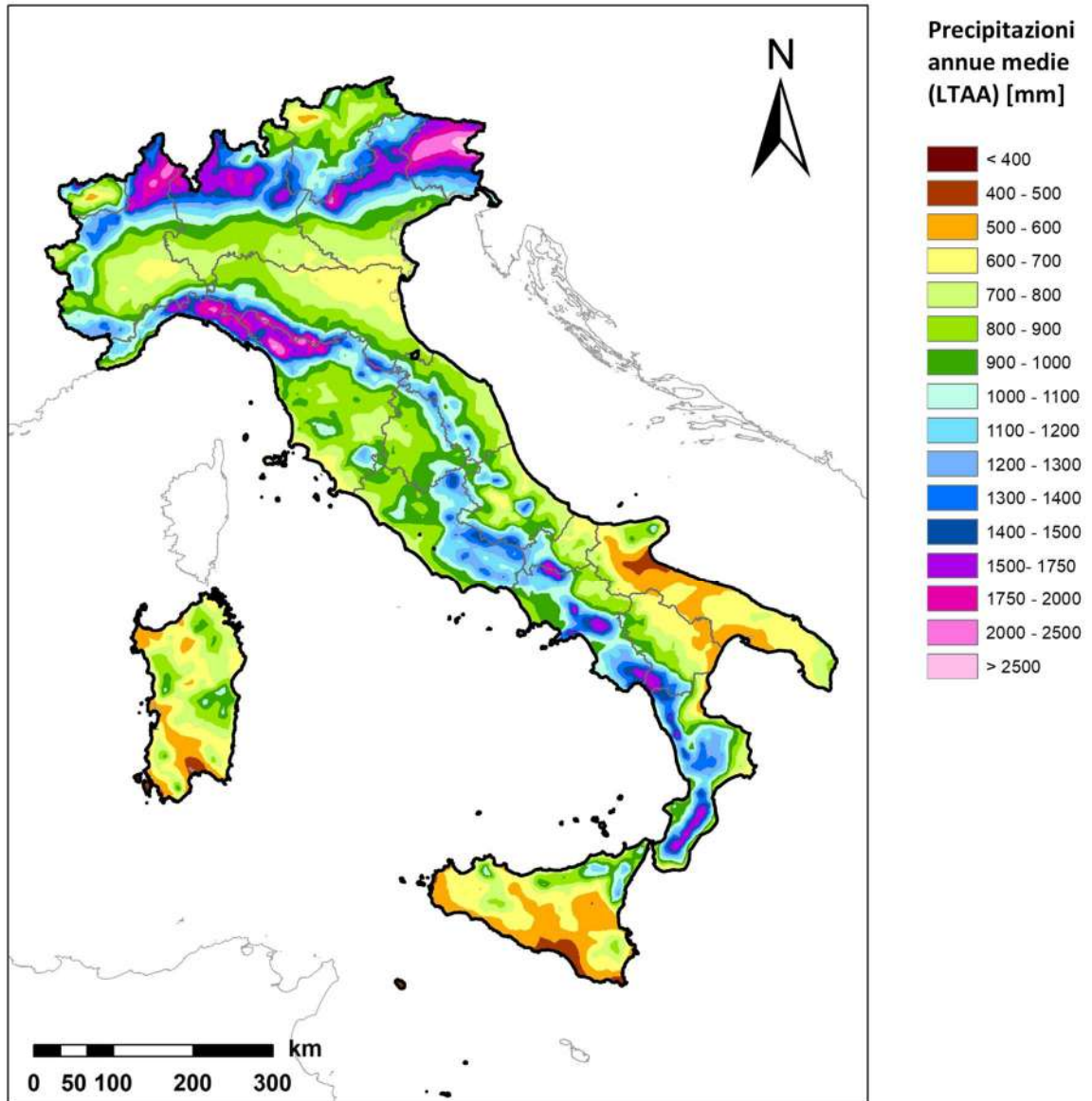


Figura 8.12 – *Precipitazioni annue medie (LTAA)*

8.3 Temperatura mensile: tabelle, diagrammi e mappe

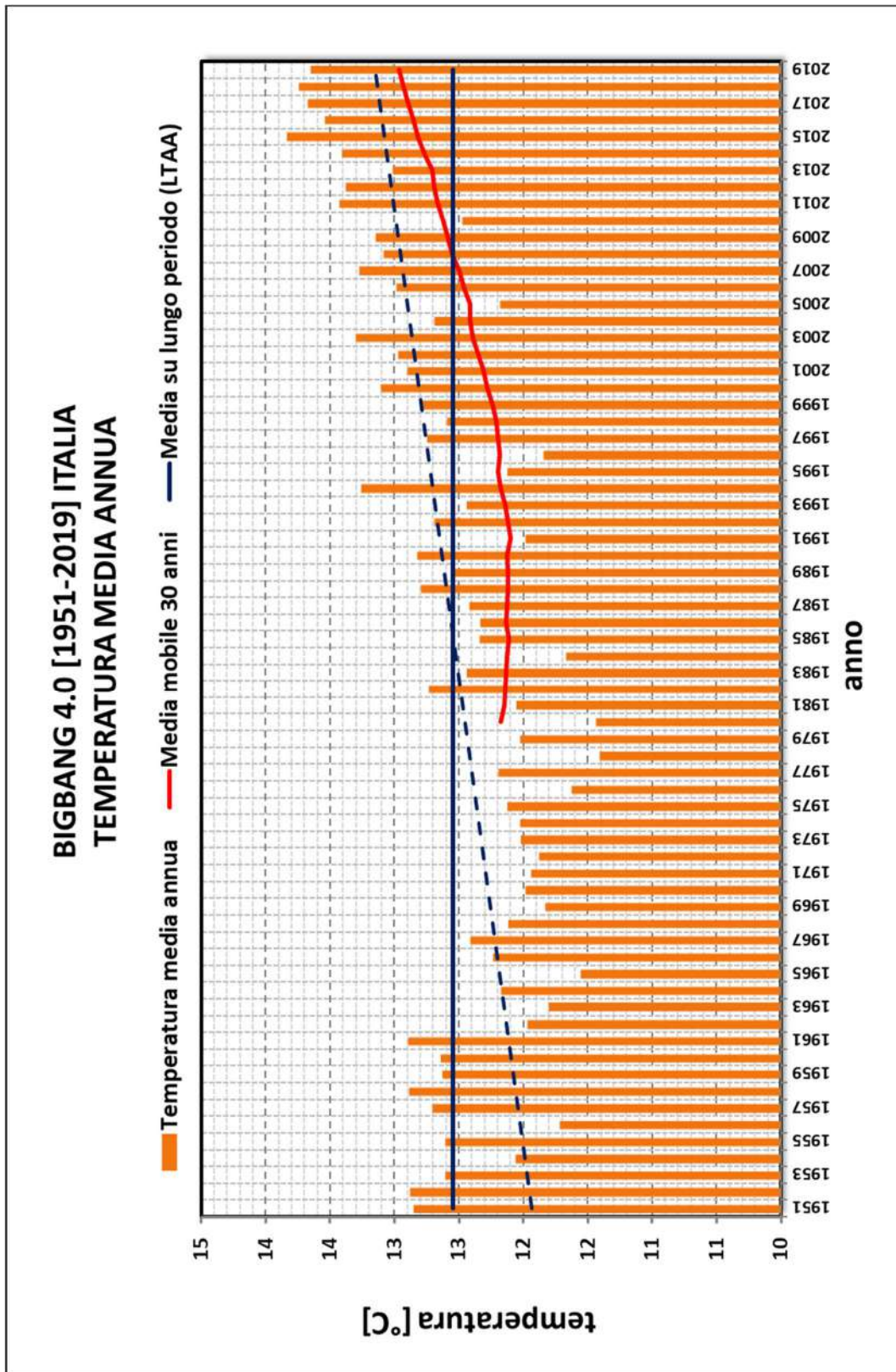


Figura 8.13 – Serie storica della temperatura media annua dal 1951 al 2019

Tabella 8.6 – Temperatura media mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
TEMPERATURA MEDIA MENSILE [°C]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA ANNUA
1951	5.2	6.2	7.1	10.9	14.5	19.6	21.5	22.1	19.6	12.1	9.9	5.6	12.8
1952	3.2	3.7	7.7	12.8	15.5	21.3	23.9	22.9	17.7	13.3	7.3	5.0	12.9
1953	2.3	3.8	7.1	12.1	15.6	17.7	22.2	21.1	19.1	14.7	8.6	7.0	12.6
1954	1.6	2.8	8.4	10.1	13.9	19.8	20.4	20.1	19.4	13.2	8.5	6.4	12.1
1955	6.0	6.0	6.8	10.4	15.4	19.0	22.0	20.3	17.4	12.9	8.1	6.9	12.6
1956	4.9	-0.9	5.9	9.8	15.3	17.3	21.7	22.6	19.3	12.7	7.3	4.6	11.7
1957	3.7	6.8	8.9	10.8	13.2	19.8	21.7	21.4	17.9	14.0	9.5	4.8	12.7
1958	3.9	6.9	5.5	8.9	17.0	18.7	21.7	22.8	19.1	14.1	9.8	6.3	12.9
1959	3.8	6.1	9.6	10.9	14.7	18.8	22.2	20.7	17.7	12.4	8.4	6.2	12.6
1960	4.2	5.6	8.0	10.8	15.5	19.6	20.3	21.5	17.0	13.6	9.9	5.7	12.6
1961	3.1	6.3	8.8	13.1	14.5	19.0	20.6	21.3	20.0	14.1	9.0	5.0	12.9
1962	5.0	3.9	5.1	10.5	14.1	17.9	21.1	22.8	18.6	13.9	7.6	3.0	12.0
1963	1.1	1.9	6.1	10.8	14.2	18.2	21.9	20.8	18.0	12.9	10.9	4.7	11.8
1964	2.5	4.5	7.1	10.8	15.5	19.8	21.2	20.6	17.7	12.3	9.2	4.9	12.2
1965	3.9	1.8	6.9	9.2	13.9	18.6	21.2	19.8	16.4	13.3	8.5	5.3	11.6
1966	2.0	7.7	6.6	11.6	14.7	19.5	19.9	20.4	18.5	15.1	6.7	4.1	12.2
1967	2.9	4.7	8.6	9.6	14.9	17.4	22.2	21.6	17.8	15.2	9.9	4.3	12.4
1968	2.3	6.1	7.6	12.2	15.2	17.8	20.8	19.3	17.3	14.0	9.0	4.1	12.1
1969	3.6	3.3	6.9	10.0	16.4	17.1	20.4	20.1	18.0	14.2	9.4	2.5	11.8
1970	4.9	4.3	6.0	9.7	12.8	19.1	20.5	21.0	18.8	12.7	9.4	4.5	12.0
1971	4.0	4.5	4.4	11.4	15.1	17.5	21.2	22.9	16.5	12.6	7.6	5.5	11.9
1972	4.3	6.1	8.9	10.4	13.8	18.4	20.3	19.9	15.2	11.3	8.7	5.3	11.9
1973	4.3	4.3	5.8	8.2	15.7	19.1	21.1	21.5	18.8	13.3	7.8	4.2	12.0
1974	5.7	6.2	8.2	9.7	14.0	17.7	20.8	21.9	17.8	9.4	7.7	5.3	12.0
1975	5.1	4.7	7.0	10.3	14.7	17.0	21.1	20.4	19.3	12.8	7.5	5.5	12.1
1976	3.8	5.5	6.1	9.9	14.6	18.6	20.6	18.4	15.8	13.5	8.0	4.6	11.6
1977	4.6	6.8	9.3	9.9	14.4	17.6	20.7	19.6	16.2	14.0	8.5	4.7	12.2
1978	3.9	4.2	7.6	8.8	12.9	17.5	19.7	19.9	17.3	12.6	7.2	5.4	11.4
1979	2.4	5.3	7.9	8.8	14.6	19.5	20.8	20.2	17.4	13.6	7.6	6.2	12.0
1980	2.9	5.4	7.0	8.4	12.2	17.1	19.6	21.7	18.6	12.9	8.0	3.4	11.4
1981	1.8	3.7	9.0	11.4	14.1	19.0	19.8	21.1	18.3	14.1	7.4	4.9	12.1
1982	5.0	3.9	6.5	10.1	14.9	20.3	22.6	21.3	19.8	13.3	9.3	5.8	12.7
1983	5.2	2.7	7.9	10.9	14.6	18.4	23.5	20.9	18.4	13.6	8.2	4.9	12.4
1984	4.0	3.5	6.0	9.5	12.6	17.5	21.1	20.0	16.7	13.7	9.7	5.8	11.7
1985	1.2	4.3	6.5	10.7	14.8	18.2	22.5	21.5	19.6	14.2	7.8	6.8	12.3
1986	3.7	3.0	7.3	10.2	16.9	17.9	20.6	22.1	18.3	14.6	9.0	4.5	12.3
1987	2.9	4.7	4.0	10.7	13.0	18.0	22.5	21.8	21.0	14.7	9.2	6.6	12.4
1988	6.3	5.1	6.8	11.1	15.7	18.3	23.0	22.4	17.9	15.2	6.6	5.0	12.8
1989	4.6	6.6	9.8	10.5	14.7	17.5	21.3	21.4	17.5	12.7	7.9	6.0	12.5
1990	4.7	7.8	9.4	9.9	15.5	18.7	21.6	21.3	18.0	15.2	8.6	3.3	12.8
1991	4.2	3.3	9.6	8.9	11.7	18.1	22.0	22.4	19.3	12.8	8.0	3.4	12.0
1992	4.3	5.1	7.7	10.6	15.7	17.5	20.9	23.3	18.3	13.3	10.2	5.5	12.7
1993	4.7	4.0	6.4	10.7	15.9	19.5	20.6	22.7	17.5	13.7	7.6	6.1	12.4
1994	5.6	4.6	10.1	9.6	15.5	18.7	22.7	23.6	18.6	13.4	10.5	6.2	13.3
1995	3.2	6.8	6.1	10.0	14.4	17.5	22.6	20.4	16.2	14.6	7.6	5.9	12.1
1996	5.2	3.4	5.9	10.7	14.8	19.1	20.4	20.8	15.2	12.4	9.1	5.2	11.8
1997	5.5	6.3	8.7	8.7	15.5	19.2	20.8	21.2	18.9	13.5	9.0	5.6	12.7
1998	5.0	7.4	6.9	10.5	14.9	20.0	22.4	22.7	17.3	13.3	6.8	3.8	12.6
1999	4.7	3.6	7.8	10.9	16.7	19.4	21.5	22.6	19.1	14.3	8.0	4.8	12.8
2000	3.4	5.5	8.0	11.6	16.9	20.0	20.6	22.7	18.3	13.9	9.6	6.8	13.1
2001	5.2	5.7	10.4	9.9	16.5	18.9	21.9	23.0	16.2	16.2	8.2	2.8	12.9
2002	3.5	6.9	9.4	10.8	15.2	20.6	21.4	20.8	16.7	13.7	10.5	6.2	13.0
2003	4.4	2.1	8.0	10.3	17.5	23.1	23.6	25.1	17.7	12.6	9.8	5.4	13.3
2004	3.4	5.4	7.0	10.8	13.4	19.2	21.7	22.0	18.4	15.6	9.0	6.5	12.7
2005	3.3	2.2	7.4	10.4	16.4	20.0	22.3	20.3	18.2	13.7	8.2	3.7	12.2
2006	2.8	4.4	6.8	11.9	15.8	19.7	23.4	20.3	19.0	15.3	9.7	6.8	13.0
2007	6.8	7.1	8.7	13.5	16.3	20.1	22.4	21.7	17.1	13.3	7.8	4.5	13.3
2008	5.9	5.8	8.0	10.9	15.7	19.7	22.0	22.4	17.5	14.7	9.2	5.2	13.1
2009	4.1	4.2	7.8	11.8	17.4	19.4	22.4	23.4	19.0	13.2	9.8	5.2	13.1
2010	3.2	5.0	7.6	11.6	14.7	19.3	23.1	21.6	17.4	12.8	9.3	4.2	12.5
2011	4.5	5.8	8.0	13.0	16.1	19.5	21.1	23.0	20.6	13.6	9.6	6.2	13.4
2012	4.2	2.3	10.3	11.2	15.2	21.3	23.3	24.0	18.8	14.8	10.6	4.5	13.4
2013	4.8	3.5	7.4	12.3	14.5	18.9	22.6	22.6	18.7	15.3	9.4	6.2	13.0
2014	6.2	7.2	8.9	11.9	14.6	19.7	20.5	20.9	18.2	15.1	11.3	6.4	13.4
2015	5.7	5.2	8.4	11.6	16.5	20.2	24.8	22.9	18.7	14.0	10.6	7.5	13.8
2016	5.5	7.7	8.1	13.0	14.8	19.5	23.0	21.9	19.2	13.9	9.6	6.3	13.5
2017	2.6	7.3	10.4	12.0	16.4	22.0	23.3	24.4	17.3	14.6	8.7	4.8	13.7
2018	6.6	3.5	7.3	13.9	16.5	20.0	23.1	22.9	19.7	15.1	10.2	6.0	13.7
2019	3.1	6.6	9.3	11.2	12.7	22.3	23.3	23.5	19.1	15.5	9.9	7.2	13.6
MEDIA (LTA)	4.1	4.9	7.6	10.7	15.0	19.0	21.7	21.6	18.1	13.7	8.8	5.3	12.5

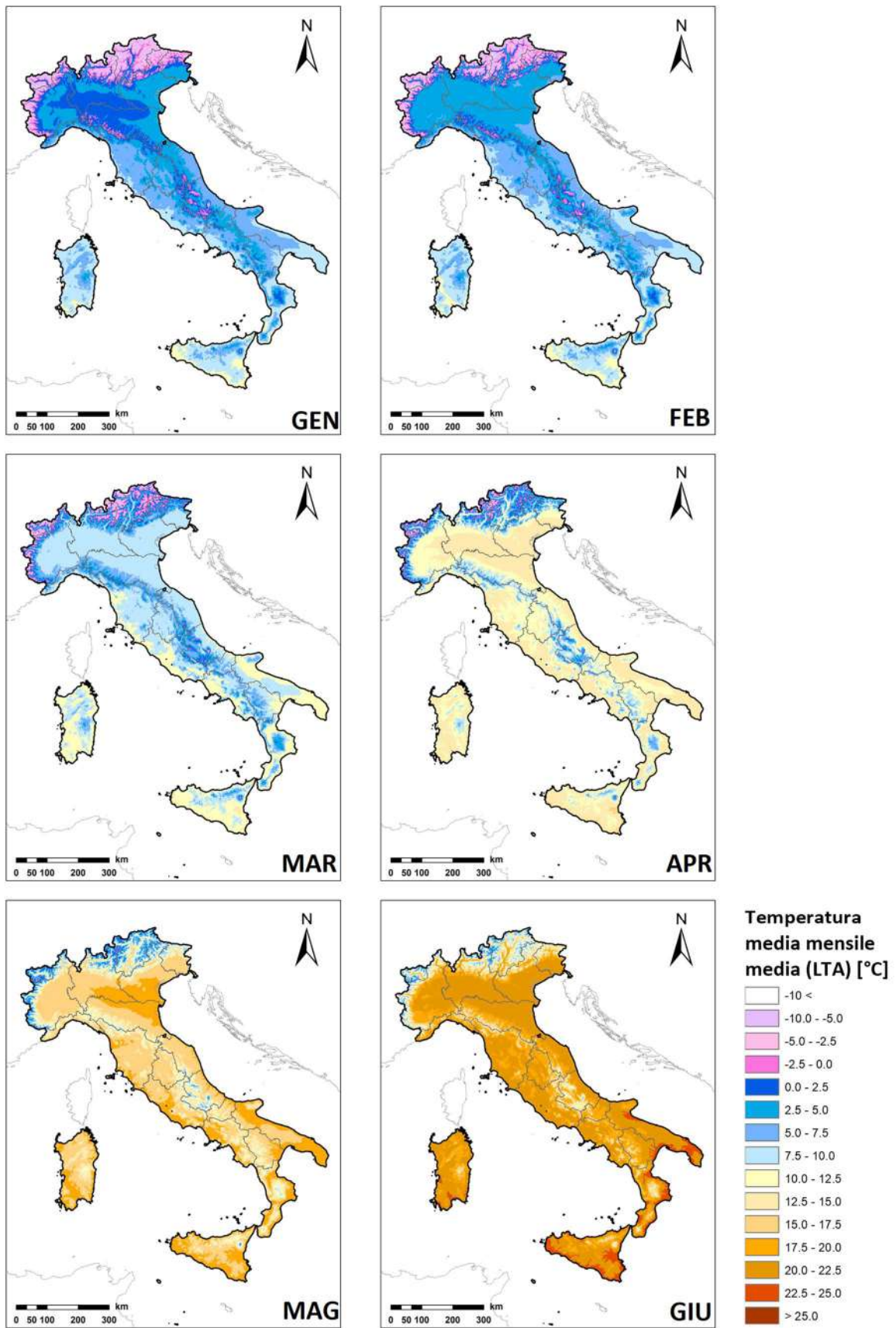


Figura 8.14 – Temperatura media mensile media (LTA) nel primo semestre

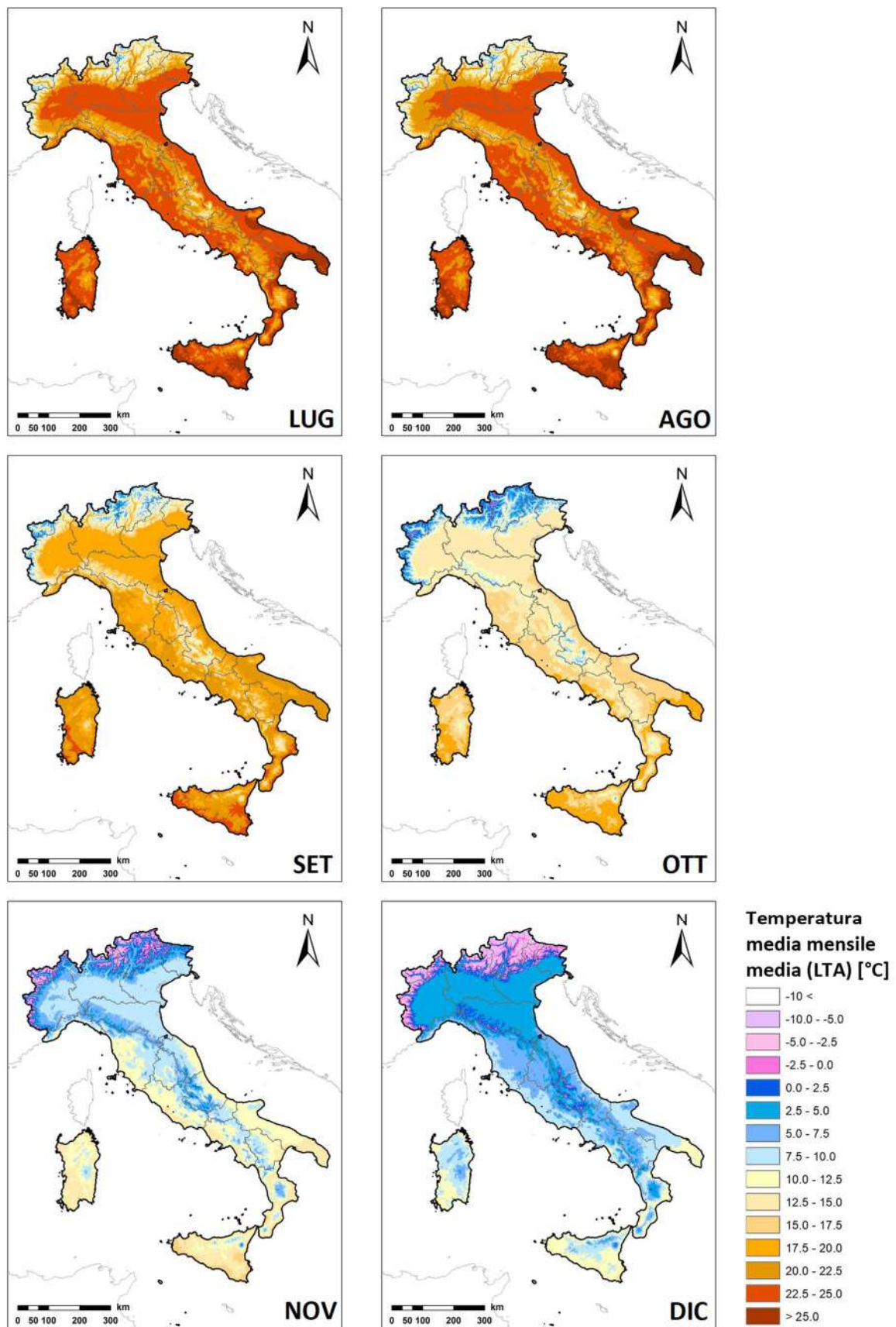


Figura 8.15 – Temperatura media mensile media (LTA) nel secondo semestre

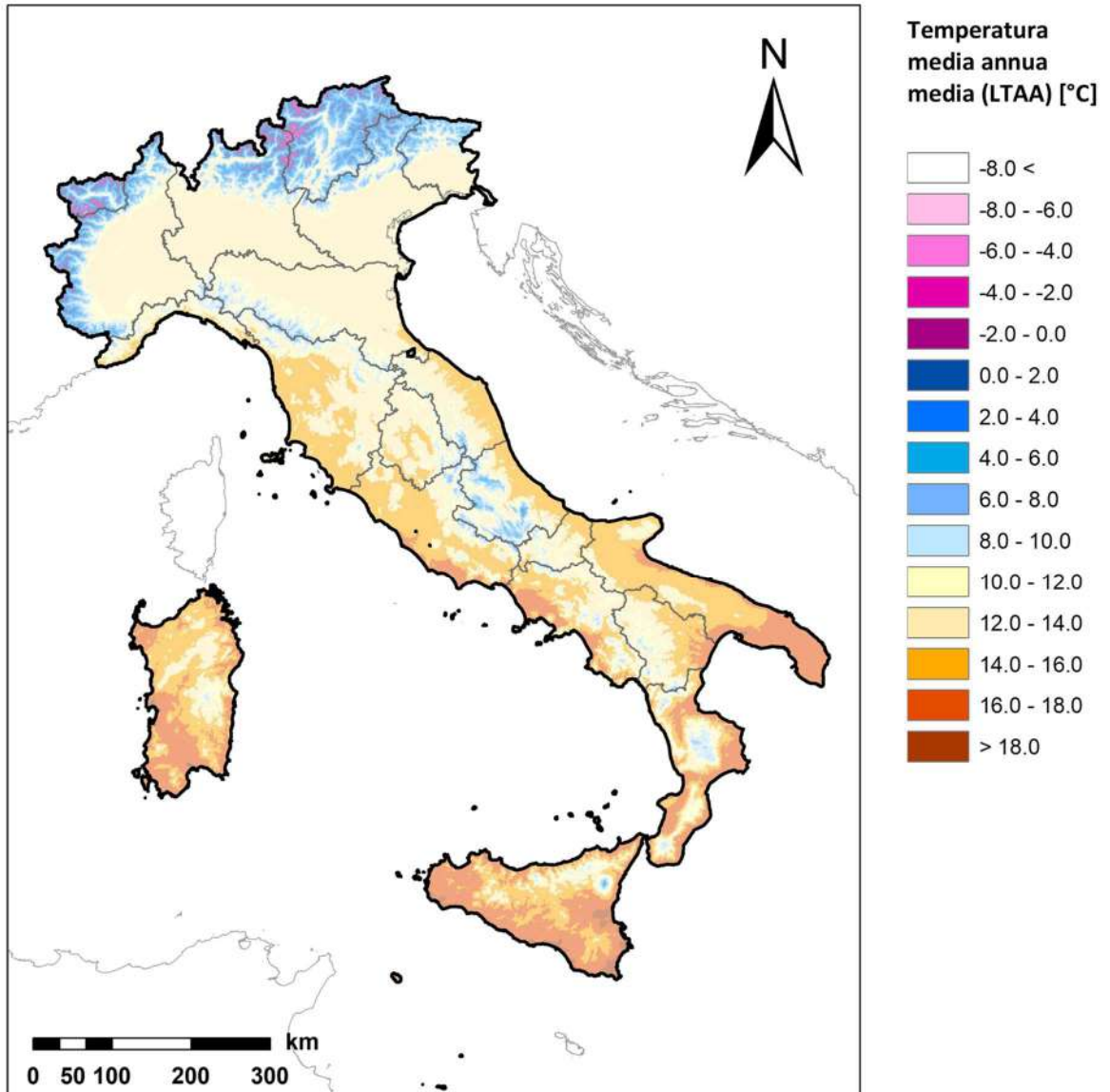


Figura 8.16 – Temperatura media annua media (LTAA)

8.4 Precipitazione nevosa: tabelle, diagrammi e mappe

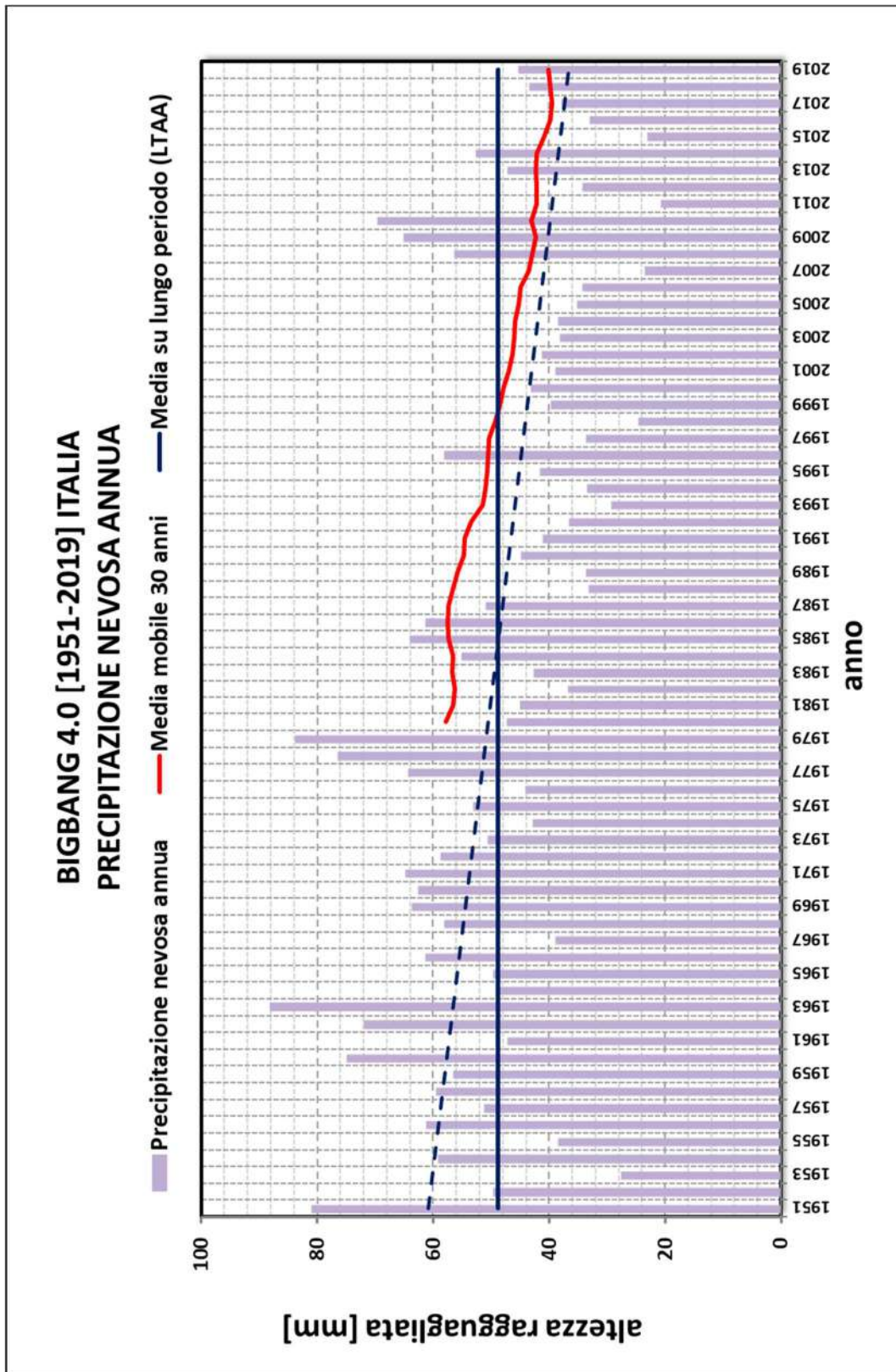


Figura 8.17 – Serie storica della precipitazione nevosa annua dal 1951 al 2019

Tabella 8.7 – Precipitazione nevosa mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
PRECIPITAZIONE NEVOSA MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	18.2	26.5	11.8	3.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	16.1	2.5	80.8
1952	10.2	7.7	3.5	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.8	3.9	9.2	12.3	49.6
1953	10.6	6.4	0.7	2.4	0.2	0.9	0.0	0.0	0.0	2.9	0.4	3.1	27.6
1954	16.5	14.1	7.3	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.3	13.4	59.1
1955	8.2	15.3	5.5	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.5	3.3	38.5
1956	7.1	25.2	11.3	8.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	5.8	2.2	61.2
1957	11.8	8.0	1.7	3.3	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3	17.3	51.2
1958	8.7	6.4	6.7	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.5	21.0	59.4
1959	6.6	1.6	5.3	3.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	12.3	23.7	56.5
1960	12.6	12.7	7.3	1.7	0.8	0.0	0.0	0.0	1.3	9.2	7.1	22.1	74.8
1961	17.5	3.4	0.5	1.9	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	2.1	12.8	7.7	47.2
1962	9.7	6.7	12.8	6.6	1.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.8	21.6	12.0	71.9
1963	28.2	18.9	9.9	4.9	1.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.7	13.9	10.1	88.1
1964	3.0	5.6	11.2	4.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	6.9	3.6	13.7	49.0
1965	10.2	6.4	7.9	2.7	1.7	0.0	0.0	0.1	2.8	0.3	9.4	8.2	49.7
1966	11.5	7.6	3.8	2.9	0.7	0.0	0.1	0.1	0.0	2.4	20.1	11.9	61.2
1967	4.9	8.8	4.1	5.1	1.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	7.3	7.4	39.0
1968	10.2	14.1	2.8	1.8	1.2	0.2	0.0	0.1	0.4	0.1	15.0	12.1	58.1
1969	14.7	18.3	5.9	3.6	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	9.4	11.2	63.5
1970	15.7	9.4	9.6	5.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	6.5	12.4	62.5
1971	14.9	8.5	19.6	2.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.2	0.1	15.2	3.2	64.8
1972	13.2	17.1	6.5	5.0	1.4	0.2	0.0	0.0	1.5	2.2	3.3	8.2	58.7
1973	11.9	6.3	4.2	7.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	2.1	1.9	16.6	50.6
1974	3.6	13.9	6.9	4.4	0.8	0.3	0.0	0.0	0.3	4.6	6.5	1.4	42.8
1975	6.8	5.1	15.8	4.0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.3	11.3	7.5	53.1
1976	2.3	6.5	2.4	3.4	0.3	0.0	0.0	0.1	1.4	3.5	10.7	13.3	44.0
1977	25.7	11.5	6.4	4.3	3.4	0.2	0.0	0.1	0.1	1.2	3.1	8.2	64.2
1978	28.4	18.8	5.8	6.5	3.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8	0.7	11.8	76.4
1979	27.5	12.2	13.9	5.0	0.7	0.1	0.0	0.1	0.1	3.3	7.4	13.4	83.6
1980	14.3	3.8	9.0	1.7	2.5	0.2	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	6.9	47.4
1981	8.9	3.1	6.9	2.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.2	1.9	0.5	19.1	44.9
1982	5.1	4.0	5.6	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	5.9	11.8	36.8
1983	2.0	10.6	4.2	4.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	15.5	42.6
1984	7.3	16.2	9.6	2.8	6.2	0.1	0.0	0.0	0.6	1.2	2.7	8.3	55.1
1985	30.0	3.4	13.9	2.2	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	8.9	3.6	63.9
1986	14.9	21.4	4.4	14.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	3.5	61.4
1987	14.7	14.5	7.1	2.8	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	5.5	2.4	50.8
1988	9.7	7.2	6.0	1.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.9	1.0	6.2	33.3
1989	0.2	6.0	1.3	12.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	5.2	8.1	33.7
1990	4.2	3.8	1.0	4.8	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	1.1	11.8	17.7	44.8
1991	5.7	7.8	6.5	3.3	1.7	0.1	0.0	0.0	0.1	3.3	7.1	5.5	41.1
1992	3.7	1.9	3.5	5.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.1	6.7	2.0	12.9	36.6
1993	1.0	2.2	5.3	4.1	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0	5.4	4.7	5.4	29.4
1994	13.5	8.9	0.7	4.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	1.6	2.7	33.5
1995	11.2	4.9	6.1	3.5	0.6	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	3.9	10.4	41.6
1996	11.8	10.3	3.6	1.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.4	2.1	17.1	10.8	58.1
1997	7.8	1.5	0.7	2.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	9.1	11.7	33.7
1998	5.6	0.8	1.8	6.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	2.3	3.5	3.8	24.7
1999	7.8	7.6	5.8	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.3	9.6	39.7
2000	2.0	1.9	4.9	4.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	3.5	20.7	5.8	43.1
2001	16.4	4.1	6.7	3.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	2.5	4.8	39.0
2002	2.9	5.4	3.0	2.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	18.9	6.3	41.2
2003	7.9	5.7	0.5	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.9	10.9	38.1
2004	10.3	7.8	4.2	2.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.4	6.8	38.5
2005	4.9	8.2	2.4	3.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.2	12.5	35.3
2006	9.6	8.6	6.7	1.5	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.7	6.9	34.3
2007	4.8	2.8	4.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	6.9	4.1	23.7
2008	8.9	2.1	4.4	4.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	12.2	22.7	56.3
2009	13.8	13.6	7.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	3.4	22.8	65.1
2010	12.2	11.4	5.1	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	12.8	23.9	69.6
2011	4.5	2.6	4.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	3.0	5.1	20.8
2012	4.9	8.0	0.5	3.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	8.8	7.6	34.3
2013	7.2	10.3	9.7	2.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	7.2	8.0	47.3
2014	18.8	16.5	2.8	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	6.5	6.1	52.6
2015	7.4	9.7	3.6	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	0.1	0.0	23.1
2016	6.5	9.7	4.5	2.0	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	8.1	0.5	33.0
2017	7.9	4.4	1.8	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	4.6	16.8	37.9
2018	10.9	11.0	10.8	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	6.2	2.6	43.4
2019	6.7	3.4	1.7	4.9	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	18.5	7.6	45.3
MEDIA (LTA)	10.4	8.8	5.8	3.6	0.9	0.1	0.0	0.0	0.2	1.6	7.4	9.7	48.7

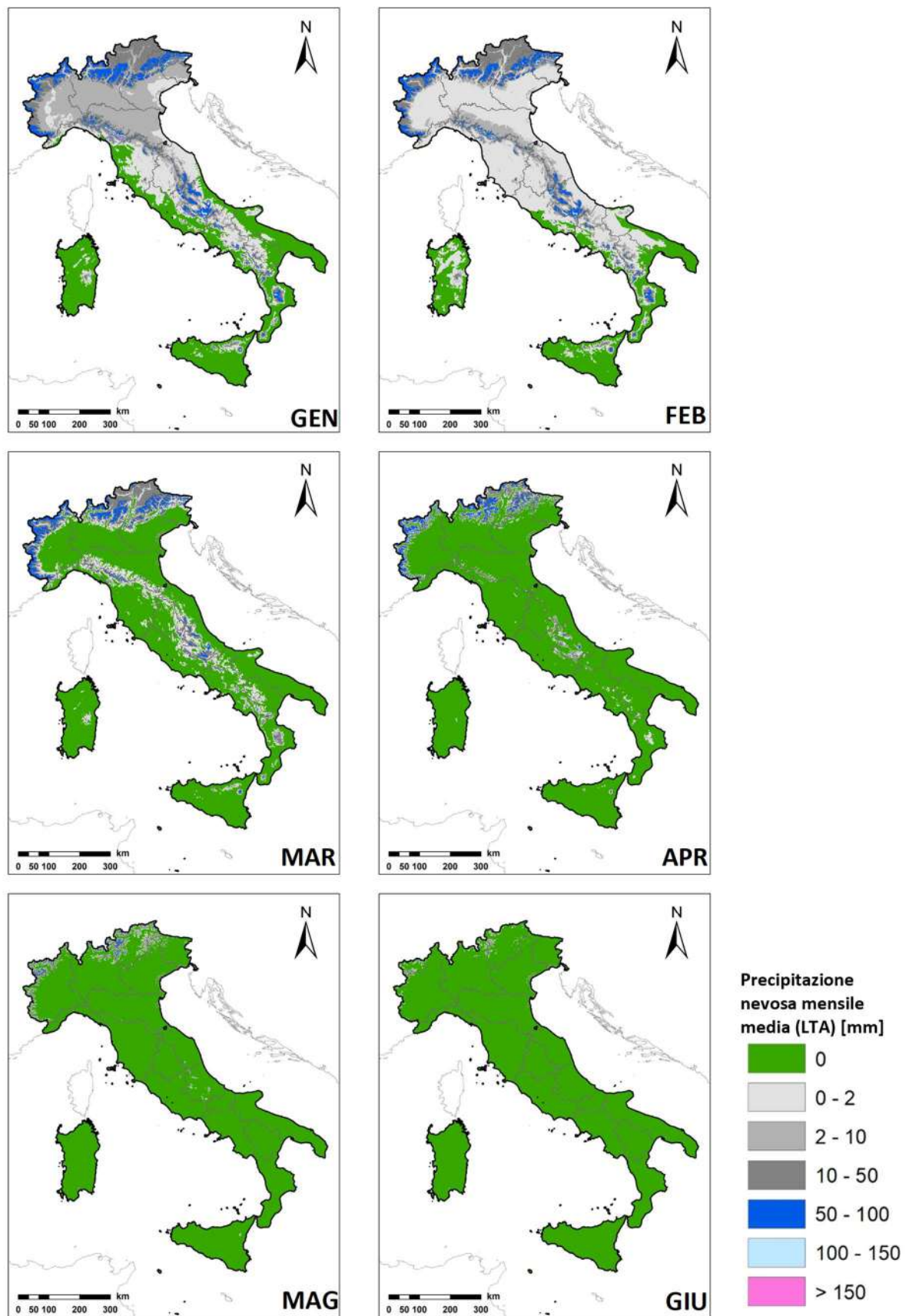


Figura 8.18 – Precipitazione nevosa mensile media (LTA) nel primo semestre

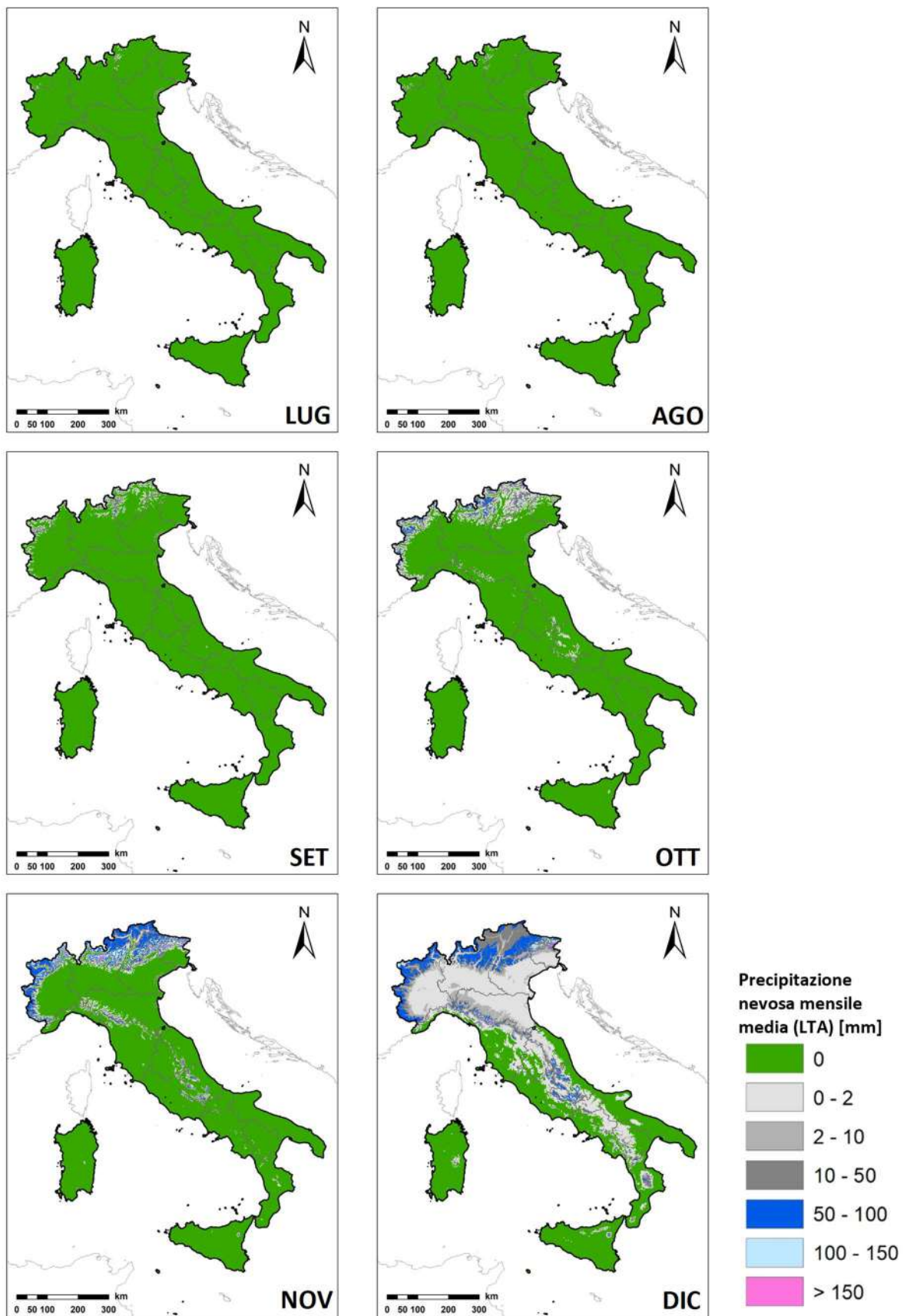


Figura 8.19 – Precipitazione nevosa mensile media (LTA) nel secondo semestre

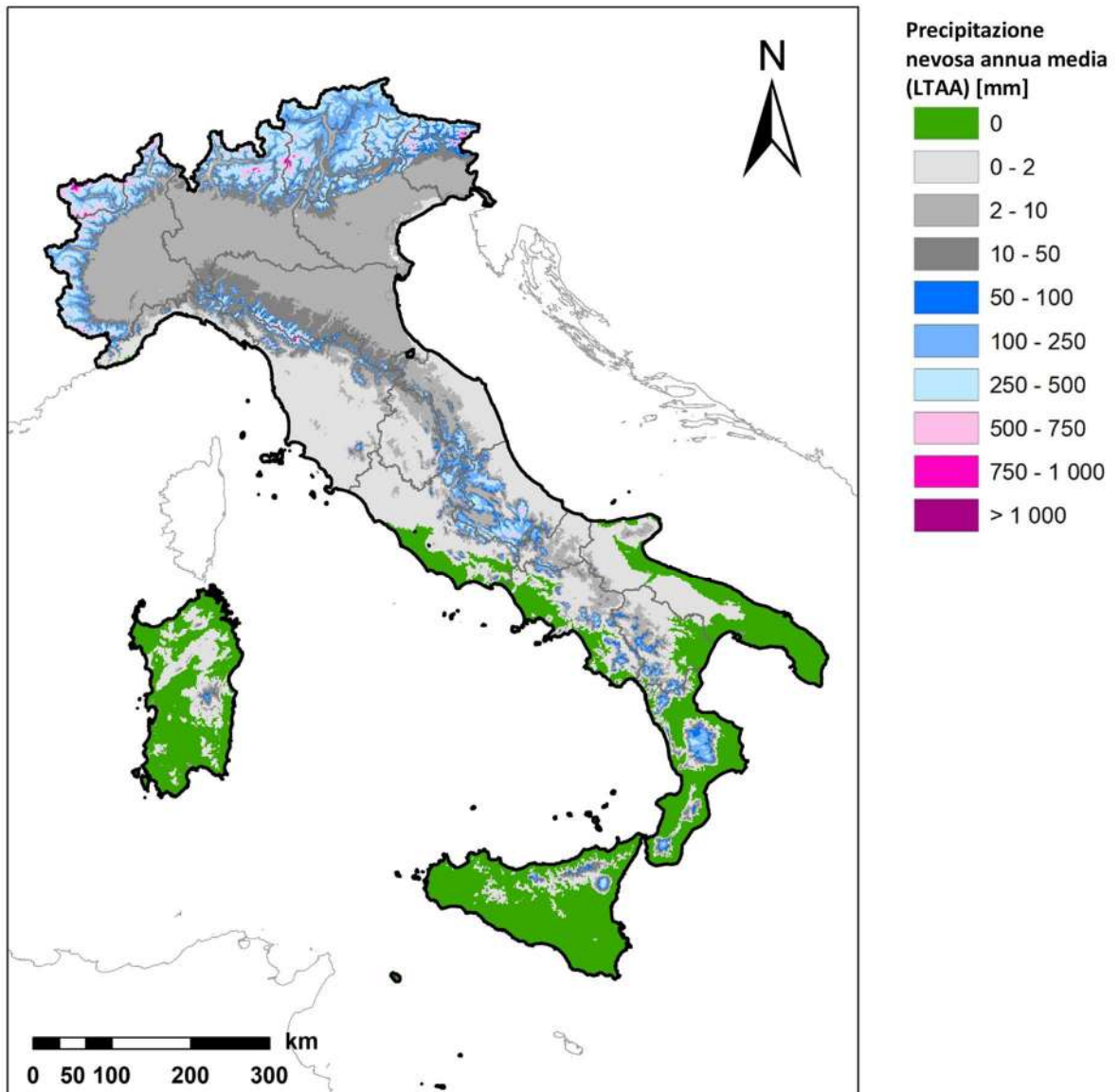


Figura 8.20 – Precipitazione nevosa annua media (LTAA)

8.5 Evapotraspirazione potenziale: tabelle, diagrammi e mappe

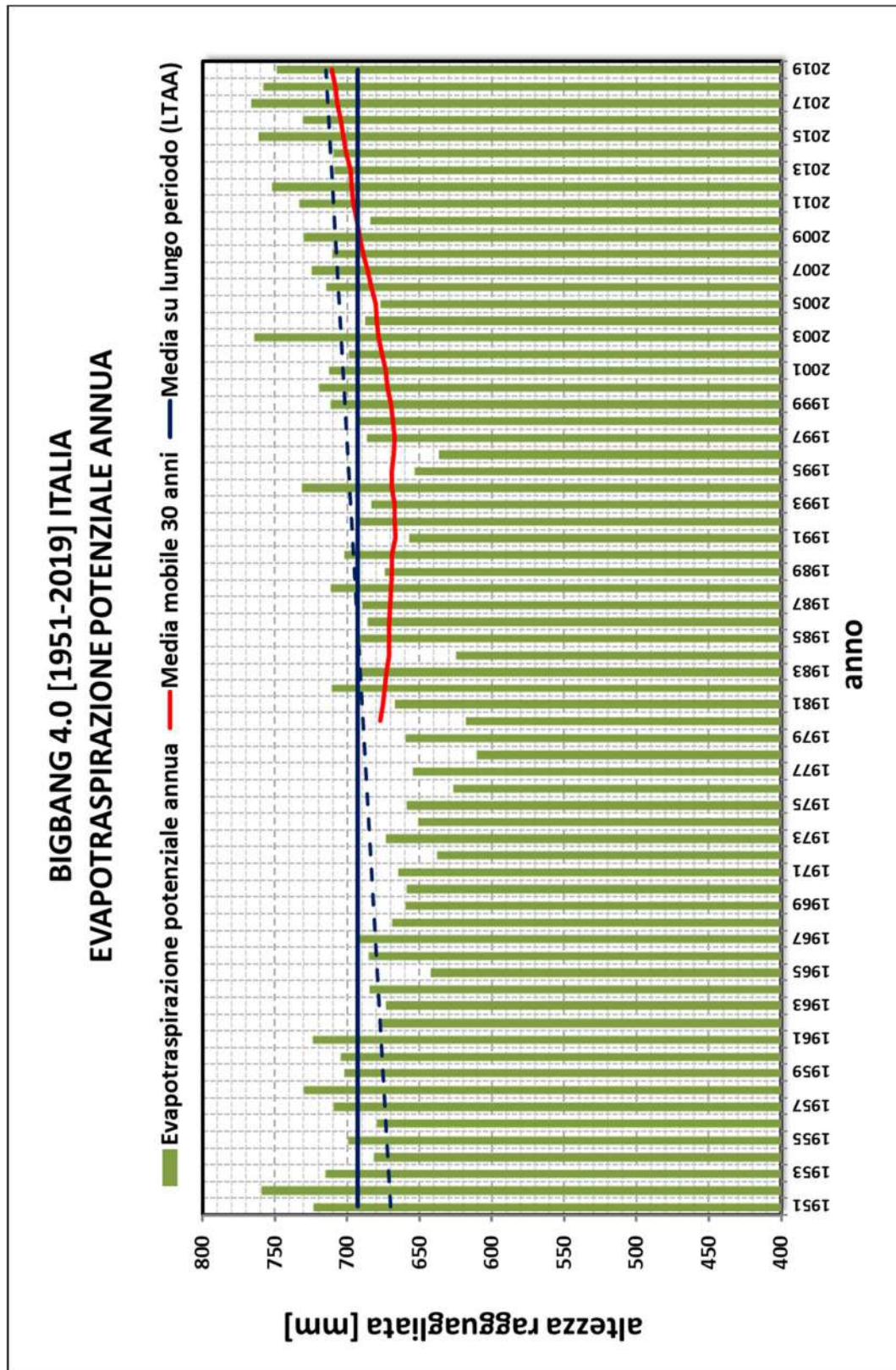


Figura 8.21 – Serie storica dell'evapotraspirazione potenziale annua dal 1951 al 2019

Tabella 8.8 – Evapotraspirazione potenziale mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
EVAPOTRASPIRAZIONE POTENZIALE MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	12.3	15.4	22.9	44.1	74.7	114.9	132.2	127.6	94.0	44.0	28.3	12.6	722.9
1952	7.6	8.2	24.8	55.9	81.8	129.6	152.5	134.6	82.6	50.5	19.4	11.8	759.1
1953	5.0	8.2	22.2	50.9	82.4	99.6	138.3	119.2	91.1	57.7	23.3	17.0	715.1
1954	4.6	6.4	28.4	39.5	70.3	116.7	123.0	112.3	92.5	49.7	22.6	15.0	681.0
1955	14.8	15.6	21.2	41.6	81.1	110.0	136.0	113.4	79.7	47.9	21.4	16.7	699.4
1956	11.6	2.2	17.6	38.2	80.0	96.8	133.8	131.4	92.1	47.0	18.6	9.9	679.2
1957	7.9	17.2	30.4	43.5	65.3	116.4	133.0	121.8	82.7	54.0	26.7	10.4	709.3
1958	9.1	17.3	16.6	33.1	93.0	107.3	133.5	132.4	90.1	54.0	27.6	15.4	729.5
1959	8.6	14.3	34.0	44.2	75.2	107.6	137.0	116.5	81.8	45.0	22.7	14.9	702.0
1960	9.8	13.8	26.3	43.6	81.0	114.5	121.8	122.6	76.8	51.9	28.5	13.5	704.2
1961	7.8	15.0	30.0	56.8	74.0	109.4	123.9	120.1	95.9	54.1	25.1	11.4	723.5
1962	11.9	8.7	15.3	41.8	71.1	101.1	127.7	132.2	87.2	53.2	20.4	7.0	677.5
1963	4.7	5.4	18.5	43.4	71.9	103.2	134.8	116.5	83.2	47.4	32.3	11.8	673.0
1964	6.2	10.2	22.6	43.3	81.0	115.8	128.3	114.9	80.8	44.4	25.4	11.4	684.4
1965	9.0	4.4	21.7	34.5	69.4	106.0	128.9	109.0	73.0	49.7	23.5	12.9	641.9
1966	6.0	19.8	20.5	47.6	75.2	113.0	118.1	113.4	86.0	59.1	17.1	9.3	685.2
1967	6.6	10.7	28.6	37.0	77.0	96.0	136.0	122.4	81.5	59.7	28.2	9.6	693.3
1968	5.4	14.9	24.4	51.0	78.9	99.2	125.0	104.5	78.2	52.9	24.4	9.7	668.6
1969	8.0	8.1	21.7	38.7	87.4	94.2	121.2	111.1	82.3	54.1	26.5	6.2	659.5
1970	11.7	10.4	18.4	37.4	61.8	109.4	122.3	117.6	87.2	46.3	26.0	10.7	659.2
1971	9.6	10.2	12.5	46.2	78.3	97.4	127.5	132.2	73.3	45.9	19.5	12.1	664.6
1972	10.0	14.7	30.1	41.1	68.7	104.2	120.7	108.7	65.0	38.9	23.5	12.2	638.0
1973	9.9	9.7	17.1	29.6	82.4	109.6	127.3	120.7	87.6	49.3	20.3	9.6	673.1
1974	13.1	15.2	26.7	37.0	69.7	98.5	124.3	123.4	80.9	30.8	19.8	11.5	650.9
1975	11.2	10.2	21.9	40.0	74.7	93.2	126.5	112.4	90.4	46.7	19.4	12.6	659.1
1976	8.3	12.4	17.9	37.9	74.5	105.2	122.4	97.7	68.5	50.2	20.8	10.7	626.6
1977	10.8	17.0	31.8	38.1	72.6	97.3	123.2	106.7	71.0	53.0	22.8	10.3	654.7
1978	8.6	9.9	24.0	32.4	62.0	96.8	114.9	108.6	77.3	45.3	17.7	12.8	610.3
1979	6.4	12.5	25.8	32.3	73.6	112.0	123.7	110.8	77.8	50.9	19.4	14.4	659.6
1980	6.8	12.2	21.7	30.2	57.4	93.5	114.0	121.7	85.7	47.1	21.1	6.9	618.1
1981	4.0	8.0	30.3	46.2	70.5	108.2	115.6	117.1	83.7	53.4	18.5	11.5	667.0
1982	11.7	8.3	19.4	38.6	76.3	118.1	138.6	119.0	92.9	49.1	25.6	13.0	710.4
1983	11.4	5.9	24.9	43.5	73.8	103.0	145.2	115.6	84.3	50.7	21.5	10.6	690.2
1984	9.2	7.7	17.8	35.4	59.9	96.3	125.4	108.2	73.4	51.2	27.0	13.1	624.6
1985	4.7	9.6	19.9	42.2	74.8	101.2	137.2	119.8	91.4	53.7	21.0	15.9	691.3
1986	8.4	7.0	22.6	39.4	90.0	99.1	121.9	124.7	83.3	55.7	24.2	9.6	685.8
1987	7.0	10.5	10.7	41.9	62.1	99.5	136.9	122.6	100.9	56.6	25.0	15.5	689.1
1988	15.1	11.7	20.9	44.5	81.3	102.5	141.9	127.1	80.6	58.8	16.3	10.5	711.1
1989	9.8	15.5	33.7	41.0	74.4	95.4	126.6	118.7	78.5	45.9	20.6	13.9	674.1
1990	10.3	20.0	31.9	37.4	79.8	104.8	129.0	117.5	81.7	59.0	23.0	7.2	701.7
1991	9.2	7.5	32.7	32.3	53.7	100.3	132.4	125.6	89.7	46.3	20.8	6.6	657.1
1992	9.6	11.1	24.1	41.1	80.8	95.3	122.7	133.0	83.2	49.2	28.7	12.2	691.1
1993	9.8	8.0	18.5	41.8	82.5	110.8	120.9	128.3	78.2	51.1	19.5	14.1	683.4
1994	12.6	10.2	35.5	35.9	79.5	104.5	138.0	135.6	85.6	49.2	30.2	13.8	730.7
1995	7.0	16.4	17.8	38.1	71.9	95.2	137.0	111.4	70.2	55.2	19.1	14.2	653.6
1996	12.0	7.3	16.9	41.7	74.2	107.3	119.5	113.8	63.9	43.8	24.5	11.6	636.4
1997	12.6	14.7	28.8	31.3	79.5	108.7	122.5	116.5	86.2	49.4	23.9	12.3	686.5
1998	11.0	18.1	20.8	40.8	75.4	114.2	135.2	128.1	76.7	48.4	16.5	7.4	692.5
1999	9.8	7.3	24.3	42.6	88.0	110.2	127.6	127.8	87.9	54.2	20.5	10.8	711.2
2000	6.7	12.0	25.2	46.6	89.3	113.9	120.9	127.6	82.4	51.6	26.7	15.8	718.9
2001	12.3	12.8	36.8	37.1	86.7	105.3	130.8	129.5	69.9	63.9	21.3	5.6	712.0
2002	6.8	16.7	31.7	41.9	76.7	118.7	126.4	113.0	72.6	50.3	29.8	14.0	698.8
2003	9.9	4.5	25.0	39.5	93.3	138.7	144.7	145.6	78.6	44.9	27.1	11.7	763.8
2004	7.3	11.9	20.7	41.8	64.5	107.7	129.3	122.3	82.7	60.8	23.6	15.0	687.7
2005	6.7	4.9	22.4	39.7	85.2	113.7	133.3	109.4	81.9	50.4	21.2	8.1	676.9
2006	5.9	9.5	20.2	48.0	81.1	111.0	141.8	109.4	86.1	58.9	26.5	15.7	714.0
2007	16.1	17.3	28.2	57.7	84.8	114.2	134.6	119.7	74.8	48.0	19.5	9.2	724.1
2008	13.3	12.9	25.1	42.4	80.1	111.0	131.1	124.9	77.6	55.2	24.8	11.2	709.6
2009	9.3	8.8	24.1	47.6	92.1	108.9	134.1	131.9	86.6	47.6	26.7	12.2	729.8
2010	7.3	11.3	23.3	46.1	73.2	107.7	139.3	118.8	76.5	45.4	25.2	9.5	683.7
2011	9.8	12.9	25.2	54.4	82.7	109.6	124.0	128.5	96.0	49.5	26.3	14.1	732.9
2012	8.8	4.7	36.2	43.9	76.3	123.0	141.4	136.7	85.0	56.0	29.9	9.6	751.5
2013	10.3	7.4	22.6	50.5	71.3	104.3	135.0	125.5	84.1	58.8	25.1	13.7	708.6
2014	14.3	17.9	29.0	48.2	71.8	110.4	118.6	113.4	81.3	57.1	32.8	14.1	709.0
2015	12.6	11.2	26.6	46.2	85.7	113.8	152.7	127.9	84.3	51.4	30.2	18.0	760.6
2016	12.5	19.4	25.6	54.2	73.8	109.1	137.8	119.9	86.7	51.1	26.0	14.0	730.0
2017	5.6	18.0	36.6	48.2	85.0	128.6	140.6	139.7	75.8	54.8	22.7	10.3	765.7
2018	15.6	7.6	22.2	59.7	85.3	112.2	139.2	127.4	90.0	57.0	28.0	13.4	757.6
2019	6.3	15.4	31.1	43.5	59.2	130.2	140.1	132.5	86.9	59.3	27.1	16.8	748.5
MEDIA (LTA)	9.4	11.5	24.4	42.4	76.4	107.8	130.5	121.0	82.4	51.2	23.8	12.0	692.7

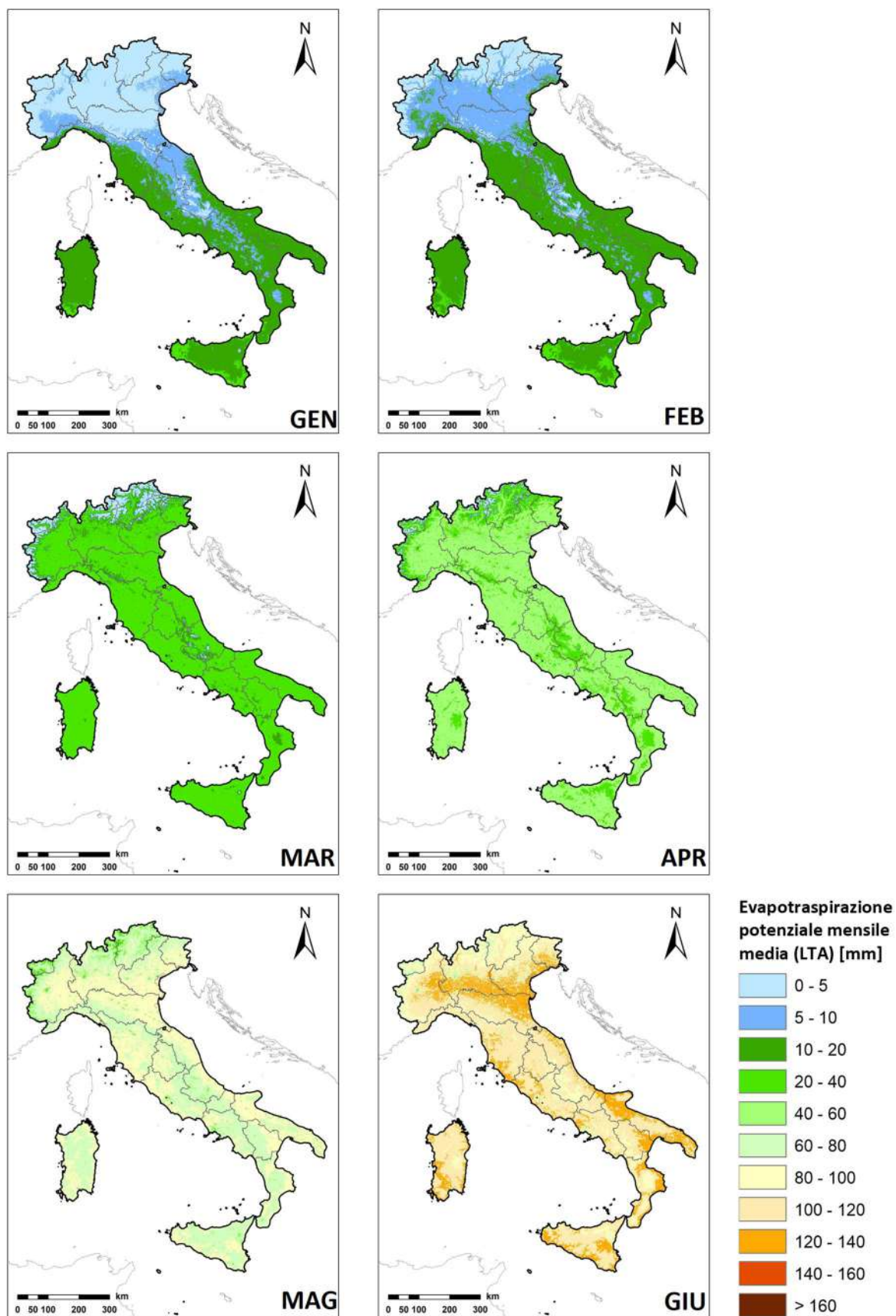


Figura 8.22 – Evapotraspirazione potenziale mensile media (LTA) nel primo semestre

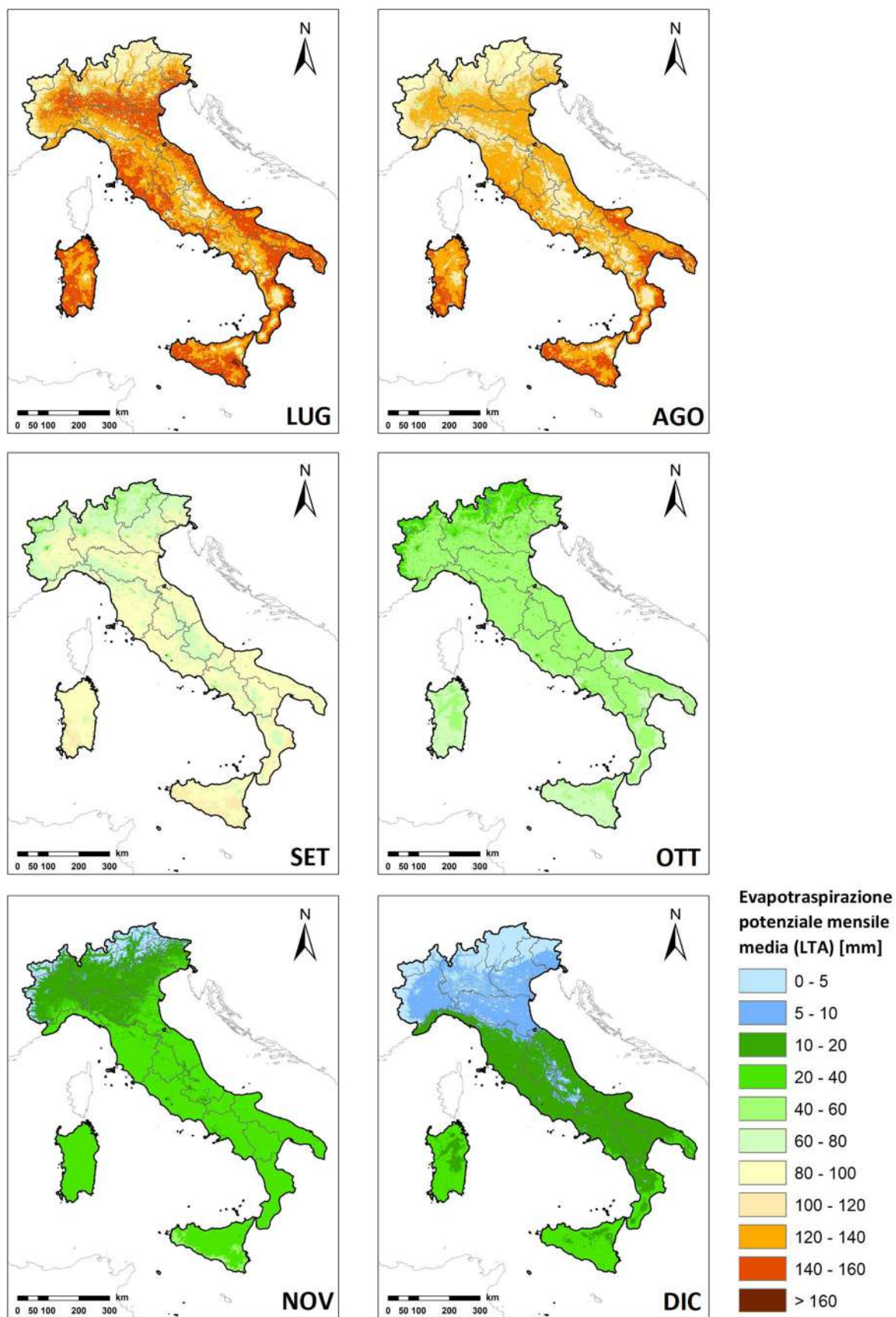


Figura 8.23 – Evapotraspirazione potenziale mensile media (LTA) nel secondo semestre

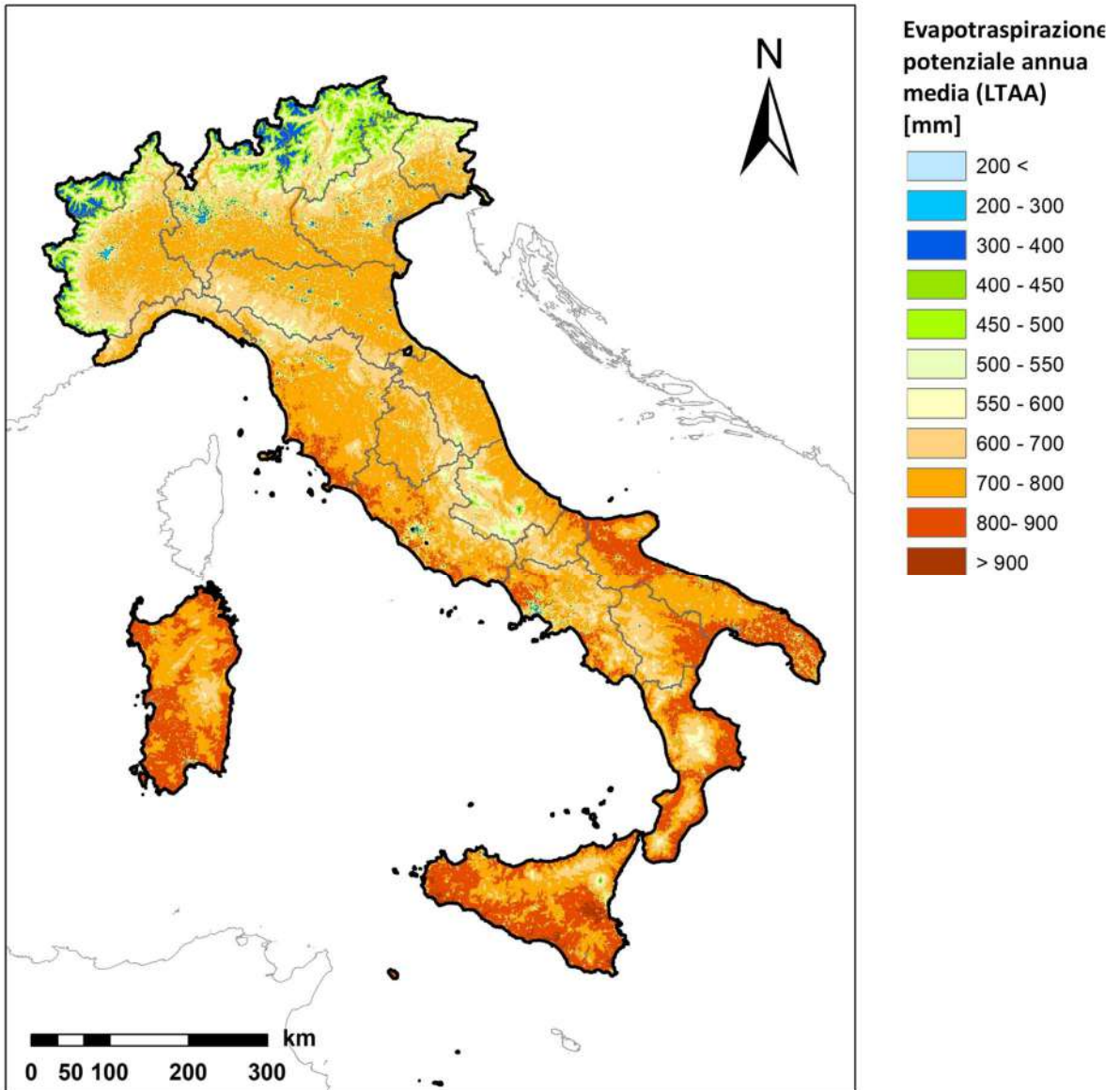


Figura 8.24 – Evapotraspirazione potenziale annua media (LTAA)

8.6 Evapotraspirazione reale: tabelle, diagrammi e mappe

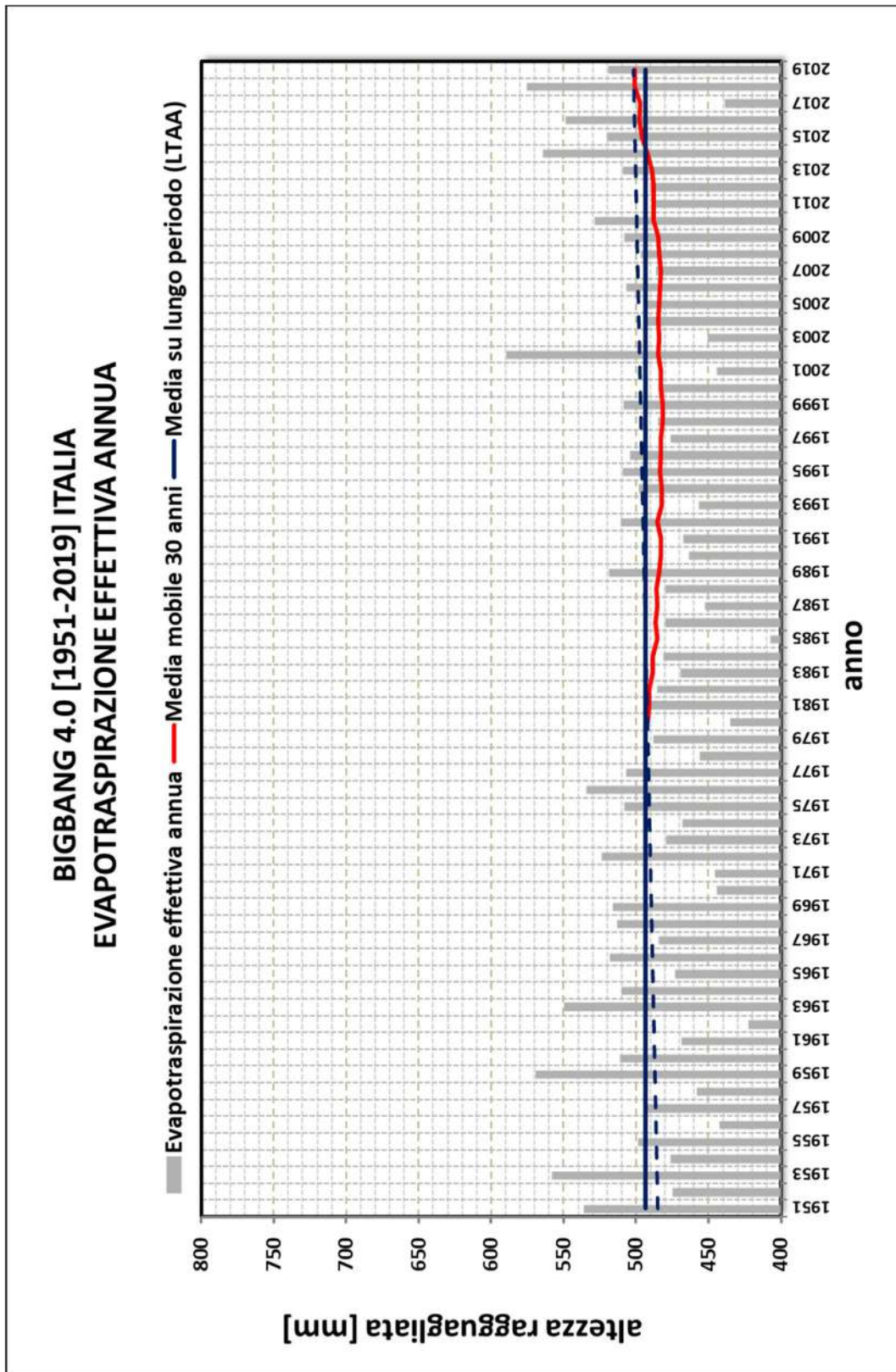


Figura 8.25 – Serie storica dell'evapotraspirazione reale annua dal 1951 al 2019

Tabella 8.9 – Evapotraspirazione reale mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
EVAPOTRASPIRAZIONE MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	12.3	15.4	22.9	44.0	72.9	88.0	68.4	47.8	79.9	43.5	28.2	12.6	536.0
1952	7.6	8.2	24.8	55.4	73.9	64.8	65.7	45.0	56.6	42.0	19.1	11.8	475.0
1953	5.0	8.2	22.2	50.9	80.5	90.3	83.4	67.6	52.6	57.0	23.2	16.8	557.7
1954	4.6	6.4	28.4	39.5	70.2	102.5	66.7	51.0	33.0	37.1	22.4	15.0	476.7
1955	14.8	15.6	21.2	41.5	70.6	61.9	60.8	55.3	74.3	45.1	21.2	16.6	498.8
1956	11.5	2.2	17.6	38.1	77.9	79.4	63.9	31.4	51.4	41.0	18.6	9.9	443.0
1957	7.9	17.2	30.3	43.5	64.7	96.2	65.2	40.8	38.1	52.2	26.6	10.4	493.2
1958	9.1	17.3	16.6	33.1	90.6	76.5	49.4	31.5	41.8	49.3	27.6	15.4	458.4
1959	8.6	14.3	34.0	44.2	75.2	100.0	80.2	69.7	61.9	43.0	22.7	14.9	568.7
1960	9.8	13.8	26.3	43.6	78.8	90.0	64.6	38.1	59.9	45.1	27.3	13.5	511.0
1961	7.8	15.0	30.0	56.3	68.3	83.4	63.3	32.3	25.3	51.0	24.9	11.4	469.0
1962	11.8	8.7	15.3	41.7	68.3	76.2	53.3	23.9	45.4	51.3	20.3	7.0	423.0
1963	4.7	5.5	18.5	43.4	71.7	94.2	94.4	64.2	66.9	43.4	30.7	11.8	549.2
1964	6.2	10.2	22.6	43.3	79.0	93.2	70.3	63.6	41.7	43.3	25.1	11.4	509.9
1965	9.1	4.4	21.7	34.5	67.7	79.5	53.0	65.6	62.1	39.5	23.1	12.9	473.1
1966	6.0	19.8	20.5	47.6	74.4	85.2	64.7	53.0	61.9	58.5	17.1	9.3	518.1
1967	6.6	10.7	28.6	37.0	75.0	77.4	68.7	57.3	57.1	29.5	26.8	9.6	484.3
1968	5.4	14.9	24.4	50.8	72.9	86.4	72.2	69.5	45.7	36.8	24.2	9.7	512.8
1969	8.0	8.1	21.7	38.7	85.0	75.7	71.2	64.0	75.3	36.0	26.0	6.2	515.8
1970	11.7	10.4	18.4	37.4	60.5	85.5	55.1	54.1	39.2	38.0	23.7	10.7	444.7
1971	9.6	10.2	12.5	46.2	76.7	74.7	67.4	33.7	51.9	31.8	19.5	12.1	446.2
1972	10.0	14.7	30.1	41.1	68.3	85.4	80.8	66.8	54.6	37.7	21.6	12.2	523.4
1973	9.9	9.7	17.1	29.6	78.2	75.4	57.6	58.4	72.7	43.2	18.0	9.6	479.4
1974	13.1	15.2	26.7	36.9	69.3	79.3	54.0	53.4	60.0	29.8	19.8	11.2	468.6
1975	11.0	10.2	21.9	39.9	73.6	79.9	66.1	79.8	48.5	45.4	19.4	12.6	508.3
1976	8.3	12.4	17.9	37.9	73.6	87.3	89.2	74.8	50.7	50.2	20.8	10.7	533.8
1977	10.8	17.0	31.8	38.0	68.4	78.7	63.2	68.7	57.1	41.1	21.8	10.1	506.8
1978	8.6	9.9	24.0	32.4	61.9	87.7	63.9	50.4	42.9	45.0	17.3	12.8	456.8
1979	6.4	12.5	25.8	32.3	70.8	80.0	51.5	65.2	59.9	50.0	19.4	14.3	488.1
1980	6.8	12.2	21.7	30.2	57.3	88.4	63.5	56.0	27.1	44.6	20.8	6.9	435.5
1981	4.0	8.0	30.2	46.0	66.2	83.1	67.3	53.3	64.3	43.9	15.9	11.5	493.6
1982	11.6	8.3	19.4	38.5	73.9	76.0	59.3	57.4	54.8	48.0	25.5	13.0	485.8
1983	11.4	5.9	24.9	43.3	67.3	77.3	53.3	65.0	49.5	42.2	18.9	10.6	469.6
1984	9.1	7.7	17.8	35.4	59.4	83.6	55.0	67.5	58.2	47.9	26.9	13.1	481.6
1985	4.7	9.6	19.9	42.2	73.2	71.6	44.4	36.9	26.7	43.6	20.5	14.9	408.1
1986	8.4	7.0	22.6	39.3	83.4	75.5	76.9	43.9	50.8	39.3	23.9	9.2	480.3
1987	7.0	10.5	10.7	41.8	61.2	79.7	64.7	45.6	41.8	49.6	24.7	15.3	452.6
1988	15.1	11.7	20.9	44.3	78.5	83.8	64.4	42.0	46.0	47.1	15.9	10.5	480.2
1989	9.6	15.2	32.9	40.2	68.8	74.9	83.8	61.3	61.1	36.8	20.1	13.8	518.6
1990	10.1	19.0	30.2	36.9	75.3	70.6	51.9	50.1	36.2	53.9	22.8	7.3	464.1
1991	9.2	7.5	32.7	32.3	53.7	88.9	66.3	40.2	64.6	45.4	20.6	6.6	468.0
1992	9.6	11.1	24.0	41.0	78.4	85.2	78.9	51.6	48.0	44.8	26.1	12.2	510.7
1993	9.8	8.0	18.5	41.7	80.3	74.5	45.1	38.2	59.1	48.5	19.5	14.1	457.2
1994	12.6	10.2	35.5	35.8	75.5	81.2	68.4	36.1	56.0	43.6	29.3	13.8	498.0
1995	7.0	15.9	17.8	37.9	69.7	78.1	75.5	80.7	60.4	33.1	19.0	14.2	509.3
1996	12.0	7.3	16.9	41.7	73.8	93.3	62.1	59.9	58.4	43.6	23.9	11.6	504.5
1997	12.6	14.7	28.7	29.9	72.0	76.4	55.2	64.2	44.8	42.0	23.9	12.3	476.6
1998	11.0	18.1	20.7	40.8	74.9	90.0	52.5	46.1	62.7	44.8	16.3	7.4	485.2
1999	9.8	7.2	24.3	42.5	83.2	77.5	66.7	54.8	68.0	43.5	20.5	10.8	508.8
2000	6.7	12.0	25.2	46.5	83.6	77.1	51.0	37.6	52.2	50.3	26.3	15.7	484.3
2001	12.3	12.8	36.8	37.0	83.5	71.7	49.6	36.2	45.1	33.1	21.0	5.5	444.6
2002	6.8	16.7	31.5	41.6	75.3	93.8	82.9	87.7	62.6	46.8	29.1	14.0	588.7
2003	9.9	4.5	25.0	39.5	85.5	72.9	36.1	41.8	53.3	44.6	26.4	11.7	451.2
2004	7.3	11.9	20.7	41.8	64.5	95.4	66.7	42.5	55.5	50.0	23.6	15.0	494.9
2005	6.7	4.9	22.4	39.7	83.0	77.5	50.2	64.5	68.1	46.4	21.1	8.1	492.6
2006	5.9	9.5	20.2	48.0	74.6	68.5	57.7	59.3	79.0	44.3	24.0	15.7	506.5
2007	15.8	17.3	28.2	56.3	80.5	84.7	39.0	41.5	50.2	44.3	19.4	9.2	486.3
2008	13.3	12.9	25.1	42.4	77.7	91.8	65.5	36.9	52.7	42.7	24.7	11.2	496.7
2009	9.3	8.8	24.1	47.6	86.8	80.4	56.8	39.7	70.6	45.7	26.2	12.1	508.2
2010	7.3	11.3	23.3	46.1	72.3	95.5	80.1	52.4	60.8	45.0	25.1	9.5	528.7
2011	9.8	12.9	25.2	54.2	73.3	84.2	65.7	29.2	52.3	41.7	25.1	14.1	487.7
2012	8.8	4.7	35.8	43.8	75.3	84.0	50.2	30.2	66.1	52.6	29.9	9.6	490.9
2013	10.3	7.4	22.6	50.5	68.8	83.6	67.0	59.6	51.7	49.0	25.1	13.7	509.2
2014	14.3	17.9	29.0	48.2	71.4	94.2	85.2	54.4	58.9	44.1	32.3	14.1	564.1
2015	12.6	11.2	26.6	46.2	81.0	80.7	46.3	64.5	53.9	51.0	29.5	16.4	519.9
2016	12.5	19.4	25.6	53.6	71.0	89.0	73.0	51.5	67.3	45.5	25.9	13.8	548.1
2017	5.6	18.0	36.5	47.7	74.3	68.3	40.6	24.5	60.8	29.9	22.7	10.2	439.1
2018	15.6	7.6	22.2	59.5	81.7	97.3	70.7	77.0	44.9	56.8	28.0	13.4	574.8
2019	6.3	15.4	31.1	43.5	59.1	99.3	74.4	44.5	54.6	46.9	27.1	16.8	519.0
MEDIA (LTA)	9.3	11.5	24.4	42.2	73.5	82.8	63.6	52.2	54.6	44.3	23.2	11.9	493.5

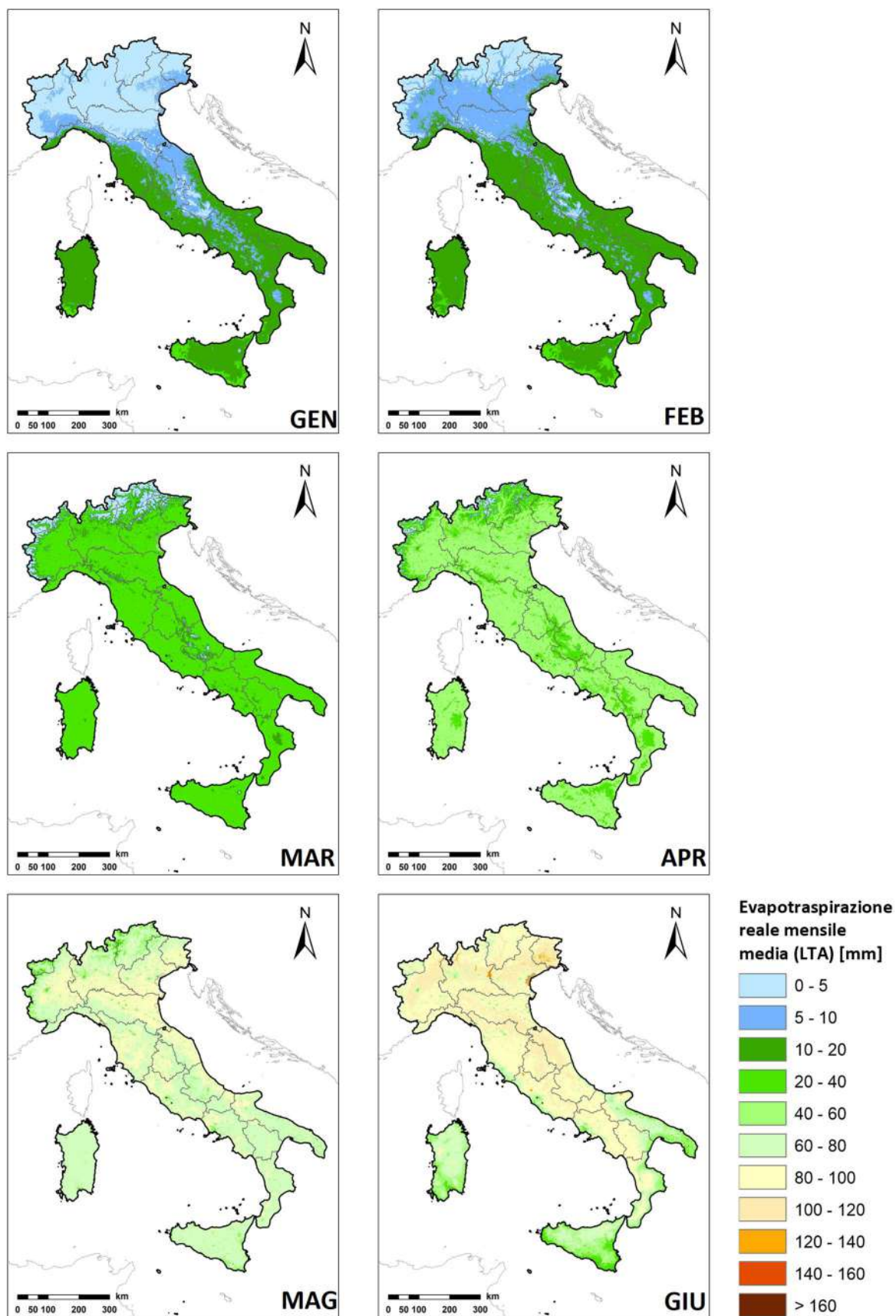


Figura 8.26 – Evapotraspirazione reale mensile media (LTA) nel primo semestre

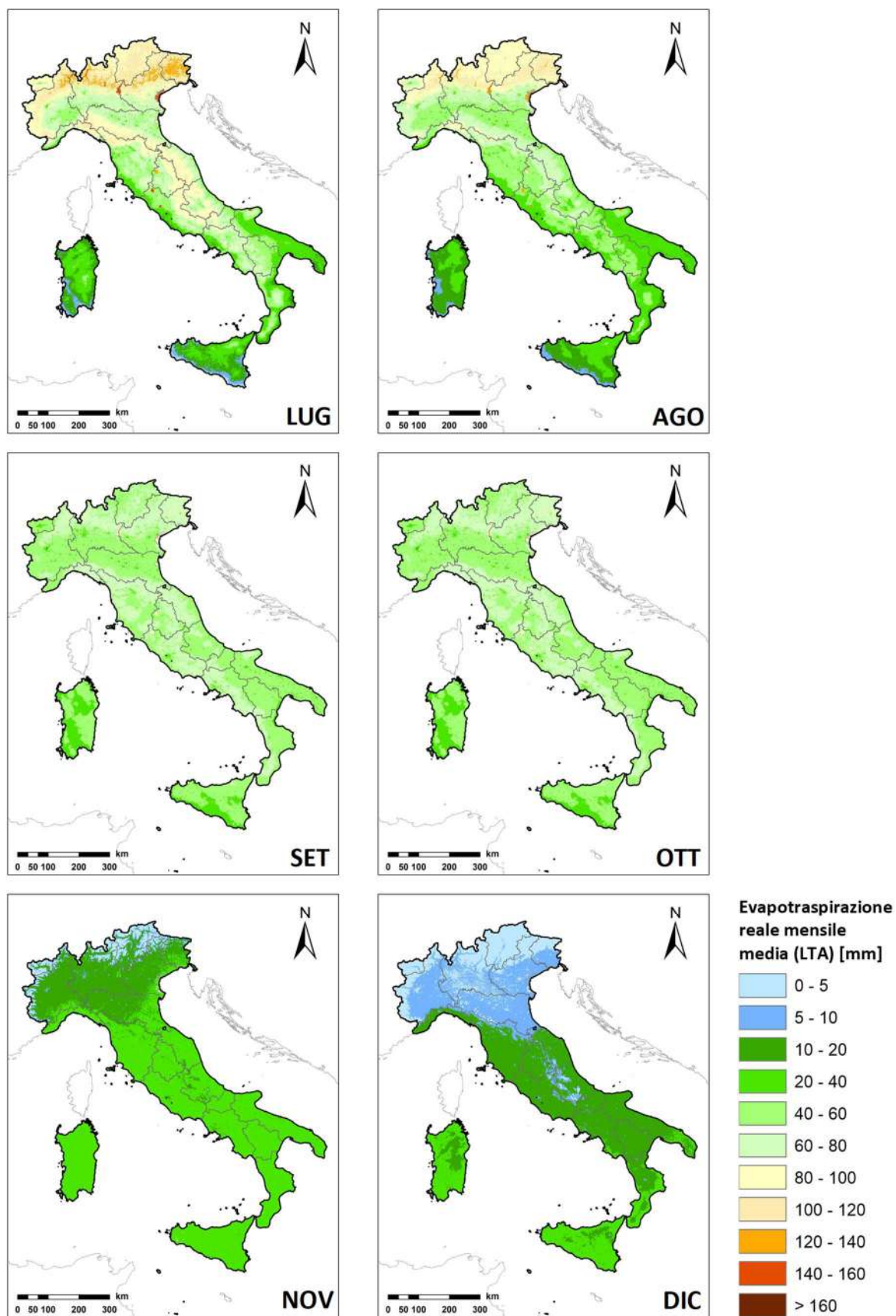


Figura 8.27 – Evapotraspirazione reale mensile media (LTA) nel secondo semestre

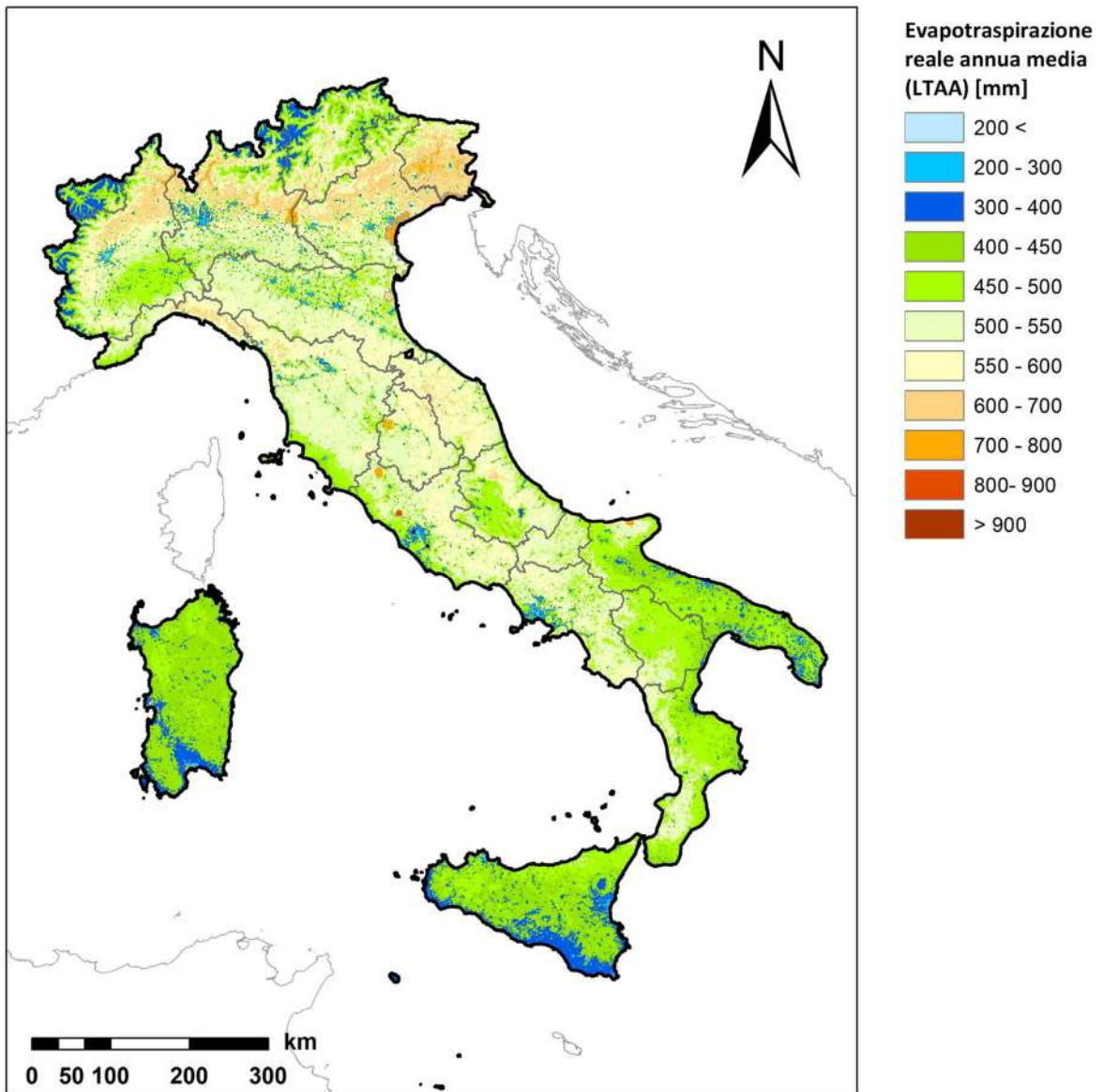


Figura 8.28 – Evapotraspirazione reale annua media (LTAA)

8.7 Deficit: tabelle, diagrammi e mappe

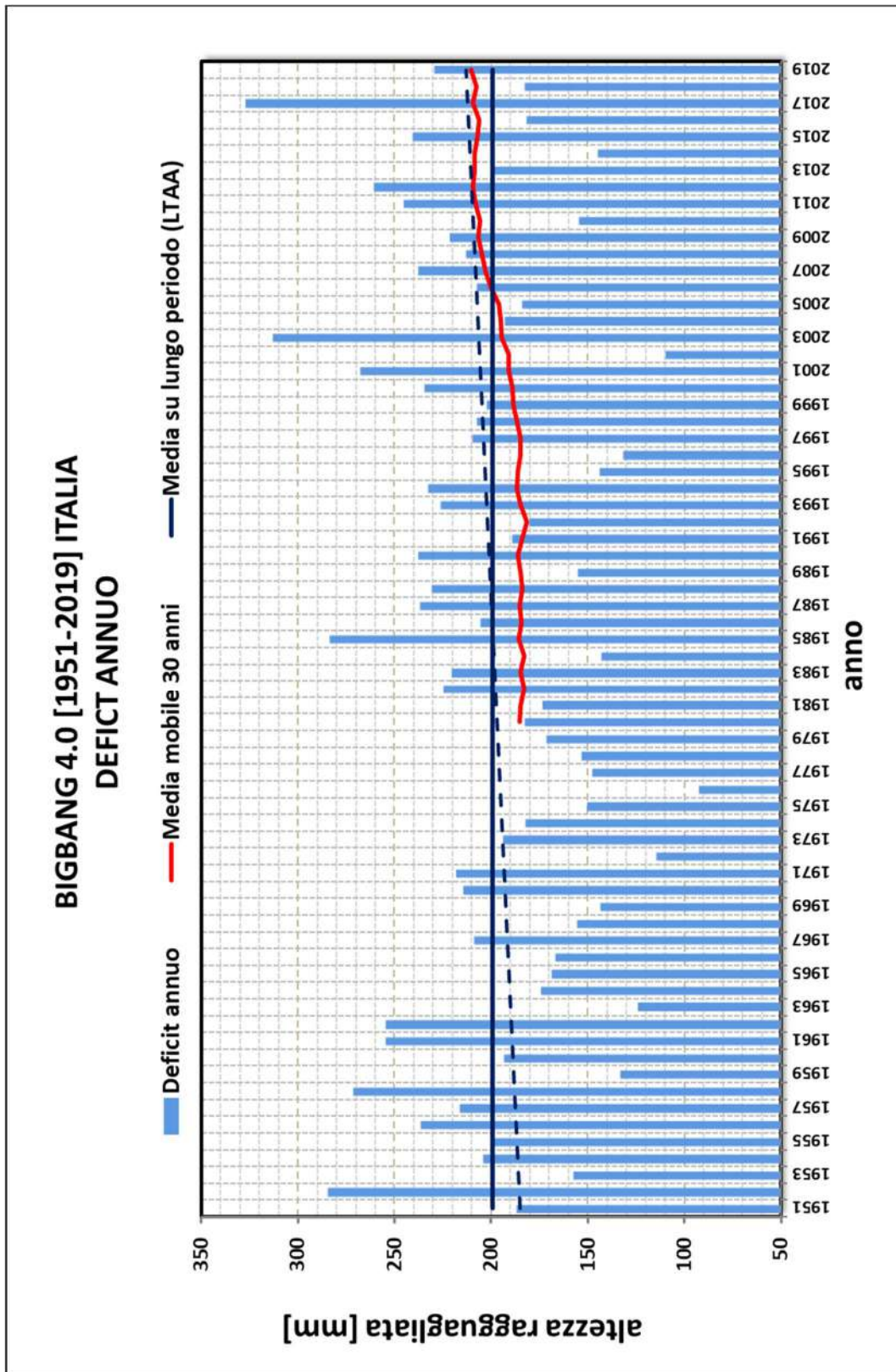


Figura 8.29 – Serie storica del deficit annuo dal 1951 al 2019

Tabella 8.10 – Deficit mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
DEFICIT IDRICO MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	26.9	63.8	79.7	14.1	0.5	0.0	0.0	186.9
1952	0.0	0.0	0.0	0.4	7.8	64.8	86.7	89.6	25.9	8.6	0.2	0.0	284.1
1953	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.3	54.9	51.7	38.5	0.8	0.1	0.2	157.4
1954	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.2	56.3	61.4	59.5	12.6	0.1	0.1	204.3
1955	0.0	0.0	0.0	0.1	10.5	48.2	75.2	58.2	5.5	2.8	0.2	0.1	200.6
1956	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	17.4	69.9	100.1	40.7	6.0	0.0	0.0	236.2
1957	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	20.3	67.8	81.0	44.6	1.7	0.1	0.0	216.1
1958	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	30.7	84.1	100.9	48.3	4.7	0.0	0.0	271.1
1959	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.6	56.8	46.8	19.9	2.0	0.0	0.0	133.3
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	24.6	57.1	84.4	17.0	6.8	1.2	0.0	193.2
1961	0.0	0.0	0.0	0.5	5.7	26.0	60.6	87.8	70.7	3.1	0.2	0.0	254.4
1962	0.1	0.0	0.0	0.1	2.8	25.0	74.4	108.3	41.8	1.9	0.0	0.0	254.5
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	8.9	40.4	52.3	16.3	4.0	1.6	0.0	123.8
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	22.6	58.0	51.3	39.1	1.1	0.3	0.0	174.4
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	26.4	75.9	43.3	10.9	10.2	0.4	0.0	168.8
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	27.8	53.4	60.4	24.0	0.6	0.0	0.0	167.1
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	18.6	67.2	65.1	24.4	30.2	1.4	0.0	208.9
1968	0.0	0.0	0.0	0.3	6.0	12.8	52.8	35.0	32.6	16.1	0.3	0.0	155.8
1969	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	18.5	50.1	47.1	7.0	18.1	0.6	0.0	143.6
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	23.9	67.2	63.4	48.0	8.2	2.3	0.0	214.4
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	22.6	60.0	98.5	21.3	14.2	0.1	0.0	218.3
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	18.8	39.9	41.9	10.4	1.3	1.9	0.0	114.6
1973	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	34.2	69.7	62.2	15.0	6.1	2.3	0.0	193.7
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	19.2	70.2	70.0	21.0	1.0	0.0	0.4	182.2
1975	0.2	0.0	0.0	0.1	1.1	13.3	60.3	32.6	41.9	1.3	0.0	0.0	150.7
1976	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	17.9	33.2	22.9	17.8	0.0	0.0	0.0	92.7
1977	0.0	0.0	0.0	0.1	4.2	18.6	59.9	38.0	13.9	11.9	1.0	0.1	147.8
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.1	51.0	58.2	34.3	0.3	0.5	0.0	153.5
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	32.0	72.3	45.6	17.9	1.0	0.0	0.1	171.5
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	50.4	65.7	58.6	2.5	0.3	0.0	182.6
1981	0.0	0.0	0.0	0.2	4.3	25.1	48.3	63.8	19.5	9.5	2.6	0.0	173.4
1982	0.1	0.0	0.0	0.0	2.4	42.2	79.3	61.6	38.1	1.0	0.0	0.0	224.6
1983	0.0	0.0	0.0	0.2	6.5	25.6	91.9	50.5	34.7	8.5	2.6	0.0	220.6
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	12.7	70.5	40.7	15.2	3.3	0.1	0.0	143.0
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	29.6	92.8	82.9	64.6	10.1	0.5	1.0	283.1
1986	0.0	0.0	0.0	0.1	6.6	23.6	45.0	80.8	32.4	16.4	0.3	0.3	205.5
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	19.8	72.2	77.0	59.0	7.0	0.3	0.1	236.5
1988	0.0	0.0	0.0	0.2	2.7	18.7	77.5	85.1	34.5	11.7	0.4	0.0	230.9
1989	0.2	0.3	0.8	0.8	5.6	20.5	42.8	57.4	17.5	9.1	0.5	0.1	155.5
1990	0.2	1.1	1.7	0.4	4.5	34.2	77.1	67.5	45.5	5.1	0.3	0.0	237.6
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	66.1	85.4	25.1	0.9	0.2	0.0	189.1
1992	0.0	0.1	0.1	0.1	2.4	10.2	43.8	81.4	35.3	4.5	2.6	0.0	180.4
1993	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	36.3	75.8	90.1	19.1	2.7	0.0	0.0	226.1
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	23.3	69.7	99.5	29.6	5.6	0.9	0.0	232.6
1995	0.0	0.4	0.0	0.2	2.3	17.1	61.5	30.7	9.8	22.1	0.1	0.0	144.2
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	14.0	57.4	53.9	5.5	0.3	0.5	0.0	131.9
1997	0.0	0.0	0.1	1.4	7.5	32.3	67.3	52.3	41.4	7.5	0.0	0.0	209.9
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	24.2	82.7	82.0	14.0	3.6	0.2	0.0	207.3
1999	0.0	0.0	0.0	0.2	4.9	32.8	60.9	73.0	20.0	10.7	0.0	0.0	202.5
2000	0.0	0.0	0.0	0.1	5.7	36.8	69.9	90.0	30.2	1.3	0.4	0.0	234.5
2001	0.0	0.0	0.0	0.1	3.1	33.6	81.3	93.3	24.7	30.8	0.3	0.1	267.4
2002	0.0	0.1	0.2	0.3	1.5	24.9	43.5	25.4	10.1	3.4	0.8	0.0	110.0
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	65.8	108.7	103.8	25.3	0.3	0.7	0.0	312.6
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	62.6	79.8	27.2	10.8	0.0	0.0	192.8
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	36.2	83.1	44.9	13.8	4.0	0.1	0.0	184.3
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	42.5	84.1	50.1	7.1	14.5	2.6	0.0	207.5
2007	0.2	0.0	0.0	1.4	4.3	29.5	95.6	78.2	24.6	3.7	0.1	0.0	237.7
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	19.2	65.6	88.0	24.9	12.6	0.1	0.0	212.9
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	28.4	77.3	92.2	15.9	1.9	0.5	0.0	221.6
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	12.2	59.2	66.4	15.7	0.4	0.0	0.0	155.0
2011	0.0	0.0	0.0	0.2	9.4	25.4	58.2	99.2	43.6	7.8	1.2	0.0	245.1
2012	0.0	0.0	0.3	0.0	1.1	39.0	91.2	106.5	18.9	3.5	0.0	0.0	260.6
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	20.7	68.0	65.9	32.4	9.9	0.0	0.0	199.4
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	16.2	33.4	59.0	22.4	13.0	0.5	0.0	144.9
2015	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	33.1	106.4	63.4	30.4	0.3	0.7	1.6	240.6
2016	0.1	0.1	0.0	0.6	2.8	20.1	64.8	68.4	19.4	5.6	0.0	0.2	181.9
2017	0.0	0.0	0.0	0.5	10.6	60.3	100.0	115.2	15.1	24.9	0.0	0.0	326.6
2018	0.0	0.0	0.0	0.1	3.6	14.9	68.5	50.4	45.0	0.2	0.0	0.0	182.7
2019	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9	65.7	88.0	32.3	12.4	0.0	0.0	229.4
MEDIA (LTA)	0.0	0.0	0.1	0.1	3.0	24.9	66.8	68.8	27.8	7.0	0.5	0.1	199.1

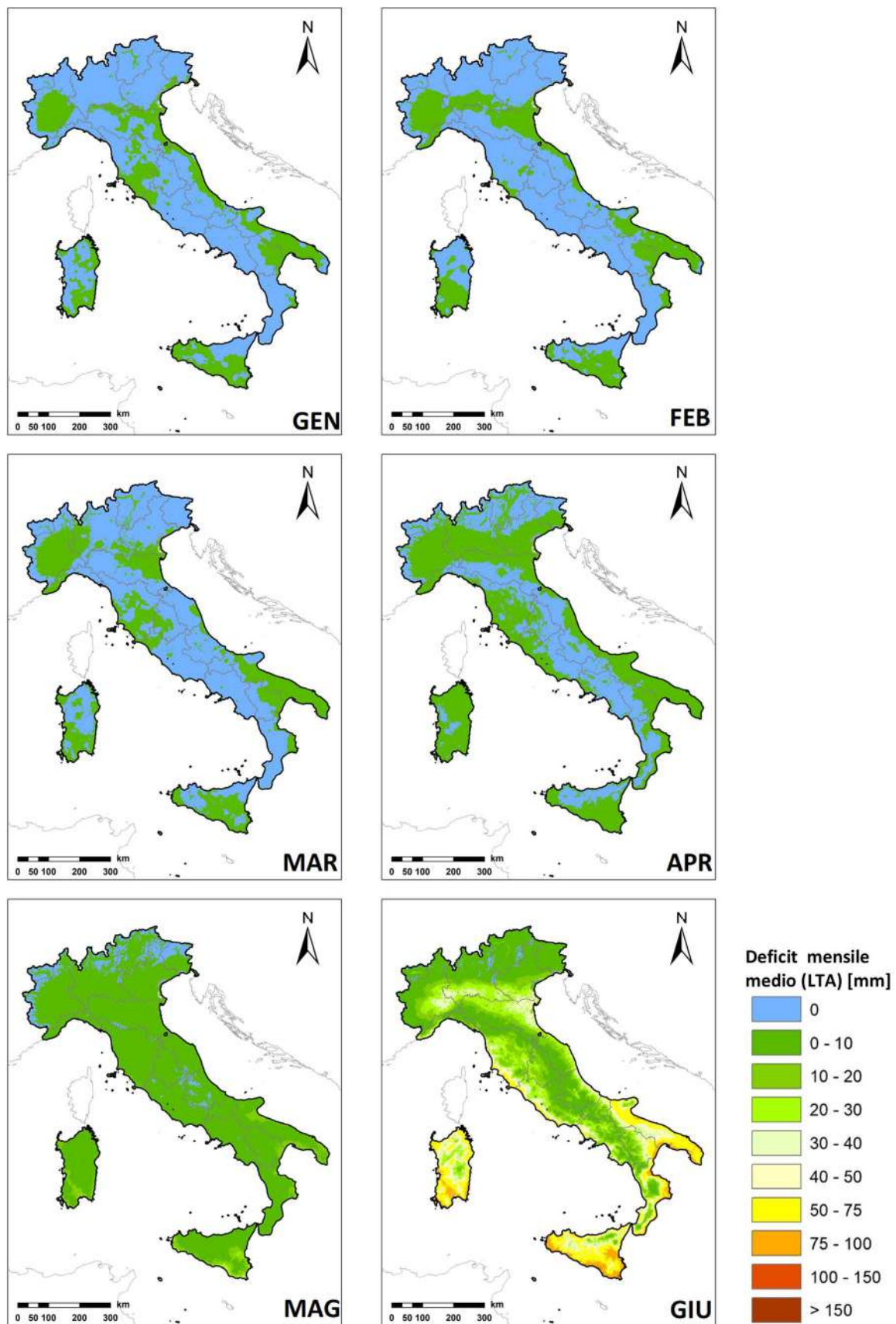


Figura 8.30 – Deficit mensile medio (LTA) nel primo semestre

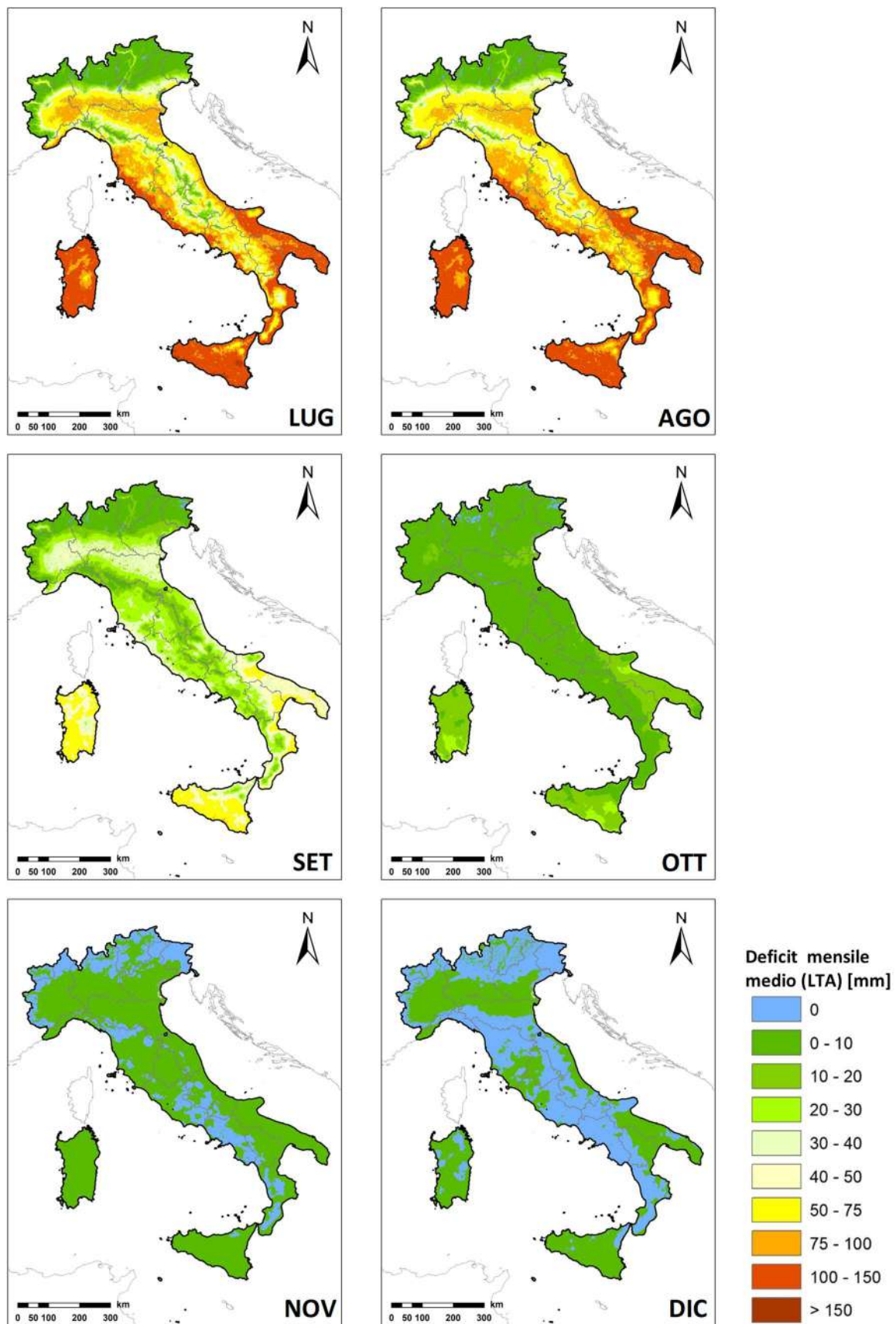


Figura 8.31 – Deficit mensile medio (LTA) nel secondo semestre

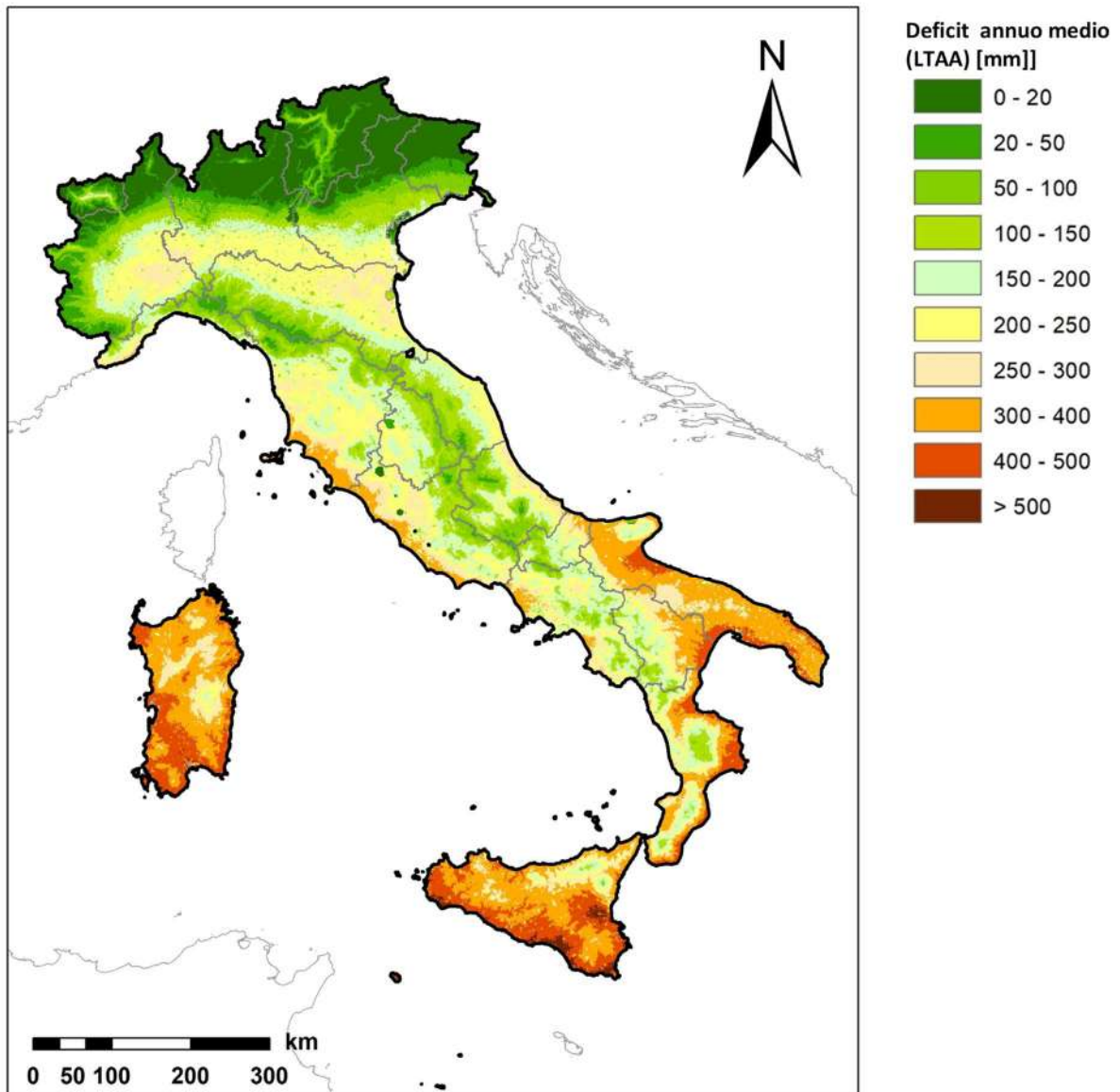


Figura 8.32 – Deficit annuo medio (LTAA)

8.8 Ricarica degli acquiferi: tabelle, diagrammi e mappe

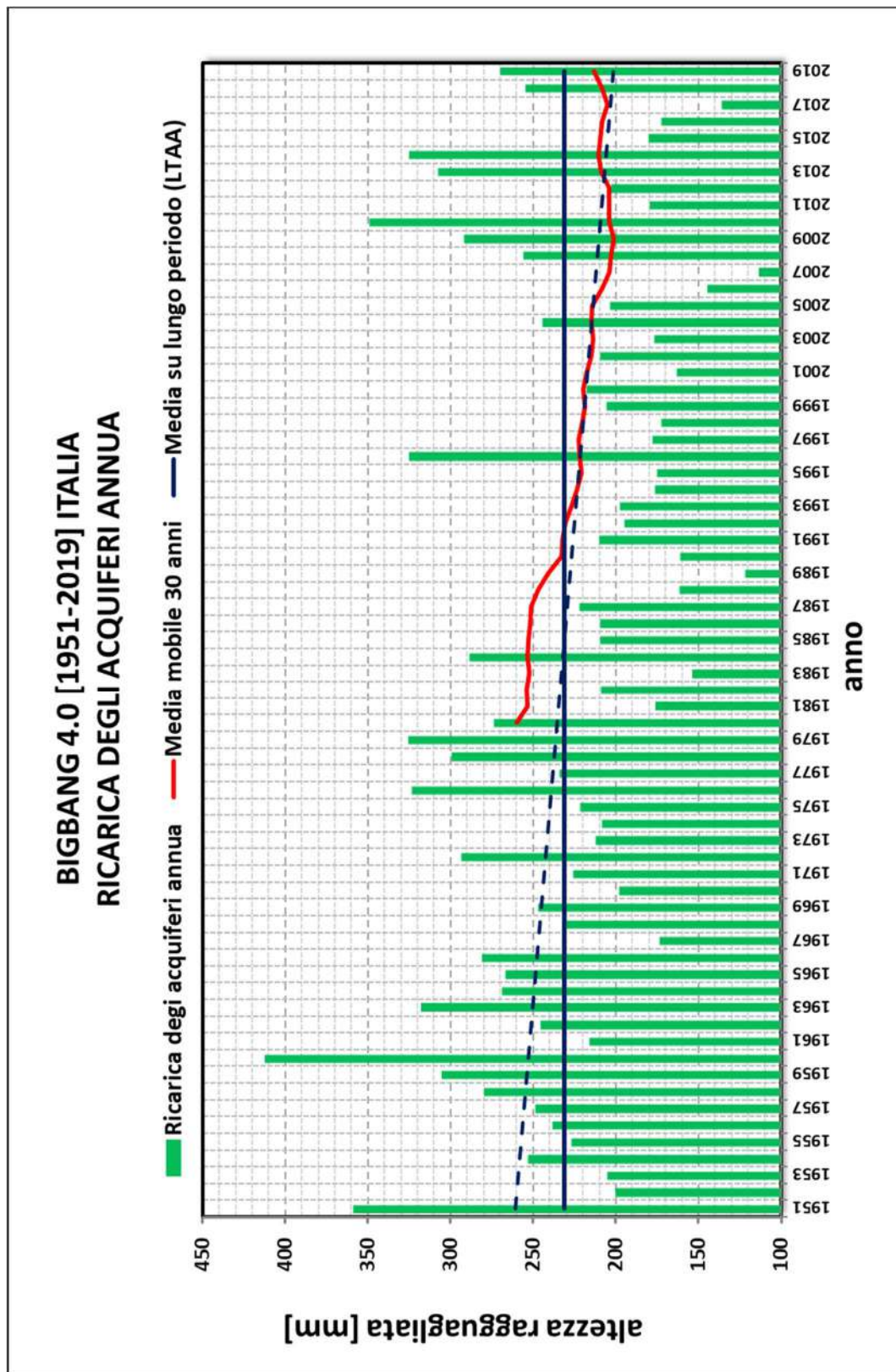


Figura 8.33 – Serie storica della ricarica degli acquiferi annua dal 1951 al 2019

Tabella 8.11 – Ricarica degli acquiferi mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
RICARICA DEGLI ACQUIFERI MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	62.8	64.3	49.9	24.1	26.1	5.8	2.2	1.6	1.6	30.1	67.1	22.8	358.4
1952	34.1	25.3	11.3	18.0	5.7	1.7	0.7	2.6	8.5	19.8	18.7	53.9	200.3
1953	29.9	25.6	14.8	17.5	5.5	13.8	5.3	2.7	7.2	54.2	8.0	20.7	205.2
1954	35.9	48.6	46.1	24.1	32.4	10.4	1.7	5.3	2.3	2.4	17.5	26.3	253.1
1955	37.1	45.4	36.9	11.2	9.7	5.2	2.4	1.0	6.3	22.2	24.7	25.3	227.2
1956	24.0	42.0	46.2	45.1	10.0	5.8	3.2	2.4	4.8	7.0	30.7	17.3	238.4
1957	41.7	30.1	12.2	22.9	28.8	14.3	4.4	2.4	0.3	8.8	37.8	45.1	248.7
1958	25.5	20.5	34.5	58.5	13.0	4.5	1.3	2.6	0.8	8.4	48.0	62.2	279.7
1959	23.6	12.6	38.9	35.4	21.0	7.1	1.7	1.9	1.1	20.1	52.3	89.6	305.3
1960	38.2	47.5	64.0	31.7	13.7	8.0	5.7	6.1	27.0	57.9	41.6	70.3	411.7
1961	51.6	11.8	8.8	25.5	8.4	7.5	3.2	0.2	0.3	15.9	56.7	26.4	216.2
1962	24.6	20.0	47.9	31.4	18.6	5.2	1.1	0.1	0.2	1.8	60.1	34.4	245.5
1963	41.6	54.9	39.0	39.0	20.7	10.0	2.2	10.6	9.7	8.4	40.6	40.7	317.3
1964	10.7	23.7	55.1	26.5	7.5	5.2	0.8	1.0	0.1	47.0	24.8	66.4	268.8
1965	43.1	19.2	33.5	27.7	17.2	6.5	3.5	6.7	45.3	5.3	35.9	22.8	266.7
1966	32.6	36.4	11.6	24.5	10.7	2.5	5.3	13.9	1.0	40.5	66.0	36.0	281.2
1967	21.2	26.1	18.7	24.2	16.7	5.4	1.0	1.6	5.5	2.0	22.2	29.0	173.7
1968	24.7	48.5	9.6	13.4	15.4	13.5	1.8	10.3	7.5	1.5	33.3	52.3	231.8
1969	35.6	48.9	49.9	20.6	16.4	6.1	0.5	3.0	5.0	2.9	18.9	39.5	247.3
1970	51.2	22.4	35.4	16.5	15.5	6.1	2.0	3.7	0.8	3.1	16.2	25.2	198.2
1971	42.6	30.1	38.7	32.3	19.5	9.4	0.7	0.3	0.5	1.7	34.2	15.8	225.8
1972	56.5	64.6	27.2	38.7	17.9	15.6	5.6	0.8	9.9	13.1	10.6	33.1	293.6
1973	57.4	34.0	28.6	23.5	12.6	5.8	5.9	0.7	7.8	12.2	4.3	19.5	212.2
1974	17.3	48.9	27.0	47.5	14.2	8.8	1.1	0.5	2.5	14.8	19.7	6.4	208.8
1975	10.5	18.8	44.4	22.0	28.6	8.7	1.2	2.1	4.1	8.6	40.1	32.3	221.4
1976	10.4	38.9	23.7	26.7	8.7	3.2	2.2	4.9	23.1	59.2	67.6	54.8	323.3
1977	53.6	31.2	35.0	10.4	34.6	7.0	7.3	16.1	1.0	9.3	8.5	20.4	234.4
1978	56.1	43.5	33.4	63.0	36.0	10.2	3.8	1.7	0.2	10.7	8.4	32.6	299.5
1979	45.6	56.2	46.5	37.1	14.2	5.2	0.9	3.3	6.3	35.7	36.4	38.4	325.7
1980	42.8	10.1	47.6	10.7	37.1	13.8	3.6	0.4	0.1	24.8	55.2	27.8	273.9
1981	21.5	20.6	22.4	12.3	16.6	4.0	7.2	0.4	14.3	15.3	0.5	40.7	175.7
1982	11.1	15.7	34.7	10.8	9.4	2.8	0.8	3.7	2.9	23.3	45.7	48.1	209.0
1983	4.8	29.7	39.6	15.8	21.0	4.4	0.3	0.3	1.4	1.5	5.1	30.4	154.3
1984	24.4	40.7	35.6	34.3	54.8	8.3	0.2	0.9	10.0	18.2	27.9	33.2	288.6
1985	46.7	19.2	61.7	21.5	19.5	4.9	1.0	2.1	0.1	0.7	20.6	11.8	209.8
1986	38.1	54.5	38.4	42.9	13.6	4.8	1.0	2.4	0.6	1.3	5.8	6.3	209.8
1987	26.4	44.7	16.0	22.8	11.9	8.5	5.4	4.2	0.8	22.8	36.4	22.4	222.4
1988	34.8	21.1	24.8	23.8	18.4	9.1	1.6	1.0	0.6	9.0	3.9	13.8	161.9
1989	2.6	18.0	7.4	50.0	5.7	5.4	4.7	1.1	2.3	1.6	13.5	10.0	122.3
1990	8.5	4.5	7.4	34.0	5.2	5.0	1.0	0.1	1.4	14.5	31.3	48.2	161.2
1991	17.7	23.7	27.3	28.8	27.6	7.6	1.8	0.0	3.7	17.3	47.8	6.6	210.1
1992	18.6	4.5	14.4	32.6	6.1	12.1	2.8	0.4	4.7	42.4	14.8	41.6	195.0
1993	5.7	7.3	24.9	20.7	5.6	2.4	2.2	0.6	15.1	48.6	34.5	30.0	197.6
1994	41.1	30.0	10.4	20.7	11.6	3.2	0.8	0.5	17.5	8.2	22.5	10.2	176.7
1995	17.6	24.4	23.5	24.6	16.1	11.2	0.6	0.7	12.3	1.5	7.6	35.1	175.3
1996	48.4	40.5	28.8	23.3	15.3	3.2	1.8	7.7	4.0	38.7	58.0	54.9	324.7
1997	33.2	9.5	8.7	14.6	6.7	15.4	1.5	1.4	0.1	2.8	43.5	41.1	178.4
1998	22.5	20.7	10.6	31.5	14.1	4.0	1.9	0.3	8.4	26.3	12.7	19.7	172.8
1999	25.1	15.9	28.9	28.7	8.3	3.4	1.1	3.5	7.2	16.0	31.3	36.5	206.0
2000	9.7	9.0	21.3	23.4	6.0	1.4	3.2	1.2	5.4	31.4	73.1	32.7	217.8
2001	46.9	14.9	39.8	18.6	15.2	3.3	2.2	1.4	5.2	3.0	5.6	7.6	163.5
2002	8.1	19.3	5.4	17.5	30.9	5.7	3.3	7.7	8.3	10.2	54.3	39.2	209.7
2003	44.7	15.1	8.9	13.1	7.5	0.4	0.5	0.7	0.6	9.0	38.2	38.2	176.9
2004	25.8	34.8	27.7	34.1	21.2	4.3	1.0	2.1	1.0	14.1	22.9	55.6	244.4
2005	20.0	24.8	17.5	31.2	4.3	0.5	0.9	2.7	5.5	15.6	35.0	45.7	203.7
2006	26.6	32.9	26.8	18.9	3.6	0.3	0.1	3.7	6.8	3.2	3.3	18.7	144.9
2007	10.7	20.3	26.9	7.5	5.1	4.3	0.9	5.0	4.1	2.5	13.8	12.7	113.9
2008	23.7	8.3	31.8	27.0	21.4	5.4	4.4	1.6	3.6	10.1	39.5	78.9	255.8
2009	63.2	32.4	50.8	56.4	7.0	3.1	1.5	0.5	4.8	6.2	19.3	46.5	291.6
2010	47.4	49.9	32.3	21.1	28.2	6.3	0.2	3.6	10.3	25.5	78.1	46.2	349.0
2011	22.3	30.8	56.1	12.1	3.4	7.3	3.6	0.6	3.4	8.4	18.5	13.4	179.9
2012	8.9	28.3	8.1	29.4	11.8	1.8	3.5	1.3	6.5	17.2	58.5	27.7	203.0
2013	44.4	36.3	67.4	30.7	36.3	3.2	0.3	0.4	1.2	10.3	41.9	35.1	307.5
2014	72.3	59.6	38.4	26.2	8.0	6.3	11.4	9.8	1.9	5.0	58.9	27.4	325.1
2015	29.3	53.3	44.0	9.7	7.0	1.7	0.2	0.8	4.9	21.0	8.0	0.3	180.3
2016	13.8	47.4	29.0	9.5	18.6	7.5	2.3	2.2	0.7	5.4	31.2	5.2	172.8
2017	23.5	26.6	8.6	8.4	4.3	5.5	1.2	1.0	7.3	0.0	15.2	34.7	136.2
2018	19.3	43.7	63.3	22.7	20.6	1.1	1.3	3.2	0.2	28.4	38.8	12.3	254.9
2019	26.3	21.9	3.8	29.1	41.7	2.8	0.5	1.0	1.1	8.0	87.6	46.1	269.9
MEDIA (LTA)	30.7	30.5	30.3	25.9	16.3	6.1	2.4	2.8	5.5	15.8	32.0	32.6	231.1

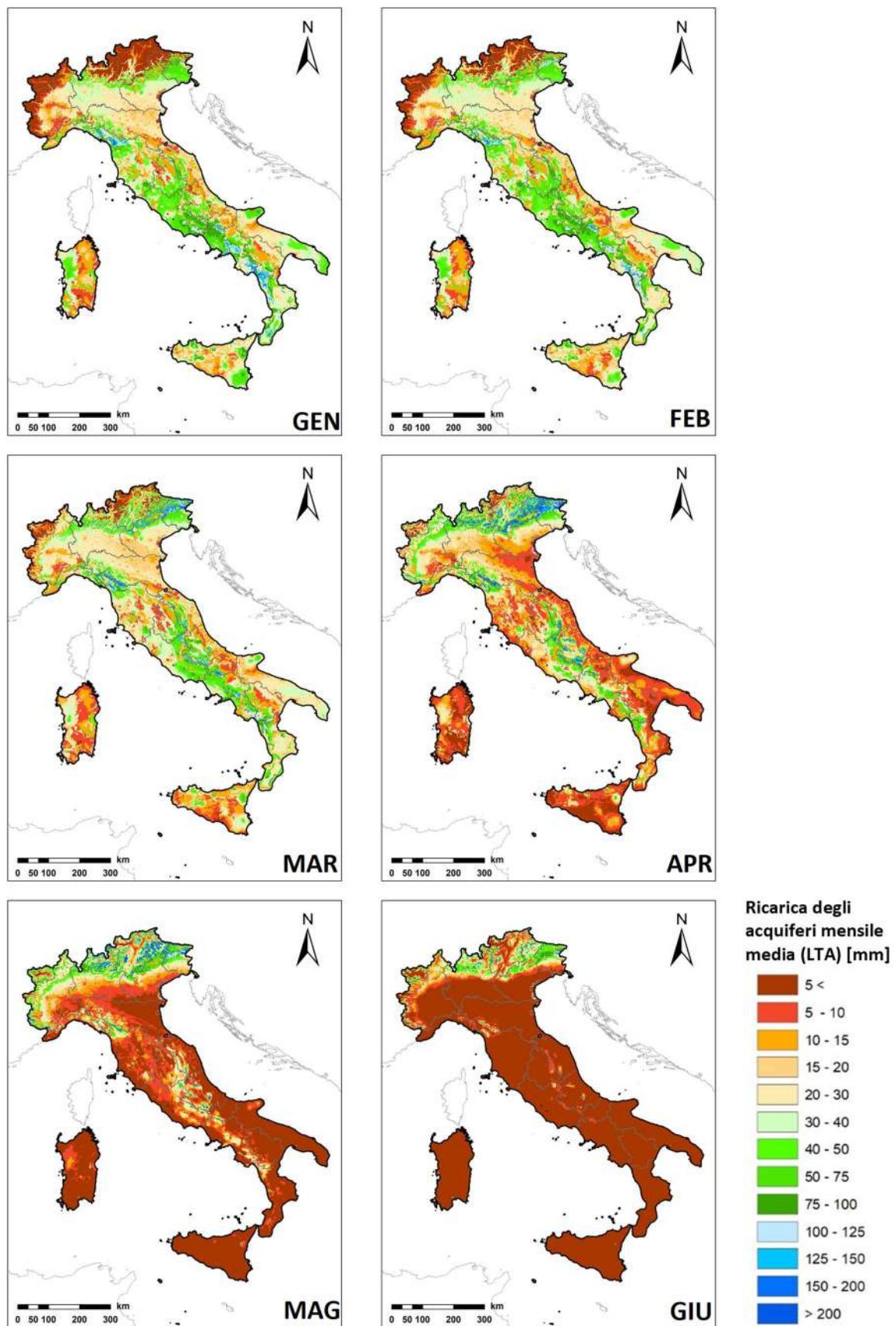


Figura 8.34 – Ricarica degli acquiferi mensile media (LTA) nel primo semestre

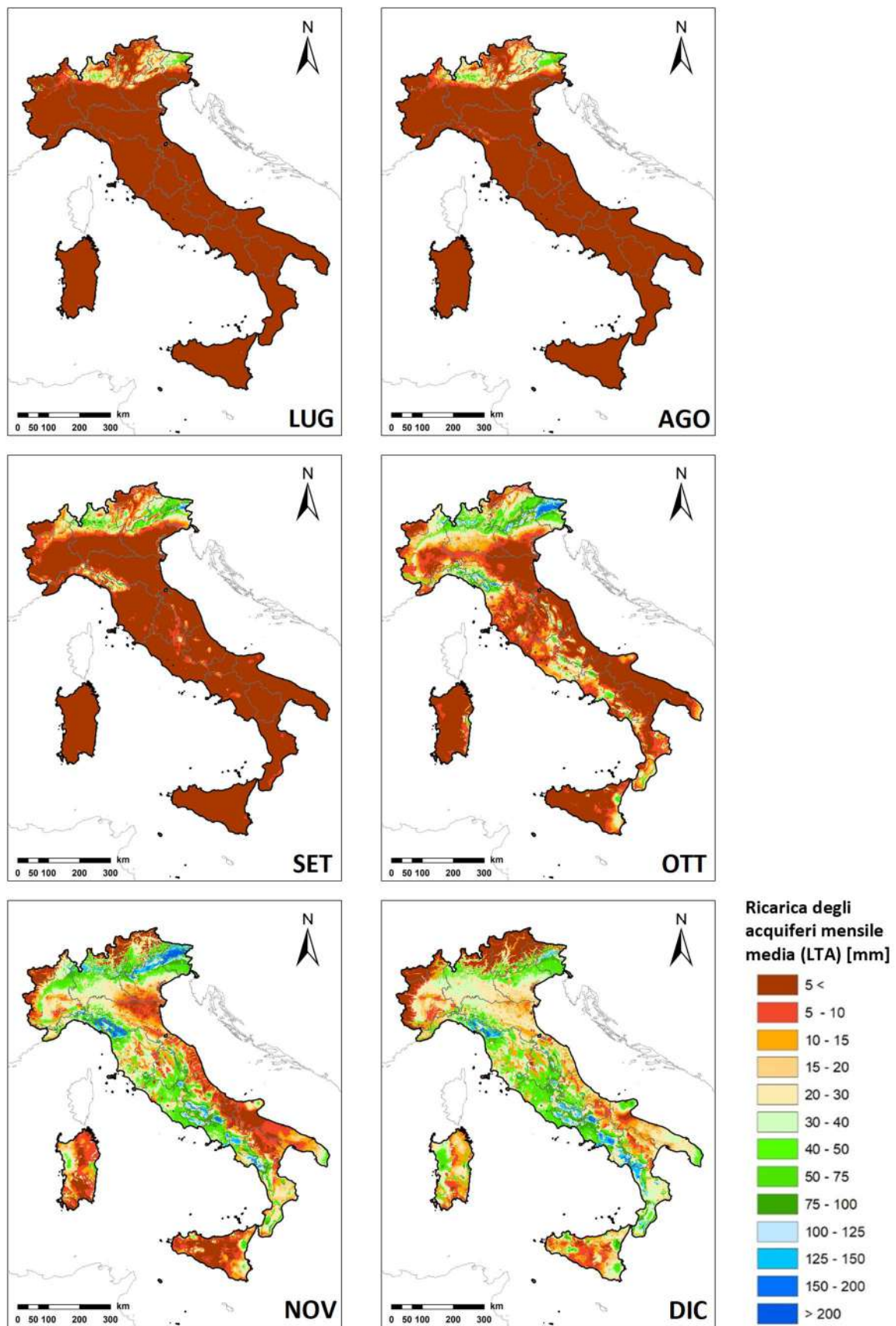


Figura 8.35 – Ricarica degli acquiferi mensile media (LTA) nel secondo semestre

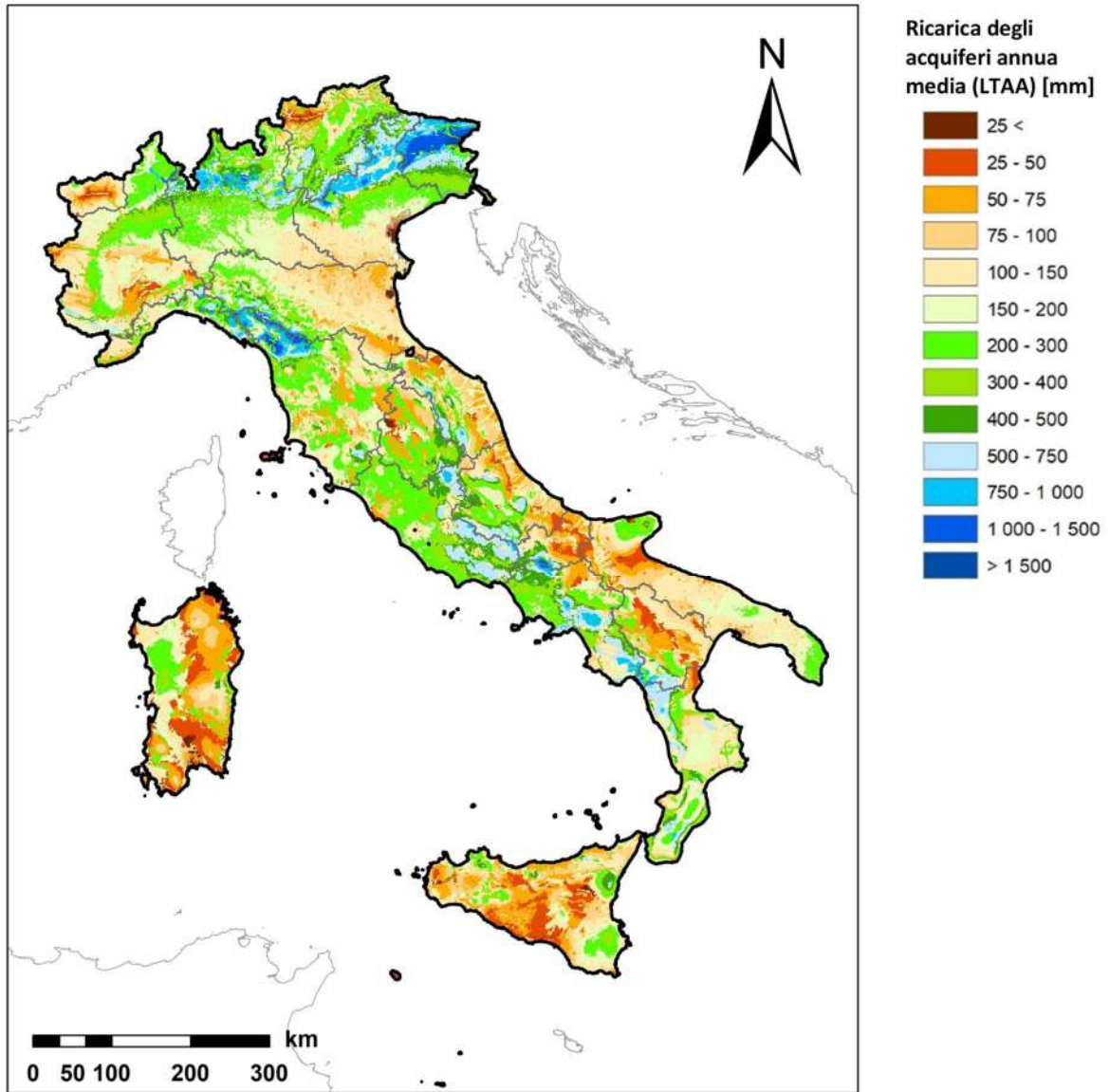


Figura 8.36 – Ricarica degli acquiferi annua media (LTAA)

8.9 Ruscellamento: tabelle, diagrammi e mappe

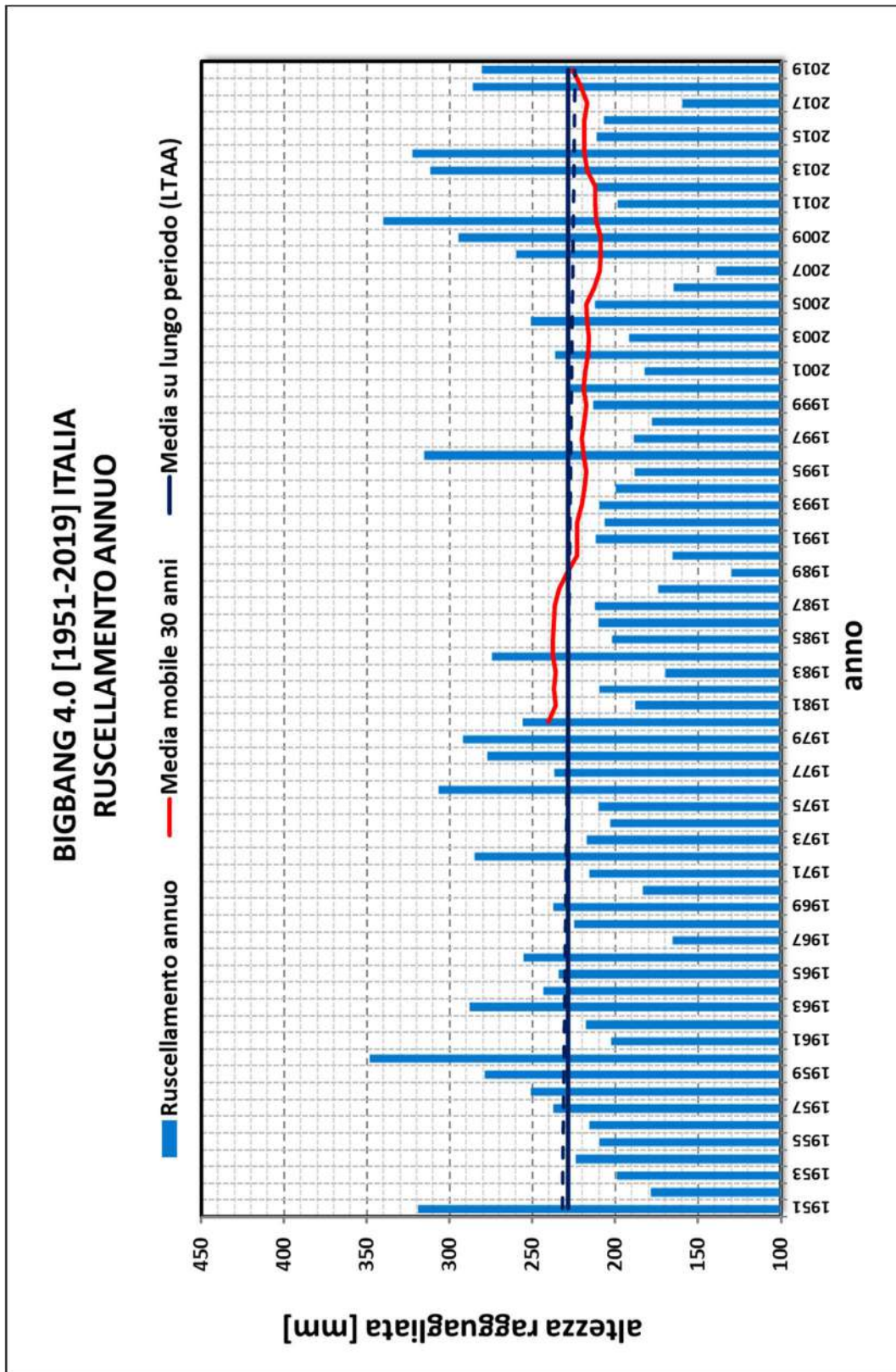


Figura 8.37 – Serie storica del ruscellamento annuo dal 1951 al 2019

Tabella 8.12 – Ruscellamento mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
RUSCELLAMENTO MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	48.1	48.6	41.5	18.2	30.1	8.0	3.1	4.0	4.4	39.0	55.2	18.4	318.8
1952	28.8	21.8	9.4	19.3	9.6	3.7	2.2	3.2	8.3	14.8	15.7	41.9	178.5
1953	25.7	23.3	14.1	16.1	10.1	17.2	6.3	3.4	9.1	47.9	9.0	17.5	199.6
1954	29.3	38.7	37.1	21.3	30.7	10.2	2.3	7.6	2.9	3.3	17.6	23.0	224.0
1955	34.0	38.0	30.9	10.5	10.1	9.7	3.8	2.3	7.5	20.9	21.5	20.2	209.5
1956	19.4	35.3	41.0	35.0	12.6	7.3	5.4	3.6	8.3	6.2	26.6	15.4	216.0
1957	36.4	23.0	12.3	21.3	27.4	21.0	4.0	3.2	1.4	11.0	35.8	40.9	237.7
1958	21.8	16.2	30.7	43.6	15.8	5.7	2.0	3.8	1.9	10.0	50.4	49.2	251.1
1959	21.1	11.8	33.8	32.7	23.0	11.3	3.1	4.1	3.9	19.2	44.3	70.6	279.0
1960	31.9	36.1	50.3	28.0	17.0	12.7	6.4	6.1	24.7	49.3	30.1	55.1	347.5
1961	45.0	10.1	6.4	26.3	8.8	12.5	4.8	0.9	0.9	15.5	46.9	24.6	202.5
1962	20.7	18.2	40.9	24.6	16.0	8.9	2.7	0.6	1.7	4.8	48.4	30.3	217.7
1963	34.8	45.6	32.2	33.1	21.3	15.1	5.1	10.1	11.9	9.8	33.1	35.2	287.5
1964	11.1	21.9	44.2	24.5	12.6	9.6	2.3	2.9	1.4	35.9	23.1	53.8	243.2
1965	36.9	17.6	27.9	21.3	15.6	9.5	4.1	8.4	35.6	7.3	29.6	20.4	234.2
1966	28.0	29.5	12.3	23.3	13.5	5.6	6.5	10.5	3.5	39.2	51.6	32.0	255.5
1967	18.9	25.0	14.6	20.8	17.3	7.7	3.2	3.8	6.9	2.5	17.5	27.9	166.0
1968	24.6	39.7	8.2	13.3	19.4	14.7	3.5	11.1	8.3	3.1	31.8	47.1	224.7
1969	28.3	40.3	43.1	18.7	23.8	8.5	2.5	4.6	8.0	4.1	16.2	39.0	237.3
1970	41.6	20.1	28.6	12.2	15.5	11.8	2.4	5.1	2.2	6.3	14.6	23.4	183.8
1971	35.2	25.9	36.5	29.3	22.6	10.8	3.0	1.6	3.3	3.6	30.4	13.4	215.7
1972	48.4	55.2	24.7	33.2	19.2	20.1	7.4	3.9	13.2	13.5	9.1	37.0	284.8
1973	51.9	29.5	29.1	21.0	15.4	8.8	8.4	3.1	11.1	13.8	5.1	20.1	217.5
1974	14.5	43.3	26.0	42.0	17.7	11.4	2.9	2.8	5.6	12.6	18.8	5.9	203.4
1975	10.3	20.6	36.9	17.3	31.1	10.2	3.2	5.6	7.4	10.6	31.9	25.2	210.3
1976	9.2	33.9	22.5	23.6	12.5	6.1	5.4	9.6	21.2	56.6	56.9	49.2	306.6
1977	41.7	24.8	28.2	11.4	37.8	13.0	12.9	19.4	3.2	16.6	9.6	18.2	236.8
1978	47.7	35.3	28.7	55.8	32.9	15.9	6.3	4.7	2.1	12.2	8.1	27.4	277.0
1979	39.4	48.4	36.8	30.9	14.5	9.0	2.7	7.1	7.5	35.0	29.7	30.6	291.6
1980	36.2	9.1	41.1	12.1	38.0	17.5	5.2	3.1	1.2	22.5	43.6	26.3	255.9
1981	21.3	18.5	19.1	17.2	20.2	9.9	8.9	2.4	19.3	14.4	1.2	35.5	187.9
1982	11.2	16.5	31.3	11.8	12.9	4.9	3.6	7.3	7.0	24.6	38.1	40.7	209.8
1983	4.9	27.1	33.6	16.3	25.0	11.4	1.9	3.9	3.7	4.1	7.7	30.3	169.8
1984	20.1	32.9	33.1	28.9	48.8	14.4	1.4	5.4	13.1	18.4	25.1	32.8	274.4
1985	41.0	17.0	54.6	18.4	24.3	7.2	2.6	3.9	1.1	3.6	18.9	9.8	202.4
1986	32.7	44.5	34.3	39.7	20.4	8.0	4.2	3.8	3.1	4.0	7.9	7.5	210.1
1987	25.2	37.3	14.8	19.0	12.4	11.7	7.5	7.1	2.6	25.8	30.5	18.6	212.6
1988	31.0	18.6	24.2	22.6	23.0	11.7	3.1	3.0	3.0	15.9	5.7	12.9	174.6
1989	2.7	14.7	7.5	44.5	10.4	7.5	7.7	3.8	6.5	3.3	12.6	9.0	130.2
1990	7.8	4.9	7.4	30.9	10.2	7.4	2.7	2.5	2.9	18.6	25.1	45.6	165.9
1991	16.9	23.5	26.9	26.2	26.3	12.6	3.5	1.6	9.6	19.8	37.6	7.6	212.1
1992	19.6	4.7	13.0	30.0	11.0	19.3	5.6	2.6	9.6	40.7	13.2	37.4	206.7
1993	6.9	8.4	24.0	23.1	12.4	6.3	4.2	2.6	22.3	44.9	30.1	24.6	209.7
1994	37.8	28.9	11.1	20.4	17.6	9.2	3.4	2.2	22.8	10.8	25.7	10.0	199.8
1995	16.7	20.3	21.2	26.8	18.0	13.2	3.0	5.6	16.0	3.1	12.2	32.2	188.3
1996	45.0	35.0	29.9	22.8	19.2	6.0	4.1	9.9	9.4	37.2	47.2	49.5	315.1
1997	28.0	9.9	10.7	16.0	10.1	20.9	3.7	4.7	2.3	6.6	39.7	36.2	188.9
1998	19.1	18.0	10.9	28.1	21.0	7.1	3.5	2.5	11.7	23.9	13.1	19.3	178.4
1999	24.1	15.2	25.0	25.5	14.6	7.2	4.1	6.1	12.0	19.3	30.2	30.1	213.4
2000	10.2	8.9	17.6	26.1	12.2	6.0	5.9	3.3	11.6	39.2	58.6	29.2	228.9
2001	43.7	15.4	34.0	17.8	24.9	7.2	5.1	3.4	8.0	5.5	8.1	9.5	182.5
2002	8.3	18.7	6.8	19.7	37.9	9.6	8.6	14.1	12.3	13.1	49.9	37.3	236.3
2003	40.4	16.5	8.7	16.1	12.5	3.3	2.1	2.5	4.0	12.1	36.3	37.5	192.0
2004	24.4	28.3	24.0	34.7	23.0	8.3	3.3	4.3	4.4	16.4	25.3	54.6	251.2
2005	19.6	22.9	16.2	33.0	9.5	3.2	3.3	7.2	10.6	17.7	29.4	39.6	212.2
2006	26.2	28.9	23.5	17.2	7.2	2.7	2.9	8.1	15.6	5.7	5.5	22.0	165.4
2007	10.0	19.8	25.5	10.5	11.4	9.5	1.6	7.3	7.1	6.5	14.8	15.9	139.9
2008	22.2	8.0	29.6	24.5	28.6	10.3	6.5	2.7	7.7	10.4	40.5	68.4	259.5
2009	56.0	30.1	43.5	54.7	12.3	8.0	4.0	2.4	10.9	11.6	19.4	41.5	294.5
2010	45.7	44.7	29.4	20.7	31.1	13.8	3.1	6.8	12.7	26.3	65.6	39.7	339.6
2011	20.8	28.2	49.2	16.3	6.5	12.5	7.7	1.4	6.4	9.7	25.9	14.2	198.8
2012	9.9	27.5	9.7	31.4	17.9	3.9	4.5	2.8	11.4	17.7	50.8	25.1	212.6
2013	39.8	33.1	59.6	31.1	36.9	7.5	3.1	4.3	5.2	15.4	42.4	32.8	311.2
2014	59.9	50.6	37.1	26.4	13.0	11.2	15.8	10.3	5.8	9.1	58.8	24.1	322.0
2015	27.4	50.2	45.1	13.3	12.0	6.3	1.6	5.8	9.3	28.2	11.4	0.8	211.5
2016	15.3	43.1	31.0	11.2	24.0	12.0	4.7	4.6	5.7	10.0	37.4	8.2	207.2
2017	26.2	25.9	13.0	9.5	9.7	8.8	2.7	2.2	12.0	1.4	17.5	30.5	159.5
2018	19.9	42.1	56.5	24.9	28.5	6.2	4.8	7.5	3.0	37.1	42.3	13.1	285.9
2019	24.9	18.5	5.4	29.5	40.9	7.4	5.5	4.3	5.4	16.9	78.6	43.4	280.6
MEDIA (LTA)	27.3	26.7	27.1	24.3	19.6	10.0	4.5	5.0	8.3	17.3	29.0	29.2	228.3

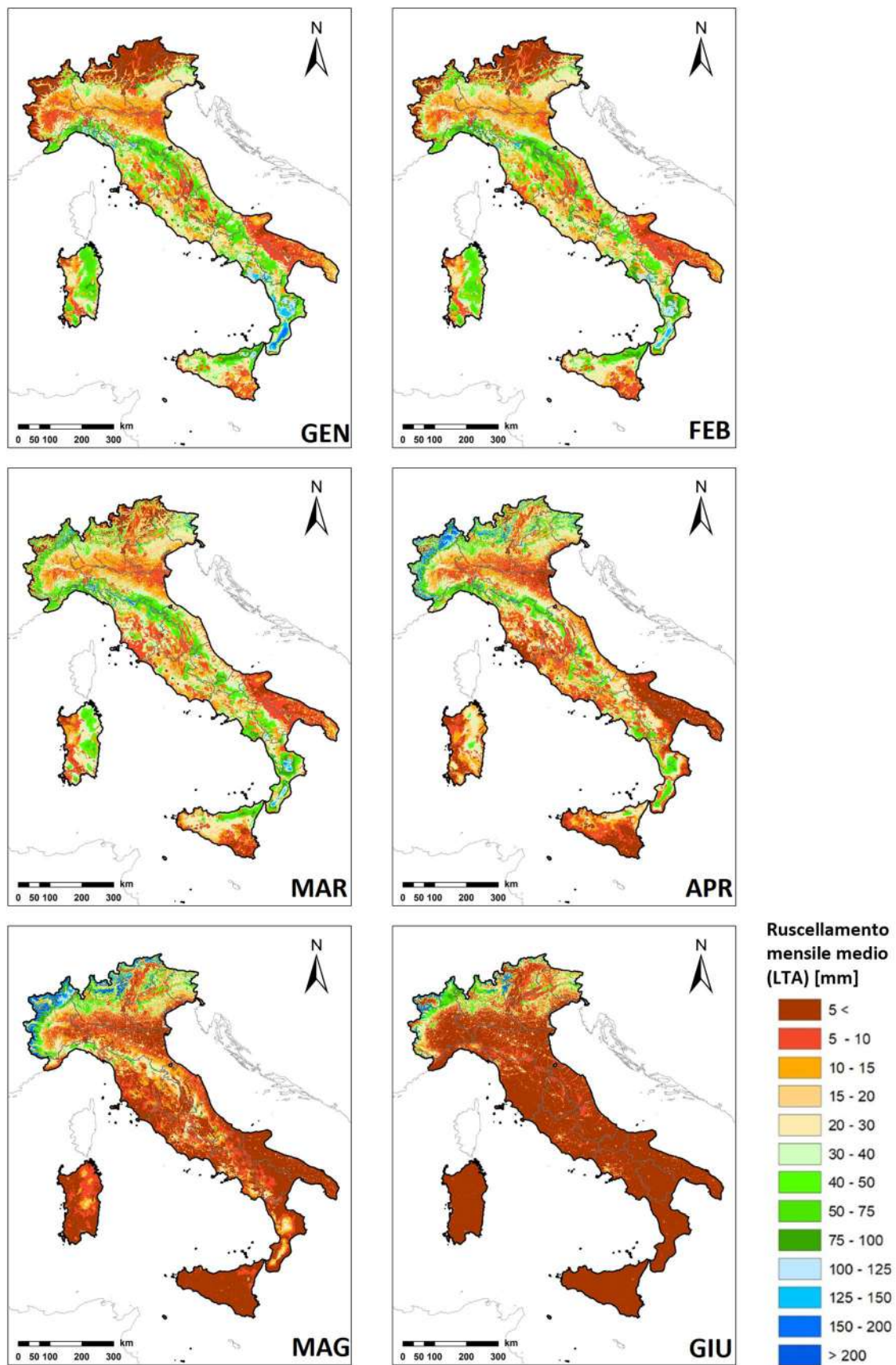


Figura 8.38 – Ruscaldamento mensile medio (LTA) nel primo semestre

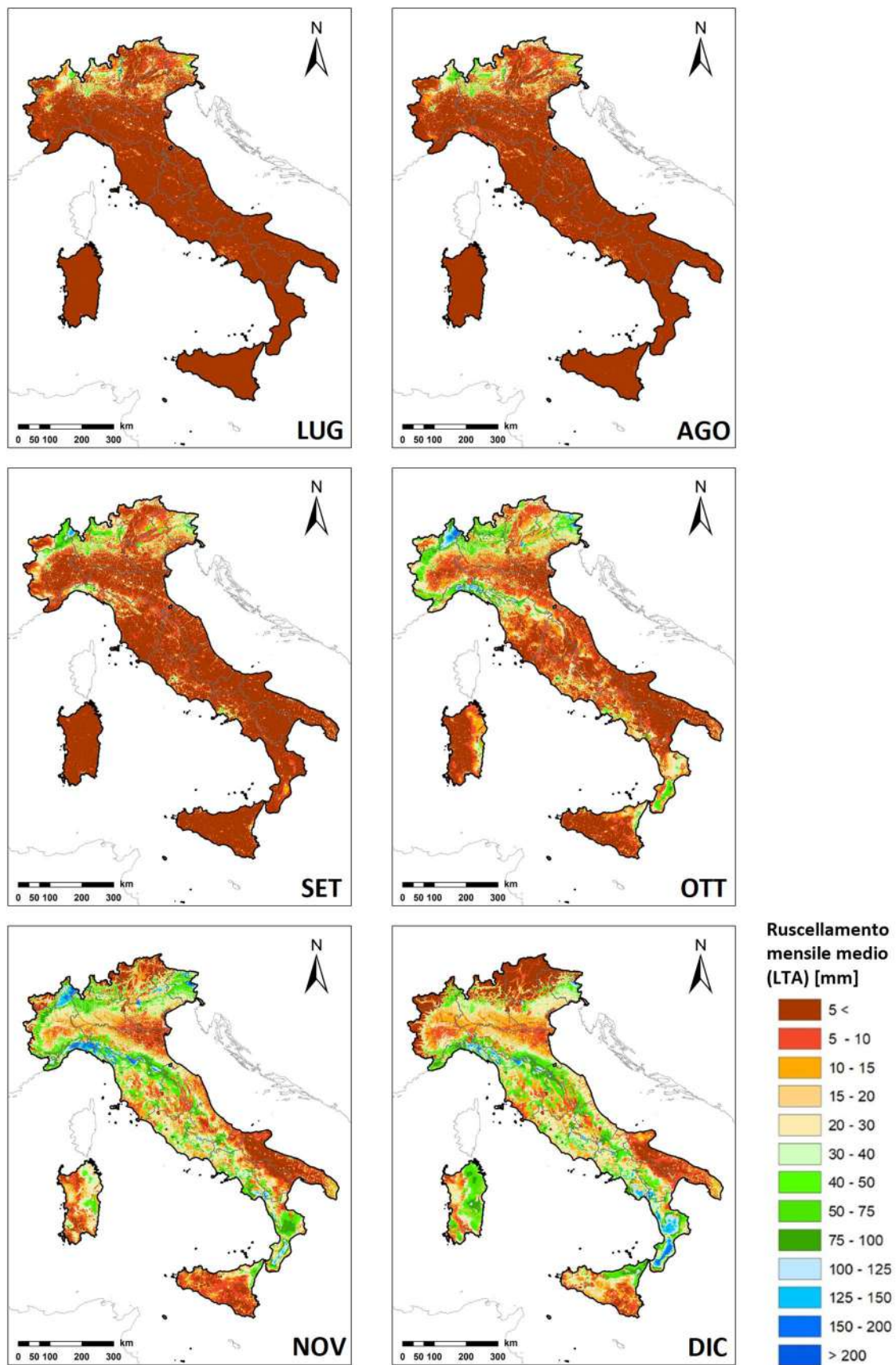


Figura 8.39 – Ruscaldamento mensile medio (LTA) nel secondo semestre

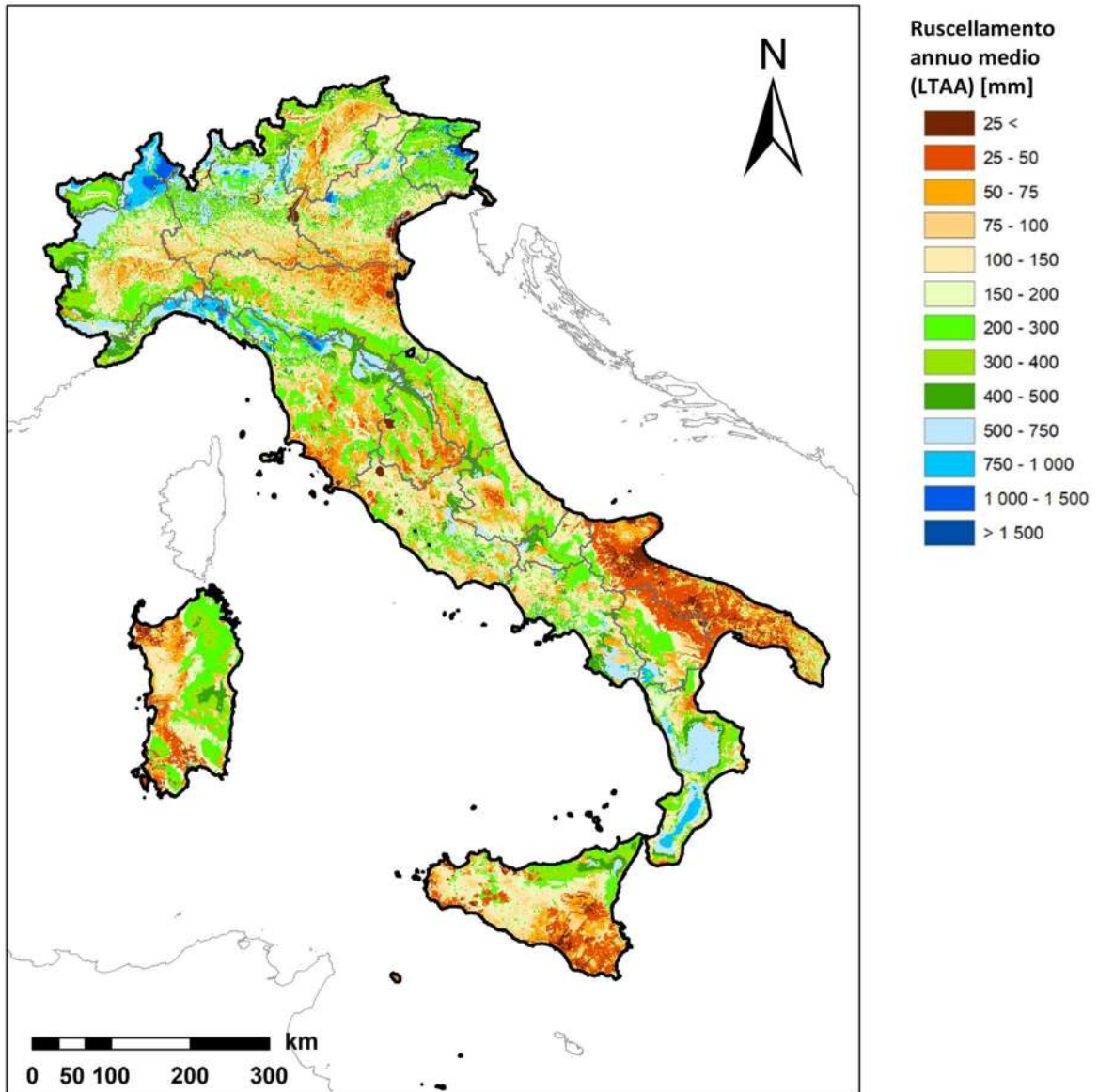


Figura 8.40 – *Ruscimento annuo medio (LTAA)*

8.10 Contenuto idrico nel suolo: tabelle, diagrammi e mappe

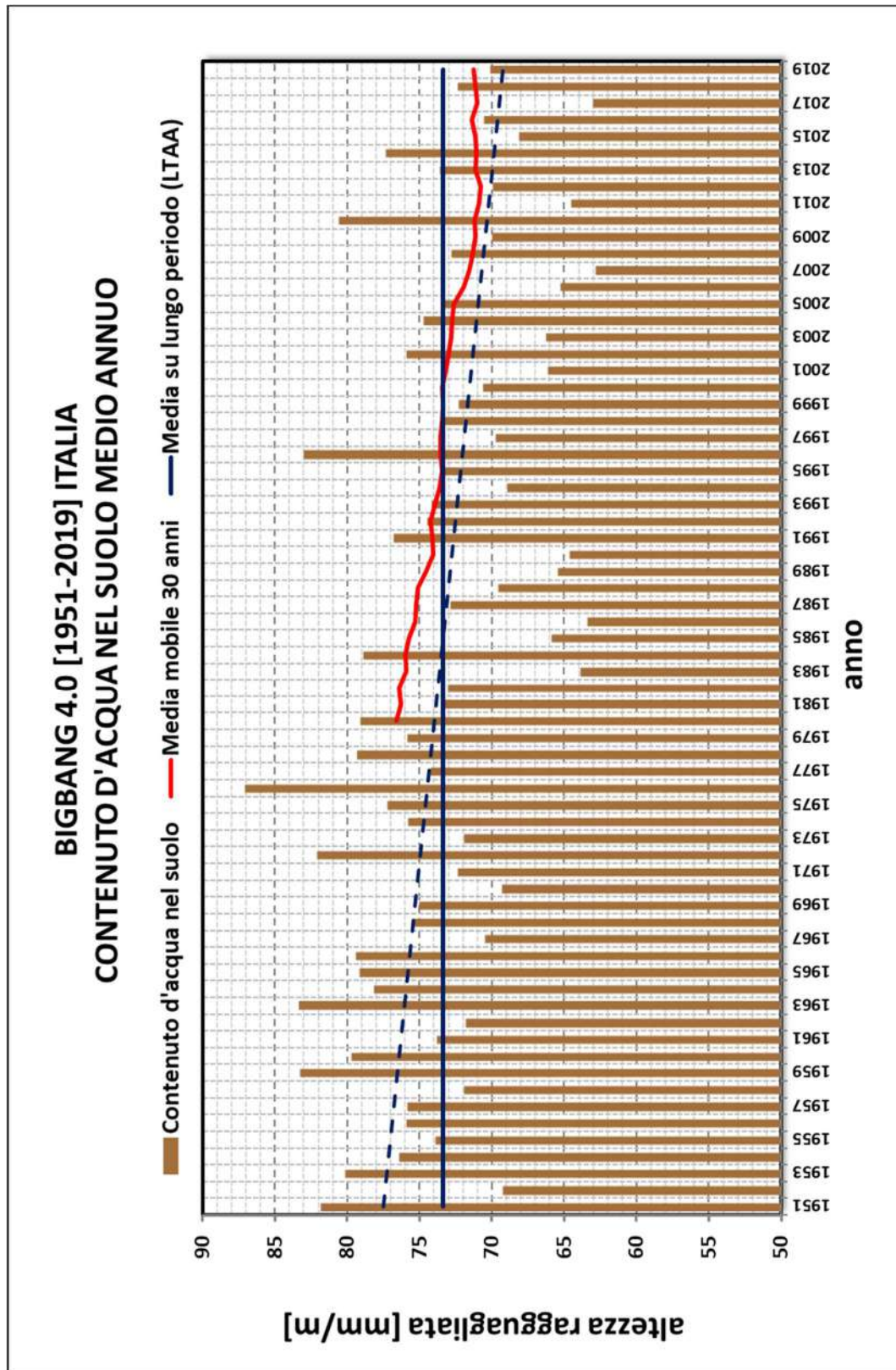


Figura 8.41 – Serie storica del contenuto d'acqua nel suolo medio annuo dal 1951 al 2019

Tabella 8.13 – Contenuto d'acqua nel suolo mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
CONTENUTO D'ACQUA NEL SUOLO MENSILE [mm/m]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	MEDIA ANNUA
1951	115.6	115.5	115.6	103.7	94.1	45.6	29.4	21.5	36.6	84.5	108.5	111.0	81.8
1952	113.2	113.6	108.2	90.8	64.9	26.6	16.8	18.0	34.0	52.2	86.5	106.3	69.3
1953	111.4	112.1	99.7	103.2	82.5	75.2	32.7	25.2	33.8	86.5	94.4	104.8	80.1
1954	112.4	113.7	114.0	113.1	105.6	58.8	30.0	28.2	22.4	34.9	84.7	98.3	76.4
1955	108.9	113.1	113.7	91.8	49.8	30.8	23.6	19.5	51.8	79.1	98.3	106.2	73.9
1956	108.5	113.0	113.2	109.6	78.4	55.2	28.2	19.5	27.2	44.5	104.2	108.8	75.9
1957	112.8	109.3	105.5	106.5	104.1	50.9	26.5	19.0	15.8	59.1	94.8	105.7	75.8
1958	108.6	108.2	111.6	112.1	65.8	40.8	21.4	17.0	14.6	43.3	107.2	112.0	71.9
1959	112.5	109.4	112.0	112.0	105.4	65.3	28.4	28.2	33.6	74.8	105.6	111.7	83.2
1960	112.9	113.1	113.5	110.3	75.2	45.9	32.2	24.8	52.8	73.9	90.2	110.9	79.7
1961	114.1	110.9	95.6	100.6	79.2	51.7	29.5	13.7	8.3	73.9	100.7	106.8	73.8
1962	107.9	109.8	111.7	105.7	79.3	44.1	20.1	9.0	10.6	52.1	102.5	108.9	71.8
1963	109.9	110.6	110.6	109.7	100.5	67.5	36.9	32.2	46.5	75.1	90.3	109.8	83.3
1964	111.5	113.2	113.2	109.1	73.5	49.3	27.4	22.1	17.2	89.2	100.2	111.5	78.1
1965	112.3	111.8	111.7	106.4	83.5	52.2	28.9	30.3	62.4	56.2	92.8	100.5	79.1
1966	109.8	109.6	110.3	106.5	89.8	39.5	27.7	27.4	28.9	87.9	105.7	109.5	79.4
1967	111.8	112.9	107.1	108.5	75.5	53.3	22.7	19.4	30.3	26.2	72.3	105.9	70.5
1968	110.0	111.7	105.6	89.3	72.4	66.5	32.6	41.0	36.9	36.2	92.4	111.4	75.5
1969	112.4	112.9	113.2	108.6	76.0	54.7	28.7	27.0	45.8	36.5	79.4	105.2	75.0
1970	109.6	109.7	109.9	98.0	87.0	47.5	22.9	21.5	20.2	40.5	66.8	98.3	69.3
1971	110.3	112.0	112.4	106.8	83.5	54.6	22.9	13.8	24.1	29.9	96.6	101.6	72.4
1972	108.6	109.2	109.1	109.3	96.8	50.2	36.4	28.5	60.3	83.3	84.7	107.9	82.0
1973	112.1	112.1	108.9	110.3	57.3	39.9	27.4	20.4	49.1	62.5	66.7	96.2	71.9
1974	103.9	111.6	111.2	112.3	91.2	50.8	20.0	15.5	31.5	72.0	94.4	95.0	75.8
1975	97.5	107.0	109.7	98.9	93.4	60.5	24.5	29.6	30.4	65.7	101.7	107.7	77.2
1976	108.9	112.1	111.6	109.0	85.5	53.5	40.0	44.1	57.2	98.1	111.5	112.7	87.0
1977	112.7	111.3	105.2	100.0	80.5	50.1	32.3	42.0	40.6	47.5	75.2	93.4	74.2
1978	108.8	110.6	111.3	112.4	105.4	64.8	32.2	23.8	18.3	71.1	87.5	105.2	79.3
1979	109.0	111.2	111.2	111.4	61.0	37.9	19.9	25.9	35.1	72.7	105.7	108.6	75.8
1980	111.2	110.5	112.5	105.5	107.4	69.1	29.9	18.6	11.7	69.9	95.9	106.2	79.0
1981	109.3	109.4	105.4	97.3	79.5	51.8	35.0	20.6	45.2	61.9	64.6	98.4	73.2
1982	102.1	109.0	111.3	100.0	72.9	33.5	19.9	22.3	22.3	77.2	97.5	108.2	73.0
1983	105.4	110.4	111.1	97.5	68.3	43.0	11.7	14.4	18.3	32.6	55.9	98.6	63.9
1984	103.8	108.0	108.8	109.6	98.2	57.9	16.3	23.0	49.1	67.4	95.2	109.4	78.9
1985	111.7	111.7	112.2	99.5	80.6	41.6	16.5	15.2	10.1	22.0	82.5	87.2	65.9
1986	100.4	105.0	107.3	101.6	58.5	47.5	31.0	20.5	19.6	26.7	64.5	78.8	63.4
1987	100.5	107.6	108.1	97.0	86.0	48.8	26.6	23.7	18.5	60.4	96.1	101.0	72.9
1988	106.1	107.9	110.1	106.4	84.9	65.4	23.3	16.0	17.7	40.2	68.4	88.3	69.5
1989	88.2	94.7	89.5	96.8	65.0	49.9	37.8	27.7	38.8	41.9	72.7	82.9	65.5
1990	87.1	83.9	84.6	99.1	71.6	35.7	18.3	12.5	13.1	64.7	96.5	108.7	64.7
1991	109.3	110.3	107.9	109.9	104.0	52.8	22.6	11.0	25.7	71.7	94.5	101.6	76.8
1992	105.8	104.3	103.3	104.6	73.5	62.5	33.4	18.0	25.2	77.8	83.1	102.6	74.5
1993	103.6	105.6	109.4	103.6	73.0	32.8	20.8	14.9	41.3	72.8	103.4	108.7	74.2
1994	110.4	110.7	83.8	103.3	73.0	45.6	20.2	12.2	44.5	58.0	73.9	91.5	68.9
1995	102.1	101.6	105.1	103.8	87.9	64.7	22.9	27.1	53.6	35.9	73.7	102.6	73.4
1996	106.9	108.0	107.2	107.1	96.4	51.5	26.7	26.1	61.4	93.6	100.3	110.7	83.0
1997	111.2	108.0	97.4	97.1	60.0	46.1	26.5	20.9	15.5	46.0	101.1	107.4	69.8
1998	107.9	108.1	103.0	103.6	92.8	42.5	20.7	14.0	36.0	63.6	86.8	100.4	73.3
1999	106.6	106.4	107.9	104.6	66.4	39.9	24.9	20.3	29.0	54.6	100.1	106.7	72.3
2000	106.6	105.3	104.0	102.8	63.8	32.8	23.0	17.4	27.8	68.0	93.4	102.8	70.6
2001	110.2	110.0	104.7	102.6	75.2	35.2	21.0	16.0	32.6	31.0	68.4	86.8	66.1
2002	94.6	101.6	91.9	100.4	93.0	42.3	31.8	41.2	56.1	64.7	85.6	107.2	75.9
2003	110.5	110.2	102.8	102.8	49.5	19.8	11.6	8.5	12.2	66.0	94.6	106.7	66.3
2004	107.8	107.8	107.9	108.7	99.7	50.5	21.5	16.2	19.1	47.4	100.3	109.9	74.7
2005	109.7	109.9	108.9	108.1	68.3	29.3	16.2	21.3	35.8	68.3	95.0	109.6	73.4
2006	110.1	110.5	109.7	101.2	59.9	25.0	13.3	23.6	49.6	43.3	53.1	83.9	65.3
2007	88.2	97.9	106.1	81.7	68.4	38.9	16.4	19.4	23.7	46.5	75.7	91.5	62.9
2008	103.8	104.5	105.9	103.2	84.6	58.2	27.9	18.2	24.4	35.1	98.5	109.4	72.8
2009	110.3	110.4	110.4	110.5	49.7	39.6	19.8	13.1	30.6	57.3	85.5	103.0	70.0
2010	108.7	109.2	109.6	105.2	96.8	65.2	24.3	23.6	37.1	75.6	104.8	106.7	80.6
2011	108.7	110.3	110.5	88.4	59.6	41.6	28.2	15.3	18.0	37.0	67.9	89.0	64.5
2012	95.8	105.4	92.3	103.6	87.7	29.3	17.0	12.6	33.5	63.2	95.8	103.1	69.9
2013	107.6	108.9	109.9	102.5	91.3	47.3	20.7	14.9	18.9	51.7	101.6	108.1	73.6
2014	109.9	110.2	109.9	107.2	87.9	56.6	50.7	33.1	37.6	42.4	83.5	99.1	77.3
2015	107.8	110.3	110.3	99.5	64.8	36.3	12.6	14.8	23.1	84.0	82.7	71.2	68.1
2016	87.3	101.9	106.1	87.7	85.8	57.4	27.3	19.6	27.1	61.4	91.9	92.8	70.5
2017	105.1	108.0	99.3	89.3	58.8	27.6	16.1	13.0	34.8	24.5	82.4	97.1	63.0
2018	101.1	106.5	107.5	86.0	84.5	46.5	20.8	20.4	15.6	74.7	100.3	104.2	72.3
2019	107.6	107.7	96.6	105.3	105.9	26.6	17.3	13.8	17.0	34.7	102.9	106.2	70.1
MEDIA (LTA)	106.9	108.7	106.9	103.1	80.2	47.4	25.0	21.2	31.1	58.3	89.5	102.3	73.4

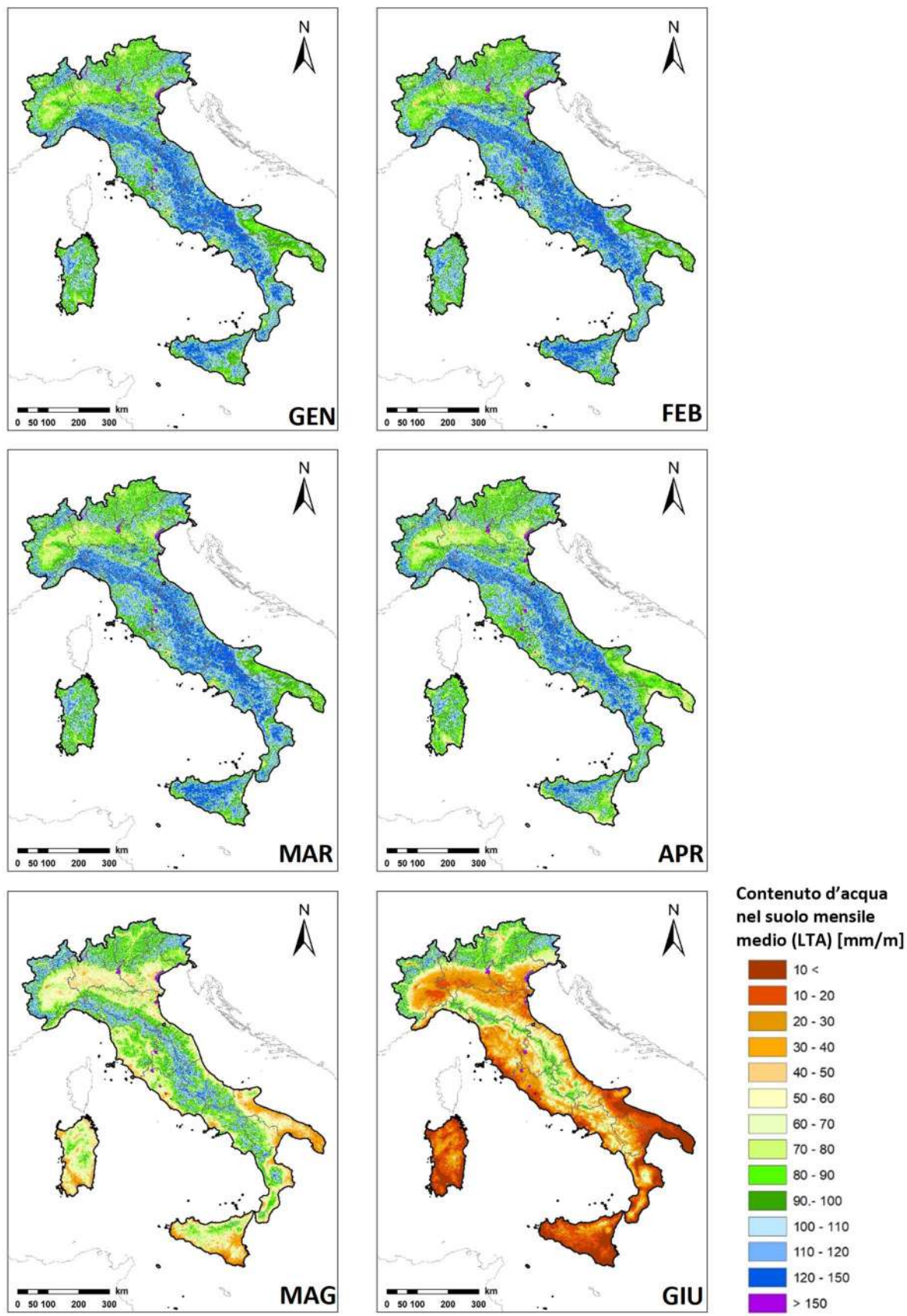


Figura 8.42 – Contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel primo semestre

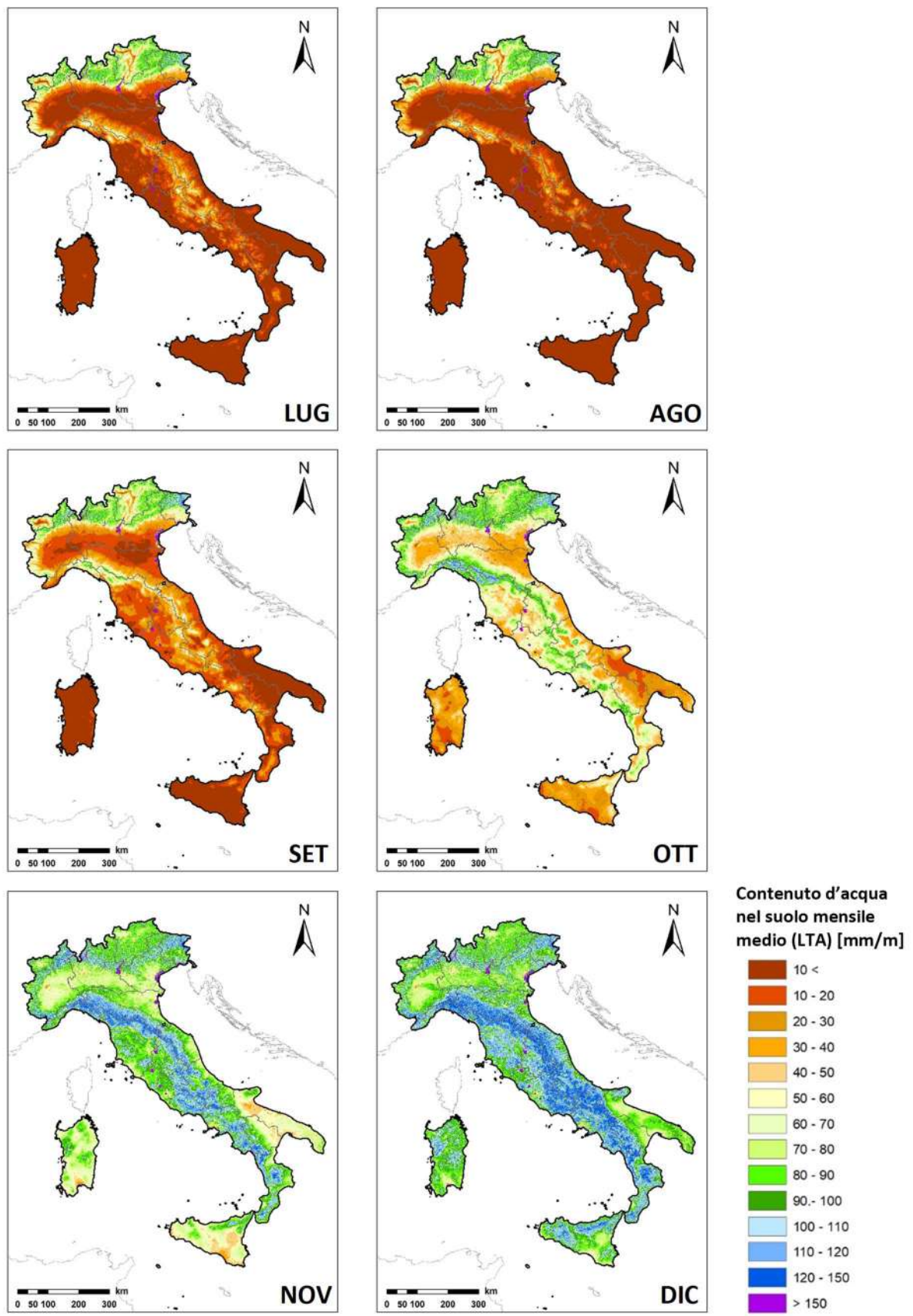


Figura 8.43– *Contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel secondo semestre*

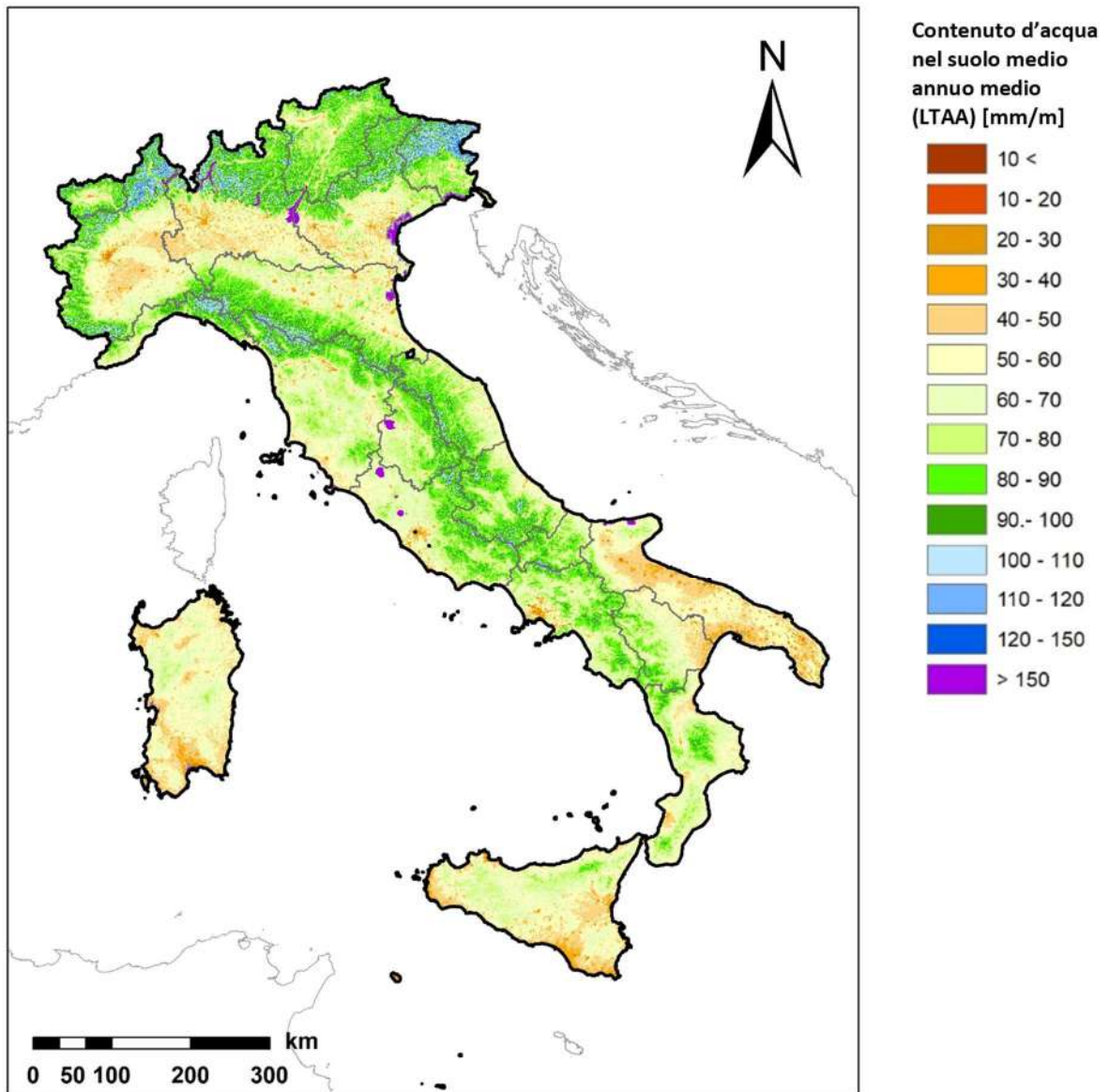


Figura 8.44 – *Contenuto medio annuo d'acqua nel suolo medio (LTAA)*

Tabella 8.14 – Variazione del contenuto d'acqua nel suolo mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
VARIAZIONE CONTENUTO D'ACQUA NEL SUOLO MENSILE [mm/m]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	- 0.0	- 0.2	0.1	-11.9	- 9.7	-48.4	-16.2	- 7.9	15.0	47.9	24.0	2.6	- 4.6
1952	2.2	0.4	- 5.4	-17.4	-25.9	-38.4	- 9.8	1.2	16.0	18.2	34.3	19.8	- 4.7
1953	5.1	0.7	-12.5	3.6	-20.7	- 7.3	-42.5	- 7.5	8.6	52.7	7.9	10.4	- 1.5
1954	7.7	1.3	0.3	- 0.9	- 7.6	-46.7	-28.9	- 1.8	- 5.8	12.5	49.8	13.6	- 6.4
1955	10.6	4.2	0.6	-21.8	-42.0	-19.0	- 7.2	- 4.1	32.4	27.2	19.3	7.9	7.8
1956	2.4	4.4	0.3	- 3.6	-31.2	-23.2	-27.0	- 8.7	7.8	17.3	59.7	4.6	2.7
1957	3.9	- 3.4	- 3.8	0.9	- 2.3	-53.2	-24.4	- 7.6	- 3.2	43.3	35.8	10.9	- 3.1
1958	2.9	- 0.5	3.5	0.5	-46.3	-25.0	-19.4	- 4.4	- 2.4	28.7	63.9	4.8	6.2
1959	0.5	- 3.1	2.6	0.0	- 6.6	-40.1	-36.9	- 0.2	5.4	41.2	30.8	6.2	- 0.2
1960	1.2	0.2	0.4	- 3.2	-35.1	-29.3	-13.7	- 7.4	28.0	21.1	16.3	20.6	- 0.9
1961	3.2	- 3.2	-15.3	5.0	-21.4	-27.5	-22.2	-15.8	- 5.4	65.6	26.8	6.1	- 4.0
1962	1.0	2.0	1.8	- 6.0	-26.4	-35.2	-24.0	-11.1	1.6	41.5	50.4	6.4	2.1
1963	1.0	0.7	- 0.0	- 0.9	- 9.2	-33.0	-30.5	- 4.8	14.4	28.6	15.2	19.5	0.9
1964	1.7	1.7	0.0	- 4.1	-35.6	-24.2	-21.9	- 5.3	- 4.9	72.0	11.0	11.4	1.8
1965	0.7	- 0.5	- 0.0	- 5.3	-22.9	-31.3	-23.3	1.4	32.2	- 6.3	36.6	7.7	-11.0
1966	9.3	- 0.3	0.8	- 3.8	-16.8	-50.3	-11.8	- 0.2	1.4	59.1	17.8	3.8	8.9
1967	2.3	1.1	- 5.8	1.5	-33.0	-22.2	-30.6	- 3.3	10.9	- 4.2	46.1	33.6	- 3.6
1968	4.1	1.7	- 6.1	-16.3	-16.8	- 5.9	-33.9	8.4	- 4.2	- 0.6	56.1	19.1	5.5
1969	1.0	0.5	0.3	- 4.6	-32.6	-21.3	-26.0	- 1.7	18.8	- 9.3	42.9	25.8	- 6.2
1970	4.4	0.1	0.3	-12.0	-11.0	-39.5	-24.6	- 1.4	- 1.3	20.3	26.4	31.5	- 6.9
1971	12.0	1.6	0.4	- 5.6	-23.3	-28.9	-31.7	- 9.1	10.3	5.8	66.7	5.0	3.3
1972	7.0	0.6	- 0.0	0.2	-12.5	-46.6	-13.8	- 7.9	31.8	23.1	1.4	23.2	6.3
1973	4.2	0.0	- 3.2	1.4	-53.1	-17.4	-12.5	- 7.0	28.7	13.4	4.2	29.4	-11.7
1974	7.8	7.6	- 0.4	1.1	-21.1	-40.3	-30.8	- 4.5	16.0	40.4	22.5	0.5	- 1.2
1975	2.5	9.5	2.7	-10.8	- 5.5	-32.9	-36.0	5.1	0.8	35.3	36.0	6.0	12.7
1976	1.2	3.2	- 0.5	- 2.6	-23.5	-32.0	-13.5	4.1	13.0	40.9	13.4	1.2	5.0
1977	0.1	- 1.4	- 6.2	- 5.2	-19.5	-30.4	-17.8	9.7	- 1.3	6.8	27.7	18.2	-19.3
1978	15.5	1.7	0.7	1.1	- 7.0	-40.7	-32.6	- 8.3	- 5.5	52.8	16.4	17.7	11.8
1979	3.8	2.2	0.0	0.2	-50.4	-23.1	-17.9	6.0	9.2	37.6	32.9	2.9	3.4
1980	2.7	- 0.8	2.0	- 7.0	1.9	-38.3	-39.2	-11.3	- 7.0	58.2	26.0	10.4	- 2.3
1981	3.1	0.0	- 4.0	- 8.1	-17.8	-27.7	-16.8	-14.4	24.6	16.7	2.7	33.8	- 7.8
1982	3.6	6.9	2.3	-11.3	-27.1	-39.4	-13.6	2.4	- 0.0	54.9	20.3	10.7	9.8
1983	- 2.9	5.0	0.7	-13.6	-29.2	-25.2	-31.3	2.6	3.9	14.3	23.4	42.7	- 9.6
1984	5.1	4.2	0.8	0.8	-11.3	-40.4	-41.6	6.8	26.1	18.2	27.9	14.2	10.8
1985	2.3	0.1	0.4	-12.7	-18.9	-39.0	-25.2	- 1.3	- 5.0	11.8	60.5	4.7	-22.2
1986	13.2	4.5	2.3	- 5.7	-43.0	-11.1	-16.4	-10.6	- 0.9	7.1	37.8	14.4	- 8.4
1987	21.7	7.1	0.5	-11.1	-11.1	-37.1	-22.2	- 3.0	- 5.2	41.9	35.7	5.0	22.2
1988	5.0	1.8	2.2	- 3.7	-21.5	-19.5	-42.0	- 7.3	1.7	22.5	28.2	19.9	-12.8
1989	- 0.1	6.5	- 5.2	7.3	-31.8	-15.2	-12.1	-10.1	11.1	3.1	30.8	10.2	- 5.4
1990	4.2	- 3.2	0.7	14.5	-27.4	-36.0	-17.4	- 5.8	0.6	51.6	31.8	12.2	25.8
1991	0.6	1.1	- 2.4	2.0	- 5.9	-51.2	-30.3	-11.6	14.7	46.0	22.7	7.2	- 7.1
1992	4.2	- 1.6	- 0.9	1.2	-31.1	-11.0	-29.1	-15.4	7.3	52.5	5.3	19.5	0.9
1993	1.0	2.0	3.8	- 5.8	-30.6	-40.1	-12.0	- 5.9	26.4	31.4	30.7	5.3	6.2
1994	1.7	0.3	-26.9	19.5	-30.3	-27.4	-25.4	- 8.0	32.3	13.5	16.0	17.5	-17.2
1995	10.7	- 0.5	3.5	- 1.2	-15.9	-23.2	-41.8	4.2	26.5	-17.8	37.8	28.9	11.1
1996	4.3	1.1	- 0.9	- 0.0	-10.8	-44.9	-24.8	- 0.5	35.3	32.2	6.7	10.4	8.1
1997	0.5	- 3.2	-10.6	- 0.3	-37.1	-13.9	-19.7	- 5.6	- 5.4	30.6	55.0	6.3	- 3.3
1998	0.5	0.2	- 5.1	0.5	-10.8	-50.3	-21.8	- 6.6	22.0	27.5	23.3	13.5	- 7.0
1999	6.2	- 0.2	1.5	- 3.3	-38.2	-26.5	-15.0	- 4.7	8.7	25.6	45.5	6.6	6.3
2000	- 0.0	- 1.3	- 1.3	- 1.2	-39.0	-31.0	- 9.7	- 5.7	10.4	40.2	25.4	9.4	- 3.8
2001	7.4	- 0.2	- 5.3	- 2.1	-27.4	-40.0	-14.2	- 5.0	16.6	- 1.6	37.4	18.4	-16.0
2002	7.8	7.0	- 9.6	8.5	- 7.5	-50.7	-10.4	9.3	15.0	8.5	21.0	21.6	20.4
2003	3.3	- 0.3	- 7.4	- 0.0	-53.3	-29.7	- 8.2	- 3.1	3.8	53.8	28.6	12.1	- 0.5
2004	1.1	0.0	0.1	0.8	- 9.0	-49.2	-29.0	- 5.3	2.9	28.4	52.9	9.6	3.2
2005	- 0.2	0.2	- 1.0	- 0.8	-39.8	-39.0	-13.1	5.1	14.5	32.5	26.7	14.6	- 0.3
2006	0.6	0.3	- 0.8	- 8.5	-41.3	-34.9	-11.7	10.3	26.0	- 6.3	9.8	30.9	-25.6
2007	4.3	9.6	8.2	-24.3	-13.3	-29.5	-22.6	3.0	4.3	22.8	29.2	15.7	7.5
2008	12.3	0.7	1.4	- 2.6	-18.6	-26.4	-30.2	- 9.7	6.2	10.7	63.4	10.9	17.9
2009	0.9	0.1	0.0	0.0	-60.8	-10.1	-19.8	- 6.7	17.5	26.7	28.2	17.5	- 6.4
2010	5.7	0.5	0.3	- 4.4	- 8.4	-31.6	-40.9	- 0.8	13.6	38.5	29.2	1.8	3.7
2011	2.1	1.5	0.2	-22.1	-28.8	-18.0	-13.4	-12.9	2.7	19.0	30.9	21.1	-17.6
2012	6.7	9.6	-13.1	11.3	-15.9	-58.4	-12.3	- 4.5	20.9	29.8	32.6	7.3	14.1
2013	4.4	1.3	1.0	- 7.4	-11.2	-43.9	-26.6	- 5.8	4.0	32.8	49.9	6.5	5.0
2014	1.8	0.2	- 0.2	- 2.7	-19.3	-31.3	- 5.8	-17.6	4.4	4.8	41.1	15.6	- 9.1
2015	8.7	2.6	- 0.1	-10.8	-34.7	-28.5	-23.6	2.2	8.3	60.9	- 1.3	-11.4	-27.8
2016	16.0	14.7	4.2	-18.4	- 1.9	-28.4	-30.1	- 7.7	7.5	34.3	30.5	0.9	21.6
2017	12.3	2.9	- 8.7	-10.0	-30.5	-31.2	-11.5	- 3.2	21.9	-10.3	57.9	14.7	4.3
2018	4.0	5.3	1.1	-21.5	- 1.5	-38.0	-25.7	- 0.4	- 4.8	59.1	25.6	3.9	7.1
2019	3.4	0.1	-11.1	8.7	0.6	-79.3	- 9.4	- 3.4	3.2	17.8	68.2	3.3	2.0
MEDIA (LTA)	4.5	1.7	- 1.8	- 3.9	-22.9	-32.8	-22.4	- 3.8	9.9	27.2	31.1	12.9	- 0.1

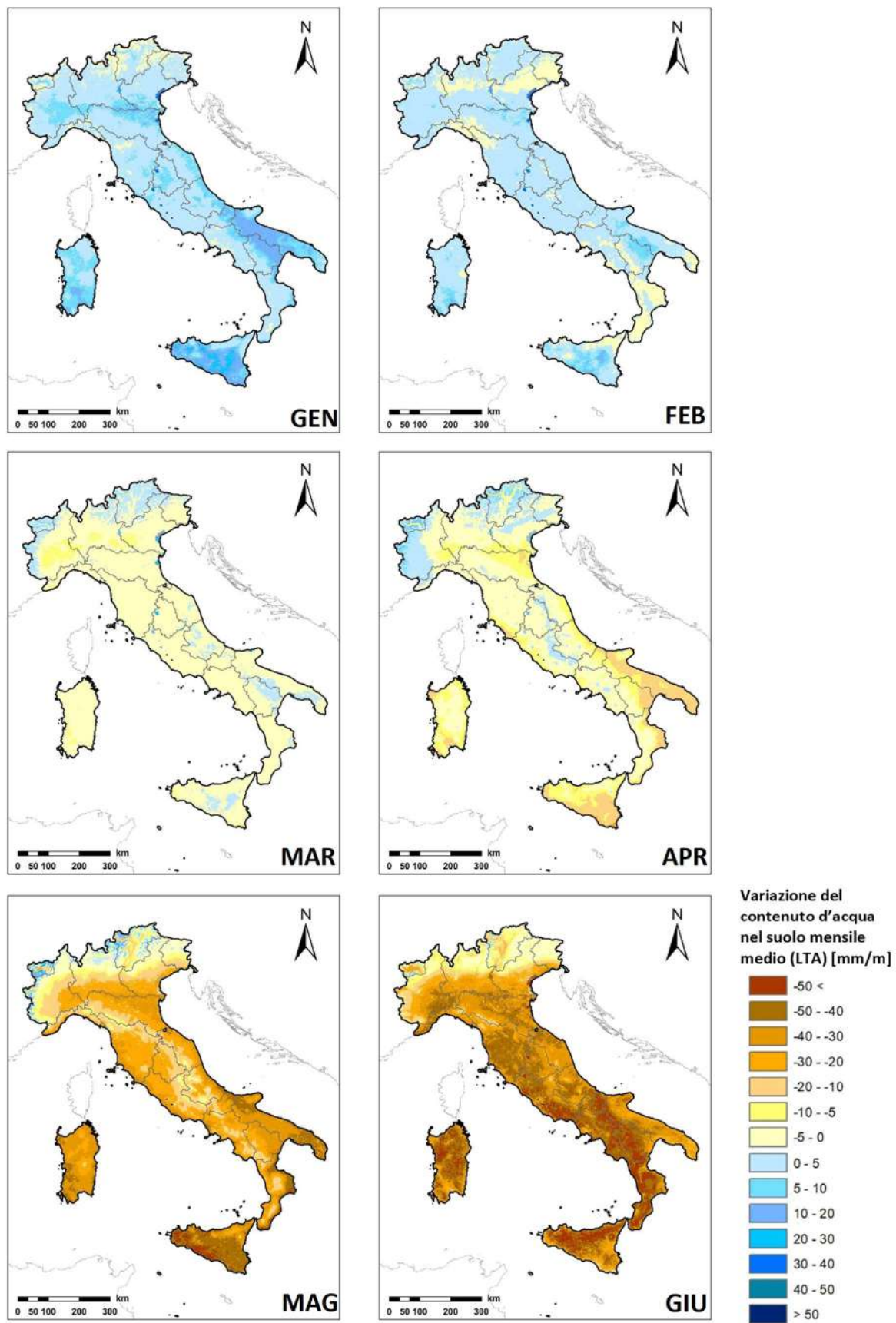


Figura 8.45 – Variazione del contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel primo semestre

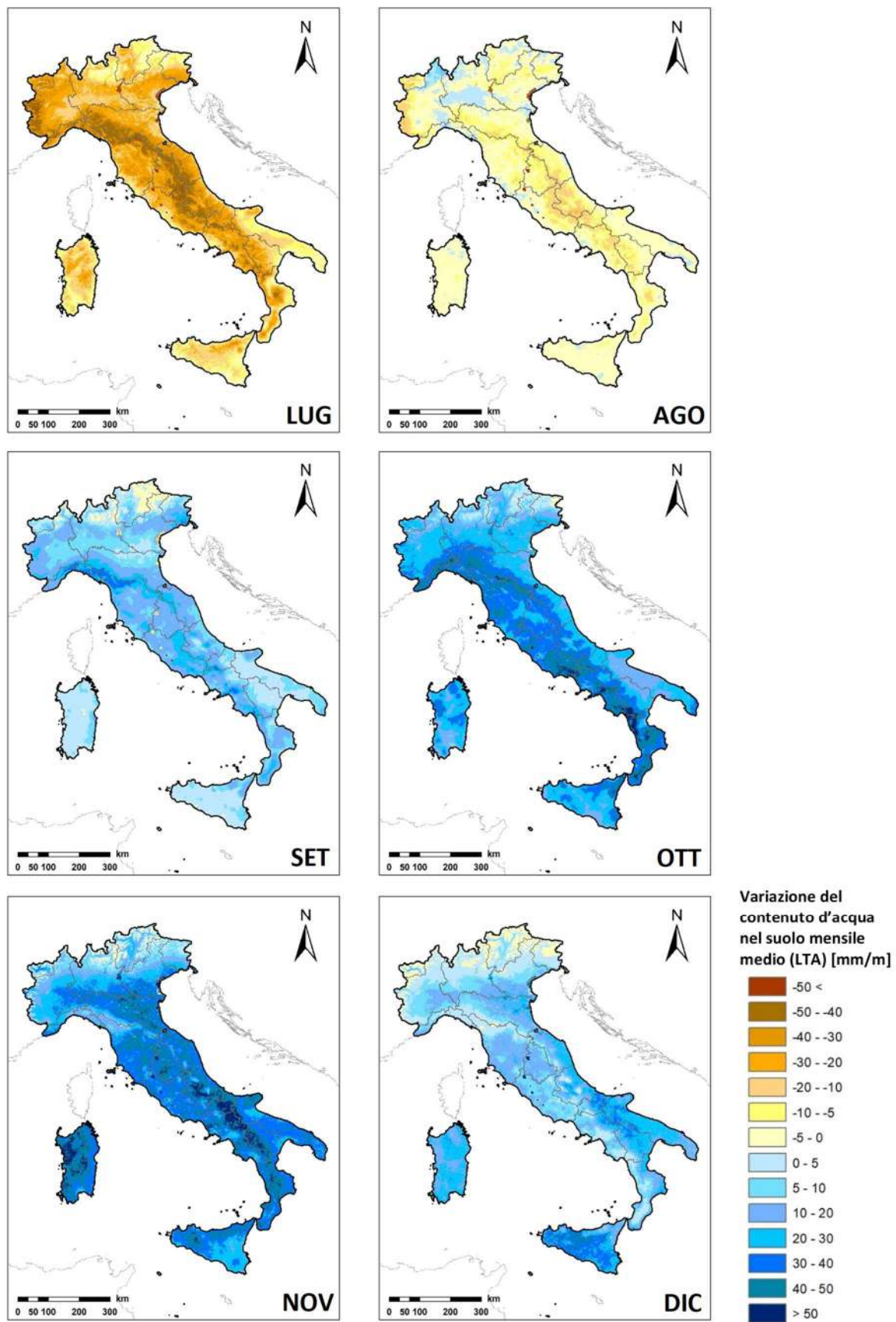


Figura 8.46– Variazione del contenuto d'acqua nel suolo mensile medio (LTA) nel secondo semestre

8.11 Internal flow: tabelle, diagrammi e mappe

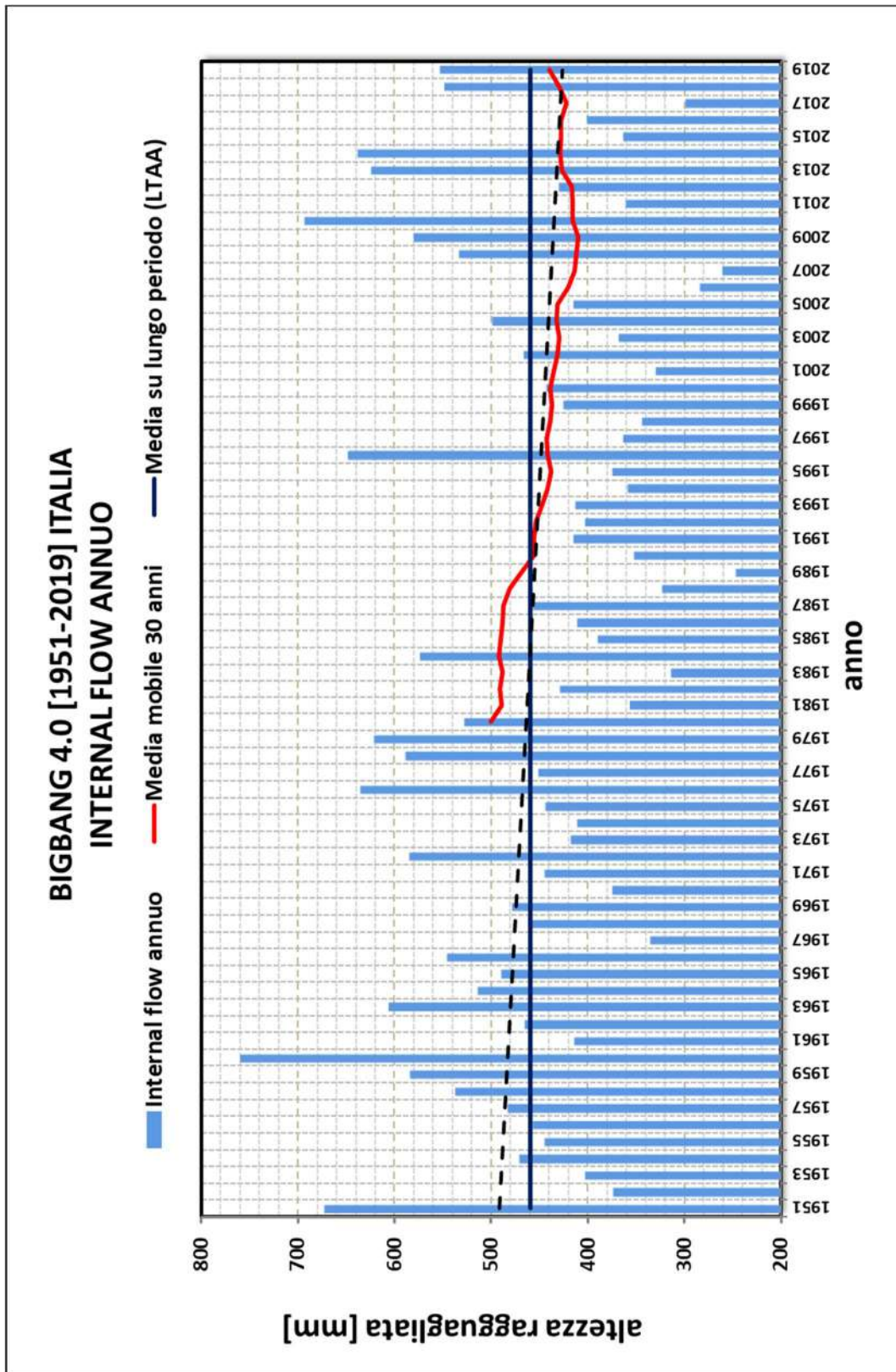


Figura 8.47 – Serie storica dell'internal flow annuo dal 1951 al 2019

Tabella 8.15 – Internal flow mensile dal 1951 al 2019

BIGBANG 4.0 [1951-2019] ITALIA													
INTERNAL FLOW MENSILE [mm]													
ANNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALE ANNUO
1951	110.9	112.7	91.5	30.5	46.5	-34.6	-10.8	- 2.3	21.1	117.0	146.3	43.8	672.6
1952	65.1	47.4	15.3	20.0	-10.6	-32.9	- 6.9	6.9	32.7	52.7	68.7	115.6	374.1
1953	60.7	49.6	16.4	37.2	- 5.2	23.8	-30.9	- 1.4	24.9	154.8	24.9	48.6	403.3
1954	72.9	88.6	83.5	44.5	55.6	-26.2	-24.9	11.1	- 0.6	18.3	84.9	62.9	470.6
1955	81.7	87.6	68.3	- 0.1	-22.3	- 4.1	- 1.1	- 0.8	46.1	70.3	65.5	53.4	444.5
1956	45.7	81.8	87.4	76.4	- 8.5	-10.2	-18.4	- 2.8	20.8	30.5	117.0	37.3	457.1
1957	82.0	49.6	20.7	45.1	53.9	-18.0	-16.0	- 2.0	- 1.4	63.1	109.4	97.0	483.3
1958	50.2	36.2	68.7	102.6	-17.5	-14.8	-16.1	1.9	0.3	47.0	162.2	116.2	537.1
1959	45.2	21.4	75.3	68.1	37.4	-21.6	-32.1	5.8	10.4	80.6	127.3	166.3	584.1
1960	71.3	83.8	114.7	56.4	- 4.3	- 8.6	- 1.5	4.7	79.8	128.3	88.0	146.0	758.4
1961	99.8	18.7	- 0.2	56.8	- 4.2	- 7.6	-14.1	-14.7	- 4.2	96.9	130.5	57.1	414.7
1962	46.3	40.1	90.7	50.0	8.1	-21.1	-20.1	-10.5	3.5	48.2	158.9	71.2	465.2
1963	77.5	101.2	71.2	71.2	32.8	- 7.9	-23.3	15.9	36.0	46.8	88.8	95.4	605.6
1964	23.5	47.3	99.3	46.9	-15.5	- 9.5	-18.8	- 1.3	- 3.4	154.9	58.9	131.6	513.8
1965	80.7	36.3	61.3	43.6	9.9	-15.2	-15.6	16.5	113.1	6.2	102.2	50.9	489.9
1966	69.9	65.6	24.7	44.0	7.5	-42.2	- 0.1	24.2	5.9	138.8	135.4	71.8	545.6
1967	42.4	52.2	27.5	46.4	1.0	- 9.1	-26.3	2.1	23.3	0.3	85.7	90.6	336.1
1968	53.5	89.8	11.7	10.4	18.0	22.2	-28.6	29.8	11.6	4.0	121.2	118.5	462.0
1969	64.9	89.7	93.3	34.7	7.6	- 6.8	-23.0	5.9	31.9	- 2.2	78.0	104.3	478.3
1970	97.2	42.6	64.3	16.7	20.0	-21.6	-20.2	7.4	1.7	29.7	57.2	80.1	375.1
1971	89.8	57.7	75.6	56.0	18.8	- 8.7	-28.1	- 7.1	14.1	11.1	131.4	34.2	444.8
1972	111.9	120.4	51.8	72.1	24.6	-11.0	- 0.8	- 3.2	54.8	49.7	21.1	93.2	584.7
1973	113.5	63.6	54.5	45.9	-25.1	- 2.8	1.8	- 3.2	47.6	39.5	13.7	69.1	418.0
1974	39.6	99.8	52.6	90.6	10.8	-20.1	-26.9	- 1.3	24.1	67.8	61.0	12.8	411.1
1975	23.3	48.8	84.1	28.6	54.2	-14.1	-31.6	12.9	12.3	54.5	108.0	63.4	444.4
1976	20.9	76.0	45.7	47.6	- 2.3	-22.7	- 5.9	18.7	57.3	156.7	137.9	105.1	635.0
1977	95.4	54.5	57.0	16.7	52.9	-10.4	2.4	45.2	2.9	32.7	45.8	56.9	451.8
1978	119.3	80.5	62.7	119.9	62.0	-14.6	-22.5	- 2.0	- 3.3	75.7	32.8	77.8	588.3
1979	88.7	106.8	83.3	68.2	-21.8	- 8.9	-14.4	16.4	23.0	108.3	99.1	71.9	620.6
1980	81.6	18.4	90.7	15.7	77.0	- 7.0	-30.3	- 7.9	- 5.7	105.5	124.8	64.5	527.4
1981	45.9	39.1	37.5	21.4	19.0	-13.8	- 0.7	-11.6	58.2	46.4	4.3	110.0	355.8
1982	26.0	39.1	68.4	11.3	- 4.9	-31.7	- 9.2	13.3	9.9	102.8	104.0	99.6	428.6
1983	6.8	61.9	73.9	18.5	16.7	- 9.5	-29.0	6.8	9.1	19.8	36.1	103.3	314.5
1984	49.6	77.9	69.5	64.1	92.3	-17.7	-39.9	13.1	49.2	54.8	80.9	80.1	573.9
1985	90.0	36.3	116.7	27.2	24.9	-26.9	-21.6	4.6	- 3.9	16.2	100.1	26.4	390.0
1986	84.1	103.5	75.1	76.9	- 9.1	1.8	-11.2	- 4.4	2.8	12.5	51.5	28.2	411.5
1987	73.3	89.2	31.3	30.7	13.3	-17.0	- 9.3	8.3	- 1.7	90.6	102.6	45.9	457.2
1988	70.7	41.5	51.1	42.7	19.9	1.2	-37.3	- 3.3	5.3	47.3	37.9	46.6	323.8
1989	5.2	39.2	9.8	101.8	-15.7	- 2.2	0.2	- 5.2	19.9	8.0	56.9	29.3	247.2
1990	20.5	6.2	15.4	79.4	-12.0	-23.6	-13.6	- 3.2	4.8	84.8	88.2	106.0	352.9
1991	35.2	48.3	51.8	57.1	48.0	-31.0	-25.0	- 9.9	28.0	83.1	108.1	21.4	415.1
1992	42.4	7.6	26.5	63.9	-14.0	20.4	-20.7	-12.4	21.6	135.7	33.3	98.5	402.7
1993	13.6	17.8	52.6	38.1	-12.6	-31.4	- 5.6	- 2.7	63.7	124.9	95.3	59.9	413.5
1994	80.6	59.2	- 5.4	60.5	- 1.2	-15.1	-21.3	- 5.2	72.7	32.5	64.2	37.7	359.2
1995	44.9	44.2	48.2	50.2	18.2	1.3	-38.2	10.4	54.8	-13.2	57.7	96.2	374.7
1996	97.8	76.6	57.8	46.0	23.8	-35.7	-18.9	17.1	48.8	108.1	111.9	114.7	647.9
1997	61.7	16.2	8.8	30.3	-20.3	22.3	-14.5	0.5	- 3.0	39.9	138.2	83.6	363.9
1998	42.1	38.9	16.4	60.1	24.2	-39.1	-16.4	- 3.8	42.1	77.8	49.1	52.6	344.1
1999	55.4	30.9	55.4	50.9	-15.3	-15.8	- 9.8	4.9	28.0	60.9	107.1	73.2	425.7
2000	19.9	16.5	37.5	48.3	-20.8	-23.6	- 0.6	- 1.2	27.5	110.8	157.1	71.4	442.9
2001	98.0	30.0	68.4	34.3	12.7	-29.6	- 7.0	- 0.2	29.8	7.0	51.1	35.5	330.0
2002	24.2	45.0	2.6	45.6	61.3	-35.4	1.5	31.1	35.6	31.8	125.1	98.0	466.4
2003	88.4	31.3	10.2	29.2	-33.3	-26.1	- 5.7	0.1	8.4	75.0	103.1	87.7	368.3
2004	51.3	63.2	51.9	69.6	35.2	-36.6	-24.7	1.1	8.3	58.9	101.0	119.7	498.8
2005	39.5	47.9	32.7	63.4	-26.0	-35.3	- 8.9	14.9	30.6	65.7	91.1	99.9	415.6
2006	53.5	62.1	49.5	27.6	-30.5	-32.0	- 8.7	22.1	48.4	2.6	18.5	71.5	284.6
2007	25.0	49.8	60.6	- 6.2	3.2	-15.6	-20.1	15.3	15.4	31.8	57.9	44.4	261.3
2008	58.3	17.0	62.8	48.9	31.4	-10.7	-19.4	- 5.4	17.5	31.2	143.4	158.2	533.3
2009	120.1	62.7	94.4	111.1	-41.6	1.0	-14.2	- 3.8	33.2	44.5	66.9	105.5	579.7
2010	98.8	95.1	62.1	37.5	50.9	-11.5	-37.6	9.7	36.6	90.3	172.9	87.7	692.3
2011	45.2	60.6	105.5	6.2	-19.0	1.8	- 2.1	-10.9	12.6	37.1	75.3	48.8	361.1
2012	25.5	65.4	4.8	72.0	13.9	-52.7	- 4.3	- 0.4	38.8	64.6	141.9	60.1	429.8
2013	88.6	70.6	128.0	54.4	62.1	-33.3	-23.3	- 1.1	10.4	58.5	134.1	74.5	623.7
2014	133.9	110.5	75.2	49.9	1.7	-13.9	21.3	2.5	12.1	18.9	158.8	67.0	638.0
2015	65.5	106.0	89.1	12.2	-15.8	-20.5	-21.8	8.8	22.6	110.1	18.1	-10.4	363.9
2016	45.2	105.2	64.2	2.2	40.7	- 8.9	-23.1	- 0.9	13.9	49.7	99.1	14.2	401.6
2017	62.0	55.5	12.9	7.8	-16.5	-16.9	- 7.6	0.0	41.1	- 8.9	90.7	79.9	300.1
2018	43.2	91.1	120.8	26.0	47.7	-30.8	-19.6	10.3	- 1.6	124.6	106.7	29.3	547.9
2019	54.6	40.5	- 1.9	67.4	83.2	-69.2	- 3.3	1.8	9.7	42.6	234.4	92.8	552.6
MEDIA (LTA)	62.5	59.0	55.6	46.4	13.0	-16.7	-15.6	4.0	23.8	60.4	92.2	74.7	459.3

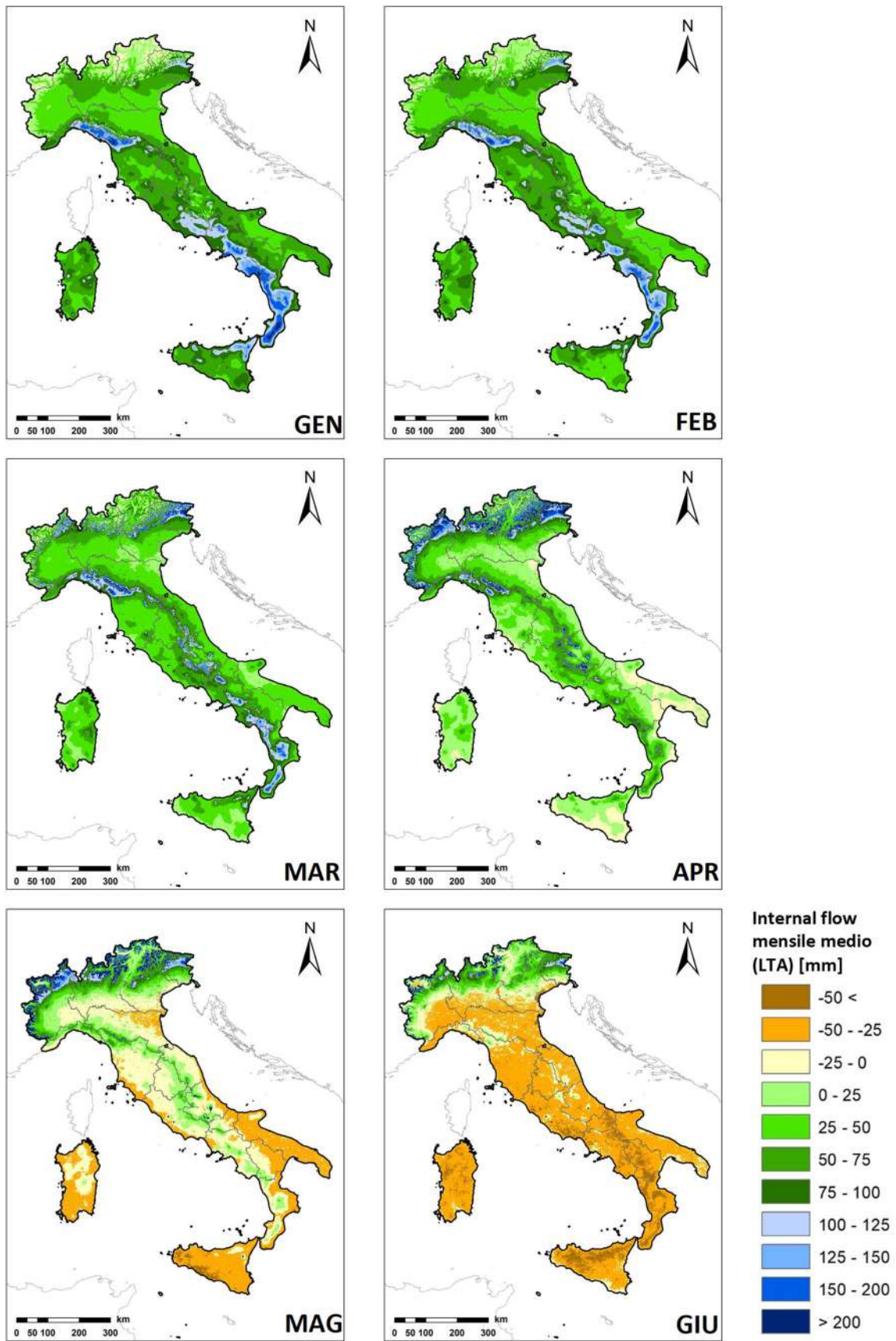


Figura 8.48 – Internal flow mensile medio (LTA) nel primo semestre

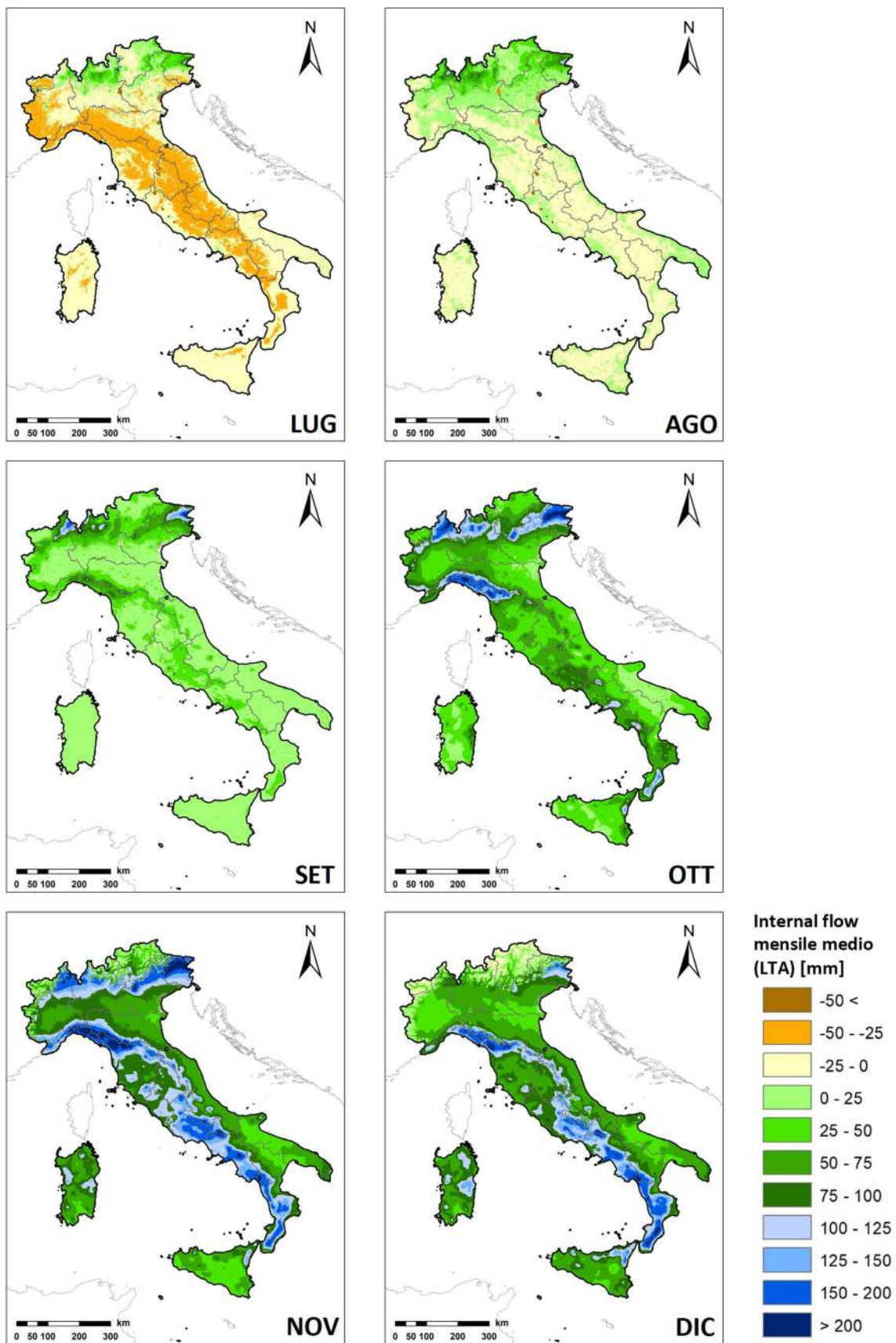


Figura 8.49 – Internal flow mensile medio (LTA) nel secondo semestre

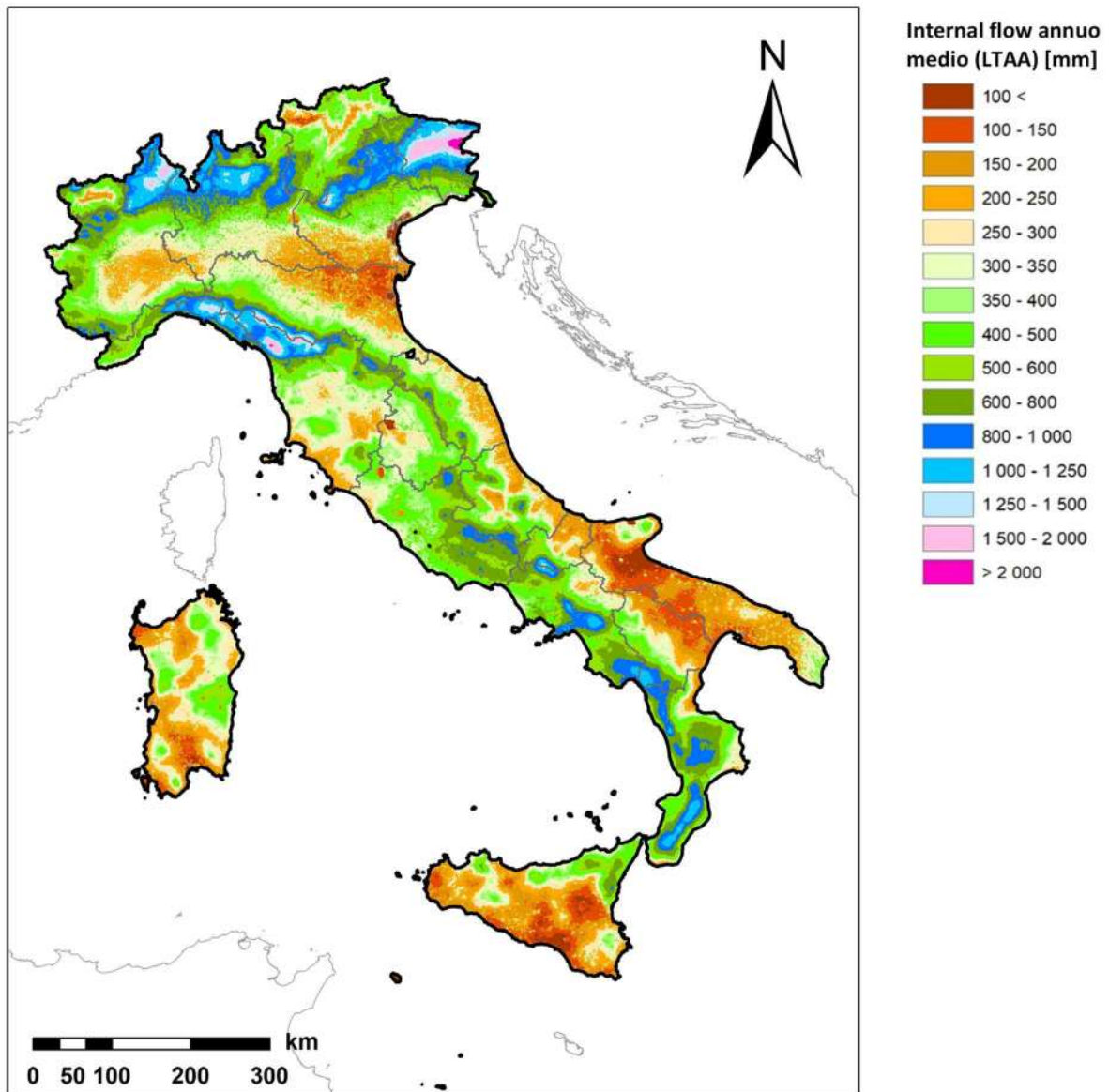


Figura 8.50 – Internal flow annuo medio (LTAA)

9. RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG PER ALTRI TERRITORI DI RIFERIMENTO

In questo capitolo i risultati del modello BIGBANG sono presentati con riferimento ad alcuni ambiti territoriali al fine di evidenziare la variabilità della disponibilità della risorsa idrica oltre che nel tempo, già messa in evidenza in ambito nazionale, anche nello spazio. Gli ambiti presi in considerazione sono comunque ancora abbastanza estesi da non poter considerare all'interno di essi la disponibilità della risorsa idrica distribuita omogeneamente. Gli ambiti territoriali presi a riferimento sono:

- i sette distretti idrografici ai sensi dell'art. 64 del DLgs. 152/2006 e s.m.i.;
- i compartimenti del soppresso Servizio Idrografico;
- le regioni amministrative.

Le aggregazioni delle componenti del bilancio idrologico sui diversi ambiti territoriali sopraelencati, sono state effettuate tramite l'applicazione del tool *Zonal statistics* dell'estensione *Spatial Analyst* di ArcGIS 10.3 a partire dall'informazione vettoriale dei confini in formato ESRI *shapefile*.

Piccole differenze nei valori delle grandezze idrologiche aggregate per i distretti idrografici della Sicilia e della Sardegna rispetto ai compartimenti di Cagliari e di Palermo e alle regioni Sicilia e Sardegna sono legate alle differenze nei dati geografici dei confini, in base ai quali sono state valutati i volumi delle grandezze idrologiche.

9.1 Distretti idrografici

In base all'art. 2, paragrafo 15, della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (WFD) per «distretto idrografico» si intende un'area di terra e di mare costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere. I distretti idrografici (Figura 9.1) sono gli ambiti territoriali di riferimento della Direttiva Quadro Acque per i quali è necessario redigere il Piano di Gestione delle Acque.



Figura 9.1 – Suddivisione del territorio nazionale nei distretti idrografici ai sensi del DLgs 152/2006 e s.m.i.

La presentazione dei risultati del BIGBANG per questa articolazione del territorio nazionale, consente di poter rispondere alla richiesta di indicatori e di statistiche in tema di acque e di risorse idriche in ambito europeo e internazionale, con valutazioni basate su un'unica metodologia, permettendo una corretta confrontabilità tra aree diverse del Paese.

Dalla Tabella 9.4 alla Tabella 9.10 sono riportati per ciascun distretto il bilancio idrologico annuo. Com'è prevedibile, la distribuzione delle precipitazioni mensili e annue medie (Tabella 9.1, Figura 9.2), e conseguentemente la distribuzione della disponibilità media mensile e media annua della risorsa (Tabella 9.2, Figura 9.3), è molto variabile tra i vari distretti, riflettendo le diverse climatologie che si incontrano dal nord a sud. Il distretto della Sicilia presenta il minimo valore annuo medio della disponibilità della risorsa con 256.4 mm a fronte di una precipitazione media annua di 670.8 mm, in una percentuale del 38%. Il distretto idrografico che presenta invece il massimo valore della disponibilità della risorsa è quello delle Alpi Orientali con un valore più del doppio di quello della Sicilia di 652.3 mm che costituisce il 55% della precipitazione annua di 1192.9 mm. Il distretto delle Alpi Orientali è anche l'unico che non presenta valori mensili medi negativi di *internal flow* durante il periodo estivo.

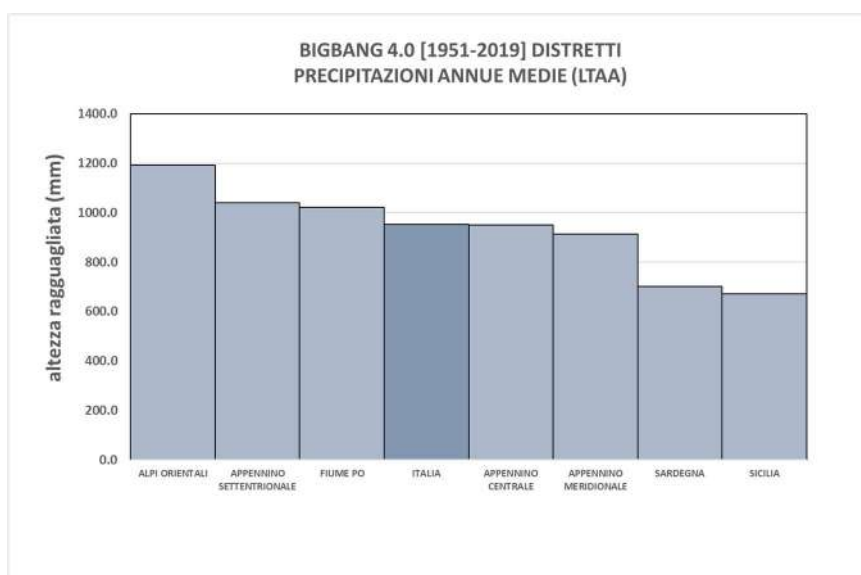


Figura 9.2 – Precipitazioni annue medie nei distretti idrografici

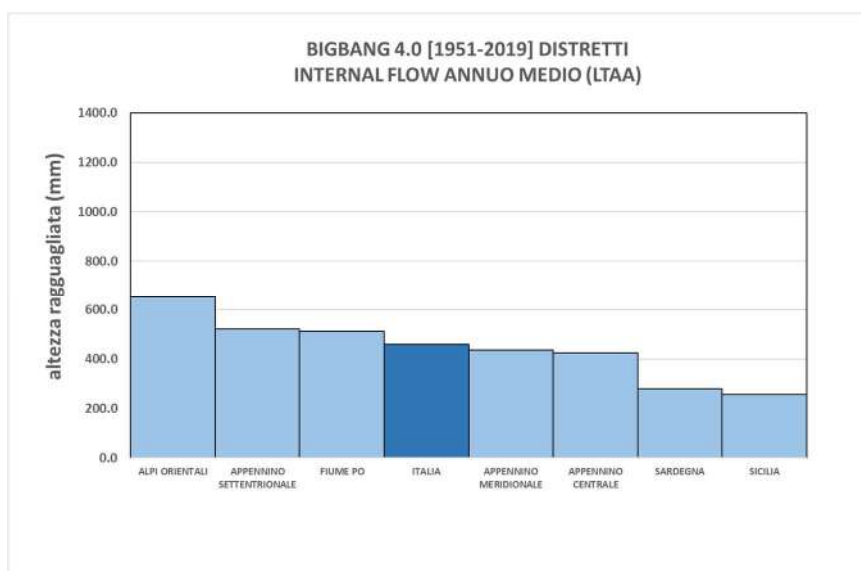


Figura 9.3 – Internal flow annuo medio nei distretti idrografici

Tabella 9.1– Precipitazioni mensili medie (LTA) nei distretti idrografici

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTI IDROGRAFICI													
PRECIPITAZIONI MENSILI MEDIE (LTA)													
DISTRETTO IDROGRAFICO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ALPI ORIENTALI	62.6	63.6	73.2	98.5	114.1	119.9	107.5	112.5	107.6	123.8	130.9	78.7	1192.9
FIUME PO	58.7	60.9	74.1	97.2	103.6	89.0	68.0	80.8	89.3	113.2	117.5	69.9	1022.3
APPENNINO SETTENTRIONALE	92.5	88.7	85.6	86.2	74.2	54.7	35.1	50.8	88.9	126.0	146.5	111.3	1040.5
APPENNINO CENTRALE	81.0	81.4	80.0	80.1	71.5	56.9	40.3	48.3	80.9	98.4	125.7	104.7	949.3
APPENNINO MERIDIONALE	104.9	90.6	86.6	69.8	53.6	36.0	28.4	32.6	67.8	99.1	126.6	116.7	912.8
SARDEGNA	77.4	74.3	67.9	61.5	44.7	20.6	7.4	15.6	44.5	80.7	106.0	100.8	701.5
SICILIA	92.7	73.5	66.5	49.7	27.0	12.3	7.5	17.7	50.4	89.7	88.4	95.3	670.8
ITALIA	79.7	75.1	77.4	81.0	75.5	61.4	47.2	56.1	78.5	105.6	121.2	94.3	953.0

Tabella 9.2– Internal flow mensile medio (LTA) nei distretti idrografici

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTI IDROGRAFICI													
INTERNAL FLOW MENSILE MEDIO (LTA)													
DISTRETTO IDROGRAFICO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ALPI ORIENTALI	37.9	44.6	64.0	93.0	77.3	33.8	5.0	22.3	44.4	83.4	97.7	49.0	652.3
FIUME PO	41.1	46.0	53.5	65.4	52.4	9.2	- 13.1	10.6	33.2	71.8	89.8	51.4	511.5
APPENNINO SETTENTRIONALE	78.2	74.4	61.6	44.2	- 1.8	- 33.5	- 26.4	- 0.1	29.2	78.0	121.5	95.7	521.0
APPENNINO CENTRALE	66.1	66.1	59.3	42.4	- 1.4	- 33.8	- 30.1	- 4.7	21.6	50.8	100.6	88.4	425.4
APPENNINO MERIDIONALE	89.8	74.8	62.3	28.0	- 19.5	- 40.1	- 19.1	- 3.0	14.6	51.6	97.7	99.4	436.5
SARDEGNA	59.9	56.3	38.1	16.6	- 26.8	- 40.7	- 13.3	- 1.0	4.0	34.2	73.6	79.7	280.5
SICILIA	74.2	54.8	37.8	7.3	- 40.2	- 39.6	- 10.4	- 0.5	6.7	39.5	53.9	72.8	256.4
ITALIA	62.5	59.0	55.6	46.4	13.0	- 16.7	- 15.6	4.0	23.8	60.4	92.2	74.7	459.3

Tabella 9.3 – Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) relativo ai distretti idrografici

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTI IDROGRAFICI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO MEDIO (LTAA)														
DISTRETTO IDROGRAFICO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
ALPI ORIENTALI	1192.9	41.4	1192.1	41.4	584.2	20.3	539.8	18.7	406.8	14.1	245.6	8.5	-0.1	0.0
FIUME PO	1022.3	84.6	1022.0	84.6	635.4	52.6	510.6	42.3	220.0	18.2	291.6	24.1	-0.1	0.0
APPENNINO SETTENTRIONALE	1040.5	25.3	1040.5	25.3	715.7	17.4	519.5	12.6	258.7	6.3	262.4	6.4	-0.1	0.0
APPENNINO CENTRALE	949.3	40.1	949.2	40.1	698.9	29.5	523.9	22.1	236.8	10.0	188.7	8.0	-0.2	0.0
APPENNINO MERIDIONALE	912.8	61.6	912.8	61.6	736.9	49.7	476.2	32.1	228.1	15.4	208.6	14.1	-0.2	0.0
SARDEGNA	701.5	16.9	701.5	16.9	785.5	18.9	421.0	10.2	109.5	2.6	171.1	4.1	-0.1	0.0
SICILIA	670.8	17.3	671.3	17.3	788.0	20.3	414.9	10.7	115.9	3.0	140.6	3.6	-0.1	0.0
ITALIA	953.0	287.9	952.8	287.8	692.7	209.2	493.5	149.1	231.1	69.8	228.3	69.0	-0.1	0.0

Tabella 9.4 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto delle Alpi Orientali

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO ALPI ORIENTALI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1511.4	52.5	1477.9	51.3	579.4	20.1	553.7	19.2	620.2	21.5	306.4	10.6	- 2.3	- 0.1
1952	1063.4	36.9	1029.4	35.7	588.6	20.4	514.7	17.9	330.7	11.5	186.4	6.5	- 2.4	- 0.1
1953	1145.8	39.8	1202.6	41.8	597.2	20.7	585.5	20.3	404.1	14.0	214.3	7.4	- 1.3	0.0
1954	1162.2	40.4	1123.9	39.0	553.3	19.2	525.9	18.3	391.2	13.6	212.5	7.4	- 5.7	- 0.2
1955	997.5	34.6	1032.0	35.8	545.0	18.9	525.8	18.3	316.4	11.0	183.6	6.4	6.3	0.2
1956	1054.6	36.6	1052.9	36.6	541.6	18.8	516.3	17.9	345.9	12.0	193.8	6.7	- 3.1	- 0.1
1957	1107.6	38.5	1076.0	37.4	570.2	19.8	537.8	18.7	350.1	12.2	187.9	6.5	0.2	0.0
1958	1274.1	44.2	1231.5	42.8	587.2	20.4	517.5	18.0	461.1	16.0	249.3	8.7	3.5	0.1
1959	1310.5	45.5	1294.1	44.9	583.3	20.3	543.0	18.9	492.6	17.1	259.4	9.0	- 0.9	0.0
1960	1657.0	57.5	1650.4	57.3	545.8	19.0	528.0	18.3	736.5	25.6	381.2	13.2	4.6	0.2
1961	1018.7	35.4	1078.4	37.4	624.0	21.7	540.4	18.8	346.7	12.0	199.4	6.9	- 8.0	- 0.3
1962	1075.9	37.4	1051.5	36.5	560.6	19.5	463.9	16.1	383.3	13.3	214.7	7.5	-10.4	- 0.4
1963	1335.0	46.4	1366.5	47.4	575.4	20.0	558.5	19.4	516.7	17.9	274.4	9.5	16.9	0.6
1964	1127.5	39.2	1102.1	38.3	589.5	20.5	526.7	18.3	368.1	12.8	211.6	7.3	- 4.4	- 0.2
1965	1375.3	47.8	1393.0	48.4	520.3	18.1	514.9	17.9	567.2	19.7	313.2	10.9	- 2.2	- 0.1
1966	1388.1	48.2	1335.2	46.4	586.2	20.4	563.5	19.6	492.0	17.1	272.8	9.5	7.0	0.2
1967	1095.8	38.1	1185.5	41.2	596.2	20.7	551.8	19.2	408.8	14.2	228.2	7.9	- 3.2	- 0.1
1968	1275.3	44.3	1241.4	43.1	558.4	19.4	544.8	18.9	446.1	15.5	251.8	8.7	- 1.3	0.0
1969	967.6	33.6	990.1	34.4	571.2	19.8	519.6	18.0	302.4	10.5	180.5	6.3	-12.4	- 0.4
1970	1091.2	37.9	1083.4	37.6	552.5	19.2	500.5	17.4	362.9	12.6	210.5	7.3	9.5	0.3
1971	1018.1	35.4	1012.9	35.2	575.1	20.0	494.9	17.2	336.3	11.7	193.6	6.7	-11.9	- 0.4
1972	1197.1	41.6	1211.4	42.1	522.2	18.1	500.8	17.4	449.9	15.6	251.7	8.7	9.0	0.3
1973	996.6	34.6	988.4	34.3	568.6	19.7	516.4	17.9	294.8	10.2	174.8	6.1	2.4	0.1
1974	985.7	34.2	1001.2	34.8	543.9	18.9	506.6	17.6	311.7	10.8	187.7	6.5	- 4.8	- 0.2
1975	1314.2	45.6	1288.5	44.7	567.2	19.7	554.1	19.2	460.7	16.0	264.6	9.2	9.2	0.3
1976	1199.6	41.7	1198.6	41.6	548.1	19.0	510.8	17.7	437.9	15.2	248.0	8.6	1.9	0.1
1977	1273.9	44.2	1306.0	45.3	547.4	19.0	528.4	18.3	497.1	17.3	289.8	10.1	- 9.4	- 0.3
1978	1333.7	46.3	1326.7	46.1	525.3	18.2	500.4	17.4	526.0	18.3	295.6	10.3	4.8	0.2
1979	1447.5	50.3	1400.2	48.6	560.0	19.4	518.2	18.0	562.8	19.5	315.4	11.0	3.8	0.1
1980	1096.9	38.1	1137.2	39.5	531.3	18.5	485.9	16.9	410.3	14.2	243.4	8.5	- 2.4	- 0.1
1981	1139.2	39.6	1129.1	39.2	574.2	19.9	554.5	19.3	351.3	12.2	222.0	7.7	1.3	0.0
1982	1132.2	39.3	1138.2	39.5	609.0	21.1	562.5	19.5	356.6	12.4	219.2	7.6	- 0.0	0.0
1983	913.4	31.7	902.8	31.4	606.3	21.1	503.7	17.5	246.0	8.5	171.2	5.9	-18.1	- 0.6
1984	1222.9	42.5	1248.5	43.4	525.8	18.3	501.0	17.4	462.5	16.1	268.6	9.3	16.4	0.6
1985	1026.9	35.7	1020.1	35.4	588.8	20.4	492.6	17.1	339.4	11.8	208.7	7.2	-20.6	- 0.7
1986	998.8	34.7	1025.3	35.6	591.5	20.5	546.0	19.0	289.0	10.0	188.8	6.6	1.5	0.1
1987	1333.6	46.3	1323.8	46.0	572.1	19.9	538.7	18.7	479.3	16.6	286.8	10.0	19.0	0.7
1988	1012.3	35.2	1018.5	35.4	594.2	20.6	556.6	19.3	280.7	9.7	191.6	6.7	-10.4	- 0.4
1989	1094.2	38.0	1068.8	37.1	579.3	20.1	567.7	19.7	307.1	10.7	200.4	7.0	- 6.4	- 0.2
1990	1075.7	37.4	1030.4	35.8	596.8	20.7	546.0	19.0	277.9	9.7	192.4	6.7	14.1	0.5
1991	1046.4	36.3	1087.6	37.8	559.8	19.4	516.1	17.9	350.5	12.2	222.4	7.7	- 1.4	0.0
1992	1230.6	42.7	1210.3	42.0	584.4	20.3	542.8	18.8	409.6	14.2	254.5	8.8	3.4	0.1
1993	1002.4	34.8	1037.3	36.0	567.3	19.7	498.0	17.3	330.6	11.5	209.3	7.3	- 0.6	0.0
1994	1020.3	35.4	1049.1	36.4	620.3	21.5	553.6	19.2	298.2	10.4	199.1	6.9	- 1.8	- 0.1
1995	1098.5	38.1	1068.3	37.1	554.8	19.3	534.6	18.6	326.7	11.3	221.8	7.7	-14.8	- 0.5
1996	1326.9	46.1	1296.1	45.0	539.5	18.7	518.8	18.0	472.3	16.4	283.9	9.9	21.1	0.7
1997	981.6	34.1	990.7	34.4	583.5	20.3	514.4	17.9	286.7	10.0	200.1	6.9	-10.6	- 0.4
1998	1080.8	37.5	1126.4	39.1	587.9	20.4	537.6	18.7	351.9	12.2	229.8	8.0	7.2	0.2
1999	1173.9	40.8	1156.3	40.2	596.9	20.7	562.7	19.5	354.6	12.3	238.5	8.3	0.5	0.0
2000	1386.3	48.1	1336.6	46.4	615.2	21.4	574.1	19.9	470.7	16.3	291.4	10.1	0.4	0.0
2001	1040.8	36.1	1116.8	38.8	597.6	20.8	557.3	19.4	337.0	11.7	239.3	8.3	-16.7	- 0.6
2002	1515.5	52.6	1455.7	50.5	603.9	21.0	599.7	20.8	518.4	18.0	319.6	11.1	18.0	0.6
2003	923.1	32.1	938.0	32.6	650.7	22.6	509.0	17.7	257.5	8.9	180.4	6.3	- 8.9	- 0.3
2004	1230.0	42.7	1252.3	43.5	576.0	20.0	545.5	18.9	423.7	14.7	275.0	9.6	8.1	0.3
2005	1057.1	36.7	1053.3	36.6	577.4	20.0	554.1	19.2	294.4	10.2	204.8	7.1	0.0	0.0
2006	963.3	33.5	978.9	34.0	611.2	21.2	550.0	19.1	259.2	9.0	180.0	6.3	-10.4	- 0.4
2007	1021.0	35.5	1017.1	35.3	617.1	21.4	570.0	19.8	267.1	9.3	180.6	6.3	- 0.6	0.0
2008	1580.4	54.9	1501.4	52.1	598.6	20.8	580.6	20.2	556.8	19.3	351.1	12.2	13.0	0.4
2009	1382.6	48.0	1403.5	48.7	631.7	21.9	555.2	19.3	532.0	18.5	321.9	11.2	- 5.6	- 0.2
2010	1622.2	56.3	1592.4	55.3	576.9	20.0	561.5	19.5	636.0	22.1	389.3	13.5	5.7	0.2
2011	1071.9	37.2	1172.3	40.7	646.3	22.4	577.1	20.0	371.1	12.9	233.6	8.1	- 9.4	- 0.3
2012	1319.4	45.8	1292.1	44.9	645.5	22.4	576.4	20.0	436.8	15.2	276.7	9.6	2.1	0.1
2013	1450.5	50.4	1445.4	50.2	610.6	21.2	543.6	18.9	551.3	19.1	347.8	12.1	2.8	0.1
2014	1865.5	64.8	1888.7	65.6	614.7	21.3	608.1	21.1	795.5	27.6	481.3	16.7	3.8	0.1
2015	929.5	32.3	957.0	33.2	652.1	22.6	585.4	20.3	231.5	8.0	176.8	6.1	-36.7	- 1.3
2016	1240.8	43.1	1230.6	42.7	610.1	21.2	574.3	19.9	371.4	12.9	259.6	9.0	25.3	0.9
2017	1108.1	38.5	1045.4	36.3	628.4	21.8	562.7	19.5	272.0	9.4	206.7	7.2	3.9	0.1
2018	1274.1	44.2	1333.9	46.3	661.4	23.0	609.2	21.2	443.1	15.4	281.1	9.8	0.5	0.0
2019	1522.8	52.9	1448.1	50.3	634.5	22.0	557.9	19.4	544.1	18.9	344.0	11.9	2.1	0.1
MEDIA (LTAA)	1192.9	41.4	1192.1	41.4	584.2	20.3	539.8	18.7	406.8	14.1	245.6	8.5	- 0.1	0.0

Tabella 9.5 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto del fiume Po

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO PADANO														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1407.4	116.5	1368.9	113.3	648.4	53.7	567.8	47.0	376.9	31.2	425.4	35.2	- 1.3	- 0.1
1952	834.7	69.1	837.4	69.3	669.8	55.5	504.4	41.8	148.4	12.3	192.9	16.0	- 8.4	- 0.7
1953	1001.8	82.9	1031.4	85.4	653.1	54.1	573.9	47.5	195.1	16.2	257.8	21.3	4.6	0.4
1954	1003.5	83.1	987.1	81.7	618.5	51.2	524.4	43.4	220.9	18.3	250.1	20.7	- 8.2	- 0.7
1955	859.3	71.1	873.0	72.3	627.9	52.0	494.1	40.9	162.8	13.5	211.2	17.5	4.9	0.4
1956	941.0	77.9	942.5	78.0	607.9	50.3	487.1	40.3	204.7	16.9	254.4	21.1	- 3.7	- 0.3
1957	1087.1	90.0	1060.8	87.8	635.1	52.6	504.0	41.7	261.6	21.7	303.4	25.1	- 8.3	- 0.7
1958	1022.9	84.7	1014.4	84.0	654.5	54.2	465.7	38.6	248.3	20.6	283.9	23.5	16.5	1.4
1959	1306.8	108.2	1294.9	107.2	650.9	53.9	576.3	47.7	341.3	28.3	376.8	31.2	0.6	0.0
1960	1480.1	122.5	1475.5	122.1	619.8	51.3	538.2	44.6	444.5	36.8	491.5	40.7	1.3	0.1
1961	901.5	74.6	927.3	76.8	669.6	55.4	485.0	40.1	192.4	15.9	252.7	20.9	- 2.8	- 0.2
1962	854.0	70.7	838.9	69.4	607.3	50.3	415.2	34.4	195.5	16.2	232.2	19.2	- 4.1	- 0.3
1963	1245.4	103.1	1253.4	103.8	607.2	50.3	548.7	45.4	323.2	26.8	376.2	31.1	5.3	0.4
1964	989.1	81.9	1001.0	82.9	632.6	52.4	483.3	40.0	244.7	20.3	276.1	22.9	- 3.0	- 0.3
1965	942.0	78.0	940.6	77.9	570.2	47.2	506.8	42.0	193.2	16.0	243.2	20.1	- 2.5	- 0.2
1966	1129.0	93.5	1114.9	92.3	630.4	52.2	546.2	45.2	256.3	21.2	306.0	25.3	6.5	0.5
1967	775.7	64.2	801.7	66.4	638.5	52.9	495.3	41.0	134.2	11.1	180.2	14.9	- 8.1	- 0.7
1968	1123.0	93.0	1097.6	90.9	606.9	50.2	555.6	46.0	235.4	19.5	298.9	24.7	7.8	0.6
1969	915.5	75.8	935.7	77.5	609.1	50.4	505.4	41.8	192.0	15.9	258.0	21.4	-19.6	- 1.6
1970	869.9	72.0	862.5	71.4	599.8	49.7	449.5	37.2	176.6	14.6	227.2	18.8	9.2	0.8
1971	910.5	75.4	913.1	75.6	617.0	51.1	436.1	36.1	211.3	17.5	265.8	22.0	- 0.2	0.0
1972	1255.1	103.9	1256.4	104.0	574.7	47.6	520.3	43.1	331.8	27.5	397.2	32.9	7.1	0.6
1973	975.0	80.7	966.4	80.0	617.0	51.1	536.2	44.4	183.3	15.2	247.7	20.5	- 0.8	- 0.1
1974	894.3	74.0	908.7	75.2	598.4	49.5	475.7	39.4	196.6	16.3	259.9	21.5	-23.5	- 1.9
1975	1187.8	98.3	1176.5	97.4	613.4	50.8	549.0	45.4	269.3	22.3	332.0	27.5	26.3	2.2
1976	1221.6	101.1	1206.9	99.9	591.5	49.0	512.3	42.4	314.7	26.1	378.7	31.4	1.1	0.1
1977	1352.8	112.0	1375.1	113.8	585.2	48.4	549.8	45.5	360.8	29.9	468.9	38.8	- 4.4	- 0.4
1978	1094.1	90.6	1093.6	90.5	562.0	46.5	463.3	38.4	285.5	23.6	346.4	28.7	- 1.7	- 0.1
1979	1218.3	100.9	1206.2	99.9	605.2	50.1	502.2	41.6	326.0	27.0	372.1	30.8	5.8	0.5
1980	944.0	78.1	963.3	79.7	572.5	47.4	457.6	37.9	228.7	18.9	284.7	23.6	- 7.7	- 0.6
1981	1024.2	84.8	1005.1	83.2	616.5	51.0	560.5	46.4	170.3	14.1	275.1	22.8	- 0.7	- 0.1
1982	1006.8	83.4	1009.3	83.6	648.6	53.7	511.6	42.4	213.3	17.7	277.2	23.0	7.2	0.6
1983	832.0	68.9	842.5	69.7	645.8	53.5	470.5	38.9	159.4	13.2	234.4	19.4	-21.7	- 1.8
1984	1160.1	96.0	1164.8	96.4	569.6	47.2	502.0	41.6	285.0	23.6	356.5	29.5	21.3	1.8
1985	822.3	68.1	826.4	68.4	634.1	52.5	428.7	35.5	187.5	15.5	234.4	19.4	-24.3	- 2.0
1986	911.0	75.4	918.6	76.0	633.2	52.4	478.0	39.6	200.9	16.6	264.6	21.9	-24.8	- 2.1
1987	1018.4	84.3	1012.0	83.8	619.6	51.3	484.2	40.1	203.7	16.9	275.0	22.8	49.2	4.1
1988	879.4	72.8	884.5	73.2	643.9	53.3	498.2	41.2	164.7	13.6	242.5	20.1	-20.9	- 1.7
1989	813.6	67.4	804.3	66.6	618.7	51.2	503.7	41.7	131.6	10.9	191.4	15.8	-22.3	- 1.8
1990	848.1	70.2	833.5	69.0	636.1	52.7	469.0	38.8	134.6	11.1	189.1	15.7	40.7	3.4
1991	891.6	73.8	907.2	75.1	608.1	50.3	457.1	37.8	186.4	15.4	268.6	22.2	- 5.0	- 0.4
1992	1044.8	86.5	1039.0	86.0	628.8	52.1	528.7	43.8	208.7	17.3	294.3	24.4	7.3	0.6
1993	1037.0	85.8	1037.0	85.9	616.8	51.1	492.9	40.8	222.7	18.4	322.1	26.7	- 0.6	- 0.1
1994	1101.1	91.2	1120.8	92.8	668.4	55.3	545.4	45.1	237.6	19.7	342.3	28.3	- 4.4	- 0.4
1995	972.3	80.5	957.6	79.3	609.9	50.5	550.9	45.6	161.7	13.4	246.9	20.4	- 1.8	- 0.1
1996	1201.2	99.4	1169.6	96.8	589.9	48.8	513.1	42.5	290.6	24.1	358.2	29.7	7.7	0.6
1997	821.9	68.0	843.3	69.8	647.2	53.6	485.4	40.2	145.0	12.0	222.1	18.4	- 9.2	- 0.8
1998	816.6	67.6	839.3	69.5	644.2	53.3	515.4	42.7	125.9	10.4	207.9	17.2	- 9.9	- 0.8
1999	1043.2	86.4	1029.9	85.3	651.1	53.9	554.2	45.9	183.6	15.2	276.1	22.9	16.0	1.3
2000	1207.5	100.0	1180.4	97.7	658.5	54.5	536.8	44.4	264.4	21.9	377.3	31.2	1.9	0.2
2001	865.0	71.6	910.1	75.3	647.6	53.6	503.3	41.7	175.5	14.5	263.4	21.8	-32.1	- 2.7
2002	1372.3	113.6	1333.9	110.4	639.3	52.9	605.4	50.1	284.6	23.6	411.7	34.1	32.3	2.7
2003	765.6	63.4	774.9	64.2	706.5	58.5	434.5	36.0	142.2	11.8	203.8	16.9	- 5.5	- 0.5
2004	951.7	78.8	968.2	80.1	635.8	52.6	486.7	40.3	200.2	16.6	277.3	23.0	3.9	0.3
2005	864.1	71.5	865.3	71.6	630.4	52.2	519.7	43.0	133.0	11.0	214.3	17.7	- 1.8	- 0.1
2006	801.2	66.3	809.4	67.0	669.8	55.4	517.7	42.9	117.9	9.8	194.6	16.1	-20.7	- 1.7
2007	768.2	63.6	764.0	63.2	678.7	56.2	531.0	44.0	72.7	6.0	157.3	13.0	3.0	0.3
2008	1188.5	98.4	1147.5	95.0	651.0	53.9	525.1	43.5	253.2	21.0	349.9	29.0	19.2	1.6
2009	1088.8	90.1	1106.9	91.6	689.7	57.1	496.0	41.1	261.7	21.7	353.5	29.3	- 4.3	- 0.4
2010	1295.7	107.3	1278.6	105.8	624.8	51.7	552.9	45.8	319.8	26.5	402.0	33.3	3.9	0.3
2011	860.1	71.2	903.5	74.8	693.9	57.4	505.8	41.9	161.8	13.4	253.8	21.0	-17.8	- 1.5
2012	934.1	77.3	925.9	76.6	697.8	57.8	501.7	41.5	159.4	13.2	248.1	20.5	16.6	1.4
2013	1178.2	97.5	1181.2	97.8	650.2	53.8	500.2	41.4	296.0	24.5	384.4	31.8	0.6	0.1
2014	1418.4	117.4	1419.3	117.5	651.1	53.9	595.1	49.3	361.6	29.9	463.3	38.4	- 0.7	- 0.1
2015	842.7	69.8	862.7	71.4	721.6	59.7	539.4	44.7	137.8	11.4	231.6	19.2	-46.1	- 3.8
2016	1026.8	85.0	1012.0	83.8	669.5	55.4	536.0	44.4	167.4	13.6	273.5	22.6	37.7	3.1
2017	741.2	61.4	733.2	60.7	705.5	58.4	459.5	38.0	100.0	8.3	176.8	14.6	- 3.2	- 0.3
2018	1163.3	96.3	1169.5	96.8	708.5	58.7	562.6	46.6	232.1	19.2	369.1	30.6	5.6	0.5
2019	1218.2	100.8	1200.7	99.4	688.9	57.0	540.4	44.7	272.1	22.5	380.7	31.5	7.5	0.6
MEDIA (LTAA)	1022.3	84.6	1022.0	84.6	635.4	52.6	510.6	42.3	220.0	18.2	291.6	24.1	- 0.1	0.0

Tabella 9.6 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell'Appennino Settentrionale

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1375.2	33.4	1375.2	33.4	743.5	18.1	559.7	13.6	421.9	10.2	394.4	9.6	- 0.8	0.0
1952	1048.4	25.5	1040.4	25.3	778.5	18.9	513.0	12.5	280.2	6.8	248.1	6.0	- 1.0	0.0
1953	919.8	22.3	927.7	22.5	734.0	17.8	597.2	14.5	169.6	4.1	161.4	3.9	- 0.5	0.0
1954	994.3	24.1	994.3	24.1	683.6	16.6	550.3	13.4	236.4	5.7	228.0	5.5	-20.4	- 0.5
1955	989.8	24.0	989.6	24.0	724.8	17.6	484.1	11.8	253.9	6.2	230.7	5.6	20.8	0.5
1956	934.6	22.7	934.0	22.7	679.8	16.5	479.0	11.6	233.9	5.7	221.9	5.4	- 0.9	0.0
1957	968.8	23.5	965.8	23.5	722.0	17.5	487.6	11.8	241.4	5.9	240.5	5.8	- 3.7	- 0.1
1958	1014.8	24.6	1015.1	24.7	743.4	18.1	447.0	10.9	289.6	7.0	273.6	6.6	4.9	0.1
1959	1242.5	30.2	1240.1	30.1	734.3	17.8	583.8	14.2	332.0	8.1	324.1	7.9	0.2	0.0
1960	1548.2	37.6	1551.4	37.7	710.7	17.3	552.6	13.4	526.0	12.8	472.7	11.5	- 0.0	0.0
1961	1089.5	26.5	1088.6	26.4	758.9	18.4	543.5	13.2	281.4	6.8	263.8	6.4	- 0.1	0.0
1962	946.8	23.0	943.5	22.9	706.2	17.2	423.9	10.3	272.6	6.6	247.0	6.0	0.1	0.0
1963	1277.9	31.0	1280.3	31.1	697.3	16.9	603.0	14.6	349.0	8.5	330.4	8.0	- 2.1	- 0.1
1964	1197.1	29.1	1197.9	29.1	721.4	17.5	531.6	12.9	350.0	8.5	314.5	7.6	1.8	0.0
1965	1186.1	28.8	1186.2	28.8	664.2	16.1	543.9	13.2	336.8	8.2	307.5	7.5	- 2.0	0.0
1966	1300.5	31.6	1295.0	31.4	709.8	17.2	575.4	14.0	374.5	9.1	342.7	8.3	2.4	0.1
1967	865.0	21.0	870.2	21.1	719.9	17.5	540.6	13.1	170.0	4.1	160.3	3.9	- 0.7	0.0
1968	1187.0	28.8	1185.9	28.8	685.3	16.6	592.4	14.4	300.6	7.3	293.0	7.1	- 0.1	0.0
1969	1097.1	26.6	1098.1	26.7	685.1	16.6	539.4	13.1	289.7	7.0	270.1	6.6	- 1.0	0.0
1970	978.5	23.8	977.2	23.7	685.0	16.6	447.0	10.9	269.7	6.5	262.7	6.4	- 2.1	- 0.1
1971	904.3	22.0	908.9	22.1	693.6	16.8	473.2	11.5	215.6	5.2	219.0	5.3	1.1	0.0
1972	1088.3	26.4	1087.0	26.4	665.1	16.2	540.5	13.1	270.2	6.6	278.1	6.8	- 1.7	0.0
1973	799.4	19.4	797.5	19.4	697.0	16.9	495.9	12.0	153.3	3.7	160.9	3.9	-12.6	- 0.3
1974	889.2	21.6	892.7	21.7	675.4	16.4	500.5	12.2	194.7	4.7	197.4	4.8	0.0	0.0
1975	1074.1	26.1	1073.6	26.1	685.0	16.6	561.8	13.6	246.4	6.0	250.1	6.1	15.3	0.4
1976	1159.3	28.2	1153.3	28.0	657.1	16.0	562.8	13.7	293.9	7.1	296.0	7.2	0.6	0.0
1977	1120.1	27.2	1125.7	27.3	661.7	16.1	548.3	13.3	287.6	7.0	293.9	7.1	- 4.1	- 0.1
1978	1085.4	26.4	1085.3	26.4	635.3	15.4	491.2	11.9	298.7	7.3	295.2	7.2	0.1	0.0
1979	1316.7	32.0	1317.3	32.0	681.0	16.5	484.1	11.8	428.9	10.4	400.3	9.7	3.9	0.1
1980	1061.5	25.8	1059.5	25.7	639.7	15.5	461.9	11.2	308.9	7.5	289.8	7.0	- 1.2	0.0
1981	938.6	22.8	934.5	22.7	678.7	16.5	538.7	13.1	192.5	4.7	203.3	4.9	- 0.2	0.0
1982	1004.6	24.4	1009.6	24.5	736.1	17.9	511.4	12.4	251.3	6.1	245.9	6.0	0.9	0.0
1983	870.5	21.1	870.3	21.1	720.1	17.5	505.5	12.3	183.4	4.5	190.6	4.6	- 9.3	- 0.2
1984	1237.4	30.0	1239.3	30.1	646.9	15.7	556.7	13.5	337.1	8.2	336.2	8.2	9.3	0.2
1985	747.3	18.1	747.7	18.2	722.1	17.5	386.3	9.4	183.4	4.5	187.3	4.5	- 9.4	- 0.2
1986	934.2	22.7	933.3	22.7	702.1	17.1	484.8	11.8	229.5	5.6	232.7	5.7	-13.6	- 0.3
1987	1058.5	25.7	1059.3	25.7	706.3	17.2	471.6	11.5	286.7	7.0	277.9	6.7	23.0	0.6
1988	810.6	19.7	810.2	19.7	729.7	17.7	511.4	12.4	163.1	4.0	170.7	4.1	-34.9	- 0.8
1989	842.4	20.5	842.1	20.4	706.6	17.2	571.5	13.9	113.2	2.8	138.0	3.4	19.3	0.5
1990	877.4	21.3	871.4	21.2	731.5	17.8	486.9	11.8	181.3	4.4	188.5	4.6	14.7	0.4
1991	1015.6	24.7	1021.4	24.8	691.9	16.8	515.8	12.5	250.3	6.1	258.2	6.3	- 2.9	- 0.1
1992	1166.5	28.3	1166.1	28.3	728.9	17.7	601.6	14.6	270.8	6.6	291.2	7.1	2.4	0.1
1993	903.9	22.0	904.6	22.0	705.1	17.1	480.1	11.7	202.1	4.9	222.0	5.4	0.4	0.0
1994	911.6	22.1	912.2	22.2	756.7	18.4	535.0	13.0	182.3	4.4	203.1	4.9	- 8.2	- 0.2
1995	972.9	23.6	968.8	23.5	680.2	16.5	541.1	13.1	198.8	4.8	225.6	5.5	3.2	0.1
1996	1204.4	29.2	1206.2	29.3	665.9	16.2	550.6	13.4	319.6	7.8	330.9	8.0	5.0	0.1
1997	960.7	23.3	961.0	23.3	726.4	17.6	524.4	12.7	209.9	5.1	226.7	5.5	0.1	0.0
1998	872.3	21.2	872.9	21.2	722.0	17.5	492.3	12.0	185.1	4.5	200.1	4.9	- 4.7	- 0.1
1999	1024.0	24.9	1020.3	24.8	738.7	17.9	507.6	12.3	247.1	6.0	261.4	6.3	4.2	0.1
2000	1109.6	26.9	1114.0	27.1	741.3	18.0	497.0	12.1	301.8	7.3	315.2	7.7	0.1	0.0
2001	873.5	21.2	872.0	21.2	719.8	17.5	459.8	11.2	207.8	5.0	226.4	5.5	-22.1	- 0.5
2002	1090.8	26.5	1092.0	26.5	708.7	17.2	616.3	15.0	204.5	5.0	249.8	6.1	21.4	0.5
2003	806.3	19.6	805.5	19.6	778.8	18.9	399.3	9.7	193.7	4.7	213.5	5.2	- 1.0	0.0
2004	991.0	24.1	992.5	24.1	697.4	16.9	485.7	11.8	249.2	6.1	257.1	6.2	0.6	0.0
2005	938.6	22.8	932.6	22.6	692.6	16.8	508.3	12.3	202.6	4.9	220.8	5.4	0.9	0.0
2006	805.3	19.6	811.6	19.7	743.9	18.1	505.8	12.3	149.4	3.6	172.3	4.2	-15.9	- 0.4
2007	718.0	17.4	717.0	17.4	745.2	18.1	516.3	12.5	96.6	2.3	120.2	2.9	-16.2	- 0.4
2008	1145.9	27.8	1143.1	27.8	728.3	17.7	512.8	12.5	290.0	7.0	308.6	7.5	31.8	0.8
2009	1115.7	27.1	1112.1	27.0	752.1	18.3	484.7	11.8	305.3	7.4	322.7	7.8	- 0.7	0.0
2010	1446.1	35.1	1444.0	35.1	695.4	16.9	570.5	13.9	428.4	10.4	444.2	10.8	0.9	0.0
2011	779.1	18.9	788.2	19.1	761.7	18.5	466.2	11.3	164.9	4.0	182.2	4.4	-25.1	- 0.6
2012	1017.4	24.7	1015.7	24.7	771.1	18.7	494.7	12.0	240.0	5.8	256.1	6.2	24.9	0.6
2013	1313.6	31.9	1315.7	32.0	733.1	17.8	545.6	13.2	373.6	9.1	397.5	9.7	- 0.9	0.0
2014	1477.4	35.9	1477.4	35.9	744.4	18.1	645.7	15.7	397.7	9.7	433.3	10.5	0.7	0.0
2015	815.5	19.8	815.5	19.8	789.8	19.2	533.0	12.9	142.4	3.5	168.6	4.1	-28.5	- 0.7
2016	1145.3	27.8	1145.3	27.8	767.9	18.6	572.9	13.9	263.1	6.4	288.3	7.0	21.1	0.5
2017	753.8	18.3	752.3	18.3	792.6	19.2	424.2	10.3	153.8	3.7	172.5	4.2	1.8	0.0
2018	1137.3	27.6	1138.8	27.7	779.9	18.9	557.8	13.5	268.5	6.5	308.8	7.5	3.7	0.1
2019	1301.3	31.6	1301.3	31.6	766.3	18.6	557.2	13.5	355.5	8.6	387.0	9.4	1.6	0.0
MEDIA (LTAA)	1040.5	25.3	1040.5	25.3	715.7	17.4	519.5	12.6	258.7	6.3	262.4	6.4	- 0.1	0.0

Tabella 9.7 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell'Appennino Centrale

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO APPENNINO CENTRALE														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1137.4	48.1	1137.1	48.1	739.3	31.3	548.2	23.2	342.5	14.5	248.4	10.5	- 2.0	- 0.1
1952	897.8	38.0	888.9	37.6	778.6	32.9	503.7	21.3	225.4	9.5	160.6	6.8	- 0.8	0.0
1953	905.6	38.3	914.1	38.6	719.0	30.4	595.5	25.2	182.2	7.7	143.4	6.1	- 7.0	- 0.3
1954	874.2	37.0	872.9	36.9	688.1	29.1	508.1	21.5	209.6	8.9	165.2	7.0	- 9.9	- 0.4
1955	1049.0	44.3	1049.9	44.4	704.2	29.8	521.7	22.1	293.3	12.4	217.5	9.2	17.4	0.7
1956	918.6	38.8	915.3	38.7	686.0	29.0	425.4	18.0	283.8	12.0	206.4	8.7	- 0.2	0.0
1957	855.3	36.2	851.8	36.0	718.2	30.4	506.0	21.4	201.9	8.5	157.1	6.6	-13.3	- 0.6
1958	1015.1	42.9	1019.0	43.1	743.9	31.4	482.1	20.4	304.2	12.9	219.8	9.3	13.0	0.5
1959	1206.8	51.0	1204.2	50.9	705.6	29.8	619.2	26.2	336.0	14.2	248.5	10.5	0.4	0.0
1960	1288.4	54.5	1288.7	54.5	718.4	30.4	541.1	22.9	440.0	18.6	305.8	12.9	1.7	0.1
1961	979.5	41.4	981.3	41.5	725.9	30.7	518.3	21.9	265.8	11.2	197.8	8.4	- 0.5	0.0
1962	1055.3	44.6	1039.9	44.0	678.9	28.7	449.5	19.0	343.2	14.5	247.2	10.5	- 0.1	0.0
1963	1209.8	51.1	1224.5	51.8	676.2	28.6	590.9	25.0	363.8	15.4	269.4	11.4	0.5	0.0
1964	1113.9	47.1	1112.6	47.0	688.6	29.1	558.1	23.6	323.0	13.7	231.6	9.8	0.0	0.0
1965	1038.3	43.9	1042.8	44.1	646.7	27.3	509.5	21.5	322.3	13.6	223.0	9.4	-12.0	- 0.5
1966	995.1	42.1	988.2	41.8	687.5	29.1	530.2	22.4	268.8	11.4	181.7	7.7	7.4	0.3
1967	854.9	36.1	854.2	36.1	698.1	29.5	530.0	22.4	179.4	7.6	141.7	6.0	3.2	0.1
1968	965.0	40.8	965.6	40.8	672.7	28.4	579.5	24.5	215.7	9.1	170.3	7.2	0.1	0.0
1969	1082.5	45.8	1074.0	45.4	664.4	28.1	567.7	24.0	289.6	12.2	217.0	9.2	- 0.3	0.0
1970	810.9	34.3	823.7	34.8	665.4	28.1	474.9	20.1	209.9	8.9	152.2	6.4	-13.3	- 0.6
1971	848.5	35.9	851.0	36.0	668.8	28.3	473.7	20.0	214.2	9.1	153.9	6.5	9.2	0.4
1972	1039.7	44.0	1040.8	44.0	645.6	27.3	586.6	24.8	259.1	11.0	195.8	8.3	- 0.8	0.0
1973	857.5	36.3	850.4	35.9	668.0	28.2	490.5	20.7	200.7	8.5	176.5	7.5	-17.4	- 0.7
1974	876.1	37.0	881.5	37.3	651.6	27.5	507.7	21.5	204.2	8.6	152.1	6.4	17.5	0.7
1975	840.2	35.5	841.7	35.6	660.4	27.9	534.5	22.6	174.5	7.4	129.2	5.5	3.4	0.1
1976	1239.1	52.4	1230.4	52.0	628.4	26.6	594.1	25.1	350.9	14.8	284.1	12.0	1.3	0.1
1977	851.4	36.0	859.0	36.3	652.8	27.6	574.1	24.3	166.3	7.0	124.9	5.3	- 6.4	- 0.3
1978	1121.5	47.4	1123.4	47.5	609.8	25.8	491.8	20.8	358.8	15.2	266.7	11.3	6.1	0.3
1979	1122.1	47.4	1121.8	47.4	661.8	28.0	492.6	20.8	368.3	15.6	261.2	11.0	- 0.2	0.0
1980	1063.1	44.9	1056.3	44.7	615.4	26.0	443.2	18.7	343.8	14.5	268.5	11.3	0.9	0.0
1981	840.1	35.5	839.1	35.5	661.3	28.0	543.5	23.0	167.7	7.1	131.9	5.6	- 4.0	- 0.2
1982	900.0	38.0	905.3	38.3	713.9	30.2	515.3	21.8	211.5	8.9	176.2	7.4	2.3	0.1
1983	771.3	32.6	771.2	32.6	690.0	29.2	517.8	21.9	148.7	6.3	123.1	5.2	-18.4	- 0.8
1984	1098.9	46.5	1100.9	46.5	626.9	26.5	510.2	21.6	327.7	13.9	245.2	10.4	17.8	0.8
1985	759.2	32.1	760.6	32.2	695.4	29.4	395.0	16.7	208.0	8.8	159.9	6.8	- 2.3	- 0.1
1986	1002.9	42.4	1001.2	42.3	675.1	28.5	547.1	23.1	261.8	11.1	205.3	8.7	-13.0	- 0.6
1987	953.0	40.3	954.7	40.4	689.1	29.1	461.1	19.5	272.1	11.5	207.0	8.8	14.5	0.6
1988	768.1	32.5	766.0	32.4	715.7	30.3	516.5	21.8	151.8	6.4	116.6	4.9	-18.9	- 0.8
1989	842.9	35.6	844.9	35.7	680.7	28.8	609.8	25.8	119.4	5.0	105.1	4.4	10.5	0.4
1990	832.7	35.2	812.6	34.4	704.1	29.8	494.7	20.9	171.5	7.3	138.6	5.9	7.8	0.3
1991	978.4	41.4	995.6	42.1	665.6	28.1	496.2	21.0	283.4	12.0	216.0	9.1	0.0	0.0
1992	900.8	38.1	903.1	38.2	711.3	30.1	540.5	22.8	200.5	8.5	170.7	7.2	- 8.6	- 0.4
1993	821.4	34.7	820.6	34.7	688.1	29.1	453.5	19.2	199.1	8.4	158.7	6.7	9.4	0.4
1994	730.8	30.9	732.2	31.0	729.8	30.9	515.5	21.8	116.9	4.9	112.4	4.8	-12.6	- 0.5
1995	881.5	37.3	878.2	37.1	641.7	27.1	536.3	22.7	178.1	7.5	156.0	6.6	7.8	0.3
1996	1148.4	48.5	1145.6	48.4	631.1	26.7	530.4	22.4	343.0	14.5	266.9	11.3	5.3	0.2
1997	887.6	37.5	891.6	37.7	687.2	29.1	516.6	21.8	200.9	8.5	174.9	7.4	- 0.8	0.0
1998	940.6	39.8	936.4	39.6	704.0	29.8	505.2	21.4	235.5	10.0	195.8	8.3	- 0.2	0.0
1999	1069.0	45.2	1070.1	45.2	719.3	30.4	564.3	23.9	280.3	11.8	224.9	9.5	0.6	0.0
2000	793.8	33.6	799.1	33.8	743.3	31.4	495.0	20.9	166.9	7.1	140.7	5.9	- 3.5	- 0.1
2001	728.7	30.8	720.1	30.4	724.3	30.6	450.5	19.0	145.4	6.1	133.3	5.6	- 9.0	- 0.4
2002	924.5	39.1	931.4	39.4	715.2	30.2	641.7	27.1	134.9	5.7	144.2	6.1	10.5	0.4
2003	732.7	31.0	733.2	31.0	780.1	33.0	465.7	19.7	141.9	6.0	131.2	5.5	- 5.6	- 0.2
2004	1068.6	45.2	1068.5	45.2	698.0	29.5	526.3	22.2	292.2	12.4	243.3	10.3	6.7	0.3
2005	1061.6	44.9	1050.9	44.4	680.0	28.7	513.1	21.7	287.7	12.2	248.9	10.5	1.2	0.1
2006	692.6	29.3	704.7	29.8	712.8	30.1	520.6	22.0	124.0	5.2	119.6	5.1	-59.6	- 2.5
2007	620.5	26.2	615.3	26.0	735.9	31.1	440.0	18.6	69.9	3.0	82.2	3.5	23.2	1.0
2008	997.4	42.2	998.4	42.2	719.0	30.4	514.9	21.8	245.5	10.4	203.7	8.6	34.3	1.4
2009	942.1	39.8	943.8	39.9	742.3	31.4	551.2	23.3	209.5	8.9	183.8	7.8	- 0.7	0.0
2010	1149.2	48.6	1146.1	48.4	691.7	29.2	533.3	22.5	339.7	14.4	272.1	11.5	1.0	0.0
2011	693.4	29.3	698.1	29.5	743.1	31.4	489.6	20.7	127.5	5.4	121.8	5.1	-40.8	- 1.7
2012	899.5	38.0	897.5	37.9	758.9	32.1	504.5	21.3	183.1	7.7	170.0	7.2	39.9	1.7
2013	1138.8	48.1	1140.8	48.2	716.3	30.3	566.8	24.0	303.7	12.8	270.7	11.4	- 0.4	0.0
2014	1125.9	47.6	1126.2	47.6	721.4	30.5	637.3	26.9	261.9	11.1	228.7	9.7	- 1.7	- 0.1
2015	889.3	37.6	890.0	37.6	769.5	32.5	544.5	23.0	189.6	8.0	185.6	7.8	-29.7	- 1.3
2016	942.4	39.8	942.4	39.8	752.0	31.8	624.5	26.4	149.5	6.3	156.1	6.6	12.3	0.5
2017	798.5	33.8	792.4	33.5	793.2	33.5	464.9	19.7	154.4	6.5	156.1	6.6	17.0	0.7
2018	1061.7	44.9	1067.5	45.1	766.5	32.4	588.2	24.9	258.8	10.9	223.8	9.5	- 3.5	- 0.1
2019	997.8	42.2	997.2	42.2	763.6	32.3	557.8	23.6	236.7	10.0	203.4	8.6	- 0.7	0.0
MEDIA (LTAA)	949.3	40.1	949.2	40.1	698.9	29.5	523.9	22.1	236.8	10.0	188.7	8.0	- 0.2	0.0

Tabella 9.8 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto dell'Appennino Meridionale

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO APPENNINO MERIDIONALE														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1063.5	71.8	1063.5	71.8	799.0	53.9	531.1	35.8	297.3	20.1	250.2	16.9	-15.1	- 1.0
1952	894.6	60.4	892.4	60.2	834.5	56.3	456.7	30.8	232.8	15.7	189.5	12.8	13.5	0.9
1953	868.1	58.6	870.2	58.7	771.2	52.0	513.9	34.7	182.9	12.3	181.8	12.3	- 8.5	- 0.6
1954	1055.6	71.2	1055.3	71.2	739.0	49.9	433.2	29.2	339.5	22.9	276.7	18.7	5.9	0.4
1955	1020.3	68.9	1020.7	68.9	757.2	51.1	508.7	34.3	282.5	19.1	232.1	15.7	- 2.7	- 0.2
1956	915.0	61.8	913.8	61.7	747.1	50.4	397.4	26.8	284.4	19.2	226.7	15.3	5.2	0.4
1957	984.8	66.5	982.9	66.3	786.0	53.0	487.8	32.9	261.6	17.7	233.0	15.7	0.4	0.0
1958	958.8	64.7	960.9	64.9	796.2	53.7	455.3	30.7	277.5	18.7	232.4	15.7	- 4.2	- 0.3
1959	1096.6	74.0	1095.0	73.9	735.7	49.7	590.7	39.9	260.6	17.6	241.1	16.3	2.6	0.2
1960	1104.0	74.5	1104.7	74.6	780.5	52.7	498.3	33.6	348.0	23.5	265.5	17.9	- 7.1	- 0.5
1961	818.1	55.2	819.5	55.3	764.1	51.6	438.9	29.6	209.2	14.1	174.3	11.8	- 2.9	- 0.2
1962	930.2	62.8	926.1	62.5	736.0	49.7	433.4	29.2	263.3	17.8	219.5	14.8	9.9	0.7
1963	1071.8	72.3	1076.0	72.6	724.7	48.9	529.3	35.7	297.1	20.0	252.2	17.0	- 2.5	- 0.2
1964	1067.2	72.0	1066.0	71.9	720.5	48.6	541.0	36.5	278.9	18.8	243.2	16.4	2.8	0.2
1965	830.7	56.1	832.0	56.2	697.1	47.0	418.6	28.3	236.1	15.9	204.5	13.8	-27.2	- 1.8
1966	1057.5	71.4	1055.1	71.2	728.8	49.2	493.4	33.3	287.9	19.4	255.7	17.3	18.0	1.2
1967	783.8	52.9	784.8	53.0	733.6	49.5	474.6	32.0	159.0	10.7	152.7	10.3	- 1.4	- 0.1
1968	869.4	58.7	869.5	58.7	717.4	48.4	481.4	32.5	195.1	13.2	182.2	12.3	10.8	0.7
1969	1089.9	73.6	1083.1	73.1	697.6	47.1	526.1	35.5	303.4	20.5	254.5	17.2	- 0.9	- 0.1
1970	828.9	55.9	836.8	56.5	705.0	47.6	464.4	31.3	207.6	14.0	176.2	11.9	-11.4	- 0.8
1971	944.8	63.8	945.3	63.8	701.7	47.4	453.5	30.6	270.3	18.2	229.3	15.5	- 7.8	- 0.5
1972	1129.9	76.3	1129.9	76.3	688.9	46.5	562.0	37.9	291.9	19.7	256.7	17.3	19.4	1.3
1973	968.1	65.3	966.8	65.2	716.4	48.3	449.7	30.4	274.7	18.5	258.9	17.5	-16.6	- 1.1
1974	958.5	64.7	959.9	64.8	696.7	47.0	467.8	31.6	261.2	17.6	216.9	14.6	14.0	0.9
1975	783.3	52.9	783.4	52.9	692.4	46.7	450.4	30.4	173.2	11.7	156.7	10.6	3.2	0.2
1976	1217.1	82.1	1215.3	82.0	651.5	44.0	555.5	37.5	354.2	23.9	305.4	20.6	0.2	0.0
1977	619.2	41.8	620.9	41.9	717.4	48.4	443.4	29.9	106.5	7.2	101.2	6.8	-30.2	- 2.0
1978	990.8	66.9	990.9	66.9	644.6	43.5	444.8	30.0	284.7	19.2	247.1	16.7	14.3	1.0
1979	1050.7	70.9	1050.7	70.9	705.5	47.6	499.5	33.7	289.9	19.6	248.1	16.7	13.2	0.9
1980	1015.5	68.5	1014.1	68.4	656.3	44.3	419.3	28.3	323.0	21.8	276.2	18.6	- 4.4	- 0.3
1981	764.7	51.6	764.9	51.6	707.6	47.8	441.9	29.8	173.0	11.7	162.6	11.0	-12.6	- 0.9
1982	797.1	53.8	798.0	53.9	754.6	50.9	436.7	29.5	181.3	12.2	173.6	11.7	6.3	0.4
1983	799.6	54.0	799.8	54.0	721.1	48.7	476.5	32.2	156.0	10.5	156.8	10.6	10.4	0.7
1984	995.0	67.2	995.3	67.2	669.0	45.2	456.5	30.8	288.8	19.5	250.6	16.9	- 0.6	0.0
1985	810.1	54.7	810.2	54.7	733.6	49.5	373.2	25.2	238.0	16.1	216.3	14.6	-17.2	- 1.2
1986	826.3	55.8	826.2	55.8	727.0	49.1	448.4	30.3	209.9	14.2	189.8	12.8	-21.8	- 1.5
1987	789.1	53.3	789.2	53.3	739.6	49.9	429.9	29.0	171.0	11.5	162.3	11.0	26.0	1.8
1988	783.4	52.9	783.2	52.9	758.9	51.2	451.1	30.4	170.5	11.5	166.0	11.2	- 4.4	- 0.3
1989	675.2	45.6	675.4	45.6	708.1	47.8	508.3	34.3	84.4	5.7	88.9	6.0	- 6.1	- 0.4
1990	802.1	54.1	798.2	53.9	742.6	50.1	403.6	27.2	186.9	12.6	182.0	12.3	25.8	1.7
1991	778.7	52.6	781.6	52.7	686.8	46.4	442.6	29.9	185.9	12.5	172.3	11.6	-19.2	- 1.3
1992	687.8	46.4	688.8	46.5	732.4	49.4	464.3	31.3	106.2	7.2	121.4	8.2	- 3.1	- 0.2
1993	814.0	54.9	814.0	54.9	739.0	49.9	422.6	28.5	189.7	12.8	181.3	12.2	20.3	1.4
1994	734.3	49.6	734.3	49.6	775.0	52.3	454.9	30.7	160.2	10.8	153.3	10.3	-34.2	- 2.3
1995	909.8	61.4	909.7	61.4	678.1	45.8	496.4	33.5	197.6	13.3	186.7	12.6	29.0	2.0
1996	1159.5	78.3	1159.3	78.2	668.9	45.1	461.1	31.1	365.1	24.6	327.4	22.1	5.8	0.4
1997	815.7	55.1	815.8	55.1	697.2	47.1	420.6	28.4	205.0	13.8	189.1	12.8	1.2	0.1
1998	823.1	55.6	822.2	55.5	725.6	49.0	460.7	31.1	189.5	12.8	172.5	11.6	- 0.6	0.0
1999	852.1	57.5	852.9	57.6	746.0	50.3	497.3	33.6	190.8	12.9	176.2	11.9	-11.5	- 0.8
2000	700.6	47.3	700.9	47.3	757.8	51.1	418.9	28.3	145.2	9.8	144.3	9.7	- 7.6	- 0.5
2001	668.2	45.1	663.8	44.8	761.0	51.4	391.7	26.4	133.8	9.0	136.2	9.2	2.1	0.1
2002	902.4	60.9	906.8	61.2	744.2	50.2	598.4	40.4	138.5	9.3	154.1	10.4	15.8	1.1
2003	878.9	59.3	878.9	59.3	800.0	54.0	463.4	31.3	212.2	14.3	202.6	13.7	0.7	0.0
2004	986.2	66.6	986.3	66.6	728.4	49.2	504.4	34.0	246.5	16.6	235.0	15.9	0.4	0.0
2005	940.6	63.5	939.0	63.4	715.9	48.3	473.5	32.0	246.2	16.6	219.1	14.8	0.2	0.0
2006	808.4	54.6	810.0	54.7	739.4	49.9	516.8	34.9	159.5	10.8	160.5	10.8	-26.8	- 1.8
2007	741.9	50.1	741.3	50.0	758.7	51.2	446.7	30.1	134.1	9.1	141.5	9.5	19.0	1.3
2008	884.2	59.7	884.2	59.7	756.0	51.0	456.6	30.8	219.0	14.8	200.9	13.6	7.7	0.5
2009	1175.7	79.4	1175.8	79.4	755.8	51.0	515.0	34.8	343.7	23.2	322.4	21.8	- 5.3	- 0.4
2010	1221.6	82.4	1221.3	82.4	734.8	49.6	529.4	35.7	356.1	24.0	330.9	22.3	4.8	0.3
2011	818.1	55.2	818.7	55.3	760.4	51.3	477.3	32.2	178.8	12.1	186.9	12.6	-24.3	- 1.6
2012	921.5	62.2	921.1	62.2	795.1	53.7	471.7	31.8	214.2	14.5	213.3	14.4	21.8	1.5
2013	1120.8	75.6	1121.4	75.7	758.8	51.2	514.1	34.7	311.7	21.0	292.8	19.8	2.8	0.2
2014	978.1	66.0	978.1	66.0	748.8	50.5	563.8	38.0	216.3	14.6	221.3	14.9	-23.3	- 1.6
2015	967.8	65.3	967.9	65.3	799.8	54.0	494.6	33.4	233.6	15.8	243.0	16.4	- 3.3	- 0.2
2016	918.8	62.0	918.8	62.0	774.3	52.3	586.4	39.6	147.1	9.9	178.5	12.0	6.7	0.5
2017	725.7	49.0	723.1	48.8	796.0	53.7	413.8	27.9	144.8	9.8	155.8	10.5	8.7	0.6
2018	1092.6	73.7	1095.2	73.9	806.0	54.4	569.5	38.4	254.9	17.2	264.5	17.9	6.2	0.4
2019	924.9	62.4	924.8	62.4	804.2	54.3	487.4	32.9	221.3	14.9	218.8	14.8	- 2.7	- 0.2
MEDIA (LTAA)	912.8	61.6	912.8	61.6	736.9	49.7	476.2	32.1	228.1	15.4	208.6	14.1	- 0.2	0.0

Tabella 9.9 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto della Sardegna

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO SARDEGNA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	959.0	23.1	959.0	23.1	808.5	19.5	457.0	11.0	193.8	4.7	311.3	7.5	- 3.1	- 0.1
1952	664.3	16.0	664.3	16.0	878.4	21.2	436.0	10.5	96.0	2.3	139.6	3.4	- 7.4	- 0.2
1953	871.2	21.0	871.2	21.0	813.7	19.6	548.3	13.2	133.4	3.2	221.2	5.3	-31.6	- 0.8
1954	491.1	11.8	491.1	11.8	789.7	19.0	357.7	8.6	66.9	1.6	99.7	2.4	-33.2	- 0.8
1955	771.8	18.6	771.8	18.6	841.1	20.3	422.3	10.2	108.6	2.6	186.4	4.5	54.5	1.3
1956	696.8	16.8	696.8	16.8	781.9	18.8	388.4	9.4	114.6	2.8	185.2	4.5	8.5	0.2
1957	904.3	21.8	904.2	21.8	808.7	19.5	425.7	10.3	169.5	4.1	299.4	7.2	9.6	0.2
1958	811.9	19.6	812.0	19.6	839.4	20.2	398.0	9.6	155.4	3.7	258.8	6.2	- 0.2	0.0
1959	916.6	22.1	916.6	22.1	828.5	20.0	522.4	12.6	160.8	3.9	233.4	5.6	0.1	0.0
1960	783.4	18.9	783.4	18.9	822.2	19.8	425.6	10.3	157.9	3.8	201.8	4.9	- 1.8	0.0
1961	660.4	15.9	660.4	15.9	808.6	19.5	352.8	8.5	131.9	3.2	174.4	4.2	1.3	0.0
1962	705.3	17.0	705.3	17.0	769.0	18.5	377.4	9.1	136.4	3.3	191.3	4.6	0.3	0.0
1963	922.0	22.2	922.0	22.2	764.8	18.4	493.1	11.9	178.0	4.3	251.4	6.1	- 0.6	0.0
1964	806.1	19.4	806.1	19.4	774.5	18.7	420.7	10.1	151.7	3.7	232.9	5.6	0.7	0.0
1965	776.0	18.7	776.0	18.7	750.4	18.1	402.3	9.7	150.5	3.6	230.6	5.6	- 7.5	- 0.2
1966	787.7	19.0	787.7	19.0	775.8	18.7	422.8	10.2	146.4	3.5	212.8	5.1	5.7	0.1
1967	649.1	15.6	649.1	15.6	784.9	18.9	356.5	8.6	107.1	2.6	184.5	4.4	1.0	0.0
1968	699.5	16.9	699.5	16.9	766.7	18.5	367.9	8.9	131.8	3.2	199.3	4.8	0.5	0.0
1969	915.7	22.1	915.4	22.1	740.2	17.8	475.5	11.5	172.3	4.2	267.4	6.4	0.2	0.0
1970	516.7	12.5	517.0	12.5	753.0	18.1	334.5	8.1	80.1	1.9	119.7	2.9	-17.4	- 0.4
1971	771.6	18.6	771.6	18.6	745.4	18.0	375.9	9.1	145.4	3.5	233.4	5.6	17.0	0.4
1972	934.0	22.5	934.0	22.5	731.4	17.6	444.3	10.7	187.1	4.5	318.7	7.7	-16.1	- 0.4
1973	619.8	14.9	619.8	14.9	768.4	18.5	375.1	9.0	103.5	2.5	177.1	4.3	-35.8	- 0.9
1974	704.5	17.0	704.5	17.0	733.5	17.7	358.1	8.6	125.2	3.0	201.1	4.8	20.1	0.5
1975	654.4	15.8	654.4	15.8	743.9	17.9	443.9	10.7	81.4	2.0	110.5	2.7	18.7	0.4
1976	906.1	21.8	906.1	21.8	701.3	16.9	511.2	12.3	151.8	3.7	229.8	5.5	13.2	0.3
1977	611.9	14.7	611.9	14.7	750.4	18.1	518.6	12.5	49.8	1.2	73.4	1.8	-29.9	- 0.7
1978	823.1	19.8	823.1	19.8	699.9	16.9	389.0	9.4	168.4	4.1	238.6	5.7	27.1	0.7
1979	778.5	18.8	778.5	18.8	743.1	17.9	435.9	10.5	138.9	3.3	212.2	5.1	- 8.5	- 0.2
1980	746.6	18.0	746.5	18.0	701.4	16.9	374.5	9.0	144.5	3.5	217.7	5.2	9.9	0.2
1981	535.9	12.9	536.0	12.9	754.1	18.2	399.0	9.6	63.8	1.5	96.8	2.3	-23.7	- 0.6
1982	694.3	16.7	694.3	16.7	809.6	19.5	425.2	10.2	91.4	2.2	155.6	3.7	22.2	0.5
1983	541.4	13.0	541.4	13.0	774.9	18.7	356.3	8.6	71.4	1.7	116.0	2.8	- 2.2	- 0.1
1984	826.3	19.9	826.3	19.9	708.8	17.1	451.2	10.9	146.3	3.5	225.3	5.4	3.4	0.1
1985	642.0	15.5	642.0	15.5	781.5	18.8	377.7	9.1	113.5	2.7	167.7	4.0	-16.9	- 0.4
1986	803.0	19.4	803.0	19.4	781.2	18.8	454.3	10.9	145.3	3.5	203.9	4.9	- 0.5	0.0
1987	493.1	11.9	493.1	11.9	802.3	19.3	335.3	8.1	69.5	1.7	89.3	2.2	- 1.1	0.0
1988	549.0	13.2	549.0	13.2	819.2	19.7	405.8	9.8	71.6	1.7	106.1	2.6	-34.5	- 0.8
1989	552.4	13.3	552.4	13.3	773.0	18.6	431.4	10.4	32.0	0.8	63.2	1.5	25.7	0.6
1990	686.5	16.5	686.5	16.5	812.0	19.6	450.4	10.9	81.8	2.0	126.9	3.1	27.4	0.7
1991	705.5	17.0	705.6	17.0	752.4	18.1	456.2	11.0	103.5	2.5	154.8	3.7	- 9.0	- 0.2
1992	735.0	17.7	735.0	17.7	780.7	18.8	469.5	11.3	93.9	2.3	163.1	3.9	8.5	0.2
1993	565.9	13.6	565.9	13.6	776.8	18.7	421.3	10.2	56.2	1.4	93.6	2.3	- 5.2	- 0.1
1994	522.0	12.6	522.0	12.6	835.7	20.1	413.2	10.0	48.9	1.2	87.9	2.1	-27.9	- 0.7
1995	522.5	12.6	522.5	12.6	750.7	18.1	407.8	9.8	28.6	0.7	63.0	1.5	23.1	0.6
1996	973.5	23.5	973.5	23.5	728.7	17.6	521.1	12.6	166.0	4.0	275.9	6.6	10.6	0.3
1997	585.1	14.1	585.1	14.1	799.4	19.3	423.1	10.2	60.4	1.5	101.9	2.5	- 0.2	0.0
1998	504.0	12.1	504.0	12.1	772.1	18.6	415.7	10.0	37.4	0.9	72.2	1.7	-21.4	- 0.5
1999	590.2	14.2	590.2	14.2	810.4	19.5	390.8	9.4	63.9	1.5	115.3	2.8	20.2	0.5
2000	547.5	13.2	547.5	13.2	796.7	19.2	401.4	9.7	65.1	1.6	83.7	2.0	- 2.7	- 0.1
2001	428.6	10.3	428.6	10.3	806.2	19.4	307.5	7.4	52.7	1.3	88.0	2.1	-19.5	- 0.5
2002	640.7	15.4	640.7	15.4	766.9	18.5	530.6	12.8	34.4	0.8	65.6	1.6	10.1	0.2
2003	772.3	18.6	772.3	18.6	858.6	20.7	391.6	9.4	141.6	3.4	225.8	5.4	13.4	0.3
2004	841.5	20.3	841.5	20.3	776.6	18.7	427.2	10.3	153.3	3.7	260.5	6.3	0.5	0.0
2005	654.3	15.8	654.3	15.8	747.9	18.0	374.4	9.0	112.1	2.7	168.8	4.1	- 1.0	0.0
2006	642.7	15.5	642.7	15.5	800.9	19.3	425.3	10.2	78.2	1.9	150.7	3.6	-11.5	- 0.3
2007	579.8	14.0	579.8	14.0	780.7	18.8	402.8	9.7	65.1	1.6	127.7	3.1	-15.9	- 0.4
2008	765.2	18.4	765.2	18.4	778.8	18.8	443.4	10.7	110.9	2.7	182.3	4.4	28.6	0.7
2009	722.0	17.4	722.0	17.4	800.5	19.3	445.5	10.7	119.2	2.9	174.1	4.2	-16.7	- 0.4
2010	865.5	20.9	865.5	20.9	750.9	18.1	439.1	10.6	166.8	4.0	243.0	5.9	16.6	0.4
2011	674.7	16.3	674.7	16.3	802.1	19.3	389.7	9.4	108.2	2.6	179.7	4.3	- 2.9	- 0.1
2012	578.0	13.9	578.0	13.9	829.4	20.0	451.8	10.9	58.6	1.4	91.2	2.2	-23.6	- 0.6
2013	771.6	18.6	771.6	18.6	776.4	18.7	426.0	10.3	127.8	3.1	193.4	4.7	24.4	0.6
2014	548.2	13.2	548.2	13.2	798.8	19.3	373.2	9.0	84.6	2.0	110.5	2.7	-20.1	- 0.5
2015	627.0	15.1	627.0	15.1	835.4	20.1	415.3	10.0	103.3	2.5	151.4	3.6	-43.0	- 1.0
2016	618.0	14.9	618.0	14.9	812.0	19.6	407.4	9.8	57.7	1.4	107.6	2.6	45.2	1.1
2017	448.0	10.8	448.0	10.8	946.1	22.8	316.8	7.6	43.7	1.1	88.2	2.1	- 0.7	0.0
2018	1064.6	25.7	1064.6	25.7	842.2	20.3	620.2	14.9	168.9	4.1	259.9	6.3	15.7	0.4
2019	725.0	17.5	725.0	17.5	851.4	20.5	440.7	10.6	117.6	2.8	163.0	3.9	3.8	0.1
MEDIA (LTAA)	701.5	16.9	701.5	16.9	785.5	18.9	421.0	10.1	109.5	2.6	171.1	4.1	- 0.1	0.0

Tabella 9.10 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Distretto della Sicilia

BIGBANG 4.0 [1951-2019] DISTRETTO SICILIA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	901.5	23.3	902.4	23.3	829.6	21.4	453.3	11.7	225.5	5.8	223.7	5.8	- 0.1	0.0
1952	456.3	11.8	456.6	11.8	917.0	23.7	328.1	8.5	86.7	2.2	93.1	2.4	-51.3	- 1.3
1953	837.9	21.6	838.5	21.7	809.7	20.9	491.5	12.7	166.5	4.3	147.7	3.8	32.9	0.8
1954	802.5	20.7	803.1	20.7	786.0	20.3	360.5	9.3	205.5	5.3	226.7	5.9	10.3	0.3
1955	787.8	20.4	788.4	20.4	821.6	21.2	499.3	12.9	146.2	3.8	167.8	4.3	-25.0	- 0.6
1956	654.6	16.9	654.5	16.9	808.6	20.9	367.9	9.5	126.9	3.3	132.8	3.4	26.8	0.7
1957	837.9	21.6	837.3	21.6	814.8	21.0	459.7	11.9	194.7	5.0	177.4	4.6	5.5	0.1
1958	820.8	21.2	821.6	21.2	848.1	21.9	391.6	10.1	208.7	5.4	221.1	5.7	0.3	0.0
1959	710.0	18.3	710.3	18.3	783.2	20.2	466.9	12.1	113.7	2.9	140.7	3.6	-11.0	- 0.3
1960	681.5	17.6	681.8	17.6	849.2	21.9	424.6	11.0	118.5	3.1	141.7	3.7	- 3.1	- 0.1
1961	503.2	13.0	504.4	13.0	807.7	20.9	358.1	9.3	70.5	1.8	96.0	2.5	-20.2	- 0.5
1962	597.3	15.4	597.7	15.4	792.7	20.5	363.9	9.4	89.3	2.3	119.3	3.1	25.2	0.7
1963	743.7	19.2	744.5	19.2	767.1	19.8	523.7	13.5	106.5	2.8	135.4	3.5	-21.1	- 0.5
1964	773.5	20.0	773.4	20.0	757.6	19.6	475.3	12.3	129.9	3.4	141.7	3.7	26.6	0.7
1965	631.0	16.3	632.0	16.3	761.5	19.7	390.6	10.1	129.6	3.3	129.7	3.4	-17.9	- 0.5
1966	719.1	18.6	719.7	18.6	769.1	19.9	446.3	11.5	117.6	3.0	148.4	3.8	7.4	0.2
1967	539.0	13.9	539.5	13.9	775.7	20.0	375.2	9.7	78.5	2.0	99.1	2.6	-13.3	- 0.3
1968	569.1	14.7	569.7	14.7	773.5	20.0	364.2	9.4	82.5	2.1	110.2	2.8	12.7	0.3
1969	798.5	20.6	798.8	20.6	733.2	18.9	447.4	11.6	164.0	4.2	176.7	4.6	10.6	0.3
1970	410.7	10.6	411.9	10.6	751.8	19.4	353.7	9.1	44.7	1.2	66.5	1.7	-53.1	- 1.4
1971	673.3	17.4	674.0	17.4	731.1	18.9	389.2	10.1	111.1	2.9	130.6	3.4	43.1	1.1
1972	727.6	18.8	728.0	18.8	739.4	19.1	415.9	10.7	143.0	3.7	162.8	4.2	6.2	0.2
1973	800.9	20.7	802.0	20.7	777.3	20.1	387.9	10.0	206.2	5.3	228.1	5.9	-20.3	- 0.5
1974	560.0	14.5	560.7	14.5	742.1	19.2	405.4	10.5	71.3	1.8	100.3	2.6	-16.3	- 0.4
1975	572.3	14.8	573.0	14.8	736.8	19.0	434.5	11.2	56.2	1.5	76.2	2.0	6.0	0.2
1976	1043.3	27.0	1043.7	27.0	678.0	17.5	471.3	12.2	258.9	6.7	276.2	7.1	37.3	1.0
1977	366.8	9.5	367.8	9.5	765.2	19.8	344.1	8.9	43.4	1.1	57.9	1.5	-77.6	- 2.0
1978	691.9	17.9	692.7	17.9	683.9	17.7	381.3	9.8	103.6	2.7	143.3	3.7	64.4	1.7
1979	644.3	16.6	644.9	16.7	746.7	19.3	416.4	10.8	106.3	2.7	136.6	3.5	-14.4	- 0.4
1980	550.5	14.2	550.7	14.2	687.9	17.8	358.7	9.3	79.9	2.1	109.6	2.8	2.5	0.1
1981	421.9	10.9	422.7	10.9	764.2	19.7	294.7	7.6	65.9	1.7	90.6	2.3	-28.6	- 0.7
1982	743.5	19.2	744.2	19.2	807.1	20.8	411.6	10.6	134.5	3.5	148.0	3.8	50.1	1.3
1983	561.2	14.5	561.6	14.5	758.0	19.6	394.7	10.2	68.9	1.8	102.6	2.7	- 4.7	- 0.1
1984	567.3	14.7	567.6	14.7	715.2	18.5	365.9	9.5	88.9	2.3	117.0	3.0	- 4.2	- 0.1
1985	632.1	16.3	632.6	16.3	781.7	20.2	390.3	10.1	150.9	3.9	171.4	4.4	-80.1	- 2.1
1986	661.2	17.1	661.5	17.1	787.3	20.3	392.9	10.2	87.4	2.3	109.7	2.8	71.4	1.8
1987	513.7	13.3	514.1	13.3	815.8	21.1	371.9	9.6	71.0	1.8	107.6	2.8	-36.5	- 0.9
1988	605.0	15.6	605.4	15.6	832.9	21.5	375.1	9.7	70.1	1.8	120.2	3.1	40.0	1.0
1989	466.7	12.1	467.0	12.1	756.0	19.5	408.1	10.5	40.4	1.0	44.8	1.2	-26.2	- 0.7
1990	603.6	15.6	603.8	15.6	811.6	21.0	437.4	11.3	59.9	1.5	74.5	1.9	31.9	0.8
1991	646.2	16.7	646.5	16.7	732.3	18.9	423.4	10.9	101.3	2.6	125.2	3.2	- 3.3	- 0.1
1992	643.2	16.6	643.8	16.6	774.2	20.0	434.9	11.2	109.1	2.8	105.2	2.7	- 5.4	- 0.1
1993	596.2	15.4	596.6	15.4	792.7	20.5	396.5	10.2	84.1	2.2	105.3	2.7	10.7	0.3
1994	540.7	14.0	541.1	14.0	841.6	21.7	398.9	10.3	73.0	1.9	110.1	2.8	-40.9	- 1.1
1995	600.1	15.5	599.9	15.5	766.2	19.8	396.1	10.2	67.2	1.7	94.6	2.4	42.0	1.1
1996	1011.8	26.1	1012.6	26.2	725.7	18.7	468.9	12.1	252.8	6.5	287.5	7.4	3.4	0.1
1997	734.9	19.0	735.4	19.0	779.0	20.1	483.1	12.5	113.3	2.9	135.4	3.5	3.6	0.1
1998	502.9	13.0	503.2	13.0	781.1	20.2	407.1	10.5	49.7	1.3	80.2	2.1	-33.7	- 0.9
1999	560.0	14.5	560.1	14.5	835.6	21.6	339.6	8.8	89.3	2.3	103.4	2.7	27.8	0.7
2000	544.4	14.1	544.8	14.1	816.3	21.1	413.5	10.7	65.1	1.7	89.9	2.3	-23.7	- 0.6
2001	489.6	12.6	489.7	12.6	829.0	21.4	346.4	8.9	60.7	1.6	95.7	2.5	-13.1	- 0.3
2002	564.1	14.6	564.7	14.6	798.6	20.6	435.7	11.3	31.7	0.8	75.1	1.9	22.2	0.6
2003	846.1	21.9	846.8	21.9	875.4	22.6	475.4	12.3	161.8	4.2	189.9	4.9	19.7	0.5
2004	766.0	19.8	766.9	19.8	788.8	20.4	448.2	11.6	141.7	3.7	176.4	4.6	0.6	0.0
2005	748.8	19.3	748.9	19.3	771.8	19.9	434.0	11.2	145.6	3.8	169.8	4.4	- 0.6	0.0
2006	691.5	17.9	692.0	17.9	820.7	21.2	438.4	11.3	131.5	3.4	147.4	3.8	-25.3	- 0.7
2007	752.6	19.4	752.6	19.4	831.2	21.5	459.7	11.9	120.8	3.1	150.5	3.9	21.6	0.6
2008	591.2	15.3	591.7	15.3	828.1	21.4	401.7	10.4	75.1	1.9	117.9	3.0	- 3.0	- 0.1
2009	928.4	24.0	929.0	24.0	815.4	21.1	476.8	12.3	210.7	5.4	263.8	6.8	-22.3	- 0.6
2010	779.3	20.1	780.0	20.1	795.6	20.6	441.0	11.4	148.4	3.8	198.4	5.1	- 7.8	- 0.2
2011	782.8	20.2	783.7	20.2	793.4	20.5	445.4	11.5	150.4	3.9	167.2	4.3	20.7	0.5
2012	671.3	17.3	672.0	17.4	849.2	21.9	401.6	10.4	131.9	3.4	153.6	4.0	-15.1	- 0.4
2013	738.1	19.1	738.9	19.1	797.8	20.6	427.5	11.0	117.2	3.0	170.1	4.4	24.1	0.6
2014	642.2	16.6	642.8	16.6	779.9	20.1	386.3	10.0	119.4	3.1	164.2	4.2	-27.0	- 0.7
2015	926.7	23.9	927.6	24.0	816.8	21.1	479.8	12.4	200.7	5.2	250.7	6.5	- 3.5	- 0.1
2016	588.5	15.2	589.3	15.2	821.4	21.2	433.2	11.2	58.9	1.5	100.1	2.6	- 2.8	- 0.1
2017	560.7	14.5	561.0	14.5	825.6	21.3	359.1	9.3	87.3	2.3	110.8	2.9	3.8	0.1
2018	888.2	22.9	889.3	23.0	803.0	20.7	532.6	13.8	135.5	3.5	186.2	4.8	35.1	0.9
2019	763.4	19.7	763.7	19.7	809.1	20.9	453.7	11.7	137.0	3.5	172.9	4.5	0.1	0.0
MEDIA (LTAA)	670.8	17.3	671.3	17.3	788.0	20.4	414.9	10.7	115.9	3.0	140.6	3.6	- 0.1	0.0

9.2 Compartimenti del soppresso Servizio Idrografico

Il Servizio Idrografico italiano è stato l'Ente, che per oltre 80 anni ha effettuato il monitoraggio delle precipitazioni e delle portate dei corsi d'acqua e di altre variabili idrologiche.

Il Servizio Idrografico fu istituito dal 1917 e da quella data fino alla sua soppressione, avvenuta alla fine degli anni '90 del XX secolo, sono stati pubblicati in maniera sistematica dati idrologici per tutto il territorio nazionale. Particolari sulla storia del Servizio Idrografico sono reperibili sul portale dell'ISPRA alla pagina <https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/acque-interne-e-marino-costiere-1/progetto-annali/inquadramento-storico-del-monitoraggio-idro-meteorografico-e-delle-relative-competenze>.

Quella del soppresso Servizio Idrografico costituisce, ancora oggi, la più lunga nel tempo, densa e uniformemente distribuita nello spazio e sistematica raccolta di dati idrologici disponibile per il territorio italiano. Fino al 1975 il Servizio Idrografico era articolato sul territorio in 12 compartimenti idrografici, che venivano identificati con il nome della città sede dell'Ufficio. A partire dal 1975, le stazioni afferenti ai territori delle province autonome di Trento e Bolzano passarono di competenza ai relativi Uffici Idrografici provinciali.

Nel presente capitolo saranno forniti le stime delle componenti del bilancio idrologico, aggregate sui territori dei compartimenti all'epoca della CNA (Figura 9.4).



Figura 9.4 – Suddivisione del territorio nazionale nei compartimenti del soppresso Servizio Idrografico all'epoca della CNA

Anche per questi ambiti territoriali si rileva un'elevata variabilità delle precipitazioni, mensili e annue medie, da nord a sud, (Tabella 9.11, Figura 9.5), e conseguentemente, della disponibilità della risorsa idrica, mensile e annua medie (Tabella 9.12, Figura 9.6): dal valore massimo di precipitazione di 1342.6

mm rilevato nel compartimento di Genova, ai valori di precipitazione di 658.3 mm e 670.5 mm nei compartimenti, rispettivamente, di Bari e di Palermo; dal valore massimo della disponibilità di 808.3 mm nel compartimento di Genova, ai valori di 215.3 mm e di 256.2 mm nei compartimenti di Bari e Palermo. La variabilità della distribuzione della risorsa idrica si rileva, cosa non evidenziata dall'aggregazione sui distretti idrografici nel paragrafo precedente, anche tra versante tirrenico e versante adriatico. Netta è infatti la differenza della disponibilità di risorsa tra il compartimento di Roma e quello di Pescara, rispettivamente stimata in 448.9 mm e 365.3 mm, ma nettissimo è il divario tra il compartimento di Napoli, con 619.1 mm e quello di Bari con un valore di 215.3 mm, inferiore alla metà. In Tabella 9.14 è riportato il confronto tra gli afflussi medi stimati nella CNA per i compartimenti idrografici e che faceva riferimento al trentennio 1921-1950, con le corrispondenti stime attuali riferite al periodo 1951-2019.

Fatta eccezione per valori di differenza percentuale prossimi allo zero nei compartimenti di Venezia e di Genova, in tutti gli altri compartimenti si rileva una diminuzione generalizzata della media degli afflussi annui con differenze molto elevate nelle isole e con una prevalenza della diminuzione sul versante tirrenico rispetto a quello adriatico.

In Sardegna e in Sicilia, in un contesto già scarso di afflussi, sono rilevate differenze percentuali rispettivamente di - 11.14% e di - 8.87%. Lungo il versante tirrenico gli afflussi si sono ridotti con percentuali comprese tra il -4.42%, nel compartimento di Catanzaro, e il -6.34% in quello di Napoli, riduzioni maggiori rispetto a quelle rilevate nel versante adriatico con valori compresi tra un minimo di -0.26% nel compartimento idrografico di Bari e un massimo di - 3.13% in quello di Pescara.

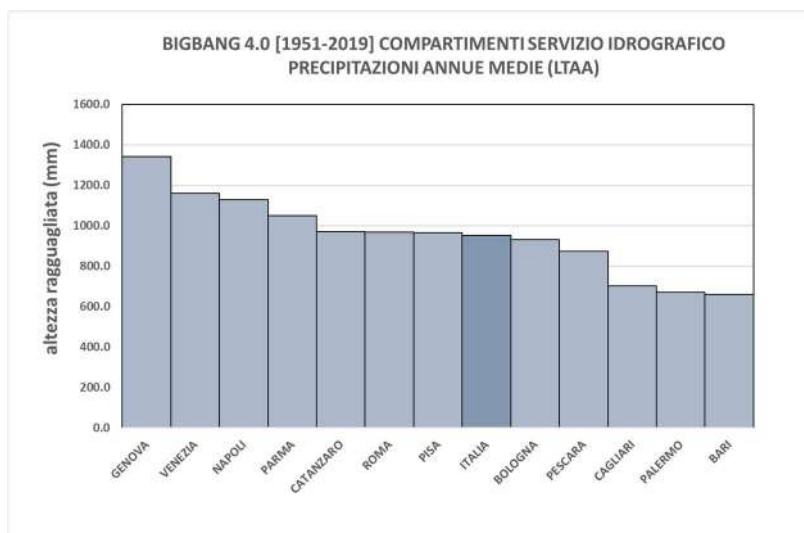


Figura 9.5 – Precipitazioni annue medie nei compartimenti del Servizio Idrografico

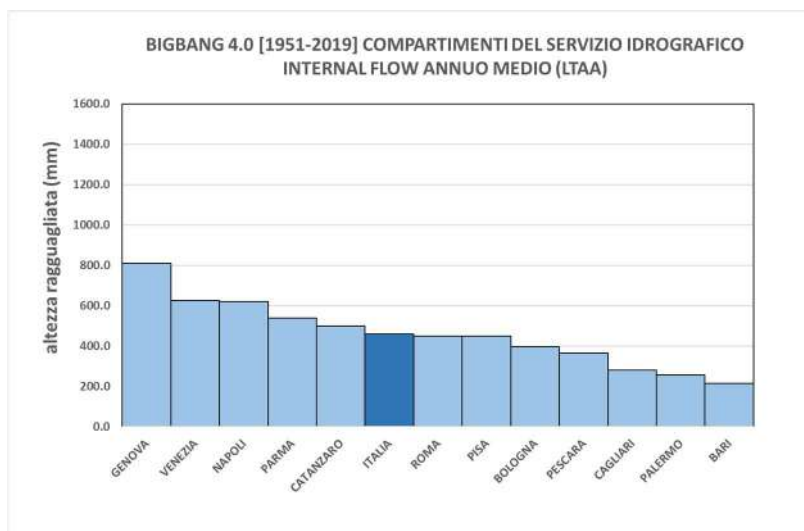


Figura 9.6 – Internal flow annuo medio nei compartimenti del Servizio Idrografico

Tabella 9.11 – Precipitazioni mensili medie (LTA) nei compartimenti del Servizio Idrografico

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTI SERVIZIO IDROGRAFICO													
PRECIPITAZIONI MENSILI MEDIE (LTA)													
COMPARTIMENTO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
VENEZIA	61.3	62.4	71.6	96.3	111.3	116.2	103.7	108.9	104.3	120.2	127.1	76.9	1160.1
PARMA	58.3	60.0	74.6	100.8	108.9	93.4	71.2	84.7	91.4	117.5	119.8	68.4	1049.0
GENOVA	124.2	109.3	111.8	114.0	88.8	65.0	41.9	63.9	108.6	176.8	194.5	143.9	1342.6
BOLOGNA	69.2	73.3	80.9	81.2	75.2	65.7	48.8	58.0	81.7	91.8	112.2	92.5	930.4
PISA	84.5	83.5	79.1	79.2	70.4	52.1	33.3	47.4	83.9	113.3	134.6	103.2	964.4
ROMA	84.5	87.4	79.3	80.6	71.6	52.8	34.8	44.7	83.4	105.2	136.5	108.1	968.8
PESCARA	82.7	72.0	75.5	74.9	62.1	52.4	41.9	44.2	69.9	87.0	110.5	99.7	872.7
NAPOLI	122.9	111.3	100.7	90.3	68.9	46.1	33.9	39.4	83.3	118.7	166.8	146.3	1128.5
BARI	69.0	59.3	62.5	49.9	41.4	32.2	25.9	28.3	56.3	73.4	85.4	74.7	658.3
CATANZARO	124.2	103.8	98.3	70.2	51.3	29.5	24.6	29.4	65.4	107.9	132.5	132.1	969.2
PALERMO	92.7	73.5	66.5	49.7	27.0	12.3	7.5	17.7	50.4	89.6	88.4	95.3	670.5
CAGLIARI	77.4	74.3	68.0	61.5	44.8	20.6	7.4	15.6	44.5	80.7	106.1	100.8	701.8
ITALIA	79.7	75.1	77.4	81.0	75.5	61.4	47.2	56.1	78.5	105.6	121.2	94.3	953.0

Tabella 9.12 – Internal flow mensile medio (LTA) nei compartimenti del Servizio Idrografico

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTI SERVIZIO IDROGRAFICO													
INTERNAL FLOW MENSILE MEDIO (LTA)													
COMPARTIMENTO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
VENEZIA	38.1	44.3	61.2	87.5	71.6	30.4	4.6	21.9	42.3	80.1	95.0	49.1	625.9
PARMA	39.2	44.1	54.3	71.5	62.2	15.5	- 11.2	12.4	35.3	76.4	90.9	48.1	538.7
GENOVA	108.5	95.7	90.3	75.4	15.2	- 25.9	- 30.9	3.8	47.8	130.3	170.7	127.4	808.3
BOLOGNA	58.9	61.9	59.8	37.8	- 3.1	- 30.0	- 29.2	- 2.0	22.7	46.6	90.2	81.4	395.0
PISA	70.6	69.0	54.4	36.4	- 6.2	- 35.4	- 25.2	- 1.0	24.5	64.8	109.2	87.7	448.9
ROMA	70.9	72.7	56.4	39.6	- 3.5	- 36.5	- 29.8	- 4.7	23.7	56.3	110.8	93.0	448.9
PESCARA	63.8	54.4	58.5	44.3	- 5.1	- 36.1	- 28.7	- 6.6	14.1	42.0	84.8	79.8	365.3
NAPOLI	107.5	95.5	79.6	51.8	- 3.4	- 41.1	- 27.5	- 4.6	23.4	69.3	139.3	129.3	619.1
BARI	55.5	44.3	35.1	4.6	- 32.1	- 33.5	- 10.5	- 0.9	8.6	29.4	57.0	58.0	215.3
CATANZARO	107.4	87.1	74.1	28.7	- 21.3	- 43.9	- 18.0	- 2.9	13.4	58.6	101.7	113.5	498.3
PALERMO	74.2	54.8	37.8	7.2	- 40.2	- 39.5	- 10.3	- 0.5	6.7	39.4	53.9	72.8	256.2
CAGLIARI	59.9	56.3	38.1	16.6	- 26.7	- 40.7	- 13.2	- 1.0	4.0	34.2	73.7	79.8	281.0
ITALIA	62.5	59.0	55.6	46.4	13.0	- 16.7	- 15.6	4.0	23.8	60.4	92.2	74.7	459.3

Tabella 9.13 – Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) nei compartimenti del Servizio Idrografico

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTI SERVIZIO IDROGRAFICO														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO MEDIO (LTAA)														
COMPARTIMENTO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km³	mm	km³	mm	km³	mm	km³	mm	km³	mm	km³	mm	km³
VENEZIA	1160.1	42.5	1160.3	42.5	592.3	21.7	534.4	19.6	387.3	14.2	238.7	8.7	- 0.1	0.0
PARMA	1049.0	73.4	1048.3	73.4	624.6	43.7	509.5	35.7	236.9	16.6	302.0	21.1	- 0.1	0.0
GENOVA	1342.6	6.5	1342.6	6.5	681.3	3.3	534.3	2.6	352.0	1.7	456.4	2.2	- 0.1	0.0
BOLOGNA	930.4	18.1	930.4	18.1	698.5	13.6	535.6	10.4	152.9	3.0	242.3	4.7	- 0.2	0.0
PISA	964.4	18.9	964.4	18.9	724.8	14.2	515.5	10.1	235.4	4.6	213.5	4.2	- 0.1	0.0
ROMA	968.8	23.1	968.8	23.1	710.1	16.9	520.0	12.4	271.4	6.5	177.6	4.2	- 0.1	0.0
PESCARA	872.7	11.6	872.7	11.6	685.4	9.1	507.4	6.7	174.3	2.3	191.3	2.5	- 0.3	0.0
NAPOLI	1128.5	21.7	1128.5	21.7	697.5	13.4	509.3	9.8	372.4	7.1	246.8	4.7	- 0.1	0.0
BARI	658.3	13.0	658.3	13.0	764.8	15.1	443.0	8.7	136.6	2.7	79.1	1.6	- 0.4	0.0
CATANZARO	969.2	23.2	969.2	23.2	747.4	17.9	470.8	11.2	210.7	5.0	287.7	6.9	- 0.1	0.0
PALERMO	670.5	17.3	670.9	17.3	788.0	20.3	414.7	10.7	115.7	3.0	140.6	3.6	- 0.1	0.0
CAGLIARI	701.8	16.9	701.8	16.9	785.4	18.9	420.8	10.1	109.7	2.6	171.4	4.1	- 0.1	0.0
ITALIA	953.0	287.9	952.8	287.8	692.7	209.2	493.5	149.1	231.1	69.8	228.3	69.0	- 0.1	0.0

Tabella 9.14 – Confronto tra afflussi stimati nella CNA e con il modello BIGBANG 4.0 nei compartimenti del Servizio Idrografico

COMPARTIMENTO IDROGRAFICO	AFFLUSSO CNA	AFFLUSSO BIGBANG 4.0	DIFFERENZA PERCENTUALE
	mm	mm	%
VENEZIA	1160	1160.1	0.01
PARMA	1070	1049.0	- 2.00
GENOVA	1340	1342.6	0.20
BOLOGNA	940	930.4	- 1.03
PISA	1010	964.4	- 4.73
ROMA	1020	968.8	- 5.28
PESCARA	900	872.7	- 3.13
NAPOLI	1200	1128.5	- 6.34
BARI	660	658.3	- 0.26
CATANZARO	1012	969.2	- 4.42
PALERMO	730	670.5	- 8.87
CAGLIARI	780	701.8	-11.14
ITALIA	990	953.0	- 3.88

Tabella 9.15 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Venezia

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI VENEZIA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1462.8	53.5	1431.4	52.4	590.0	21.6	553.0	20.2	585.8	21.4	294.5	10.8	- 1.9	- 0.1
1952	1028.6	37.6	998.1	36.5	599.7	21.9	503.1	18.4	314.2	11.5	179.8	6.6	0.9	0.0
1953	1127.0	41.2	1181.2	43.2	606.3	22.2	584.4	21.4	388.7	14.2	209.0	7.6	- 0.9	0.0
1954	1128.7	41.3	1093.7	40.0	563.2	20.6	522.7	19.1	373.6	13.7	205.7	7.5	- 8.3	- 0.3
1955	974.7	35.7	1007.5	36.9	555.1	20.3	522.8	19.1	299.8	11.0	177.1	6.5	7.7	0.3
1956	1021.6	37.4	1021.3	37.4	551.3	20.2	511.5	18.7	328.4	12.0	186.6	6.8	- 5.2	- 0.2
1957	1079.8	39.5	1050.9	38.5	579.5	21.2	535.4	19.6	332.1	12.2	181.4	6.6	2.1	0.1
1958	1237.8	45.3	1199.5	43.9	597.2	21.9	508.4	18.6	444.2	16.3	243.0	8.9	3.8	0.1
1959	1281.3	46.9	1267.1	46.4	593.2	21.7	542.8	19.9	473.5	17.3	253.1	9.3	- 2.4	- 0.1
1960	1607.0	58.8	1602.5	58.6	556.4	20.4	529.1	19.4	701.4	25.7	368.8	13.5	3.3	0.1
1961	988.4	36.2	1045.0	38.2	634.3	23.2	532.7	19.5	326.6	12.0	191.7	7.0	- 5.9	- 0.2
1962	1041.6	38.1	1019.8	37.3	569.9	20.9	457.2	16.7	364.4	13.3	207.5	7.6	- 9.3	- 0.3
1963	1307.5	47.8	1337.3	48.9	585.1	21.4	558.5	20.4	496.1	18.2	267.9	9.8	14.7	0.5
1964	1101.8	40.3	1079.4	39.5	598.9	21.9	518.4	19.0	356.5	13.0	208.5	7.6	- 4.0	- 0.1
1965	1332.6	48.8	1350.7	49.4	529.3	19.4	516.6	18.9	535.4	19.6	301.5	11.0	- 2.8	- 0.1
1966	1346.2	49.3	1298.2	47.5	595.9	21.8	562.3	20.6	466.2	17.1	263.4	9.6	6.3	0.2
1967	1061.3	38.8	1145.3	41.9	605.5	22.2	546.4	20.0	382.9	14.0	218.1	8.0	- 2.1	- 0.1
1968	1242.4	45.5	1211.5	44.3	567.3	20.8	547.0	20.0	422.2	15.4	243.0	8.9	- 0.7	0.0
1969	941.3	34.4	963.2	35.2	579.4	21.2	511.6	18.7	288.4	10.6	175.4	6.4	-12.1	- 0.4
1970	1052.9	38.5	1046.4	38.3	562.0	20.6	491.0	18.0	344.2	12.6	203.2	7.4	7.9	0.3
1971	987.2	36.1	983.5	36.0	583.8	21.4	483.1	17.7	319.9	11.7	187.5	6.9	- 7.0	- 0.3
1972	1173.8	43.0	1187.7	43.5	532.6	19.5	501.2	18.3	434.4	15.9	247.3	9.0	4.8	0.2
1973	971.4	35.5	964.2	35.3	577.3	21.1	511.6	18.7	279.4	10.2	169.4	6.2	3.8	0.1
1974	961.0	35.2	976.1	35.7	553.6	20.3	504.5	18.5	296.8	10.9	182.4	6.7	- 7.7	- 0.3
1975	1275.7	46.7	1253.0	45.9	576.1	21.1	551.8	20.2	434.5	15.9	254.6	9.3	12.1	0.4
1976	1172.9	42.9	1172.7	42.9	556.5	20.4	510.7	18.7	419.1	15.3	242.3	8.9	0.6	0.0
1977	1241.8	45.4	1272.6	46.6	555.9	20.3	530.4	19.4	470.4	17.2	279.9	10.2	- 8.1	- 0.3
1978	1300.5	47.6	1295.2	47.4	533.0	19.5	500.9	18.3	502.0	18.4	287.9	10.5	4.4	0.2
1979	1403.3	51.4	1360.7	49.8	569.2	20.8	518.0	19.0	534.5	19.6	305.0	11.2	3.1	0.1
1980	1075.7	39.4	1114.4	40.8	539.5	19.7	481.9	17.6	396.0	14.5	238.8	8.7	- 2.3	- 0.1
1981	1107.1	40.5	1098.2	40.2	581.9	21.3	553.2	20.2	330.0	12.1	214.0	7.8	1.0	0.0
1982	1097.6	40.2	1103.8	40.4	616.6	22.6	554.3	20.3	336.8	12.3	211.6	7.7	1.1	0.0
1983	885.5	32.4	876.2	32.1	613.7	22.5	492.1	18.0	233.8	8.6	166.0	6.1	-15.7	- 0.6
1984	1194.5	43.7	1218.9	44.6	534.0	19.5	500.2	18.3	442.2	16.2	261.7	9.6	14.7	0.5
1985	996.1	36.5	990.7	36.3	596.9	21.8	480.8	17.6	325.2	11.9	203.6	7.5	-18.9	- 0.7
1986	975.8	35.7	1000.7	36.6	599.2	21.9	537.6	19.7	278.8	10.2	185.5	6.8	- 1.3	0.0
1987	1292.3	47.3	1284.6	47.0	580.0	21.2	531.1	19.4	455.6	16.7	277.8	10.2	20.1	0.7
1988	981.9	35.9	988.9	36.2	602.6	22.1	548.4	20.1	265.4	9.7	185.7	6.8	-10.6	- 0.4
1989	1069.5	39.1	1047.6	38.3	586.0	21.4	570.3	20.9	289.5	10.6	194.6	7.1	- 6.9	- 0.3
1990	1042.3	38.1	1000.9	36.6	603.5	22.1	535.2	19.6	263.1	9.6	186.9	6.8	15.7	0.6
1991	1019.8	37.3	1059.4	38.8	567.6	20.8	509.3	18.6	334.8	12.3	217.0	7.9	- 1.6	- 0.1
1992	1186.7	43.4	1169.1	42.8	591.1	21.6	532.0	19.5	388.0	14.2	246.0	9.0	3.0	0.1
1993	971.2	35.5	1004.7	36.8	575.4	21.1	489.3	17.9	312.7	11.4	202.3	7.4	0.4	0.0
1994	991.7	36.3	1019.2	37.3	627.2	23.0	547.0	20.0	281.1	10.3	192.7	7.1	- 1.7	- 0.1
1995	1076.2	39.4	1048.4	38.4	561.6	20.6	534.2	19.5	312.5	11.4	217.8	8.0	-16.1	- 0.6
1996	1298.9	47.5	1270.9	46.5	546.8	20.0	518.3	19.0	454.8	16.6	279.6	10.2	18.1	0.7
1997	954.1	34.9	963.8	35.3	590.7	21.6	504.4	18.5	273.0	10.0	194.7	7.1	- 8.3	- 0.3
1998	1045.4	38.3	1088.5	39.8	595.6	21.8	531.7	19.5	329.9	12.1	220.8	8.1	6.2	0.2
1999	1145.7	41.9	1129.9	41.3	603.9	22.1	558.4	20.4	337.3	12.3	232.5	8.5	1.7	0.1
2000	1337.1	48.9	1291.7	47.3	622.3	22.8	565.7	20.7	445.0	16.3	281.1	10.3	- 0.0	0.0
2001	1016.7	37.2	1088.8	39.8	604.9	22.1	552.2	20.2	321.2	11.8	233.2	8.5	-17.8	- 0.7
2002	1481.4	54.2	1426.4	52.2	610.9	22.4	603.9	22.1	493.4	18.1	311.5	11.4	17.6	0.6
2003	894.7	32.7	909.3	33.3	658.3	24.1	494.9	18.1	244.1	8.9	175.3	6.4	- 5.1	- 0.2
2004	1209.5	44.3	1230.7	45.0	583.0	21.3	540.7	19.8	412.6	15.1	272.8	10.0	4.6	0.2
2005	1046.2	38.3	1042.9	38.2	583.4	21.3	553.3	20.2	286.2	10.5	204.4	7.5	- 1.0	0.0
2006	933.9	34.2	949.1	34.7	617.1	22.6	542.0	19.8	244.2	8.9	174.8	6.4	-11.9	- 0.4
2007	985.7	36.1	982.8	36.0	624.4	22.8	557.2	20.4	251.1	9.2	174.5	6.4	- 0.0	0.0
2008	1524.9	55.8	1453.0	53.2	606.1	22.2	573.6	21.0	526.5	19.3	339.8	12.4	13.1	0.5
2009	1338.5	49.0	1359.4	49.7	639.6	23.4	543.6	19.9	506.3	18.5	313.8	11.5	- 4.2	- 0.2
2010	1579.6	57.8	1552.7	56.8	584.3	21.4	562.0	20.6	605.4	22.2	381.1	13.9	4.2	0.2
2011	1037.1	38.0	1132.1	41.4	652.7	23.9	561.8	20.6	349.8	12.8	226.4	8.3	- 5.8	- 0.2
2012	1276.6	46.7	1252.3	45.8	652.4	23.9	563.0	20.6	415.5	15.2	268.7	9.8	5.0	0.2
2013	1418.6	51.9	1415.2	51.8	616.9	22.6	536.0	19.6	535.0	19.6	344.2	12.6	- 0.0	0.0
2014	1807.2	66.1	1830.3	67.0	621.5	22.7	606.7	22.2	756.1	27.7	467.6	17.1	- 0.1	0.0
2015	902.6	33.0	928.7	34.0	659.7	24.1	571.2	20.9	219.9	8.0	173.1	6.3	-35.4	- 1.3
2016	1211.3	44.3	1202.4	44.0	617.2	22.6	570.4	20.9	351.9	12.9	253.7	9.3	26.4	1.0
2017	1067.0	39.0	1009.9	37.0	635.7	23.3	548.3	20.1	256.1	9.4	200.3	7.3	5.3	0.2
2018	1241.8	45.4	1298.1	47.5	668.5	24.5	601.4	22.0	420.3	15.4	274.3	10.0	2.1	0.1
2019	1478.3	54.1	1410.1	51.6	641.9	23.5	550.2	20.1	522.2	19.1	336.9	12.3	0.9	0.0
MEDIA (LTAA)	1160.1	42.5	1160.3	42.5	592.3	21.7	534.4	19.6	387.3	14.2	238.7	8.7	- 0.1	0.0

Tabella 9.16 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Parma

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI PARMA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1450.1	101.5	1405.7	98.4	634.5	44.4	563.0	39.4	406.8	28.5	437.5	30.6	- 1.4	- 0.1
1952	844.2	59.1	847.3	59.3	656.7	46.0	512.4	35.9	153.6	10.8	191.1	13.4	- 9.8	- 0.7
1953	1018.2	71.3	1051.4	73.6	642.9	45.0	568.2	39.8	207.1	14.5	268.7	18.8	7.5	0.5
1954	1041.8	72.9	1022.9	71.6	608.0	42.6	524.1	36.7	241.4	16.9	264.2	18.5	- 6.8	- 0.5
1955	851.3	59.6	866.7	60.7	618.6	43.3	491.6	34.4	168.2	11.8	205.5	14.4	1.4	0.1
1956	970.0	67.9	971.2	68.0	596.8	41.8	494.1	34.6	218.4	15.3	261.8	18.3	- 3.2	- 0.2
1957	1140.8	79.9	1110.0	77.7	624.3	43.7	504.0	35.3	287.1	20.1	322.5	22.6	- 3.5	- 0.2
1958	1046.1	73.2	1035.2	72.5	642.8	45.0	471.8	33.0	263.6	18.5	288.1	20.2	11.7	0.8
1959	1347.0	94.3	1332.6	93.3	641.3	44.9	573.4	40.1	368.8	25.8	389.7	27.3	0.7	0.1
1960	1539.5	107.8	1533.8	107.4	608.3	42.6	529.5	37.1	485.8	34.0	517.0	36.2	1.5	0.1
1961	921.3	64.5	951.3	66.6	655.8	45.9	482.1	33.7	209.1	14.6	263.2	18.4	- 3.1	- 0.2
1962	866.9	60.7	849.1	59.4	594.9	41.6	415.2	29.1	206.2	14.4	232.7	16.3	- 4.9	- 0.3
1963	1282.5	89.8	1292.4	90.5	593.2	41.5	542.3	38.0	351.1	24.6	392.7	27.5	6.3	0.4
1964	981.2	68.7	993.7	69.6	620.7	43.4	475.5	33.3	251.5	17.6	270.4	18.9	- 3.8	- 0.3
1965	938.0	65.7	935.9	65.5	557.9	39.1	499.9	35.0	200.3	14.0	238.4	16.7	- 2.7	- 0.2
1966	1150.8	80.6	1134.8	79.4	616.7	43.2	538.3	37.7	275.0	19.3	314.3	22.0	7.3	0.5
1967	786.6	55.1	816.7	57.2	625.9	43.8	491.4	34.4	146.4	10.2	188.0	13.2	- 9.0	- 0.6
1968	1148.8	80.4	1118.5	78.3	594.8	41.6	546.5	38.3	254.6	17.8	308.7	21.6	8.7	0.6
1969	919.5	64.4	943.7	66.1	597.5	41.8	507.4	35.5	199.6	14.0	259.3	18.2	-22.6	- 1.6
1970	894.8	62.6	885.4	62.0	586.7	41.1	449.9	31.5	189.5	13.3	232.6	16.3	13.4	0.9
1971	953.6	66.8	955.1	66.9	605.7	42.4	443.1	31.0	232.5	16.3	282.0	19.7	- 2.6	- 0.2
1972	1284.5	89.9	1285.6	90.0	560.5	39.2	513.1	35.9	353.4	24.7	410.1	28.7	9.0	0.6
1973	985.5	69.0	975.5	68.3	606.1	42.4	545.2	38.2	187.2	13.1	244.5	17.1	- 1.4	- 0.1
1974	923.0	64.6	939.4	65.8	585.6	41.0	466.3	32.6	218.5	15.3	278.8	19.5	-24.2	- 1.7
1975	1252.7	87.7	1239.1	86.7	601.5	42.1	548.2	38.4	303.3	21.2	360.5	25.2	27.1	1.9
1976	1255.0	87.9	1238.2	86.7	581.2	40.7	503.6	35.3	341.0	23.9	392.7	27.5	0.9	0.1
1977	1445.7	101.2	1470.1	102.9	572.7	40.1	546.4	38.2	408.1	28.6	519.4	36.4	- 3.7	- 0.3
1978	1113.3	77.9	1112.0	77.8	552.3	38.7	455.4	31.9	305.3	21.4	354.8	24.8	- 3.4	- 0.2
1979	1252.6	87.7	1238.5	86.7	592.7	41.5	494.5	34.6	354.1	24.8	383.0	26.8	6.9	0.5
1980	933.6	65.4	956.3	66.9	562.2	39.4	460.5	32.2	231.1	16.2	273.8	19.2	- 9.0	- 0.6
1981	1055.5	73.9	1032.4	72.3	605.9	42.4	553.9	38.8	186.8	13.1	291.2	20.4	0.5	0.0
1982	1025.7	71.8	1028.2	72.0	637.1	44.6	507.9	35.6	230.0	16.1	283.2	19.8	7.1	0.5
1983	867.5	60.7	879.5	61.6	635.2	44.5	474.2	33.2	174.3	12.2	250.8	17.6	-19.8	- 1.4
1984	1185.1	83.0	1190.0	83.3	557.9	39.1	495.9	34.7	307.8	21.5	366.6	25.7	19.7	1.4
1985	851.5	59.6	856.1	59.9	622.3	43.6	436.7	30.6	202.2	14.2	244.3	17.1	-27.0	- 1.9
1986	926.7	64.9	935.5	65.5	623.2	43.6	470.0	32.9	214.9	15.0	274.1	19.2	-23.4	- 1.6
1987	1041.1	72.9	1033.0	72.3	608.3	42.6	485.4	34.0	216.5	15.2	280.7	19.7	50.4	3.5
1988	934.3	65.4	939.8	65.8	631.3	44.2	502.2	35.2	185.6	13.0	265.9	18.6	-13.9	- 1.0
1989	815.8	57.1	804.9	56.3	608.6	42.6	485.5	34.0	148.7	10.4	202.8	14.2	-32.0	- 2.2
1990	868.1	60.8	851.8	59.6	627.1	43.9	465.3	32.6	147.0	10.3	195.5	13.7	43.9	3.1
1991	888.5	62.2	905.6	63.4	600.7	42.0	454.4	31.8	191.2	13.4	266.5	18.7	- 6.5	- 0.5
1992	1082.6	75.8	1075.1	75.3	619.2	43.3	537.5	37.6	224.6	15.7	304.7	21.3	8.3	0.6
1993	1100.3	77.0	1099.8	77.0	605.3	42.4	500.5	35.0	248.8	17.4	351.1	24.6	- 0.6	0.0
1994	1154.1	80.8	1176.1	82.3	657.8	46.0	542.8	38.0	264.5	18.5	370.6	25.9	- 1.9	- 0.1
1995	982.3	68.8	965.8	67.6	602.0	42.1	543.1	38.0	173.2	12.1	254.2	17.8	- 4.7	- 0.3
1996	1227.1	85.9	1189.8	83.3	580.6	40.6	509.1	35.6	306.4	21.5	366.2	25.6	8.1	0.6
1997	827.1	57.9	851.9	59.6	639.9	44.8	486.5	34.1	151.6	10.6	224.4	15.7	-10.6	- 0.7
1998	835.9	58.5	861.9	60.3	633.6	44.4	517.4	36.2	138.2	9.7	216.7	15.2	-10.2	- 0.7
1999	1055.8	73.9	1039.9	72.8	640.9	44.9	551.0	38.6	193.0	13.5	278.7	19.5	17.2	1.2
2000	1289.2	90.2	1257.7	88.0	647.2	45.3	545.6	38.2	297.4	20.8	412.4	28.9	2.3	0.2
2001	875.9	61.3	927.9	65.0	638.8	44.7	506.6	35.5	185.8	13.0	269.2	18.8	-33.7	- 2.4
2002	1429.3	100.1	1384.6	96.9	628.9	44.0	596.3	41.7	315.1	22.1	439.3	30.8	33.9	2.4
2003	773.4	54.1	783.5	54.8	696.9	48.8	439.5	30.8	148.0	10.4	202.1	14.1	- 6.1	- 0.4
2004	947.2	66.3	966.0	67.6	628.1	44.0	484.1	33.9	203.8	14.3	273.9	19.2	4.2	0.3
2005	825.6	57.8	827.8	57.9	625.0	43.7	514.2	36.0	124.0	8.7	191.8	13.4	- 2.2	- 0.2
2006	821.1	57.5	829.7	58.1	663.5	46.4	514.2	36.0	128.2	9.0	203.0	14.2	-15.6	- 1.1
2007	789.7	55.3	784.7	54.9	670.8	47.0	544.1	38.1	79.2	5.5	163.4	11.4	- 2.1	- 0.1
2008	1247.4	87.3	1199.3	84.0	639.4	44.8	530.5	37.1	278.9	19.5	370.2	25.9	19.7	1.4
2009	1132.8	79.3	1153.9	80.8	681.0	47.7	502.2	35.2	284.3	19.9	372.1	26.0	- 4.7	- 0.3
2010	1331.3	93.2	1311.6	91.8	614.5	43.0	548.2	38.4	344.4	24.1	414.8	29.0	4.2	0.3
2011	904.4	63.3	953.4	66.7	685.1	48.0	515.3	36.1	177.0	12.4	272.9	19.1	-11.8	- 0.8
2012	968.5	67.8	958.5	67.1	687.8	48.1	510.4	35.7	176.0	12.3	261.3	18.3	10.8	0.8
2013	1200.0	84.0	1203.0	84.2	640.1	44.8	498.7	34.9	312.2	21.9	391.3	27.4	0.8	0.1
2014	1476.6	103.4	1477.2	103.4	638.6	44.7	587.7	41.1	399.1	27.9	490.6	34.3	- 0.1	0.0
2015	842.4	59.0	865.5	60.6	712.0	49.8	543.4	38.0	140.7	9.8	230.0	16.1	-48.7	- 3.4
2016	1044.7	73.1	1027.1	71.9	657.7	46.0	531.7	37.2	175.7	12.3	281.0	19.7	38.8	2.7
2017	750.1	52.5	740.7	51.9	692.7	48.5	462.5	32.4	104.7	7.3	178.2	12.5	- 4.8	- 0.3
2018	1211.9	84.8	1218.8	85.3	699.3	49.0	566.1	39.6	251.4	17.6	392.1	27.4	9.2	0.6
2019	1254.5	87.8	1233.8	86.4	677.1	47.4	541.1	37.9	293.6	20.6	392.8	27.5	6.3	0.4
MEDIA (LTAA)	1049.0	73.4	1048.3	73.4	624.6	43.7	509.5	35.7	236.9	16.6	302.0	21.1	- 0.1	0.0

Tabella 9.17 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Genova

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI GENOVA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1844.7	8.9	1844.7	8.9	697.0	3.4	516.9	2.5	587.7	2.8	740.1	3.6	- 0.0	0.0
1952	1412.5	6.8	1401.4	6.8	717.0	3.5	617.7	3.0	371.4	1.8	412.5	2.0	- 0.2	0.0
1953	1099.2	5.3	1110.1	5.4	698.2	3.4	628.7	3.0	211.8	1.0	272.3	1.3	- 2.7	0.0
1954	1509.7	7.3	1509.8	7.3	652.7	3.2	585.9	2.8	411.5	2.0	509.7	2.5	2.6	0.0
1955	1213.4	5.9	1213.3	5.9	692.7	3.4	550.6	2.7	300.0	1.5	364.5	1.8	- 1.8	0.0
1956	1154.8	5.6	1153.6	5.6	646.6	3.1	474.0	2.3	298.3	1.4	381.9	1.9	- 0.7	0.0
1957	1532.4	7.4	1524.7	7.4	683.8	3.3	524.5	2.5	431.8	2.1	566.2	2.7	2.3	0.0
1958	1395.1	6.8	1397.6	6.8	694.7	3.4	536.3	2.6	382.1	1.9	479.3	2.3	- 0.1	0.0
1959	1800.4	8.7	1797.1	8.7	703.6	3.4	575.7	2.8	529.5	2.6	691.9	3.4	- 0.1	0.0
1960	2009.4	9.7	2014.0	9.8	671.9	3.3	579.1	2.8	650.2	3.2	784.8	3.8	- 0.1	0.0
1961	1404.6	6.8	1403.5	6.8	724.9	3.5	571.8	2.8	371.0	1.8	460.8	2.2	- 0.1	0.0
1962	1145.5	5.6	1144.0	5.5	673.8	3.3	457.8	2.2	310.4	1.5	375.9	1.8	- 0.1	0.0
1963	1688.3	8.2	1688.9	8.2	661.4	3.2	609.6	3.0	481.8	2.3	597.6	2.9	- 0.1	0.0
1964	1371.4	6.6	1373.3	6.7	697.0	3.4	530.5	2.6	390.7	1.9	453.2	2.2	- 1.1	0.0
1965	1373.1	6.7	1373.1	6.7	628.7	3.0	545.3	2.6	384.1	1.9	442.8	2.1	1.0	0.0
1966	1564.9	7.6	1556.3	7.5	672.4	3.3	563.5	2.7	444.4	2.2	548.4	2.7	- 0.1	0.0
1967	984.1	4.8	993.8	4.8	685.3	3.3	543.3	2.6	209.8	1.0	240.9	1.2	- 0.1	0.0
1968	1599.9	7.8	1596.5	7.7	652.2	3.2	604.0	2.9	454.8	2.2	537.8	2.6	- 0.0	0.0
1969	1200.4	5.8	1204.8	5.8	650.9	3.2	538.0	2.6	298.2	1.4	373.9	1.8	- 5.2	0.0
1970	1207.2	5.9	1204.0	5.8	649.3	3.1	429.3	2.1	336.0	1.6	433.6	2.1	5.1	0.0
1971	1291.6	6.3	1296.9	6.3	668.9	3.2	486.4	2.4	349.4	1.7	462.1	2.2	- 0.9	0.0
1972	1627.0	7.9	1623.8	7.9	628.2	3.0	550.2	2.7	463.5	2.2	609.8	3.0	0.3	0.0
1973	1029.9	5.0	1028.7	5.0	671.4	3.3	550.4	2.7	209.9	1.0	268.1	1.3	0.3	0.0
1974	1140.6	5.5	1145.4	5.6	646.9	3.1	501.5	2.4	285.3	1.4	368.5	1.8	- 9.9	0.0
1975	1543.5	7.5	1543.2	7.5	657.9	3.2	589.5	2.9	415.4	2.0	528.5	2.6	9.8	0.0
1976	1383.1	6.7	1376.2	6.7	633.8	3.1	538.8	2.6	363.0	1.8	474.5	2.3	- 0.1	0.0
1977	1822.9	8.8	1828.5	8.9	628.5	3.0	600.7	2.9	537.7	2.6	690.3	3.3	- 0.2	0.0
1978	1197.7	5.8	1197.7	5.8	615.3	3.0	456.1	2.2	329.9	1.6	422.6	2.0	-10.9	- 0.1
1979	1681.5	8.2	1682.2	8.2	647.6	3.1	462.0	2.2	543.2	2.6	666.2	3.2	10.8	0.1
1980	1136.0	5.5	1134.9	5.5	616.9	3.0	510.6	2.5	284.5	1.4	345.9	1.7	- 6.1	0.0
1981	1005.0	4.9	996.4	4.8	651.7	3.2	541.4	2.6	195.5	0.9	255.1	1.2	4.3	0.0
1982	1281.8	6.2	1290.5	6.3	704.1	3.4	530.1	2.6	343.5	1.7	415.4	2.0	1.5	0.0
1983	1032.4	5.0	1030.8	5.0	697.7	3.4	534.2	2.6	214.8	1.0	282.4	1.4	- 0.6	0.0
1984	1438.1	7.0	1441.4	7.0	618.5	3.0	574.1	2.8	377.0	1.8	489.8	2.4	0.5	0.0
1985	1034.9	5.0	1035.9	5.0	682.9	3.3	433.9	2.1	265.1	1.3	349.4	1.7	-12.5	- 0.1
1986	1059.6	5.1	1059.0	5.1	673.3	3.3	446.1	2.2	271.1	1.3	363.3	1.8	-21.6	- 0.1
1987	1297.2	6.3	1297.8	6.3	671.1	3.3	544.7	2.6	306.3	1.5	413.0	2.0	33.9	0.2
1988	1023.7	5.0	1023.1	5.0	691.3	3.4	509.7	2.5	224.1	1.1	296.2	1.4	- 7.0	0.0
1989	990.2	4.8	988.9	4.8	678.5	3.3	506.0	2.5	221.2	1.1	285.2	1.4	-23.6	- 0.1
1990	1052.8	5.1	1045.7	5.1	691.4	3.4	460.6	2.2	245.4	1.2	309.7	1.5	30.1	0.1
1991	1086.0	5.3	1094.4	5.3	662.6	3.2	516.5	2.5	245.1	1.2	341.1	1.7	- 8.3	0.0
1992	1416.2	6.9	1414.5	6.9	699.2	3.4	623.7	3.0	342.6	1.7	439.9	2.1	8.3	0.0
1993	1203.6	5.8	1205.4	5.8	664.8	3.2	510.2	2.5	287.8	1.4	407.6	2.0	- 0.2	0.0
1994	1385.2	6.7	1385.9	6.7	718.4	3.5	549.6	2.7	350.9	1.7	489.2	2.4	- 3.8	0.0
1995	1355.8	6.6	1352.6	6.6	647.2	3.1	563.2	2.7	333.1	1.6	452.5	2.2	3.8	0.0
1996	1530.1	7.4	1530.6	7.4	629.2	3.1	560.5	2.7	415.2	2.0	554.9	2.7	- 0.1	0.0
1997	1255.0	6.1	1254.7	6.1	695.0	3.4	532.1	2.6	316.7	1.5	405.9	2.0	- 0.1	0.0
1998	1122.3	5.4	1123.5	5.4	677.1	3.3	519.5	2.5	270.4	1.3	336.1	1.6	- 2.6	0.0
1999	1309.9	6.4	1303.5	6.3	686.3	3.3	513.2	2.5	338.2	1.6	449.8	2.2	2.3	0.0
2000	1655.9	8.0	1662.8	8.1	678.8	3.3	522.7	2.5	492.7	2.4	647.4	3.1	0.0	0.0
2001	1182.7	5.7	1183.5	5.7	669.7	3.2	472.1	2.3	327.2	1.6	422.1	2.0	-38.0	- 0.2
2002	1524.6	7.4	1523.9	7.4	668.7	3.2	623.6	3.0	342.2	1.7	520.3	2.5	37.8	0.2
2003	1091.1	5.3	1090.0	5.3	731.9	3.5	413.4	2.0	286.6	1.4	390.0	1.9	- 0.1	0.0
2004	1063.1	5.2	1065.2	5.2	657.2	3.2	471.6	2.3	263.1	1.3	332.5	1.6	- 2.1	0.0
2005	924.2	4.5	916.1	4.4	672.4	3.3	542.2	2.6	152.2	0.7	220.2	1.1	1.6	0.0
2006	1105.5	5.4	1114.0	5.4	713.7	3.5	528.0	2.6	245.7	1.2	340.4	1.7	- 0.2	0.0
2007	829.4	4.0	828.7	4.0	712.5	3.5	539.6	2.6	131.3	0.6	168.7	0.8	-10.9	- 0.1
2008	1520.5	7.4	1516.7	7.4	688.9	3.3	520.7	2.5	414.1	2.0	570.6	2.8	11.2	0.1
2009	1652.3	8.0	1646.2	8.0	724.7	3.5	492.2	2.4	494.3	2.4	659.8	3.2	- 0.1	0.0
2010	1840.0	8.9	1835.1	8.9	655.6	3.2	584.0	2.8	547.4	2.7	703.8	3.4	- 0.1	0.0
2011	1228.7	6.0	1243.6	6.0	730.4	3.5	553.0	2.7	293.6	1.4	399.3	1.9	- 2.3	0.0
2012	1291.8	6.3	1289.2	6.2	735.6	3.6	514.6	2.5	333.5	1.6	438.9	2.1	2.1	0.0
2013	1813.9	8.8	1817.0	8.8	696.9	3.4	569.3	2.8	538.5	2.6	709.3	3.4	- 0.1	0.0
2014	2168.3	10.5	2168.3	10.5	707.5	3.4	609.9	3.0	643.0	3.1	915.5	4.4	- 0.1	0.0
2015	914.9	4.4	914.9	4.4	753.7	3.7	542.6	2.6	158.1	0.8	230.6	1.1	-16.4	- 0.1
2016	1306.6	6.3	1306.6	6.3	734.5	3.6	558.7	2.7	310.6	1.5	427.0	2.1	10.4	0.1
2017	961.0	4.7	959.1	4.6	755.5	3.7	450.7	2.2	226.4	1.1	276.2	1.3	5.8	0.0
2018	1539.5	7.5	1541.5	7.5	762.3	3.7	597.0	2.9	380.3	1.8	564.3	2.7	- 0.1	0.0
2019	1783.4	8.6	1783.4	8.6	747.9	3.6	565.2	2.7	507.7	2.5	710.5	3.4	- 0.1	0.0
MEDIA (LTAA)	1342.6	6.5	1342.6	6.5	681.3	3.3	534.3	2.6	352.0	1.7	456.4	2.2	- 0.1	0.0

Tabella 9.18 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Bologna

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI BOLOGNA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1208.1	23.5	1208.1	23.5	735.9	14.3	583.1	11.3	252.7	4.9	372.4	7.2	- 0.0	0.0
1952	860.6	16.7	857.3	16.7	761.6	14.8	479.9	9.3	158.7	3.1	219.3	4.3	- 0.2	0.0
1953	954.7	18.5	957.9	18.6	713.8	13.9	620.1	12.0	142.8	2.8	205.6	4.0	-10.9	- 0.2
1954	883.4	17.2	883.2	17.2	683.6	13.3	540.1	10.5	144.5	2.8	201.3	3.9	- 2.7	- 0.1
1955	1054.5	20.5	1054.5	20.5	688.2	13.4	547.0	10.6	207.8	4.0	287.7	5.6	12.1	0.2
1956	867.4	16.9	866.7	16.8	684.5	13.3	437.5	8.5	180.4	3.5	248.4	4.8	0.4	0.0
1957	837.3	16.3	836.6	16.3	708.7	13.8	524.5	10.2	145.6	2.8	207.3	4.0	-40.7	- 0.8
1958	976.1	19.0	977.1	19.0	731.8	14.2	465.5	9.0	193.2	3.8	277.9	5.4	40.8	0.8
1959	1179.0	22.9	1178.4	22.9	702.5	13.6	628.9	12.2	225.0	4.4	324.2	6.3	0.4	0.0
1960	1199.3	23.3	1199.3	23.3	698.2	13.6	588.4	11.4	249.4	4.8	362.4	7.0	- 0.5	0.0
1961	922.2	17.9	921.5	17.9	737.7	14.3	531.2	10.3	159.3	3.1	231.2	4.5	0.1	0.0
1962	905.0	17.6	898.7	17.5	675.6	13.1	426.0	8.3	198.2	3.9	274.7	5.3	- 0.0	0.0
1963	1164.8	22.6	1167.7	22.7	678.3	13.2	601.6	11.7	234.8	4.6	332.2	6.5	- 0.7	0.0
1964	1118.9	21.7	1122.3	21.8	692.8	13.5	589.4	11.5	223.1	4.3	308.8	6.0	0.8	0.0
1965	1005.6	19.5	1007.0	19.6	642.7	12.5	543.8	10.6	193.4	3.8	279.1	5.4	- 8.7	- 0.2
1966	988.2	19.2	984.6	19.1	700.4	13.6	587.2	11.4	154.8	3.0	234.6	4.6	8.3	0.2
1967	784.4	15.2	783.1	15.2	702.9	13.7	530.1	10.3	99.5	1.9	154.3	3.0	- 0.6	0.0
1968	1020.9	19.8	1020.7	19.8	673.4	13.1	617.5	12.0	159.8	3.1	243.0	4.7	0.7	0.0
1969	1021.0	19.8	1014.5	19.7	667.6	13.0	553.1	10.7	187.8	3.6	274.0	5.3	- 0.4	0.0
1970	759.9	14.8	767.6	14.9	669.1	13.0	481.7	9.4	113.7	2.2	186.0	3.6	-13.5	- 0.3
1971	726.0	14.1	730.1	14.2	674.4	13.1	437.9	8.5	110.0	2.1	174.6	3.4	7.8	0.2
1972	1081.4	21.0	1081.6	21.0	650.2	12.6	591.7	11.5	197.6	3.8	292.6	5.7	- 0.3	0.0
1973	999.3	19.4	996.7	19.4	672.1	13.1	507.2	9.9	197.5	3.8	288.5	5.6	3.6	0.1
1974	795.5	15.5	797.7	15.5	663.6	12.9	551.8	10.7	94.6	1.8	158.2	3.1	- 6.8	- 0.1
1975	806.3	15.7	806.6	15.7	672.1	13.1	566.3	11.0	81.9	1.6	151.6	2.9	7.1	0.1
1976	1211.8	23.5	1207.8	23.5	638.6	12.4	598.3	11.6	246.7	4.8	361.2	7.0	1.8	0.0
1977	840.5	16.3	843.5	16.4	653.3	12.7	584.3	11.4	98.3	1.9	166.1	3.2	- 5.0	- 0.1
1978	1079.5	21.0	1080.4	21.0	610.4	11.9	518.7	10.1	225.8	4.4	331.2	6.4	4.9	0.1
1979	1056.1	20.5	1056.3	20.5	668.5	13.0	523.6	10.2	210.4	4.1	322.7	6.3	- 0.3	0.0
1980	1080.4	21.0	1076.2	20.9	621.8	12.1	449.4	8.7	253.2	4.9	373.5	7.3	0.2	0.0
1981	866.0	16.8	867.1	16.8	668.2	13.0	598.2	11.6	97.9	1.9	176.8	3.4	- 5.9	- 0.1
1982	1007.7	19.6	1010.1	19.6	710.8	13.8	544.2	10.6	180.3	3.5	280.0	5.4	5.5	0.1
1983	692.7	13.5	692.5	13.5	698.8	13.6	491.6	9.6	90.5	1.8	146.7	2.9	-36.2	- 0.7
1984	1058.0	20.6	1058.5	20.6	631.5	12.3	534.0	10.4	189.8	3.7	300.8	5.8	34.1	0.7
1985	713.7	13.9	714.4	13.9	698.5	13.6	392.1	7.6	128.8	2.5	195.1	3.8	- 1.5	0.0
1986	913.4	17.7	912.7	17.7	681.4	13.2	559.4	10.9	152.9	3.0	230.4	4.5	-29.5	- 0.6
1987	917.8	17.8	918.4	17.8	682.6	13.3	480.1	9.3	157.3	3.1	248.7	4.8	32.4	0.6
1988	632.3	12.3	631.6	12.3	714.9	13.9	498.7	9.7	65.0	1.3	112.4	2.2	-44.2	- 0.9
1989	824.7	16.0	825.3	16.0	677.8	13.2	624.8	12.1	54.3	1.1	121.7	2.4	24.6	0.5
1990	762.1	14.8	751.9	14.6	692.4	13.5	511.9	9.9	75.4	1.5	147.5	2.9	17.3	0.3
1991	943.4	18.3	952.3	18.5	655.8	12.7	485.5	9.4	180.9	3.5	283.4	5.5	2.4	0.0
1992	855.9	16.6	856.9	16.7	696.2	13.5	506.5	9.8	132.3	2.6	226.2	4.4	- 8.2	- 0.2
1993	754.7	14.7	754.3	14.7	682.3	13.3	461.4	9.0	109.7	2.1	175.9	3.4	7.5	0.1
1994	789.1	15.3	789.8	15.3	729.9	14.2	549.1	10.7	92.1	1.8	168.0	3.3	-19.2	- 0.4
1995	948.5	18.4	945.4	18.4	649.0	12.6	601.4	11.7	117.1	2.3	209.6	4.1	17.3	0.3
1996	1083.1	21.0	1083.1	21.0	632.5	12.3	530.5	10.3	222.4	4.3	327.7	6.4	2.3	0.0
1997	853.9	16.6	856.2	16.6	684.7	13.3	524.5	10.2	122.7	2.4	210.8	4.1	- 2.0	0.0
1998	854.5	16.6	853.3	16.6	709.6	13.8	513.4	10.0	130.6	2.5	211.3	4.1	- 1.8	0.0
1999	1076.6	20.9	1077.0	20.9	716.2	13.9	603.6	11.7	181.8	3.5	288.1	5.6	3.5	0.1
2000	748.1	14.5	750.0	14.6	736.0	14.3	501.1	9.7	84.8	1.6	165.8	3.2	- 1.5	0.0
2001	814.2	15.8	810.2	15.7	715.7	13.9	478.9	9.3	122.0	2.4	217.1	4.2	- 7.9	- 0.2
2002	1008.7	19.6	1012.1	19.7	708.2	13.8	649.5	12.6	119.5	2.3	234.2	4.6	8.9	0.2
2003	720.8	14.0	720.9	14.0	771.3	15.0	438.9	8.5	101.7	2.0	186.8	3.6	- 6.1	- 0.1
2004	981.4	19.1	981.5	19.1	689.9	13.4	525.0	10.2	170.8	3.3	280.4	5.4	5.8	0.1
2005	1114.2	21.6	1109.0	21.5	667.0	13.0	550.0	10.7	209.1	4.1	349.6	6.8	0.3	0.0
2006	741.0	14.4	746.6	14.5	711.5	13.8	560.0	10.9	86.8	1.7	159.8	3.1	-59.8	- 1.2
2007	684.5	13.3	682.9	13.3	746.6	14.5	466.5	9.1	46.3	0.9	117.1	2.3	53.2	1.0
2008	874.8	17.0	875.0	17.0	731.0	14.2	504.0	9.8	130.7	2.5	234.4	4.6	6.2	0.1
2009	865.9	16.8	865.4	16.8	747.5	14.5	518.7	10.1	122.0	2.4	225.6	4.4	- 0.7	0.0
2010	1133.0	22.0	1129.4	21.9	689.2	13.4	585.5	11.4	203.4	4.0	340.1	6.6	0.6	0.0
2011	676.7	13.1	682.1	13.3	747.2	14.5	474.4	9.2	96.2	1.9	162.5	3.2	-51.0	- 1.0
2012	850.9	16.5	850.1	16.5	763.6	14.8	486.2	9.4	108.2	2.1	206.0	4.0	49.9	1.0
2013	1147.8	22.3	1148.6	22.3	715.3	13.9	551.5	10.7	230.4	4.5	367.4	7.1	- 0.6	0.0
2014	1133.8	22.0	1133.8	22.0	723.0	14.0	665.2	12.9	166.1	3.2	307.3	6.0	- 4.7	- 0.1
2015	987.7	19.2	987.8	19.2	770.3	15.0	560.9	10.9	168.7	3.3	275.0	5.3	-16.7	- 0.3
2016	985.3	19.1	985.3	19.1	747.9	14.5	617.4	12.0	128.4	2.5	234.2	4.5	5.4	0.1
2017	842.7	16.4	841.3	16.3	802.0	15.6	483.5	9.4	129.1	2.5	212.3	4.1	17.0	0.3
2018	945.2	18.4	946.4	18.4	759.4	14.8	558.4	10.9	152.9	3.0	253.9	4.9	-18.8	- 0.4
2019	1005.9	19.5	1005.9	19.5	764.5	14.9	562.2	10.9	150.3	2.9	281.0	5.5	12.6	0.2
MEDIA (LTAA)	930.4	18.1	930.4	18.1	698.5	13.6	535.6	10.4	152.9	3.0	242.3	4.7	- 0.2	0.0

Tabella 9.19 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Pisa

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI PISA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1256.7	24.6	1256.7	24.6	755.3	14.8	569.9	11.1	380.0	7.4	307.8	6.0	- 1.0	0.0
1952	954.4	18.7	947.1	18.5	793.9	15.5	486.2	9.5	256.0	5.0	206.1	4.0	- 1.2	0.0
1953	874.6	17.1	881.8	17.2	743.1	14.5	588.8	11.5	159.2	3.1	133.6	2.6	0.1	0.0
1954	865.1	16.9	865.1	16.9	691.6	13.5	540.6	10.6	192.8	3.8	157.8	3.1	-26.0	- 0.5
1955	932.9	18.2	932.6	18.2	733.1	14.3	467.5	9.1	241.9	4.7	196.9	3.9	26.3	0.5
1956	879.2	17.2	878.7	17.2	688.2	13.5	479.8	9.4	217.9	4.3	181.9	3.6	- 0.9	0.0
1957	828.8	16.2	826.9	16.2	731.7	14.3	478.0	9.4	194.4	3.8	159.6	3.1	- 5.1	- 0.1
1958	918.4	18.0	918.2	18.0	755.7	14.8	424.7	8.3	265.7	5.2	221.7	4.3	6.0	0.1
1959	1104.8	21.6	1102.7	21.6	742.2	14.5	586.1	11.5	283.5	5.5	232.8	4.6	0.3	0.0
1960	1429.2	28.0	1432.0	28.0	720.6	14.1	545.4	10.7	493.1	9.6	393.6	7.7	- 0.0	0.0
1961	1008.0	19.7	1007.1	19.7	767.8	15.0	535.1	10.5	258.2	5.1	213.9	4.2	- 0.1	0.0
1962	896.2	17.5	892.5	17.5	714.7	14.0	415.6	8.1	262.7	5.1	214.2	4.2	0.1	0.0
1963	1173.2	23.0	1176.2	23.0	706.6	13.8	600.7	11.8	315.0	6.2	263.0	5.1	- 2.6	- 0.1
1964	1152.1	22.5	1152.5	22.5	727.9	14.2	531.1	10.4	339.7	6.6	279.3	5.5	2.5	0.0
1965	1135.9	22.2	1136.0	22.2	673.5	13.2	542.9	10.6	323.4	6.3	272.5	5.3	- 2.8	- 0.1
1966	1233.3	24.1	1228.6	24.0	719.6	14.1	578.4	11.3	356.5	7.0	290.7	5.7	3.1	0.1
1967	835.3	16.3	839.5	16.4	729.0	14.3	540.5	10.6	160.0	3.1	139.8	2.7	- 0.8	0.0
1968	1082.8	21.2	1082.2	21.2	694.1	13.6	588.7	11.5	262.1	5.1	231.5	4.5	- 0.1	0.0
1969	1070.0	20.9	1070.2	20.9	694.0	13.6	539.1	10.5	287.5	5.6	243.6	4.8	0.0	0.0
1970	919.2	18.0	918.4	18.0	694.3	13.6	450.9	8.8	252.5	4.9	219.4	4.3	- 4.2	- 0.1
1971	808.7	15.8	813.2	15.9	700.2	13.7	469.3	9.2	183.1	3.6	158.8	3.1	1.9	0.0
1972	953.7	18.7	952.8	18.6	674.7	13.2	538.0	10.5	222.1	4.3	195.4	3.8	- 2.8	- 0.1
1973	741.8	14.5	739.6	14.5	703.9	13.8	482.6	9.4	138.8	2.7	133.8	2.6	-15.5	- 0.3
1974	827.5	16.2	830.6	16.2	683.0	13.4	499.8	9.8	173.1	3.4	155.1	3.0	2.7	0.1
1975	958.4	18.7	957.9	18.7	692.3	13.5	555.7	10.9	204.8	4.0	180.9	3.5	16.6	0.3
1976	1102.1	21.6	1096.3	21.4	663.4	13.0	567.8	11.1	276.6	5.4	251.1	4.9	0.8	0.0
1977	946.6	18.5	952.1	18.6	670.5	13.1	535.6	10.5	226.2	4.4	195.4	3.8	- 5.0	- 0.1
1978	1055.9	20.7	1055.7	20.7	640.8	12.5	499.0	9.8	291.1	5.7	262.9	5.1	2.7	0.1
1979	1226.8	24.0	1227.4	24.0	689.9	13.5	489.4	9.6	401.7	7.9	334.0	6.5	2.3	0.0
1980	1041.0	20.4	1038.8	20.3	645.9	12.6	449.9	8.8	314.2	6.1	274.7	5.4	- 0.0	0.0
1981	920.1	18.0	917.0	17.9	686.0	13.4	537.6	10.5	191.1	3.7	189.5	3.7	- 1.3	0.0
1982	935.3	18.3	939.3	18.4	744.8	14.6	506.4	9.9	228.9	4.5	203.3	4.0	0.8	0.0
1983	831.6	16.3	831.7	16.3	726.3	14.2	498.7	9.8	176.5	3.5	167.7	3.3	-11.2	- 0.2
1984	1189.4	23.3	1191.0	23.3	654.4	12.8	552.7	10.8	329.0	6.4	298.2	5.8	11.2	0.2
1985	677.1	13.2	677.3	13.3	732.4	14.3	374.2	7.3	164.5	3.2	147.2	2.9	- 8.6	- 0.2
1986	902.9	17.7	902.0	17.6	709.9	13.9	493.9	9.7	219.8	4.3	199.8	3.9	-11.5	- 0.2
1987	999.7	19.6	1000.6	19.6	715.7	14.0	452.8	8.9	283.4	5.5	244.2	4.8	20.2	0.4
1988	756.4	14.8	756.0	14.8	739.8	14.5	511.3	10.0	147.9	2.9	139.0	2.7	-42.2	- 0.8
1989	803.3	15.7	803.2	15.7	714.1	14.0	586.2	11.5	86.0	1.7	100.9	2.0	30.2	0.6
1990	833.4	16.3	827.7	16.2	742.1	14.5	493.7	9.7	165.2	3.2	157.9	3.1	11.0	0.2
1991	997.3	19.5	1002.5	19.6	699.6	13.7	515.7	10.1	251.4	4.9	236.9	4.6	- 1.6	0.0
1992	1102.8	21.6	1102.7	21.6	736.8	14.4	596.1	11.7	252.3	4.9	253.2	5.0	1.0	0.0
1993	828.3	16.2	828.7	16.2	715.7	14.0	472.4	9.2	180.6	3.5	175.3	3.4	0.5	0.0
1994	793.5	15.5	794.0	15.5	767.0	15.0	531.6	10.4	140.1	2.7	131.5	2.6	- 9.2	- 0.2
1995	875.8	17.1	871.4	17.0	689.1	13.5	535.3	10.5	164.8	3.2	168.2	3.3	3.1	0.1
1996	1123.6	22.0	1125.7	22.0	675.6	13.2	548.7	10.7	296.0	5.8	274.7	5.4	6.2	0.1
1997	888.1	17.4	888.6	17.4	734.9	14.4	523.2	10.2	183.6	3.6	181.7	3.6	0.1	0.0
1998	809.8	15.8	810.3	15.9	733.9	14.4	486.0	9.5	163.8	3.2	165.7	3.2	- 5.2	- 0.1
1999	951.8	18.6	948.8	18.6	752.3	14.7	506.6	9.9	223.9	4.4	213.7	4.2	4.6	0.1
2000	972.8	19.0	976.7	19.1	757.6	14.8	490.5	9.6	254.0	5.0	232.1	4.5	0.1	0.0
2001	794.8	15.5	792.7	15.5	733.0	14.3	456.7	8.9	177.6	3.5	176.9	3.5	-18.6	- 0.4
2002	982.6	19.2	984.3	19.3	719.3	14.1	614.4	12.0	170.1	3.3	182.1	3.6	17.7	0.3
2003	735.0	14.4	734.2	14.4	791.2	15.5	395.7	7.7	170.5	3.3	169.3	3.3	- 1.2	0.0
2004	971.1	19.0	972.4	19.0	708.2	13.9	489.0	9.6	245.0	4.8	237.2	4.6	1.1	0.0
2005	941.7	18.4	936.2	18.3	698.5	13.7	499.8	9.8	215.5	4.2	220.3	4.3	0.7	0.0
2006	730.6	14.3	736.4	14.4	752.2	14.7	500.6	9.8	125.3	2.5	130.1	2.5	-19.6	- 0.4
2007	688.4	13.5	687.3	13.4	754.2	14.8	510.1	10.0	87.6	1.7	107.5	2.1	-17.9	- 0.4
2008	1053.1	20.6	1050.5	20.6	738.7	14.5	510.9	10.0	259.5	5.1	243.0	4.8	37.1	0.7
2009	981.9	19.2	979.0	19.2	759.7	14.9	483.8	9.5	257.9	5.0	238.1	4.7	- 0.8	0.0
2010	1344.7	26.3	1343.2	26.3	706.0	13.8	566.7	11.1	397.7	7.8	377.7	7.4	1.1	0.0
2011	666.5	13.0	674.2	13.2	770.3	15.1	444.5	8.7	132.8	2.6	127.9	2.5	-31.0	- 0.6
2012	947.8	18.5	946.3	18.5	780.8	15.3	489.7	9.6	216.2	4.2	209.6	4.1	30.8	0.6
2013	1185.6	23.2	1187.5	23.2	743.0	14.5	538.9	10.5	331.6	6.5	318.5	6.2	- 1.4	0.0
2014	1303.7	25.5	1303.7	25.5	754.3	14.8	654.3	12.8	336.0	6.6	312.2	6.1	1.2	0.0
2015	789.9	15.5	789.9	15.5	799.4	15.6	530.6	10.4	138.4	2.7	152.5	3.0	-31.7	- 0.6
2016	1101.9	21.6	1101.9	21.6	776.7	15.2	575.7	11.3	249.9	4.9	252.6	4.9	23.7	0.5
2017	699.2	13.7	697.8	13.7	802.0	15.7	416.8	8.2	134.7	2.6	145.7	2.8	0.6	0.0
2018	1037.3	20.3	1038.8	20.3	784.7	15.4	548.5	10.7	240.4	4.7	244.7	4.8	5.2	0.1
2019	1182.5	23.1	1182.5	23.1	771.3	15.1	555.6	10.9	318.4	6.2	306.5	6.0	2.0	0.0
MEDIA (LTAA)	964.4	18.9	964.4	18.9	724.8	14.2	515.5	10.1	235.4	4.6	213.5	4.2	- 0.1	0.0

Tabella 9.20 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Roma

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI ROMA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1180.4	28.1	1180.4	28.1	748.2	17.8	535.7	12.8	407.8	9.7	238.9	5.7	- 1.9	0.0
1952	931.4	22.2	926.9	22.1	792.0	18.9	518.2	12.3	257.9	6.1	152.9	3.6	- 2.1	0.0
1953	893.0	21.3	897.5	21.4	730.5	17.4	607.3	14.5	185.7	4.4	112.6	2.7	- 8.1	- 0.2
1954	832.9	19.9	832.4	19.8	694.0	16.5	503.2	12.0	215.4	5.1	131.6	3.1	-17.8	- 0.4
1955	997.9	23.8	998.2	23.8	719.4	17.1	498.7	11.9	302.4	7.2	171.1	4.1	26.0	0.6
1956	946.3	22.6	944.9	22.5	684.5	16.3	436.2	10.4	322.5	7.7	186.4	4.4	- 0.2	0.0
1957	815.6	19.4	813.4	19.4	726.7	17.3	491.0	11.7	206.2	4.9	123.0	2.9	- 6.8	- 0.2
1958	1024.7	24.4	1027.2	24.5	754.6	18.0	477.9	11.4	344.8	8.2	197.9	4.7	6.6	0.2
1959	1222.0	29.1	1219.8	29.1	720.3	17.2	601.3	14.3	386.6	9.2	230.1	5.5	1.8	0.0
1960	1415.5	33.7	1416.2	33.8	727.5	17.3	544.5	13.0	548.4	13.1	321.7	7.7	1.7	0.0
1961	995.0	23.7	996.6	23.8	738.2	17.6	519.0	12.4	298.4	7.1	180.2	4.3	- 0.9	0.0
1962	1105.3	26.3	1094.9	26.1	693.4	16.5	460.1	11.0	400.7	9.5	234.2	5.6	- 0.1	0.0
1963	1228.1	29.3	1235.8	29.5	689.0	16.4	604.8	14.4	394.1	9.4	236.1	5.6	0.9	0.0
1964	1171.7	27.9	1172.2	27.9	703.1	16.8	533.4	12.7	400.8	9.6	238.1	5.7	- 0.1	0.0
1965	1163.5	27.7	1166.0	27.8	660.2	15.7	517.8	12.3	406.5	9.7	242.1	5.8	- 0.4	0.0
1966	1079.1	25.7	1075.1	25.6	697.7	16.6	519.7	12.4	349.8	8.3	205.8	4.9	- 0.3	0.0
1967	839.8	20.0	840.9	20.0	710.5	16.9	533.0	12.7	189.7	4.5	119.4	2.8	- 1.2	0.0
1968	979.1	23.3	978.9	23.3	682.8	16.3	569.2	13.6	245.3	5.8	164.3	3.9	0.2	0.0
1969	1095.9	26.1	1091.6	26.0	676.3	16.1	558.6	13.3	331.6	7.9	201.8	4.8	- 0.5	0.0
1970	832.4	19.8	839.3	20.0	677.4	16.1	461.7	11.0	242.5	5.8	148.6	3.5	-13.6	- 0.3
1971	873.7	20.8	874.7	20.8	680.5	16.2	476.9	11.4	243.8	5.8	143.3	3.4	10.7	0.3
1972	1072.3	25.6	1072.5	25.6	657.8	15.7	587.2	14.0	302.0	7.2	184.2	4.4	- 0.8	0.0
1973	756.6	18.0	753.0	17.9	681.9	16.3	479.0	11.4	184.0	4.4	119.9	2.9	-29.9	- 0.7
1974	894.1	21.3	897.3	21.4	661.2	15.8	496.9	11.8	232.9	5.6	141.1	3.4	26.4	0.6
1975	903.6	21.5	903.9	21.5	670.3	16.0	535.2	12.8	223.0	5.3	140.2	3.3	5.4	0.1
1976	1225.6	29.2	1220.8	29.1	639.2	15.2	587.3	14.0	384.4	9.2	247.6	5.9	1.5	0.0
1977	916.1	21.8	920.0	21.9	662.0	15.8	578.7	13.8	207.1	4.9	137.0	3.3	- 2.8	- 0.1
1978	1154.6	27.5	1155.6	27.5	621.6	14.8	484.4	11.5	414.8	9.9	253.7	6.0	2.7	0.1
1979	1212.0	28.9	1212.0	28.9	673.1	16.0	492.6	11.7	452.8	10.8	267.0	6.4	- 0.3	0.0
1980	1072.4	25.6	1068.5	25.5	626.5	14.9	440.9	10.5	385.4	9.2	240.9	5.7	1.3	0.0
1981	872.7	20.8	871.4	20.8	670.2	16.0	541.6	12.9	197.2	4.7	133.6	3.2	- 1.0	0.0
1982	911.9	21.7	915.8	21.8	726.3	17.3	525.1	12.5	229.2	5.5	161.4	3.8	0.1	0.0
1983	778.0	18.5	778.1	18.5	698.9	16.7	508.9	12.1	168.4	4.0	116.2	2.8	-15.4	- 0.4
1984	1174.6	28.0	1175.6	28.0	635.2	15.1	518.6	12.4	394.8	9.4	248.9	5.9	13.3	0.3
1985	769.1	18.3	769.5	18.3	704.3	16.8	387.2	9.2	237.4	5.7	146.9	3.5	- 2.0	0.0
1986	1035.0	24.7	1033.9	24.6	684.3	16.3	535.1	12.8	311.1	7.4	200.8	4.8	-13.0	- 0.3
1987	1033.8	24.6	1034.9	24.7	701.1	16.7	459.6	11.0	339.8	8.1	219.4	5.2	16.0	0.4
1988	808.8	19.3	808.0	19.3	725.8	17.3	517.1	12.3	190.0	4.5	123.2	2.9	-22.2	- 0.5
1989	841.5	20.1	842.3	20.1	690.2	16.4	601.8	14.3	130.0	3.1	98.3	2.3	12.2	0.3
1990	884.8	21.1	874.5	20.8	718.0	17.1	496.6	11.8	222.4	5.3	149.5	3.6	6.1	0.1
1991	1036.8	24.7	1046.0	24.9	675.6	16.1	496.9	11.8	335.9	8.0	212.8	5.1	0.4	0.0
1992	969.7	23.1	970.4	23.1	720.4	17.2	571.6	13.6	230.1	5.5	166.7	4.0	2.0	0.0
1993	843.6	20.1	843.4	20.1	700.2	16.7	458.8	10.9	231.0	5.5	154.0	3.7	- 0.4	0.0
1994	730.3	17.4	730.8	17.4	743.5	17.7	525.7	12.5	118.7	2.8	96.8	2.3	-10.4	- 0.2
1995	863.7	20.6	861.1	20.5	659.8	15.7	529.3	12.6	191.7	4.6	136.5	3.3	3.6	0.1
1996	1227.1	29.2	1226.5	29.2	648.7	15.5	553.0	13.2	406.7	9.7	259.3	6.2	7.6	0.2
1997	920.3	21.9	922.3	22.0	710.5	16.9	522.3	12.4	231.8	5.5	168.2	4.0	0.0	0.0
1998	944.2	22.5	942.9	22.5	716.0	17.1	501.6	12.0	263.5	6.3	179.3	4.3	- 1.4	0.0
1999	1039.2	24.8	1038.5	24.8	733.5	17.5	532.5	12.7	304.8	7.3	200.4	4.8	0.8	0.0
2000	844.7	20.1	847.7	20.2	754.3	18.0	485.3	11.6	208.2	5.0	155.0	3.7	- 0.8	0.0
2001	709.4	16.9	706.2	16.8	731.0	17.4	448.1	10.7	158.8	3.8	118.8	2.8	-19.4	- 0.5
2002	910.3	21.7	913.1	21.8	726.8	17.3	651.6	15.5	126.6	3.0	117.8	2.8	17.2	0.4
2003	699.6	16.7	699.6	16.7	796.7	19.0	456.4	10.9	139.6	3.3	107.0	2.5	- 3.4	- 0.1
2004	1108.1	26.4	1108.1	26.4	712.5	17.0	512.6	12.2	346.6	8.3	243.5	5.8	5.4	0.1
2005	1066.3	25.4	1058.1	25.2	696.4	16.6	497.6	11.9	330.7	7.9	227.6	5.4	2.2	0.1
2006	681.9	16.3	690.4	16.5	727.4	17.3	510.2	12.2	125.3	3.0	102.0	2.4	-47.2	- 1.1
2007	575.7	13.7	573.8	13.7	739.6	17.6	441.6	10.5	72.3	1.7	71.3	1.7	-11.4	- 0.3
2008	1081.0	25.8	1080.8	25.8	722.3	17.2	515.9	12.3	299.4	7.1	210.5	5.0	55.0	1.3
2009	939.9	22.4	941.0	22.4	752.8	17.9	537.8	12.8	233.7	5.6	169.8	4.0	- 0.3	0.0
2010	1237.5	29.5	1234.9	29.4	700.1	16.7	514.2	12.3	426.6	10.2	290.5	6.9	3.6	0.1
2011	668.3	15.9	671.5	16.0	752.9	17.9	479.3	11.4	130.9	3.1	101.1	2.4	-39.7	- 0.9
2012	914.3	21.8	912.9	21.8	769.3	18.3	494.8	11.8	217.4	5.2	164.7	3.9	36.1	0.9
2013	1128.5	26.9	1130.3	26.9	728.1	17.4	569.8	13.6	324.1	7.7	237.1	5.7	- 0.8	0.0
2014	1191.7	28.4	1191.5	28.4	731.7	17.4	628.3	15.0	322.3	7.7	236.4	5.6	4.5	0.1
2015	803.3	19.1	803.5	19.1	781.4	18.6	536.0	12.8	177.2	4.2	137.5	3.3	-47.2	- 1.1
2016	927.1	22.1	927.1	22.1	759.0	18.1	591.7	14.1	158.4	3.8	143.8	3.4	33.2	0.8
2017	687.2	16.4	683.0	16.3	791.4	18.9	433.7	10.3	135.1	3.2	108.1	2.6	6.1	0.1
2018	1088.3	25.9	1092.3	26.0	783.2	18.7	583.6	13.9	292.9	7.0	212.9	5.1	2.8	0.1
2019	1071.1	25.5	1070.9	25.5	773.8	18.4	554.3	13.2	297.6	7.1	216.8	5.2	2.3	0.1
MEDIA (LTAA)	968.8	23.1	968.8	23.1	710.1	16.9	520.0	12.4	271.4	6.5	177.6	4.2	- 0.1	0.0

Tabella 9.21 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Pescara

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI PESCARA														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	984.8	13.0	984.2	13.0	737.3	9.8	585.4	7.7	201.1	2.7	203.8	2.7	- 6.1	- 0.1
1952	805.8	10.7	787.9	10.4	772.0	10.2	498.2	6.6	145.8	1.9	142.9	1.9	- 1.0	0.0
1953	805.7	10.7	822.4	10.9	715.6	9.5	517.9	6.9	149.2	2.0	155.5	2.1	- 0.3	0.0
1954	878.0	11.6	874.9	11.6	691.1	9.1	471.0	6.2	190.7	2.5	217.9	2.9	- 4.6	- 0.1
1955	1058.2	14.0	1060.8	14.0	697.5	9.2	511.1	6.8	256.0	3.4	284.0	3.8	9.7	0.1
1956	835.3	11.1	828.1	11.0	701.6	9.3	385.9	5.1	212.1	2.8	230.4	3.0	- 0.4	0.0
1957	971.9	12.9	965.1	12.8	719.5	9.5	507.4	6.7	210.3	2.8	254.0	3.4	- 6.6	- 0.1
1958	907.9	12.0	914.5	12.1	742.0	9.8	463.7	6.1	221.4	2.9	225.1	3.0	4.4	0.1
1959	1107.7	14.7	1103.7	14.6	691.4	9.2	643.1	8.5	225.3	3.0	237.6	3.1	- 2.3	0.0
1960	1004.6	13.3	1004.7	13.3	730.9	9.7	496.7	6.6	255.8	3.4	247.7	3.3	4.5	0.1
1961	901.6	11.9	904.9	12.0	706.0	9.3	474.7	6.3	206.0	2.7	224.1	3.0	0.0	0.0
1962	984.2	13.0	959.9	12.7	661.9	8.8	439.3	5.8	248.5	3.3	272.5	3.6	- 0.4	0.0
1963	1040.2	13.8	1068.5	14.1	660.4	8.7	521.5	6.9	271.5	3.6	275.7	3.6	- 0.2	0.0
1964	949.6	12.6	942.6	12.5	666.4	8.8	564.4	7.5	180.5	2.4	197.4	2.6	0.4	0.0
1965	697.7	9.2	706.8	9.4	630.5	8.3	445.0	5.9	158.6	2.1	151.7	2.0	-48.5	- 0.6
1966	810.7	10.7	797.3	10.6	670.0	8.9	487.7	6.5	146.9	1.9	138.6	1.8	24.1	0.3
1967	873.3	11.6	870.8	11.5	679.2	9.0	501.8	6.6	165.2	2.2	182.0	2.4	21.8	0.3
1968	853.5	11.3	855.0	11.3	661.9	8.8	546.5	7.2	143.2	1.9	163.8	2.2	1.5	0.0
1969	1017.6	13.5	1004.3	13.3	648.3	8.6	555.6	7.4	219.4	2.9	229.2	3.0	0.1	0.0
1970	784.2	10.4	806.2	10.7	650.4	8.6	483.4	6.4	171.8	2.3	162.4	2.1	-11.5	- 0.2
1971	867.4	11.5	872.7	11.6	651.6	8.6	463.6	6.1	198.3	2.6	205.9	2.7	4.8	0.1
1972	993.6	13.2	996.0	13.2	630.7	8.3	576.8	7.6	194.0	2.6	219.2	2.9	5.9	0.1
1973	938.8	12.4	924.6	12.2	650.5	8.6	482.6	6.4	206.6	2.7	252.3	3.3	-16.9	- 0.2
1974	824.1	10.9	834.3	11.0	637.4	8.4	471.2	6.2	173.6	2.3	176.5	2.3	12.9	0.2
1975	714.7	9.5	718.3	9.5	643.3	8.5	482.4	6.4	113.1	1.5	118.3	1.6	4.5	0.1
1976	1100.1	14.6	1082.8	14.3	610.6	8.1	582.0	7.7	233.9	3.1	266.3	3.5	0.6	0.0
1977	621.6	8.2	637.4	8.4	647.6	8.6	506.5	6.7	87.4	1.2	79.0	1.0	-35.5	- 0.5
1978	952.3	12.6	955.6	12.6	593.5	7.9	460.8	6.1	232.9	3.1	229.7	3.0	32.2	0.4
1979	956.3	12.7	955.6	12.6	646.1	8.6	490.2	6.5	231.2	3.1	232.4	3.1	1.7	0.0
1980	959.6	12.7	947.5	12.5	599.9	7.9	434.7	5.8	249.2	3.3	267.2	3.5	- 3.6	0.0
1981	712.2	9.4	711.2	9.4	653.4	8.6	486.8	6.4	119.0	1.6	118.0	1.6	-12.5	- 0.2
1982	672.4	8.9	680.5	9.0	702.0	9.3	449.4	5.9	118.2	1.6	110.1	1.5	2.9	0.0
1983	770.6	10.2	770.3	10.2	676.4	9.0	522.7	6.9	114.3	1.5	126.6	1.7	6.6	0.1
1984	939.2	12.4	943.7	12.5	619.0	8.2	471.1	6.2	225.5	3.0	239.5	3.2	7.6	0.1
1985	739.0	9.8	741.8	9.8	686.6	9.1	415.0	5.5	159.2	2.1	175.3	2.3	- 7.7	- 0.1
1986	904.9	12.0	901.9	11.9	668.7	8.9	526.3	7.0	179.8	2.4	200.9	2.7	- 5.1	- 0.1
1987	773.8	10.2	776.8	10.3	682.2	9.0	455.1	6.0	155.9	2.1	167.0	2.2	- 1.2	0.0
1988	721.9	9.6	717.3	9.5	708.3	9.4	507.7	6.7	99.9	1.3	111.2	1.5	- 1.5	0.0
1989	824.5	10.9	828.7	11.0	671.5	8.9	594.1	7.9	109.6	1.5	112.5	1.5	12.5	0.2
1990	720.9	9.5	683.2	9.0	690.8	9.1	462.8	6.1	99.4	1.3	118.3	1.6	2.6	0.0
1991	849.7	11.2	881.5	11.7	659.1	8.7	491.1	6.5	195.2	2.6	197.6	2.6	- 2.5	0.0
1992	776.8	10.3	781.8	10.3	710.0	9.4	484.5	6.4	155.2	2.1	171.7	2.3	-29.5	- 0.4
1993	794.3	10.5	792.7	10.5	691.2	9.1	449.3	5.9	147.3	1.9	164.7	2.2	31.5	0.4
1994	737.3	9.8	739.9	9.8	712.9	9.4	492.0	6.5	125.3	1.7	149.8	2.0	-27.1	- 0.4
1995	857.5	11.4	852.9	11.3	612.3	8.1	501.4	6.6	153.1	2.0	174.8	2.3	23.6	0.3
1996	998.2	13.2	992.8	13.1	613.0	8.1	484.9	6.4	241.6	3.2	262.4	3.5	4.0	0.1
1997	834.0	11.0	840.3	11.1	647.2	8.6	456.7	6.0	174.7	2.3	209.0	2.8	- 0.1	0.0
1998	873.9	11.6	864.1	11.4	675.4	8.9	503.0	6.7	167.8	2.2	194.1	2.6	- 0.7	0.0
1999	1004.9	13.3	1009.0	13.4	693.4	9.2	574.8	7.6	215.9	2.9	220.2	2.9	- 1.8	0.0
2000	679.2	9.0	688.8	9.1	720.2	9.5	487.1	6.4	112.5	1.5	111.0	1.5	-21.9	- 0.3
2001	667.7	8.8	648.0	8.6	710.7	9.4	421.9	5.6	98.0	1.3	111.0	1.5	17.1	0.2
2002	937.6	12.4	953.3	12.6	694.7	9.2	621.3	8.2	146.6	1.9	179.5	2.4	5.8	0.1
2003	928.1	12.3	929.2	12.3	749.6	9.9	499.5	6.6	194.5	2.6	238.5	3.2	- 3.4	0.0
2004	1036.0	13.7	1035.9	13.7	672.5	8.9	541.8	7.2	232.4	3.1	257.2	3.4	4.6	0.1
2005	1011.4	13.4	995.4	13.2	658.9	8.7	510.0	6.8	217.0	2.9	268.7	3.6	- 0.3	0.0
2006	685.7	9.1	705.2	9.3	684.7	9.1	511.5	6.8	123.7	1.6	148.2	2.0	-78.3	- 1.0
2007	651.8	8.6	640.3	8.5	703.8	9.3	404.6	5.4	71.6	0.9	92.2	1.2	72.0	1.0
2008	849.6	11.2	852.4	11.3	702.0	9.3	494.9	6.6	166.5	2.2	184.7	2.4	6.3	0.1
2009	1063.9	14.1	1066.6	14.1	711.9	9.4	559.3	7.4	231.3	3.1	277.7	3.7	- 1.7	0.0
2010	921.0	12.2	917.2	12.1	684.3	9.1	526.8	7.0	194.5	2.6	200.9	2.7	- 4.9	- 0.1
2011	735.0	9.7	742.6	9.8	725.7	9.6	532.9	7.1	112.2	1.5	134.4	1.8	-36.9	- 0.5
2012	799.8	10.6	796.5	10.5	737.0	9.8	523.2	6.9	102.5	1.4	128.7	1.7	42.2	0.6
2013	1055.6	14.0	1058.4	14.0	695.5	9.2	551.0	7.3	238.2	3.2	268.2	3.6	1.0	0.0
2014	875.7	11.6	876.8	11.6	710.6	9.4	609.1	8.1	137.9	1.8	152.3	2.0	-22.6	- 0.3
2015	940.2	12.4	942.0	12.5	763.8	10.1	508.8	6.7	185.7	2.5	244.6	3.2	2.8	0.0
2016	897.9	11.9	898.0	11.9	750.4	9.9	663.7	8.7	105.8	1.4	135.4	1.8	- 7.0	- 0.1
2017	885.0	11.7	873.9	11.6	793.3	10.5	500.7	6.6	151.1	2.0	195.7	2.6	26.4	0.3
2018	1057.0	14.0	1067.2	14.1	751.2	9.9	624.2	8.3	211.8	2.8	232.6	3.1	- 1.5	0.0
2019	830.5	11.0	828.6	11.0	753.7	10.0	536.0	7.1	139.2	1.8	172.2	2.3	-18.8	- 0.2
MEDIA (LTAA)	872.7	11.6	872.7	11.6	685.4	9.1	507.4	6.7	174.3	2.3	191.3	2.5	- 0.3	0.0

Tabella 9.22 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Napoli

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI NAPOLI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1208.3	23.2	1208.1	23.2	766.5	14.7	536.6	10.3	431.1	8.3	241.2	4.6	- 0.8	0.0
1952	1135.2	21.8	1128.1	21.7	801.2	15.4	522.5	10.0	380.9	7.3	224.0	4.3	0.7	0.0
1953	962.0	18.5	968.9	18.6	742.2	14.2	584.7	11.2	244.6	4.7	148.3	2.8	- 8.7	- 0.2
1954	1024.4	19.7	1023.2	19.6	698.4	13.4	452.8	8.7	354.6	6.8	214.4	4.1	1.3	0.0
1955	1143.1	21.9	1144.5	22.0	726.0	13.9	490.9	9.4	412.2	7.9	234.3	4.5	7.1	0.1
1956	1076.7	20.7	1074.3	20.6	702.2	13.5	429.3	8.2	406.3	7.8	238.8	4.6	- 0.1	0.0
1957	957.3	18.4	953.8	18.3	745.8	14.3	487.8	9.4	292.9	5.6	173.3	3.3	- 0.2	0.0
1958	1176.0	22.6	1179.0	22.6	764.6	14.7	465.2	8.9	453.6	8.7	260.3	5.0	- 0.2	0.0
1959	1328.8	25.5	1326.0	25.5	716.8	13.8	607.7	11.7	450.4	8.6	267.8	5.1	0.0	0.0
1960	1497.8	28.8	1499.7	28.8	759.1	14.6	543.8	10.4	607.8	11.7	348.1	6.7	0.0	0.0
1961	1153.7	22.1	1156.6	22.2	730.3	14.0	500.2	9.6	411.4	7.9	245.2	4.7	- 0.1	0.0
1962	1173.0	22.5	1163.9	22.3	699.4	13.4	453.3	8.7	449.2	8.6	261.7	5.0	- 0.2	0.0
1963	1382.5	26.5	1391.3	26.7	682.2	13.1	557.3	10.7	518.4	10.0	315.8	6.1	- 0.2	0.0
1964	1305.3	25.1	1302.2	25.0	684.5	13.1	540.1	10.4	478.4	9.2	283.6	5.4	0.1	0.0
1965	1101.4	21.1	1105.0	21.2	656.4	12.6	461.6	8.9	397.0	7.6	246.6	4.7	- 0.3	0.0
1966	1387.9	26.6	1382.0	26.5	691.9	13.3	517.6	9.9	535.3	10.3	329.0	6.3	0.1	0.0
1967	965.5	18.5	967.5	18.6	699.9	13.4	519.0	10.0	270.6	5.2	178.6	3.4	- 0.7	0.0
1968	1053.1	20.2	1053.5	20.2	685.9	13.2	542.7	10.4	306.9	5.9	203.5	3.9	0.5	0.0
1969	1506.6	28.9	1495.0	28.7	668.8	12.8	595.7	11.4	557.5	10.7	341.9	6.6	- 0.2	0.0
1970	1177.7	22.6	1191.3	22.9	672.1	12.9	504.8	9.7	427.8	8.2	259.0	5.0	- 0.3	0.0
1971	1310.1	25.2	1312.0	25.2	670.1	12.9	506.8	9.7	493.7	9.5	311.3	6.0	0.3	0.0
1972	1302.5	25.0	1302.4	25.0	656.2	12.6	577.0	11.1	447.9	8.6	278.2	5.3	- 0.7	0.0
1973	1048.0	20.1	1043.4	20.0	679.5	13.0	483.3	9.3	340.7	6.5	222.3	4.3	- 3.0	- 0.1
1974	1263.8	24.3	1268.5	24.4	659.9	12.7	502.9	9.7	463.1	8.9	299.3	5.7	3.2	0.1
1975	972.6	18.7	972.8	18.7	659.4	12.7	524.6	10.1	268.2	5.1	179.9	3.5	0.1	0.0
1976	1506.5	28.9	1501.4	28.8	624.5	12.0	586.0	11.2	556.6	10.7	358.8	6.9	- 0.1	0.0
1977	883.3	17.0	888.0	17.0	674.5	12.9	526.5	10.1	218.9	4.2	148.2	2.8	- 5.5	- 0.1
1978	1365.3	26.2	1365.8	26.2	613.6	11.8	480.0	9.2	544.7	10.5	336.2	6.5	4.9	0.1
1979	1497.9	28.8	1497.9	28.8	668.0	12.8	569.2	10.9	574.1	11.0	354.4	6.8	0.2	0.0
1980	1300.6	25.0	1296.7	24.9	618.7	11.9	423.9	8.1	534.0	10.3	338.8	6.5	0.0	0.0
1981	1019.6	19.6	1019.6	19.6	667.1	12.8	509.9	9.8	299.6	5.8	210.9	4.0	- 0.7	0.0
1982	951.8	18.3	954.3	18.3	714.5	13.7	464.7	8.9	290.5	5.6	198.7	3.8	0.4	0.0
1983	856.2	16.4	856.6	16.4	684.8	13.1	494.3	9.5	213.3	4.1	153.7	2.9	- 4.6	- 0.1
1984	1289.0	24.7	1289.8	24.8	632.6	12.1	510.4	9.8	475.3	9.1	299.9	5.8	4.2	0.1
1985	980.2	18.8	980.4	18.8	698.2	13.4	378.5	7.3	364.5	7.0	237.5	4.6	- 0.1	0.0
1986	1070.7	20.6	1070.3	20.5	688.2	13.2	493.2	9.5	355.5	6.8	239.5	4.6	-17.9	- 0.3
1987	966.8	18.6	967.2	18.6	700.6	13.4	440.0	8.4	303.1	5.8	206.2	4.0	17.8	0.3
1988	1000.9	19.2	1000.3	19.2	720.4	13.8	520.9	10.0	277.2	5.3	202.7	3.9	- 0.5	0.0
1989	937.2	18.0	937.8	18.0	680.4	13.1	582.3	11.2	204.4	3.9	150.7	2.9	0.5	0.0
1990	1008.4	19.4	999.4	19.2	705.6	13.5	482.3	9.3	307.1	5.9	210.0	4.0	0.0	0.0
1991	981.3	18.8	989.6	19.0	656.8	12.6	461.3	8.9	320.6	6.2	207.8	4.0	- 0.2	0.0
1992	876.7	16.8	877.4	16.8	705.3	13.5	525.6	10.1	205.6	3.9	147.4	2.8	- 1.2	0.0
1993	960.5	18.4	960.6	18.4	702.3	13.5	452.9	8.7	304.7	5.8	201.8	3.9	1.1	0.0
1994	865.4	16.6	865.5	16.6	731.2	14.0	530.2	10.2	197.8	3.8	152.8	2.9	-15.3	- 0.3
1995	1111.2	21.3	1111.0	21.3	631.4	12.1	537.6	10.3	331.9	6.4	227.2	4.4	14.3	0.3
1996	1366.3	26.2	1365.7	26.2	625.0	12.0	486.5	9.3	529.8	10.2	348.6	6.7	0.8	0.0
1997	941.6	18.1	941.9	18.1	664.4	12.8	410.9	7.9	319.0	6.1	212.1	4.1	- 0.1	0.0
1998	986.3	18.9	984.1	18.9	672.6	12.9	490.3	9.4	286.4	5.5	208.1	4.0	- 0.8	0.0
1999	1137.4	21.8	1139.1	21.9	695.0	13.3	516.8	9.9	373.6	7.2	248.1	4.8	0.6	0.0
2000	887.4	17.0	888.4	17.1	706.5	13.6	435.9	8.4	272.7	5.2	180.5	3.5	- 0.7	0.0
2001	853.5	16.4	848.4	16.3	706.1	13.6	435.8	8.4	239.5	4.6	174.3	3.3	- 1.2	0.0
2002	1021.3	19.6	1026.2	19.7	698.5	13.4	629.4	12.1	216.1	4.1	180.2	3.5	0.4	0.0
2003	980.9	18.8	980.8	18.8	750.8	14.4	458.3	8.8	304.1	5.8	217.5	4.2	1.0	0.0
2004	1223.8	23.5	1224.0	23.5	674.5	12.9	504.8	9.7	430.2	8.3	289.0	5.5	0.0	0.0
2005	1223.8	23.5	1219.1	23.4	666.0	12.8	480.8	9.2	438.3	8.4	300.1	5.8	- 0.2	0.0
2006	927.5	17.8	932.3	17.9	681.4	13.1	540.7	10.4	219.5	4.2	185.2	3.6	-13.1	- 0.3
2007	800.6	15.4	798.8	15.3	698.5	13.4	449.7	8.6	195.9	3.8	156.6	3.0	- 3.5	- 0.1
2008	1183.4	22.7	1183.2	22.7	701.8	13.5	507.2	9.7	385.4	7.4	274.2	5.3	16.3	0.3
2009	1352.1	26.0	1352.3	26.0	709.6	13.6	533.4	10.2	471.0	9.0	348.0	6.7	- 0.1	0.0
2010	1591.8	30.6	1590.9	30.5	685.6	13.2	557.5	10.7	601.9	11.6	431.6	8.3	- 0.0	0.0
2011	910.4	17.5	912.5	17.5	718.8	13.8	498.8	9.6	235.2	4.5	184.2	3.5	- 5.7	- 0.1
2012	1129.6	21.7	1128.2	21.7	740.3	14.2	514.1	9.9	344.2	6.6	264.5	5.1	5.5	0.1
2013	1467.2	28.2	1469.1	28.2	710.1	13.6	605.5	11.6	495.2	9.5	368.5	7.1	- 0.1	0.0
2014	1259.4	24.2	1259.3	24.2	708.4	13.6	592.9	11.4	381.8	7.3	290.9	5.6	- 6.3	- 0.1
2015	1083.5	20.8	1083.7	20.8	767.1	14.7	505.1	9.7	331.4	6.4	258.4	5.0	-11.2	- 0.2
2016	1059.1	20.3	1059.1	20.3	737.3	14.2	585.8	11.2	249.2	4.8	214.7	4.1	9.4	0.2
2017	886.1	17.0	880.4	16.9	758.7	14.6	427.0	8.2	250.9	4.8	194.8	3.7	7.6	0.1
2018	1333.9	25.6	1339.6	25.7	757.4	14.5	596.8	11.5	431.5	8.3	311.8	6.0	- 0.5	0.0
2019	1214.8	23.3	1214.4	23.3	753.2	14.5	500.9	9.6	412.6	7.9	300.6	5.8	0.4	0.0
MEDIA (LTAA)	1128.5	21.7	1128.5	21.7	697.5	13.4	509.3	9.8	372.4	7.1	246.8	4.7	- 0.1	0.0

Tabella 9.23 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Bari

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI BARI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	766.6	15.1	766.6	15.1	838.8	16.6	530.1	10.5	189.9	3.7	78.0	1.5	-31.5	- 0.6
1952	628.6	12.4	628.6	12.4	873.6	17.3	396.9	7.8	141.5	2.8	61.5	1.2	28.8	0.6
1953	548.8	10.8	548.8	10.8	807.7	15.9	447.5	8.8	74.3	1.5	42.1	0.8	-15.1	- 0.3
1954	906.9	17.9	906.9	17.9	784.0	15.5	428.1	8.5	340.6	6.7	123.7	2.4	14.5	0.3
1955	802.2	15.8	802.2	15.8	790.0	15.6	506.3	10.0	214.1	4.2	94.6	1.9	-12.8	- 0.3
1956	721.5	14.2	721.5	14.2	787.9	15.6	367.5	7.3	243.4	4.8	98.5	1.9	12.1	0.2
1957	801.6	15.8	801.6	15.8	824.7	16.3	481.1	9.5	225.0	4.4	94.7	1.9	0.9	0.0
1958	645.3	12.7	645.3	12.7	829.2	16.4	431.9	8.5	153.2	3.0	72.0	1.4	-11.8	- 0.2
1959	728.1	14.4	728.1	14.4	760.0	15.0	567.3	11.2	92.4	1.8	60.3	1.2	8.1	0.2
1960	782.5	15.5	782.5	15.5	809.4	16.0	455.8	9.0	240.4	4.7	97.2	1.9	-10.9	- 0.2
1961	567.5	11.2	567.6	11.2	797.6	15.7	398.9	7.9	104.0	2.1	58.3	1.2	6.3	0.1
1962	672.5	13.3	672.5	13.3	767.6	15.2	421.1	8.3	168.1	3.3	79.3	1.6	3.9	0.1
1963	723.1	14.3	723.1	14.3	762.9	15.1	490.8	9.7	156.8	3.1	81.5	1.6	- 6.0	- 0.1
1964	729.0	14.4	728.9	14.4	752.6	14.9	507.5	10.0	140.6	2.8	73.5	1.5	7.2	0.1
1965	458.6	9.1	458.6	9.1	726.5	14.3	353.8	7.0	106.9	2.1	53.8	1.1	-55.8	- 1.1
1966	667.9	13.2	667.9	13.2	762.8	15.1	466.2	9.2	99.2	2.0	64.8	1.3	37.7	0.7
1967	552.3	10.9	552.3	10.9	764.0	15.1	434.8	8.6	72.5	1.4	49.0	1.0	- 3.9	- 0.1
1968	641.5	12.7	641.5	12.7	741.2	14.6	452.8	8.9	102.1	2.0	63.8	1.3	22.7	0.4
1969	713.9	14.1	713.6	14.1	726.1	14.3	475.2	9.4	156.3	3.1	82.6	1.6	- 0.4	0.0
1970	547.4	10.8	547.7	10.8	734.2	14.5	450.9	8.9	73.5	1.5	51.5	1.0	-28.3	- 0.6
1971	615.6	12.2	615.6	12.2	733.2	14.5	407.1	8.0	142.9	2.8	75.4	1.5	- 9.8	- 0.2
1972	909.2	18.0	909.1	18.0	713.6	14.1	563.6	11.1	204.7	4.0	101.4	2.0	39.4	0.8
1973	655.9	13.0	655.9	13.0	742.6	14.7	425.3	8.4	181.6	3.6	85.2	1.7	-36.2	- 0.7
1974	724.0	14.3	724.0	14.3	723.0	14.3	444.7	8.8	165.2	3.3	84.6	1.7	29.6	0.6
1975	592.6	11.7	592.6	11.7	717.8	14.2	407.4	8.0	114.5	2.3	64.7	1.3	5.9	0.1
1976	886.6	17.5	886.6	17.5	677.7	13.4	545.8	10.8	226.9	4.5	113.4	2.2	0.6	0.0
1977	407.4	8.0	407.4	8.0	737.5	14.6	397.3	7.8	31.7	0.6	31.5	0.6	-53.1	- 1.0
1978	639.7	12.6	639.7	12.6	668.7	13.2	427.1	8.4	124.6	2.5	75.2	1.5	12.8	0.3
1979	697.7	13.8	697.7	13.8	730.9	14.4	454.7	9.0	124.4	2.5	81.7	1.6	37.0	0.7
1980	687.6	13.6	687.6	13.6	681.5	13.5	408.8	8.1	195.1	3.9	96.3	1.9	-12.5	- 0.2
1981	502.0	9.9	502.0	9.9	728.9	14.4	384.5	7.6	82.6	1.6	53.2	1.1	-18.4	- 0.4
1982	592.3	11.7	592.3	11.7	779.6	15.4	406.7	8.0	105.0	2.1	63.3	1.3	17.3	0.3
1983	622.8	12.3	622.8	12.3	746.0	14.7	430.8	8.5	108.2	2.1	70.0	1.4	13.7	0.3
1984	683.2	13.5	683.2	13.5	691.9	13.7	425.6	8.4	173.4	3.4	91.8	1.8	- 7.6	- 0.1
1985	557.9	11.0	557.8	11.0	758.3	15.0	359.4	7.1	136.4	2.7	79.1	1.6	-17.1	- 0.3
1986	557.6	11.0	557.6	11.0	751.3	14.8	392.6	7.8	134.9	2.7	73.6	1.5	-43.6	- 0.9
1987	594.7	11.7	594.7	11.7	761.0	15.0	389.4	7.7	90.8	1.8	61.8	1.2	52.6	1.0
1988	560.2	11.1	560.2	11.1	784.0	15.5	425.5	8.4	97.0	1.9	63.2	1.2	-25.4	- 0.5
1989	483.9	9.6	483.9	9.6	727.6	14.4	443.2	8.8	11.1	0.2	32.6	0.6	- 3.0	- 0.1
1990	502.3	9.9	502.3	9.9	766.2	15.1	322.2	6.4	80.4	1.6	55.1	1.1	44.7	0.9
1991	537.0	10.6	537.0	10.6	711.9	14.1	416.0	8.2	93.7	1.9	64.4	1.3	-37.1	- 0.7
1992	461.5	9.1	461.4	9.1	754.1	14.9	403.7	8.0	28.6	0.6	40.9	0.8	-11.7	- 0.2
1993	616.0	12.2	616.0	12.2	764.0	15.1	387.6	7.7	112.0	2.2	71.4	1.4	44.9	0.9
1994	529.9	10.5	529.8	10.5	806.0	15.9	375.8	7.4	139.3	2.8	73.9	1.5	-59.2	- 1.2
1995	725.3	14.3	725.3	14.3	705.8	13.9	480.7	9.5	115.1	2.3	78.4	1.5	51.0	1.0
1996	829.1	16.4	829.1	16.4	699.3	13.8	434.0	8.6	258.4	5.1	127.9	2.5	8.9	0.2
1997	635.9	12.6	635.9	12.6	714.1	14.1	400.6	7.9	144.8	2.9	86.6	1.7	4.0	0.1
1998	685.0	13.5	685.0	13.5	754.7	14.9	438.5	8.7	154.7	3.1	91.9	1.8	- 0.1	0.0
1999	628.8	12.4	628.8	12.4	767.7	15.2	478.9	9.5	94.1	1.9	74.6	1.5	-18.8	- 0.4
2000	439.8	8.7	439.8	8.7	785.9	15.5	365.4	7.2	52.4	1.0	47.3	0.9	-25.3	- 0.5
2001	476.5	9.4	476.3	9.4	783.2	15.5	356.6	7.0	55.9	1.1	50.0	1.0	13.9	0.3
2002	764.6	15.1	764.7	15.1	770.0	15.2	568.0	11.2	90.1	1.8	79.3	1.6	27.3	0.5
2003	721.1	14.2	721.1	14.2	829.5	16.4	443.2	8.8	174.1	3.4	102.2	2.0	1.6	0.0
2004	733.1	14.5	733.1	14.5	756.2	14.9	503.2	9.9	136.5	2.7	93.1	1.8	0.4	0.0
2005	713.9	14.1	713.9	14.1	744.9	14.7	430.4	8.5	176.5	3.5	105.9	2.1	1.1	0.0
2006	668.2	13.2	668.2	13.2	764.7	15.1	482.6	9.5	140.6	2.8	89.0	1.8	-44.1	- 0.9
2007	619.4	12.2	619.4	12.2	793.3	15.7	430.7	8.5	82.7	1.6	69.5	1.4	36.5	0.7
2008	639.2	12.6	639.2	12.6	787.6	15.6	395.9	7.8	147.0	2.9	88.9	1.8	7.4	0.1
2009	897.3	17.7	897.3	17.7	784.9	15.5	475.9	9.4	278.0	5.5	148.1	2.9	- 4.7	- 0.1
2010	822.1	16.2	822.1	16.2	760.7	15.0	485.0	9.6	205.2	4.1	126.4	2.5	5.5	0.1
2011	607.4	12.0	607.4	12.0	792.3	15.6	438.1	8.7	131.3	2.6	82.8	1.6	-44.8	- 0.9
2012	695.9	13.7	695.9	13.7	824.5	16.3	428.7	8.5	135.9	2.7	89.4	1.8	41.9	0.8
2013	763.3	15.1	763.3	15.1	789.4	15.6	442.9	8.7	200.7	4.0	117.1	2.3	2.6	0.1
2014	727.2	14.4	727.2	14.4	769.5	15.2	565.0	11.2	115.4	2.3	89.1	1.8	-42.3	- 0.8
2015	698.3	13.8	698.3	13.8	817.9	16.1	445.6	8.8	149.2	2.9	96.3	1.9	7.1	0.1
2016	712.6	14.1	712.6	14.1	788.4	15.6	568.4	11.2	61.3	1.2	78.0	1.5	5.0	0.1
2017	548.9	10.8	548.8	10.8	812.1	16.0	389.0	7.7	80.3	1.6	67.8	1.3	11.7	0.2
2018	781.3	15.4	781.3	15.4	840.6	16.6	533.1	10.5	137.1	2.7	104.8	2.1	6.3	0.1
2019	663.1	13.1	663.1	13.1	837.1	16.5	475.1	9.4	108.6	2.1	86.8	1.7	- 7.4	- 0.1
MEDIA (LTAA)	658.3	13.0	658.3	13.0	764.8	15.1	443.0	8.7	136.6	2.7	79.1	1.6	- 0.4	0.0

Tabella 9.24 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Catanzaro

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI CATANZARO														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	1217.0	29.1	1217.0	29.1	793.8	19.0	510.7	12.2	310.6	7.4	409.8	9.8	-14.1	- 0.3
1952	943.9	22.5	943.9	22.5	830.5	19.8	442.4	10.6	214.0	5.1	273.8	6.5	13.7	0.3
1953	1091.8	26.1	1091.8	26.1	764.5	18.3	515.7	12.3	245.0	5.9	336.6	8.0	- 5.5	- 0.1
1954	1246.7	29.8	1246.7	29.8	734.8	17.6	417.4	10.0	363.5	8.7	460.0	11.0	5.7	0.1
1955	1103.6	26.4	1103.7	26.4	757.2	18.1	526.0	12.6	254.0	6.1	329.3	7.9	- 5.6	- 0.1
1956	969.3	23.2	968.0	23.1	748.6	17.9	398.7	9.5	246.4	5.9	318.1	7.6	4.9	0.1
1957	1152.5	27.5	1150.2	27.5	789.1	18.8	486.2	11.6	284.3	6.8	379.0	9.1	0.6	0.0
1958	1083.2	25.9	1086.8	26.0	794.5	19.0	468.8	11.2	269.6	6.4	349.1	8.3	- 0.7	0.0
1959	1236.9	29.5	1235.0	29.5	730.7	17.5	581.2	13.9	276.8	6.6	376.5	9.0	0.6	0.0
1960	1094.6	26.1	1095.0	26.2	772.3	18.5	494.4	11.8	269.4	6.4	343.3	8.2	-12.0	- 0.3
1961	743.8	17.8	745.3	17.8	766.2	18.3	416.7	10.0	144.8	3.5	197.1	4.7	-13.2	- 0.3
1962	943.1	22.5	938.8	22.4	745.3	17.8	424.1	10.1	208.1	5.0	281.9	6.7	24.8	0.6
1963	1142.2	27.3	1146.5	27.4	731.6	17.5	542.2	13.0	265.5	6.3	340.9	8.1	- 2.1	- 0.1
1964	1177.7	28.1	1177.1	28.1	725.0	17.3	558.8	13.3	261.7	6.3	354.8	8.5	1.9	0.0
1965	959.7	22.9	960.3	22.9	709.9	17.0	433.8	10.4	241.1	5.8	303.7	7.3	-18.3	- 0.4
1966	1181.5	28.2	1179.6	28.2	733.4	17.5	504.1	12.0	285.3	6.8	376.6	9.0	13.7	0.3
1967	830.6	19.8	831.8	19.9	738.7	17.6	468.2	11.2	154.0	3.7	214.9	5.1	- 5.4	- 0.1
1968	921.8	22.0	921.7	22.0	726.5	17.4	449.0	10.7	200.3	4.8	262.2	6.3	10.2	0.2
1969	1096.2	26.2	1087.1	26.0	699.5	16.7	508.0	12.1	251.8	6.0	329.3	7.9	- 2.1	0.0
1970	806.4	19.3	816.3	19.5	709.6	17.0	438.0	10.5	164.5	3.9	218.8	5.2	- 4.9	- 0.1
1971	946.4	22.6	946.4	22.6	703.0	16.8	448.0	10.7	222.7	5.3	290.5	6.9	-14.7	- 0.4
1972	1204.4	28.8	1204.4	28.8	697.5	16.7	539.4	12.9	270.9	6.5	374.1	8.9	20.0	0.5
1973	1180.7	28.2	1180.6	28.2	727.9	17.4	436.0	10.4	323.4	7.7	430.3	10.3	- 9.0	- 0.2
1974	951.6	22.7	951.8	22.7	707.4	16.9	457.4	10.9	211.9	5.1	273.8	6.5	8.7	0.2
1975	811.5	19.4	811.5	19.4	699.9	16.7	420.7	10.1	166.4	4.0	222.5	5.3	1.9	0.0
1976	1311.8	31.3	1311.1	31.3	652.3	15.6	532.9	12.7	341.3	8.2	436.9	10.4	0.0	0.0
1977	605.0	14.5	605.6	14.5	740.1	17.7	412.1	9.8	90.9	2.2	127.2	3.0	-24.5	- 0.6
1978	1015.3	24.3	1015.3	24.3	653.0	15.6	429.6	10.3	242.6	5.8	328.4	7.8	14.6	0.3
1979	1014.3	24.2	1014.3	24.2	718.2	17.2	480.2	11.5	226.7	5.4	301.7	7.2	5.8	0.1
1980	1088.8	26.0	1088.1	26.0	669.6	16.0	418.8	10.0	292.9	7.0	376.4	9.0	0.0	0.0
1981	804.0	19.2	804.6	19.2	725.8	17.3	431.0	10.3	167.2	4.0	224.2	5.4	-17.8	- 0.4
1982	883.6	21.1	883.7	21.1	768.8	18.4	439.7	10.5	180.1	4.3	259.5	6.2	4.4	0.1
1983	919.9	22.0	919.9	22.0	731.7	17.5	498.8	11.9	166.7	4.0	238.3	5.7	16.1	0.4
1984	1037.5	24.8	1037.5	24.8	681.6	16.3	435.4	10.4	260.5	6.2	340.7	8.1	0.9	0.0
1985	896.1	21.4	896.1	21.4	743.1	17.8	370.0	8.8	243.0	5.8	315.8	7.5	-32.7	- 0.8
1986	858.1	20.5	858.1	20.5	740.4	17.7	449.8	10.7	173.0	4.1	245.0	5.9	- 9.6	- 0.2
1987	813.6	19.4	813.6	19.4	756.6	18.1	446.8	10.7	143.8	3.4	205.7	4.9	17.2	0.4
1988	812.6	19.4	812.5	19.4	770.6	18.4	406.0	9.7	166.3	4.0	232.5	5.6	7.7	0.2
1989	611.2	14.6	611.2	14.6	714.5	17.1	486.0	11.6	55.9	1.3	86.8	2.1	-17.5	- 0.4
1990	918.3	21.9	915.1	21.9	754.7	18.0	396.6	9.5	204.1	4.9	279.8	6.7	34.7	0.8
1991	818.7	19.6	819.8	19.6	686.5	16.4	442.7	10.6	169.4	4.0	229.8	5.5	-22.3	- 0.5
1992	718.9	17.2	721.1	17.2	732.2	17.5	460.7	11.0	93.5	2.2	159.3	3.8	7.7	0.2
1993	863.5	20.6	863.5	20.6	745.3	17.8	414.8	9.9	179.6	4.3	256.5	6.1	12.6	0.3
1994	799.9	19.1	799.9	19.1	788.4	18.8	448.3	10.7	159.7	3.8	216.9	5.2	-25.0	- 0.6
1995	913.7	21.8	913.7	21.8	697.0	16.7	471.1	11.3	177.3	4.2	246.3	5.9	18.9	0.5
1996	1307.3	31.2	1307.3	31.2	681.3	16.3	454.3	10.9	360.1	8.6	485.3	11.6	7.5	0.2
1997	859.1	20.5	859.1	20.5	712.6	17.0	438.6	10.5	176.0	4.2	244.3	5.8	0.2	0.0
1998	807.9	19.3	807.2	19.3	747.6	17.9	446.0	10.7	156.1	3.7	206.1	4.9	- 0.9	0.0
1999	810.8	19.4	811.5	19.4	772.7	18.5	485.7	11.6	140.8	3.4	200.8	4.8	-15.9	- 0.4
2000	784.8	18.7	784.8	18.7	777.6	18.6	440.4	10.5	133.9	3.2	202.6	4.8	7.9	0.2
2001	692.7	16.5	685.2	16.4	789.2	18.9	378.2	9.0	130.8	3.1	186.9	4.5	-10.7	- 0.3
2002	918.6	21.9	926.1	22.1	762.0	18.2	590.1	14.1	125.0	3.0	191.8	4.6	19.3	0.5
2003	908.4	21.7	908.3	21.7	818.0	19.5	474.0	11.3	180.1	4.3	254.9	6.1	- 0.8	0.0
2004	1010.4	24.1	1010.5	24.1	752.9	18.0	495.5	11.8	209.3	5.0	304.9	7.3	0.9	0.0
2005	893.5	21.3	892.9	21.3	735.6	17.6	496.1	11.9	165.2	3.9	231.8	5.5	- 0.1	0.0
2006	842.6	20.1	843.2	20.1	768.8	18.4	521.4	12.5	139.2	3.3	197.1	4.7	-14.4	- 0.3
2007	820.6	19.6	820.4	19.6	782.2	18.7	464.4	11.1	142.7	3.4	200.8	4.8	12.5	0.3
2008	869.8	20.8	869.9	20.8	775.5	18.5	462.3	11.0	167.2	4.0	238.4	5.7	2.0	0.0
2009	1278.1	30.5	1278.1	30.5	769.8	18.4	524.7	12.5	323.9	7.7	440.3	10.5	-10.8	- 0.3
2010	1314.2	31.4	1314.2	31.4	753.9	18.0	540.0	12.9	326.5	7.8	437.7	10.5	10.0	0.2
2011	932.8	22.3	932.8	22.3	766.0	18.3	477.0	11.4	192.3	4.6	284.6	6.8	-21.1	- 0.5
2012	973.4	23.3	973.2	23.2	817.5	19.5	463.2	11.1	202.2	4.8	292.0	7.0	15.9	0.4
2013	1167.3	27.9	1167.4	27.9	776.3	18.5	487.6	11.6	288.0	6.9	386.0	9.2	5.8	0.1
2014	998.3	23.8	998.3	23.8	763.1	18.2	529.7	12.7	195.5	4.7	292.1	7.0	-19.0	- 0.5
2015	1112.2	26.6	1112.2	26.6	809.4	19.3	529.0	12.6	244.4	5.8	347.4	8.3	- 8.6	- 0.2
2016	985.6	23.5	985.6	23.5	789.4	18.9	586.5	14.0	152.7	3.6	241.7	5.8	4.7	0.1
2017	728.9	17.4	726.5	17.4	805.4	19.2	404.1	9.7	122.6	2.9	192.8	4.6	7.0	0.2
2018	1181.5	28.2	1183.9	28.3	816.3	19.5	563.1	13.5	237.9	5.7	370.1	8.8	12.8	0.3
2019	932.7	22.3	932.7	22.3	816.5	19.5	479.6	11.5	184.4	4.4	267.5	6.4	1.2	0.0
MEDIA (LTAA)	969.2	23.2	969.2	23.2	747.4	17.9	470.8	11.2	210.7	5.0	287.7	6.9	- 0.1	0.0

Tabella 9.25 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Palermo

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI PALERMO														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
1951	901.2	23.3	901.9	23.3	829.6	21.4	453.2	11.7	225.2	5.8	223.5	5.8	- 0.1	0.0
1952	456.2	11.8	456.4	11.8	917.0	23.7	328.0	8.5	86.7	2.2	93.1	2.4	-51.3	- 1.3
1953	837.6	21.6	838.0	21.6	809.7	20.9	491.3	12.7	166.3	4.3	147.6	3.8	32.8	0.8
1954	802.2	20.7	802.8	20.7	786.0	20.3	360.5	9.3	205.4	5.3	226.6	5.9	10.3	0.3
1955	787.5	20.3	788.0	20.4	821.6	21.2	499.2	12.9	146.1	3.8	167.8	4.3	-25.0	- 0.6
1956	654.5	16.9	654.4	16.9	808.6	20.9	367.9	9.5	126.8	3.3	132.8	3.4	26.9	0.7
1957	837.3	21.6	836.7	21.6	814.8	21.0	459.5	11.9	194.4	5.0	177.2	4.6	5.5	0.1
1958	820.6	21.2	821.3	21.2	848.1	21.9	391.5	10.1	208.6	5.4	221.0	5.7	0.3	0.0
1959	709.7	18.3	710.0	18.3	783.2	20.2	466.7	12.1	113.6	2.9	140.6	3.6	-11.0	- 0.3
1960	681.2	17.6	681.3	17.6	849.2	21.9	424.5	11.0	118.4	3.1	141.6	3.7	- 3.1	- 0.1
1961	503.1	13.0	504.2	13.0	807.8	20.9	358.0	9.2	70.4	1.8	95.9	2.5	-20.1	- 0.5
1962	597.1	15.4	597.5	15.4	792.8	20.5	363.8	9.4	89.2	2.3	119.3	3.1	25.2	0.6
1963	743.4	19.2	744.1	19.2	767.2	19.8	523.5	13.5	106.4	2.7	135.3	3.5	-21.1	- 0.5
1964	773.0	20.0	772.9	20.0	757.7	19.6	475.1	12.3	129.6	3.3	141.6	3.7	26.6	0.7
1965	631.0	16.3	631.8	16.3	761.5	19.7	390.5	10.1	129.5	3.3	129.7	3.4	-17.9	- 0.5
1966	718.9	18.6	719.4	18.6	769.2	19.9	446.2	11.5	117.5	3.0	148.3	3.8	7.4	0.2
1967	538.8	13.9	539.2	13.9	775.7	20.0	375.0	9.7	78.4	2.0	99.1	2.6	-13.3	- 0.3
1968	568.9	14.7	569.3	14.7	773.6	20.0	364.1	9.4	82.4	2.1	110.1	2.8	12.7	0.3
1969	798.2	20.6	798.3	20.6	733.3	18.9	447.2	11.6	163.8	4.2	176.6	4.6	10.6	0.3
1970	410.6	10.6	411.6	10.6	751.9	19.4	353.6	9.1	44.7	1.2	66.5	1.7	-53.1	- 1.4
1971	673.0	17.4	673.6	17.4	731.1	18.9	389.0	10.0	111.0	2.9	130.6	3.4	43.1	1.1
1972	727.3	18.8	727.5	18.8	739.4	19.1	415.8	10.7	142.8	3.7	162.7	4.2	6.2	0.2
1973	800.4	20.7	801.4	20.7	777.4	20.1	387.8	10.0	206.0	5.3	227.9	5.9	-20.3	- 0.5
1974	559.9	14.5	560.4	14.5	742.1	19.2	405.3	10.5	71.2	1.8	100.2	2.6	-16.3	- 0.4
1975	572.3	14.8	572.8	14.8	736.9	19.0	434.4	11.2	56.1	1.4	76.2	2.0	6.0	0.2
1976	1043.0	26.9	1043.2	26.9	678.0	17.5	471.1	12.2	258.8	6.7	276.2	7.1	37.2	1.0
1977	366.7	9.5	367.6	9.5	765.3	19.8	343.9	8.9	43.4	1.1	57.9	1.5	-77.6	- 2.0
1978	691.9	17.9	692.5	17.9	683.9	17.7	381.2	9.8	103.6	2.7	143.3	3.7	64.4	1.7
1979	644.1	16.6	644.7	16.7	746.7	19.3	416.3	10.8	106.2	2.7	136.6	3.5	-14.4	- 0.4
1980	550.2	14.2	550.3	14.2	687.9	17.8	358.5	9.3	79.8	2.1	109.6	2.8	2.5	0.1
1981	421.6	10.9	422.4	10.9	764.2	19.7	294.6	7.6	65.9	1.7	90.5	2.3	-28.6	- 0.7
1982	743.2	19.2	743.8	19.2	807.1	20.8	411.4	10.6	134.3	3.5	147.9	3.8	50.1	1.3
1983	560.9	14.5	561.2	14.5	758.0	19.6	394.5	10.2	68.8	1.8	102.6	2.6	- 4.7	- 0.1
1984	566.9	14.6	567.2	14.7	715.2	18.5	365.7	9.4	88.7	2.3	117.0	3.0	- 4.2	- 0.1
1985	631.7	16.3	632.1	16.3	781.7	20.2	390.1	10.1	150.7	3.9	171.3	4.4	-80.0	- 2.1
1986	660.8	17.1	661.0	17.1	787.3	20.3	392.7	10.1	87.3	2.3	109.7	2.8	71.3	1.8
1987	513.5	13.3	513.8	13.3	815.8	21.1	371.7	9.6	71.0	1.8	107.6	2.8	-36.5	- 0.9
1988	604.7	15.6	605.0	15.6	832.9	21.5	375.0	9.7	70.0	1.8	120.1	3.1	39.9	1.0
1989	466.5	12.1	466.8	12.1	756.0	19.5	407.9	10.5	40.3	1.0	44.8	1.2	-26.2	- 0.7
1990	603.4	15.6	603.6	15.6	811.6	21.0	437.2	11.3	59.9	1.5	74.6	1.9	31.9	0.8
1991	645.9	16.7	646.3	16.7	732.3	18.9	423.2	10.9	101.2	2.6	125.2	3.2	- 3.3	- 0.1
1992	642.9	16.6	643.5	16.6	774.1	20.0	434.7	11.2	109.0	2.8	105.2	2.7	- 5.4	- 0.1
1993	596.0	15.4	596.3	15.4	792.6	20.5	396.4	10.2	83.9	2.2	105.2	2.7	10.7	0.3
1994	540.4	14.0	540.8	14.0	841.5	21.7	398.7	10.3	72.9	1.9	110.0	2.8	-40.8	- 1.1
1995	599.6	15.5	599.5	15.5	766.2	19.8	395.9	10.2	67.1	1.7	94.6	2.4	41.9	1.1
1996	1011.2	26.1	1011.9	26.1	725.6	18.7	468.7	12.1	252.4	6.5	287.3	7.4	3.5	0.1
1997	734.7	19.0	735.1	19.0	778.9	20.1	482.9	12.5	113.2	2.9	135.5	3.5	3.6	0.1
1998	502.8	13.0	503.0	13.0	781.1	20.2	406.9	10.5	49.6	1.3	80.2	2.1	-33.7	- 0.9
1999	559.7	14.5	559.7	14.5	835.5	21.6	339.4	8.8	89.2	2.3	103.4	2.7	27.7	0.7
2000	544.1	14.1	544.4	14.1	816.2	21.1	413.3	10.7	65.0	1.7	89.9	2.3	-23.7	- 0.6
2001	489.5	12.6	489.5	12.6	828.9	21.4	346.2	8.9	60.6	1.6	95.7	2.5	-13.0	- 0.3
2002	563.9	14.6	564.4	14.6	798.5	20.6	435.4	11.2	31.6	0.8	75.1	1.9	22.2	0.6
2003	845.9	21.9	846.4	21.9	875.3	22.6	475.2	12.3	161.6	4.2	189.9	4.9	19.7	0.5
2004	766.0	19.8	766.8	19.8	788.7	20.4	448.1	11.6	141.6	3.7	176.5	4.6	0.6	0.0
2005	748.5	19.3	748.5	19.3	771.7	19.9	433.7	11.2	145.5	3.8	169.9	4.4	- 0.6	0.0
2006	691.0	17.9	691.5	17.9	820.6	21.2	438.1	11.3	131.3	3.4	147.4	3.8	-25.3	- 0.7
2007	752.4	19.4	752.3	19.4	831.0	21.5	459.5	11.9	120.6	3.1	150.6	3.9	21.6	0.6
2008	590.8	15.3	591.3	15.3	828.0	21.4	401.5	10.4	75.0	1.9	117.8	3.0	- 3.1	- 0.1
2009	928.0	24.0	928.6	24.0	815.3	21.1	476.6	12.3	210.5	5.4	263.8	6.8	-22.3	- 0.6
2010	779.0	20.1	779.6	20.1	795.5	20.6	440.9	11.4	148.2	3.8	198.3	5.1	- 7.8	- 0.2
2011	782.5	20.2	783.2	20.2	793.3	20.5	445.1	11.5	150.2	3.9	167.2	4.3	20.7	0.5
2012	671.1	17.3	671.7	17.4	849.1	21.9	401.5	10.4	131.7	3.4	153.6	4.0	-15.1	- 0.4
2013	738.0	19.1	738.7	19.1	797.6	20.6	427.2	11.0	117.1	3.0	170.2	4.4	24.1	0.6
2014	642.0	16.6	642.5	16.6	779.8	20.1	386.1	10.0	119.3	3.1	164.2	4.2	-27.0	- 0.7
2015	926.2	23.9	926.9	23.9	816.7	21.1	479.4	12.4	200.4	5.2	250.6	6.5	- 3.5	- 0.1
2016	588.3	15.2	588.9	15.2	821.1	21.2	432.9	11.2	58.7	1.5	100.1	2.6	- 2.8	- 0.1
2017	560.6	14.5	560.8	14.5	825.3	21.3	358.9	9.3	87.3	2.3	110.9	2.9	3.8	0.1
2018	888.0	22.9	888.9	23.0	802.8	20.7	532.2	13.7	135.4	3.5	186.3	4.8	35.1	0.9
2019	763.1	19.7	763.2	19.7	808.9	20.9	453.5	11.7	136.8	3.5	172.9	4.5	0.1	0.0
MEDIA (LTAA)	670.5	17.3	670.9	17.3	788.0	20.4	414.7	10.7	115.7	3.0	140.6	3.6	- 0.1	0.0

Tabella 9.26 – Bilancio idrologico mensile dal 1951 al 2019 per il Compartimento SII di Cagliari

BIGBANG 4.0 [1951-2019] COMPARTIMENTO DI CAGLIARI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO														
ANNO	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ²	mm	km ³	mm	km ²	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ²	mm	km ²
1951	959.8	23.1	959.8	23.1	808.4	19.5	456.4	11.0	194.1	4.7	311.9	7.5	- 2.6	- 0.1
1952	664.8	16.0	664.8	16.0	878.3	21.2	435.6	10.5	96.3	2.3	139.9	3.4	- 7.0	- 0.2
1953	871.8	21.0	871.8	21.0	813.7	19.6	548.1	13.2	133.6	3.2	221.7	5.3	-31.6	- 0.8
1954	491.4	11.8	491.4	11.8	789.6	19.0	357.5	8.6	67.1	1.6	99.8	2.4	-33.0	- 0.8
1955	772.1	18.6	772.1	18.6	841.0	20.3	422.1	10.2	108.9	2.6	186.6	4.5	54.5	1.3
1956	697.0	16.8	697.0	16.8	781.9	18.8	388.2	9.4	114.9	2.8	185.5	4.5	8.5	0.2
1957	904.8	21.8	904.7	21.8	808.7	19.5	425.6	10.3	169.8	4.1	300.0	7.2	9.3	0.2
1958	812.4	19.6	812.5	19.6	839.3	20.2	397.7	9.6	155.7	3.8	259.2	6.2	- 0.2	0.0
1959	917.1	22.1	917.1	22.1	828.4	20.0	522.1	12.6	161.2	3.9	233.8	5.6	0.0	0.0
1960	783.9	18.9	783.9	18.9	822.1	19.8	425.3	10.2	158.2	3.8	202.0	4.9	- 1.7	0.0
1961	660.7	15.9	660.7	15.9	808.4	19.5	352.6	8.5	132.1	3.2	174.6	4.2	1.3	0.0
1962	705.6	17.0	705.6	17.0	768.8	18.5	377.1	9.1	136.7	3.3	191.5	4.6	0.3	0.0
1963	922.4	22.2	922.4	22.2	764.6	18.4	492.9	11.9	178.4	4.3	251.8	6.1	- 0.6	0.0
1964	806.4	19.4	806.4	19.4	774.3	18.7	420.5	10.1	151.9	3.7	233.2	5.6	0.7	0.0
1965	776.1	18.7	776.1	18.7	750.3	18.1	401.9	9.7	150.8	3.6	230.9	5.6	- 7.5	- 0.2
1966	788.1	19.0	788.1	19.0	775.6	18.7	422.6	10.2	146.7	3.5	213.1	5.1	5.7	0.1
1967	649.4	15.7	649.4	15.7	784.7	18.9	356.2	8.6	107.3	2.6	184.8	4.5	1.1	0.0
1968	699.9	16.9	699.9	16.9	766.6	18.5	367.8	8.9	132.1	3.2	199.6	4.8	0.4	0.0
1969	916.1	22.1	915.8	22.1	740.0	17.8	475.3	11.5	172.6	4.2	267.9	6.5	0.1	0.0
1970	517.0	12.5	517.3	12.5	752.9	18.1	334.2	8.1	80.3	1.9	119.9	2.9	-17.2	- 0.4
1971	771.8	18.6	771.8	18.6	745.3	18.0	375.6	9.1	145.7	3.5	233.7	5.6	16.9	0.4
1972	934.5	22.5	934.5	22.5	731.3	17.6	444.0	10.7	187.4	4.5	319.2	7.7	-16.1	- 0.4
1973	620.0	14.9	620.0	14.9	768.3	18.5	374.8	9.0	103.6	2.5	177.3	4.3	-35.6	- 0.9
1974	704.8	17.0	704.8	17.0	733.4	17.7	357.9	8.6	125.5	3.0	201.4	4.9	20.1	0.5
1975	654.7	15.8	654.7	15.8	743.7	17.9	443.8	10.7	81.6	2.0	110.6	2.7	18.6	0.4
1976	906.4	21.8	906.4	21.8	701.1	16.9	511.2	12.3	152.1	3.7	230.1	5.5	13.0	0.3
1977	612.2	14.8	612.2	14.8	750.3	18.1	518.5	12.5	49.9	1.2	73.4	1.8	-29.7	- 0.7
1978	823.3	19.8	823.3	19.8	699.7	16.9	388.7	9.4	168.7	4.1	238.8	5.8	27.0	0.7
1979	778.9	18.8	778.9	18.8	742.9	17.9	435.7	10.5	139.1	3.4	212.5	5.1	- 8.5	- 0.2
1980	746.9	18.0	746.9	18.0	701.3	16.9	374.3	9.0	144.7	3.5	218.0	5.3	9.8	0.2
1981	536.3	12.9	536.3	12.9	754.0	18.2	398.9	9.6	63.9	1.5	97.0	2.3	-23.5	- 0.6
1982	694.6	16.7	694.6	16.7	809.5	19.5	425.2	10.2	91.5	2.2	155.7	3.8	22.2	0.5
1983	541.5	13.1	541.5	13.1	774.8	18.7	356.2	8.6	71.5	1.7	116.1	2.8	- 2.2	- 0.1
1984	826.6	19.9	826.6	19.9	708.7	17.1	451.1	10.9	146.6	3.5	225.6	5.4	3.3	0.1
1985	642.1	15.5	642.1	15.5	781.4	18.8	377.4	9.1	113.7	2.7	168.0	4.0	-16.9	- 0.4
1986	803.3	19.4	803.3	19.4	781.0	18.8	454.1	10.9	145.6	3.5	204.1	4.9	- 0.5	0.0
1987	493.3	11.9	493.3	11.9	802.1	19.3	335.1	8.1	69.7	1.7	89.4	2.2	- 0.9	0.0
1988	549.4	13.2	549.4	13.2	819.0	19.7	405.8	9.8	71.8	1.7	106.3	2.6	-34.5	- 0.8
1989	552.7	13.3	552.7	13.3	772.9	18.6	431.6	10.4	32.1	0.8	63.3	1.5	25.8	0.6
1990	686.8	16.6	686.8	16.6	811.8	19.6	450.4	10.9	82.0	2.0	127.1	3.1	27.3	0.7
1991	705.9	17.0	705.9	17.0	752.3	18.1	456.1	11.0	103.7	2.5	155.0	3.7	- 9.0	- 0.2
1992	735.4	17.7	735.4	17.7	780.6	18.8	469.5	11.3	94.1	2.3	163.4	3.9	8.4	0.2
1993	565.9	13.6	565.9	13.6	776.6	18.7	421.2	10.2	56.2	1.4	93.7	2.3	- 5.2	- 0.1
1994	522.3	12.6	522.3	12.6	835.6	20.1	413.2	10.0	48.9	1.2	88.0	2.1	-27.8	- 0.7
1995	522.8	12.6	522.8	12.6	750.6	18.1	407.9	9.8	28.6	0.7	63.1	1.5	23.2	0.6
1996	974.1	23.5	974.1	23.5	728.6	17.6	521.1	12.6	166.3	4.0	276.3	6.7	10.3	0.2
1997	585.3	14.1	585.3	14.1	799.3	19.3	423.0	10.2	60.5	1.5	102.1	2.5	- 0.2	0.0
1998	504.2	12.2	504.2	12.2	772.0	18.6	415.7	10.0	37.5	0.9	72.2	1.7	-21.2	- 0.5
1999	590.4	14.2	590.4	14.2	810.3	19.5	390.8	9.4	64.0	1.5	115.4	2.8	20.1	0.5
2000	547.7	13.2	547.7	13.2	796.5	19.2	401.5	9.7	65.2	1.6	83.8	2.0	- 2.7	- 0.1
2001	428.8	10.3	428.8	10.3	806.1	19.4	307.4	7.4	52.8	1.3	88.1	2.1	-19.4	- 0.5
2002	641.0	15.4	641.0	15.4	766.7	18.5	530.8	12.8	34.5	0.8	65.6	1.6	10.1	0.2
2003	772.7	18.6	772.7	18.6	858.4	20.7	391.4	9.4	141.9	3.4	226.1	5.4	13.3	0.3
2004	841.8	20.3	841.8	20.3	776.5	18.7	427.0	10.3	153.6	3.7	260.8	6.3	0.4	0.0
2005	654.6	15.8	654.6	15.8	747.7	18.0	374.1	9.0	112.4	2.7	169.0	4.1	- 0.9	0.0
2006	643.1	15.5	643.1	15.5	800.8	19.3	425.3	10.2	78.3	1.9	151.0	3.6	-11.4	- 0.3
2007	580.1	14.0	580.1	14.0	780.6	18.8	402.8	9.7	65.3	1.6	128.0	3.1	-15.9	- 0.4
2008	765.4	18.4	765.4	18.4	778.6	18.8	443.4	10.7	111.1	2.7	182.5	4.4	28.4	0.7
2009	722.4	17.4	722.4	17.4	800.3	19.3	445.2	10.7	119.5	2.9	174.3	4.2	-16.6	- 0.4
2010	865.8	20.9	865.8	20.9	750.8	18.1	438.9	10.6	167.2	4.0	243.3	5.9	16.5	0.4
2011	675.0	16.3	675.0	16.3	802.0	19.3	389.5	9.4	108.4	2.6	179.9	4.3	- 2.7	- 0.1
2012	578.3	13.9	578.3	13.9	829.3	20.0	451.7	10.9	58.7	1.4	91.3	2.2	-23.4	- 0.6
2013	771.9	18.6	771.9	18.6	776.2	18.7	425.9	10.3	128.1	3.1	193.6	4.7	24.2	0.6
2014	548.5	13.2	548.5	13.2	798.7	19.2	373.1	9.0	84.8	2.0	110.6	2.7	-20.0	- 0.5
2015	627.3	15.1	627.3	15.1	835.3	20.1	415.2	10.0	103.5	2.5	151.7	3.7	-43.1	- 1.0
2016	618.3	14.9	618.3	14.9	811.9	19.6	407.5	9.8	57.8	1.4	107.8	2.6	45.3	1.1
2017	448.2	10.8	448.2	10.8	946.3	22.8	316.8	7.6	43.8	1.1	88.2	2.1	- 0.7	0.0
2018	1064.9	25.7	1064.9	25.7	842.1	20.3	620.3	14.9	169.2	4.1	260.1	6.3	15.3	0.4
2019	725.4	17.5	725.4	17.5	851.4	20.5	440.5	10.6	117.9	2.8	163.2	3.9	3.8	0.1
MEDIA (LTAA)	701.8	16.9	701.8	16.9	785.4	18.9	420.8	10.1	109.7	2.6	171.4	4.1	- 0.1	0.0

9.3 Regioni

Sebbene il bilancio idrologico sia generalmente, e in maniera più appropriata, elaborato per ambiti territoriali costituiti da bacini idrografici o da loro aggregati, nel presente Rapporto si presentano i risultati del modello anche relativamente al territorio delle regioni amministrative. La competenza della gestione delle risorse idriche ricade, ai sensi e per gli effetti del DLgs 112/98, alle amministrazioni regionali (Figura 9.7), per cui si ritiene necessario fornire alcune informazioni circa la disponibilità naturale della risorsa idrica che si “produce” nel territorio di ciascuna regione mettendola in relazione alla popolazione in essa residente. Tali valutazioni mettono in evidenza la necessità di una gestione “solidale” della risorsa da parte delle amministrazioni regionali, poiché alcune regioni sono ricche di risorse idriche mentre altre ne sono scarsamente dotate.



Figura 9.7 – *Suddivisione del territorio nazionale nelle regioni amministrative*

Anche aggregate sui territori delle regioni, le precipitazioni mensili e annue sono molto variabili, decrescendo nel senso nord-sud e, nella parte peninsulare, nella direzione ovest-est (Tabella 9.27). La regione con il massimo afflusso meteorico annuo medio è il Friuli-Venezia Giulia con 1678.8 mm (Figura 9.8) e con valori molto elevati anche durante il periodo estivo. In Friuli-Venezia Giulia sono state rilevate le precipitazioni annue maggiori della serie storica; nelle stazioni pluviometriche di Musi e di Ucea sono state registrate più volte dal 1951 precipitazioni annue superiori a 4000 mm. Anche la Liguria presenta valori di precipitazione annua molto elevata, ma concentrate soprattutto nel periodo autunnale e invernale. Le regioni del versante tirrenico presentano precipitazioni annue medie superiori a 1000 mm.

La regione con il minimo afflusso meteorico è invece la Puglia che presenta un valore annuo medio di soli 641.5 mm. Agli estremi di afflusso meteorico annuo medio corrispondono anche gli estremi di

internal flow con il massimo di 1072.2 mm e il minimo di 202.9 mm rispettivamente in Friuli-Venezia Giulia e in Puglia (Tabella 9.28, Tabella 9.29 e Figura 9.9).

La situazione cambia se si analizza la disponibilità annua media di risorsa in termini di volumi (Tabella 9.29 e Figura 9.10) o rapportata alla popolazione (Tabella 9.30, Tabella 9.31, Figura 9.11). In questo caso la regione con il valore massimo è la Valle d'Aosta con 13910 m³ pro capite, mentre la Puglia conserva il primato negativo anche della disponibilità annua media di risorsa pro capite con soli 1000 m³, meno della metà della disponibilità annua pro capite media nazionale stimata in 2330 m³.

Tabella 9.27 – Precipitazioni medie (LTA) nelle regioni

BIGBANG 4.0 [1951-2019] REGIONI PRECIPITAZIONI MENSILI MEDIE (LTA)													
REGIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ABRUZZO	82.9	75.8	79.0	79.6	67.3	55.8	43.9	45.8	72.2	91.0	118.9	106.8	918.9
BASILICATA	92.1	80.8	78.9	65.3	53.3	36.2	31.4	33.4	57.7	83.7	107.1	99.8	819.9
CALABRIA	144.5	119.0	110.9	75.3	51.2	26.3	20.9	27.5	70.8	123.5	149.6	153.1	1072.7
CAMPANIA	124.5	108.5	100.3	88.0	65.4	43.6	31.6	38.1	82.0	115.4	159.0	142.3	1098.6
EMILIA-ROMAGNA	62.8	65.2	73.7	81.5	74.4	64.4	46.9	58.3	76.8	98.6	111.8	78.6	892.8
FRIULI-VENEZIA GIULIA	96.0	96.1	108.0	140.1	148.8	157.9	131.3	139.7	156.8	183.1	198.1	122.9	1678.8
LAZIO	98.1	97.5	85.7	83.4	70.0	47.5	32.0	40.7	85.3	115.5	152.2	124.1	1031.9
LIGURIA	111.9	100.7	109.1	114.2	91.4	63.6	42.3	64.0	107.2	175.2	191.2	130.3	1300.9
LOMBARDIA	58.9	58.1	70.2	96.6	112.9	106.3	92.3	103.9	99.4	120.3	117.7	66.0	1102.7
MARCHE	71.5	73.7	82.9	80.3	75.6	67.8	50.4	59.3	82.5	89.5	109.7	97.2	940.4
MOLISE	94.3	82.9	80.0	76.3	60.3	47.8	39.1	41.4	71.0	92.9	126.0	110.2	922.1
PIEMONTE	50.5	57.0	77.6	113.7	124.1	97.7	64.4	80.3	92.1	119.4	120.8	61.0	1058.5
PUGLIA	67.4	57.6	61.0	47.9	40.1	31.4	25.2	27.6	55.5	71.8	83.3	72.6	641.5
SARDEGNA	77.4	74.3	67.9	61.5	44.7	20.6	7.4	15.6	44.5	80.7	106.0	100.8	701.5
SICILIA	92.7	73.5	66.5	49.7	27.0	12.3	7.5	17.7	50.4	89.7	88.4	95.3	670.8
TOSCANA	89.4	88.3	83.7	83.7	73.7	54.6	35.4	49.7	87.2	118.7	141.5	109.3	1015.2
TRENTINO-ALTO ADIGE	42.4	41.7	52.4	74.8	98.6	107.8	107.7	110.7	88.6	98.5	97.6	53.0	973.6
UMBRIA	72.0	79.3	75.0	80.9	76.5	63.1	41.1	51.7	82.4	95.2	124.6	95.0	936.8
VALLE D'AOSTA	63.1	59.7	65.6	87.4	101.8	87.5	66.1	78.4	72.8	94.6	96.6	69.9	943.4
VENETO	60.0	62.6	70.1	92.9	103.4	102.5	88.5	93.6	93.1	109.2	117.8	74.1	1067.8
ITALIA	79.7	75.1	77.4	81.0	75.5	61.4	47.2	56.1	78.5	105.6	121.2	94.3	953.0

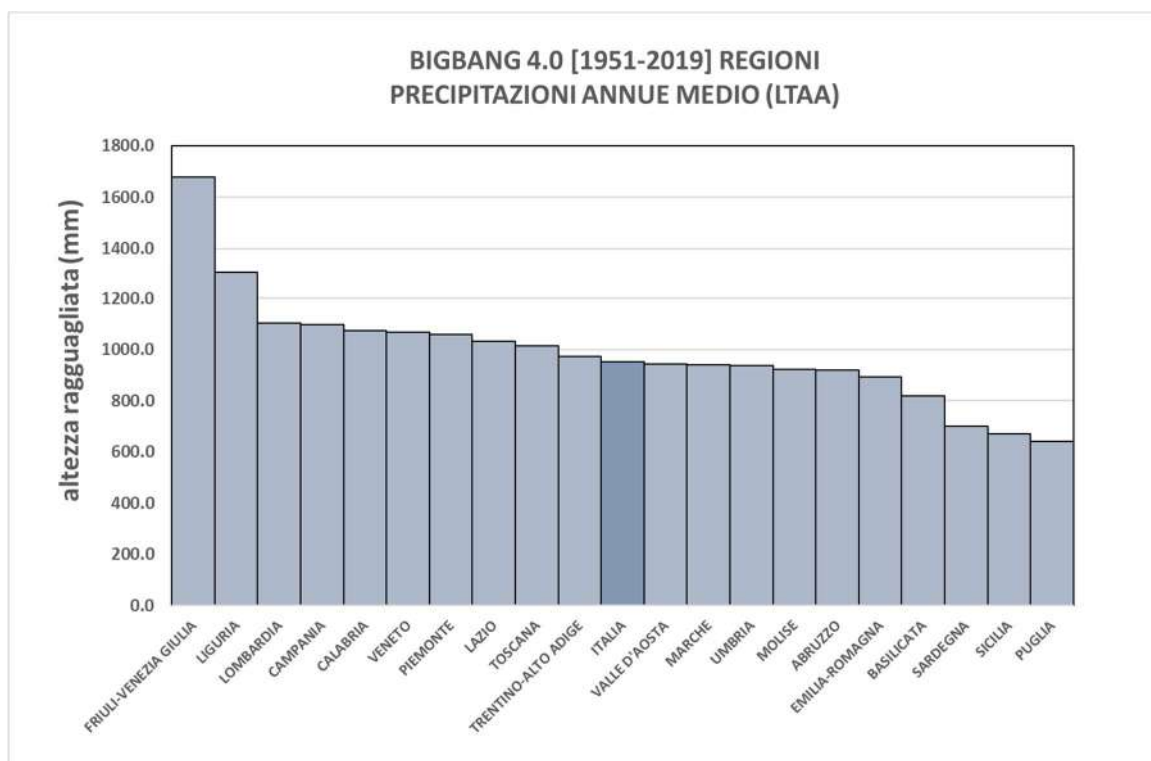


Figura 9.8 – Precipitazioni annue medie (LTAA) nelle regioni amministrative

Tabella 9.28 – Internal flow mensile medio (LTAA) relativo alle regioni

BIGBANG 4.0 [1951-2019] REGIONI													
INTERNAL FLOW MENSILE MEDIO (LTA)													
REGIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
ABRUZZO	60.4	56.3	66.9	57.0	5.2	- 32.5	- 31.1	- 7.7	16.6	46.2	93.9	84.0	415.2
BASILICATA	78.4	65.8	55.4	23.5	- 20.5	- 45.2	- 21.9	- 4.5	7.8	38.2	79.0	83.8	339.8
CALABRIA	126.2	101.5	86.7	34.1	- 20.8	- 43.8	- 17.0	- 2.4	17.1	71.8	117.3	133.1	603.7
CAMPANIA	110.5	93.7	76.9	46.3	- 8.1	- 41.7	- 25.0	- 3.3	22.3	65.9	131.0	126.4	595.0
EMILIA-ROMAGNA	51.4	55.9	54.7	40.4	- 4.4	- 29.0	- 26.9	- 0.4	22.1	56.3	92.4	67.8	380.1
FRIULI-VENEZIA GIULIA	67.1	76.5	105.4	138.6	90.7	55.9	16.8	38.8	85.5	139.8	169.0	88.1	1072.2
LAZIO	82.7	81.5	62.4	43.6	- 3.9	- 38.4	- 26.9	- 4.3	25.4	65.4	125.1	107.1	519.8
LIGURIA	97.2	88.8	87.8	73.7	17.4	- 27.1	- 30.7	3.4	47.6	129.5	168.0	115.4	770.9
LOMBARDIA	42.1	44.7	49.9	66.3	63.8	25.5	5.2	25.3	41.1	79.1	89.2	48.6	580.9
MARCHE	60.2	60.4	61.2	38.1	- 2.0	- 29.4	- 30.8	- 2.2	21.4	42.9	86.1	84.0	390.0
MOLISE	81.0	68.4	59.0	35.2	- 14.8	- 43.6	- 29.6	- 7.0	13.8	46.5	99.9	95.3	404.1
PIEMONTE	31.8	39.2	55.7	85.5	82.9	19.2	- 19.2	8.8	37.3	79.5	91.2	40.0	551.9
PUGLIA	53.8	42.4	33.2	2.3	- 33.5	- 32.6	- 9.2	- 0.4	8.3	28.1	54.7	55.8	202.9
SARDEGNA	59.9	56.3	38.1	16.6	- 26.8	- 40.7	- 13.3	- 1.1	4.0	34.2	73.6	79.7	280.5
SICILIA	74.2	54.8	37.8	7.3	- 40.2	- 39.6	- 10.4	- 0.5	6.7	39.4	53.9	72.8	256.4
TOSCANA	75.0	74.1	60.6	42.0	- 2.5	- 34.4	- 27.1	- 1.4	27.1	70.3	116.5	93.8	493.9
TRENTINO-ALTO ADIGE	10.5	17.0	44.9	85.9	103.2	44.3	9.3	20.1	29.1	59.7	52.0	14.1	490.1
UMBRIA	61.0	66.3	52.3	38.0	- 0.6	- 33.9	- 35.9	- 5.8	22.0	47.7	101.0	82.5	394.5
VALLE D'AOSTA	6.3	11.3	33.1	79.1	168.4	112.9	6.9	6.2	22.4	49.6	30.2	7.1	533.4
VENETO	44.6	49.1	53.8	67.0	40.4	7.8	- 6.4	12.9	32.1	68.7	93.2	56.2	519.4
ITALIA	62.5	59.0	55.6	46.4	13.0	- 16.7	- 15.6	4.0	23.8	60.4	92.2	74.7	459.3

Tabella 9.29 – Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) relativo alle regioni

BIGBANG 4.0 [1951-2019] REGIONI														
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO MEDIO (LTAA)														
REGIONE	Precipitazioni		Afflusso liquido (pioggia+scioglimento nivale)		Evapotraspirazione potenziale		Evapotraspirazione		Ricarica degli acquiferi		Ruscellamento		Variazione contenuto d'acqua nel suolo	
	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
ABRUZZO	918.9	10.0	918.9	10.0	656.9	7.1	503.7	5.5	226.2	2.4	189.4	2.1	- 0.3	0.0
BASILICATA	819.9	8.3	819.9	8.3	730.4	7.4	480.1	4.8	168.4	1.7	171.5	1.7	- 0.1	0.0
CALABRIA	1072.7	16.3	1072.7	16.3	752.6	11.5	469.0	7.1	240.3	3.7	363.5	5.5	0.0	0.0
CAMPANIA	1098.6	15.0	1098.6	15.0	706.0	9.7	503.7	6.9	340.9	4.7	254.2	3.5	- 0.1	0.0
EMILIA-ROMAGNA	892.8	20.0	892.8	20.0	689.9	15.5	512.7	11.5	176.0	4.0	204.3	4.6	- 0.2	0.0
FRIULI-VENEZIA GIULIA	1678.8	13.2	1678.4	13.2	632.8	5.0	606.2	4.8	697.8	5.5	374.5	2.9	- 0.1	0.0
LAZIO	1031.9	17.8	1031.8	17.8	717.4	12.4	512.1	8.8	332.7	5.7	187.1	3.2	- 0.1	0.0
LIGURIA	1300.9	7.0	1300.9	7.0	674.2	3.7	530.0	2.9	272.9	1.5	498.1	2.7	- 0.1	0.0
LOMBARDIA	1102.7	26.3	1102.2	26.3	621.1	14.8	521.3	12.4	301.8	7.2	279.3	6.7	- 0.1	0.0
MARCHE	940.4	8.8	940.4	8.8	703.8	6.6	550.4	5.2	183.1	1.7	207.2	1.9	- 0.2	0.0
MOLISE	922.1	4.1	922.1	4.1	706.6	3.2	518.0	2.3	182.1	0.8	222.2	1.0	- 0.2	0.0
PIEMONTE	1058.5	26.9	1057.8	26.9	620.4	15.7	505.9	12.8	194.7	4.9	357.3	9.1	- 0.1	0.0
PUGLIA	641.5	12.5	641.5	12.5	770.2	15.1	438.6	8.6	131.4	2.6	71.8	1.4	- 0.4	0.0
SARDEGNA	701.5	16.9	701.5	16.9	785.6	18.9	421.0	10.1	109.5	2.6	171.1	4.1	- 0.1	0.0
SICILIA	670.8	17.3	671.3	17.3	788.0	20.4	414.9	10.7	115.9	3.0	140.6	3.6	- 0.1	0.0
TOSCANA	1015.2	23.3	1015.2	23.3	716.8	16.5	521.3	12.0	251.6	5.8	242.4	5.6	- 0.1	0.0
TRENTINO-ALTO ADIGE	973.6	13.2	970.9	13.2	497.2	6.8	480.9	6.5	286.4	3.9	203.7	2.8	- 0.1	0.0
UMBRIA	936.8	7.9	936.8	7.9	700.3	5.9	542.3	4.6	220.1	1.9	174.6	1.5	- 0.2	0.0
VALLE D'AOSTA	943.4	3.1	935.9	3.1	439.3	1.4	402.5	1.3	107.4	0.4	426.1	1.4	- 0.1	0.0
VENETO	1067.8	19.7	1069.9	19.7	648.5	11.9	550.6	10.1	321.2	5.9	198.5	3.7	- 0.3	0.0
ITALIA	953.0	287.9	952.8	287.8	692.7	209.2	493.5	149.1	231.1	69.8	228.3	69.0	- 0.1	0.0

Tabella 9.30 – Internal flow mensile medio (LTAA) pro capite relativo alle regioni

BIGBANG 4.0 [1951-2019] REGIONI													
INTERNAL FLOW MENSILE MEDIO (LTA) PRO CAPITE													
REGIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³
ABRUZZO	0.51	0.47	0.56	0.48	0.04	-0.27	-0.26	-0.06	0.14	0.39	0.79	0.70	3.48
BASILICATA	1.43	1.20	1.01	0.43	-0.37	-0.82	-0.40	-0.08	0.14	0.69	1.44	1.53	6.19
CALABRIA	1.01	0.82	0.70	0.27	-0.17	-0.35	-0.14	-0.02	0.14	0.58	0.94	1.07	4.85
CAMPANIA	0.26	0.22	0.18	0.11	-0.02	-0.10	-0.06	-0.01	0.05	0.16	0.31	0.30	1.42
EMILIA-ROMAGNA	0.26	0.28	0.28	0.20	-0.02	-0.15	-0.14	0.00	0.11	0.28	0.46	0.34	1.91
FRIULI-VENEZIA GIULIA	0.44	0.50	0.69	0.90	0.59	0.36	0.11	0.25	0.56	0.91	1.10	0.57	6.99
LAZIO	0.25	0.24	0.19	0.13	-0.01	-0.11	-0.08	-0.01	0.08	0.20	0.37	0.32	1.56
LIGURIA	0.35	0.32	0.31	0.26	0.06	-0.10	-0.11	0.01	0.17	0.46	0.60	0.41	2.74
LOMBARDIA	0.10	0.11	0.12	0.16	0.15	0.06	0.01	0.06	0.10	0.19	0.21	0.12	1.38
MARCHE	0.37	0.38	0.38	0.24	-0.01	-0.18	-0.19	-0.01	0.13	0.27	0.54	0.52	2.42
MOLISE	1.20	1.02	0.88	0.52	-0.22	-0.65	-0.44	-0.10	0.21	0.69	1.48	1.42	6.00
PIEMONTE	0.19	0.23	0.33	0.50	0.49	0.11	-0.11	0.05	0.22	0.47	0.54	0.24	3.25
PUGLIA	0.27	0.21	0.16	0.01	-0.17	-0.16	-0.05	0.00	0.04	0.14	0.27	0.28	1.00
SARDEGNA	0.90	0.84	0.57	0.25	-0.40	-0.61	-0.20	-0.02	0.06	0.51	1.10	1.19	4.19
SICILIA	0.39	0.29	0.20	0.04	-0.21	-0.21	-0.05	0.00	0.04	0.21	0.29	0.39	1.36
TOSCANA	0.47	0.46	0.38	0.26	-0.02	-0.21	-0.17	-0.01	0.17	0.44	0.73	0.58	3.07
TRENTINO-ALTO ADIGE	0.13	0.21	0.57	1.08	1.30	0.56	0.12	0.25	0.37	0.75	0.66	0.18	6.18
UMBRIA	0.59	0.64	0.51	0.37	-0.01	-0.33	-0.35	-0.06	0.21	0.46	0.98	0.80	3.84
VALLE D'AOSTA	0.16	0.30	0.86	2.06	4.39	2.94	0.18	0.16	0.58	1.29	0.79	0.18	13.91
VENETO	0.17	0.19	0.20	0.25	0.15	0.03	-0.02	0.05	0.12	0.26	0.35	0.21	1.96
ITALIA	0.32	0.30	0.28	0.23	0.07	-0.08	-0.08	0.02	0.12	0.31	0.47	0.38	2.33

Tabella 9.31 – Bilancio idrologico annuo medio (LTAA) pro capite relativo alle regioni

BIGBANG 4.0 [1951-2019] REGIONI						
BILANCIO IDROLOGICO ANNUO PRO CAPITE MEDIO (LTAA)						
REGIONE	Popolazione (1° gennaio 2020)	Precipitazioni	Evapotraspirazione potenziale	Evapotraspirazione	Ricarica degli acquiferi	Ruscellamento
		10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³	10 ³ m ³
ABRUZZO	1293941	7.69	5.50	4.22	1.89	1.59
BASILICATA	553254	14.93	13.30	8.74	3.07	3.12
CALABRIA	1894110	8.62	6.05	3.77	1.93	2.92
CAMPANIA	5712143	2.63	1.69	1.21	0.82	0.61
EMILIA-ROMAGNA	4464119	4.49	3.47	2.58	0.89	1.03
FRIULI-VENEZIA GIULIA	1206216	10.94	4.12	3.95	4.55	2.44
LAZIO	5755700	3.09	2.15	1.53	1.00	0.56
LIGURIA	1524826	4.62	2.39	1.88	0.97	1.77
LOMBARDIA	10027602	2.62	1.48	1.24	0.72	0.66
MARCHE	1512672	5.84	4.37	3.42	1.14	1.29
MOLISE	300516	13.69	10.49	7.69	2.70	3.30
PIEMONTE	4311217	6.23	3.65	2.98	1.15	2.10
PUGLIA	3953305	3.17	3.81	2.17	0.65	0.36
SARDEGNA	1611621	10.49	11.75	6.30	1.64	2.56
SICILIA	4875290	3.55	4.18	2.20	0.61	0.74
TOSCANA	3692555	6.32	4.46	3.25	1.57	1.51
TRENTINO-ALTO ADIGE	1078069	12.29	6.27	6.07	3.61	2.57
UMBRIA	870165	9.11	6.81	5.27	2.14	1.70
VALLE DAOSTA	125034	24.61	11.46	10.50	2.80	11.11
VENETO	4879133	4.03	2.45	2.08	1.21	0.75
ITALIA	59641488	4.83	3.51	2.50	1.17	1.16

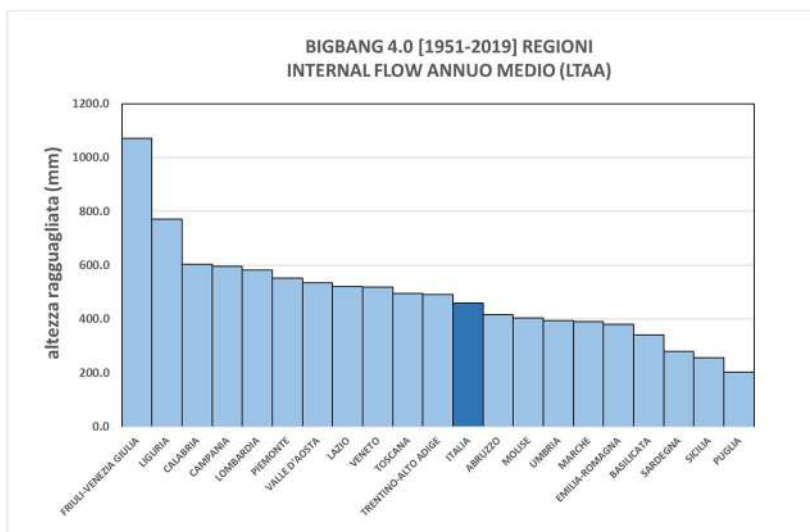


Figura 9.9 – Internal flow annuo medio (LTAA) nelle regioni

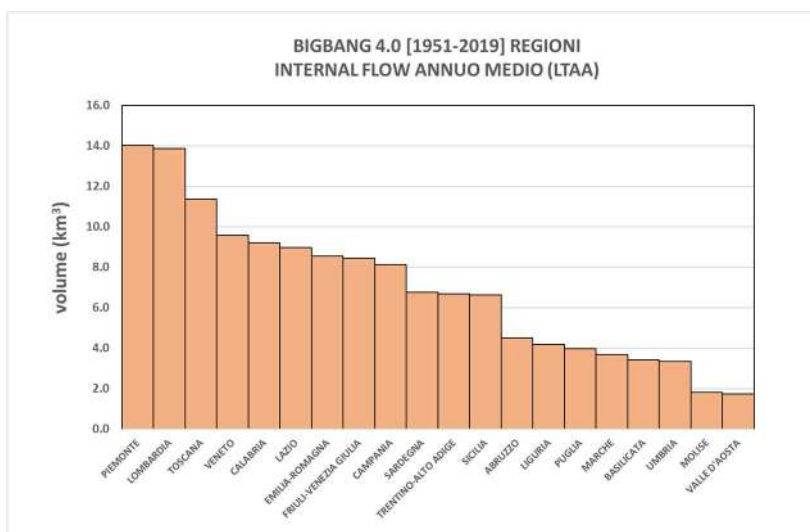


Figura 9.10 – Volume dell'internal flow annuo medio (LTAA) nelle regioni

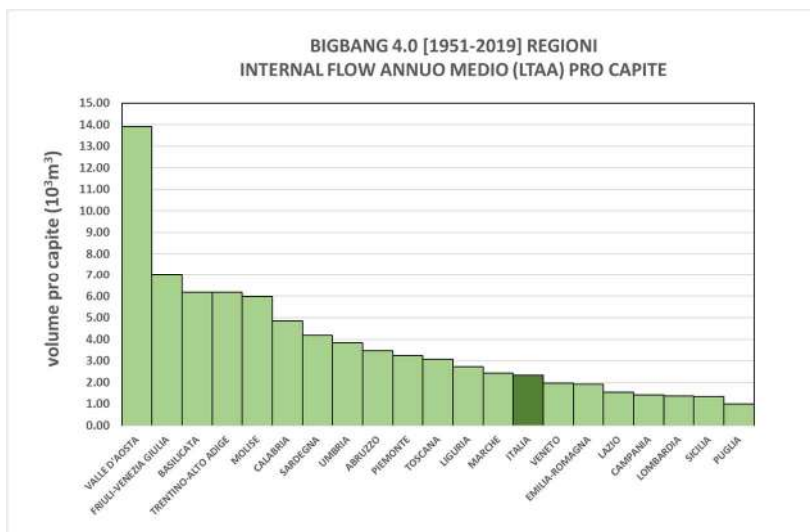


Figura 9.11 – Internal flow annuo medio (LTAA) pro capite nelle regioni

PARTE IV

10.ALTRE APPLICAZIONI DEI RISULTATI DEL MODELLO BIGBANG

La disponibilità di estese serie storiche di grandezze idrologiche distribuite sul territorio, alcune derivate da valori misurati puntualmente e altre stimate tramite gli schemi implementati nel BIGBANG, a diverse scale spaziali e temporali, consente di poter effettuare una grande varietà di valutazioni e di definire una vasta gamma di indicatori, statisticamente e idrologicamente robusti, utili per la caratterizzazione quantitativa della risorsa idrica.

Sulla base dei risultati del BIGBANG sono stati, ad esempio, calcolati:

- 1) l'indice di aridità FAO-UNEP (AI);
- 2) il bilancio idroclimatico (BIC);
- 3) lo *Standardized Precipitation Index* (SPI) e lo *Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index* (SPEI);
- 4) la portata media mensile in sezioni fluviali monitorate per la stima dei dati mancanti.

10.1 Indice di aridità FAO-UNEP

L'indice di aridità (*AI aridity index*) è un indicatore bio-climatico adottato come indice ufficiale nell'ambito della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla siccità e alla desertificazione (UNEP, 1977), che sintetizza qualitativamente le caratteristiche climatiche del territorio.

L'indice di aridità è definito come il rapporto tra la precipitazione annua media e l'evapotraspirazione potenziale annua media riferite allo stesso luogo e allo stesso periodo:

$$AI = \frac{\bar{P}}{\overline{PET}} \quad \text{eq. 10.1}$$

dove:

\bar{P} è la precipitazione annua media;

\overline{PET} è l'evapotraspirazione potenziale annua media.

Sulla base del valore assunto dall'indice di aridità, il clima del territorio in esame può essere classificato secondo una delle cinque categorie riportate nella Tabella 10.1

Tabella 10.1 – *Classificazione del clima sulla base dell'AI*

Indice di aridità FAO-UNEP	Clima
AI < 0.05	Iper-arido
0.05 < AI < 0.20	Arido
0.20 < AI < 0.50	Semi-arido
0.50 < AI < 0.65	Secco sub-umido
AI > 0.65	Umido

L'indicatore risulta particolarmente utile per identificare le aree che soffrono endemicamente di carenza d'acqua che possono anche evolvere, a lungo andare, verso un processo di desertificazione.

In Italia (Figura 10.1) alcune aree della Sardegna, della Sicilia, della Puglia e la fascia costiera della Basilicata presentano un clima secco sub-umido e piccolissime aree delle Isole maggiori sono

caratterizzate da un clima addirittura semi-arido. Il resto del territorio italiano è caratterizzato tuttavia da un clima umido, presentando valori di AI superiori a 0.65 e nella gran parte maggiori di 1.

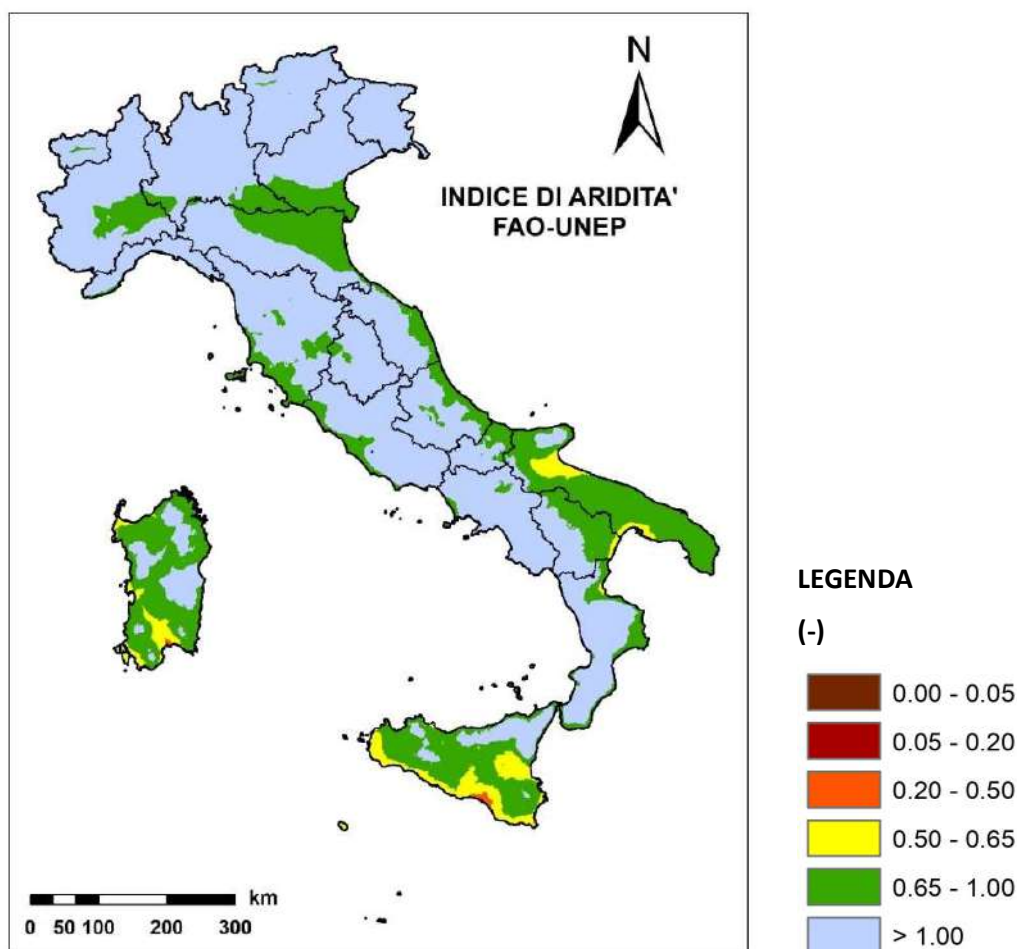


Figura 10.1 – Indice di aridità FAO-UNEP (AI): valori medi relativi al periodo 1951-2019

10.2 Bilancio idro-climatico

Un altro indicatore che può essere calcolato sulla base dei risultati del BIGBANG è il BIC (Figura 10.2) definito come la differenza tra la precipitazione e l'evapotraspirazione potenziale in un determinato intervallo temporale Δt :

$$BIC_{\Delta t} = (P - PET)_{\Delta t} \quad \text{eq. 10.2}$$

È un indicatore generalmente calcolato per l'intervallo della stagione irrigua, da aprile a settembre, sia per ciascun anno sia in termini di valori medi relativamente ad un determinato periodo. I valori positivi indicano condizioni di surplus idrico in cui la precipitazione ha soddisfatto l'esigenza idrica della vegetazione mentre quelli negativi evidenziano condizioni di deficit idrico, in cui la precipitazione non è stata in quantità tali da soddisfare da sola il fabbisogno idrico delle piante. Dall'analisi effettuata sull'intero periodo a disposizione, risulta che condizioni di surplus idrico si verificano mediamente lungo l'arco alpino e sui rilievi dell'Appennino tosco-emiliano e sui rilievi più alti dell'Appennino centrale, mentre la gran parte del restante territorio nazionale è caratterizzato da una situazione media di deficit idrico, che si acutizza nelle Isole maggiori e sul versante adriatico e ionico della Puglia e sul versante ionico della Calabria.

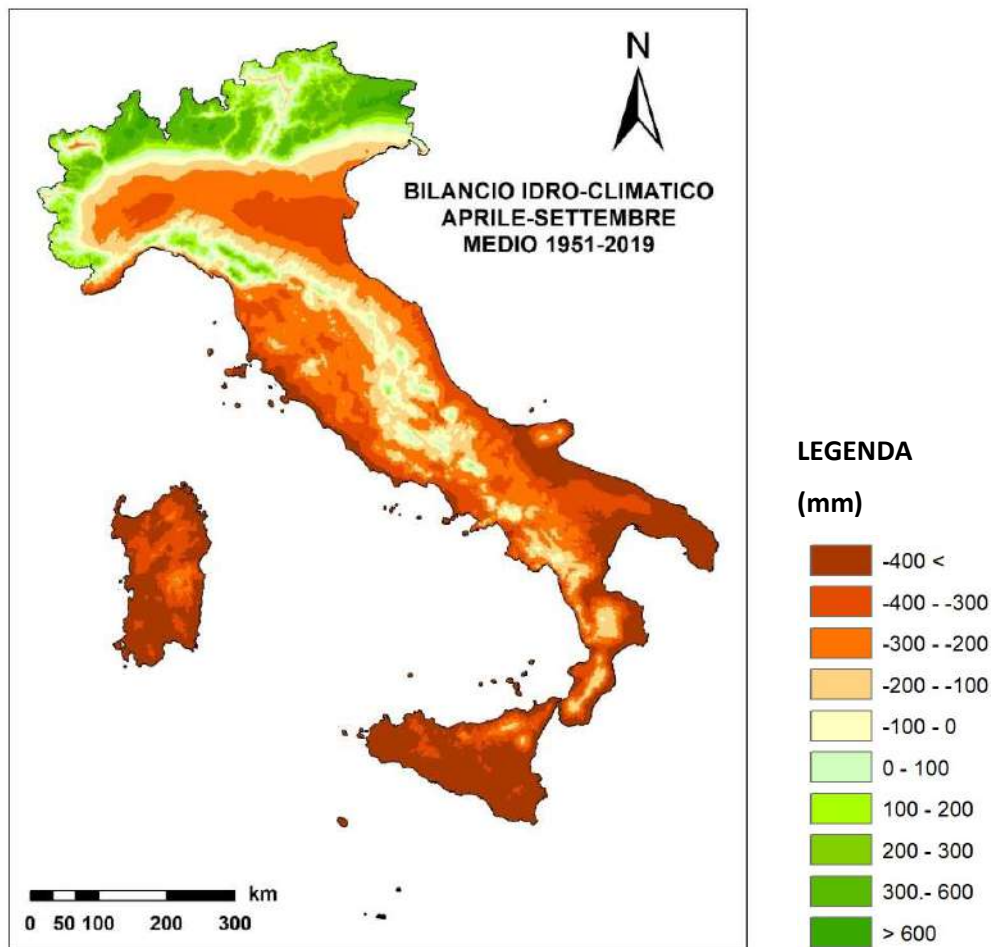


Figura 10.2 – Bilancio idro-climatico aprile-settembre medio 1951-2019

10.3 Indicatori di siccità SPI e SPEI

Sulla base della lunga serie storica della precipitazione mensile distribuita elaborata con il modello BIGBANG, è possibile calcolare lo Standardized Precipitation Index, *SPI* (McKee et al., 1993; WMO, 2012), che costituisce uno dei principali indicatori di siccità universalmente utilizzato per la caratterizzazione del deficit di precipitazione per diverse scale temporali (1, 3, 6, 9, 12, 24 e 48 mesi). Lo SPI è stato, in particolare, assunto come uno degli indicatori di riferimento nelle attività degli Osservatori distrettuali per gli utilizzi idrici (Mariani et al., 2018).

Lo SPI è un indicatore statistico espresso dal valore nella distribuzione di Gauss Normale Standardizzata $N(0,1)$ corrispondente alla frequenza di non superamento del valore della precipitazione cumulata su una data durata nella distribuzione (generalmente la distribuzione Gamma) che descrive il comportamento statistico della variabile precipitazione cumulata.

Senza entrare nel dettaglio della formulazione matematica dell'indicatore, che si rimanda ai testi in bibliografia o ad altre pubblicazioni specialistiche, i valori positivi di SPI indicano precipitazioni superiori alla mediana della serie del periodo di riferimento considerato, mentre valori negativi indicano precipitazioni inferiori al valore con frequenza di accadimento uguale al 50%. Inoltre, la normalizzazione che è alla base di questo indicatore permette di rappresentare nello stesso modo, e quindi di riportare su una stessa mappa, aree soggette a climatologie differenti.

A seconda della scala temporale considerata, l'indicatore SPI fornisce informazioni utili per valutare i potenziali impatti della siccità: uno SPI riferito a periodi brevi di aggregazione temporale (da 1 a 3 mesi) fornisce indicazioni sugli impatti immediati, quali quelli relativi alla riduzione di umidità del suolo, del manto nevoso e della portata nei piccoli torrenti; uno SPI riferito a periodi medi di aggregazione temporale (da 3 a 12 mesi) fornisce indicazioni sulla riduzione delle portate fluviali e delle capacità negli invasi; uno SPI riferito a più lunghi periodi di aggregazione temporale (oltre i 12 mesi) fornisce indicazioni sulla ridotta ricarica degli invasi e sulla disponibilità di acqua nelle falde.

In Figura 10.3 è riportata la distribuzione spaziale dell'indicatore calcolato relativamente alla precipitazione cumulata a 3 mesi e a 12 mesi nel mese di dicembre 2019. In base alla classificazione adottata a livello internazionale, riportata in Tabella 10.2, nel mese di dicembre del 2019 la precipitazione cumulata di 3 mesi nell'Italia settentrionale è stata particolarmente elevata rispetto alla mediana (Figura 10.3a), soprattutto nel settore occidentale dove i valori di SPI superiori a 2 evidenziano una situazione di “umidità estrema”. Considerando nello stesso mese di dicembre del 2019 la cumulata in 12 mesi (Figura 10.3b), i valori di SPI sono meno elevati, pur rimanendo nell'Italia settentrionale una complessiva situazione sopra il valore mediano. Oltre che spazialmente, lo SPI per un'assegnata durata e per una fissata area di riferimento territoriale può essere utilizzato per valutare l'evoluzione temporale e l'alternarsi dei periodi di deficit e di surplus di precipitazione (Figura 10.4).

In maniera del tutto analoga allo SPI, è possibile calcolare, sulla base delle lunghe serie storiche della precipitazione mensile e dell'evapotraspirazione potenziale distribuita elaborate con il BIGBANG, l'indicatore SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010) nel quale la variabile standardizzata è la precipitazione al netto dell'evapotraspirazione potenziale ($P - PET$). La standardizzazione di questa variabile definisce un'indicatore di deficit che si rileva particolarmente adatto in climi molto secchi, normalmente già caratterizzati da scarse precipitazioni. Anche lo SPEI è stato inserito nel set di riferimento per le attività degli Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici (Mariani et al., 2018).

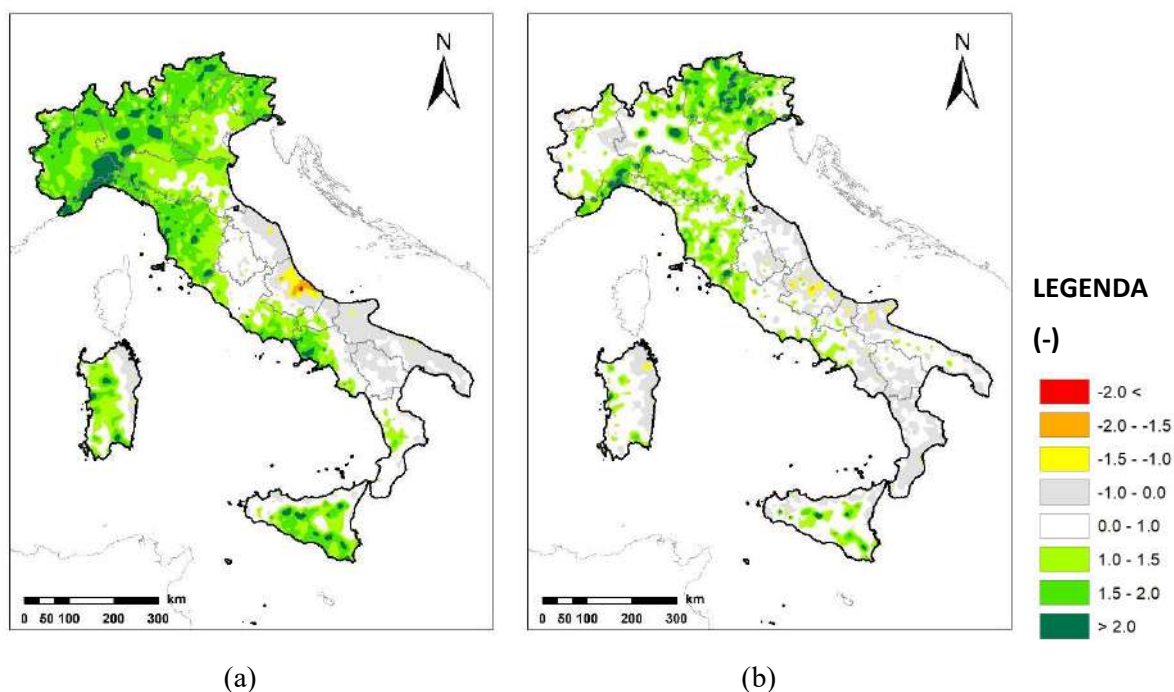


Figura 10.3 – SPI a 3 mesi (a) e SPI a 12 mesi (b) in Italia nel dicembre 2019 con riferimento alla serie storica delle precipitazioni mensili 1951-2019

Tabella 10.2 – Classificazione del clima sulla base del valore dell'indicatore SPI

Valori SPI	Classe
$SPI \geq 2.0$	Umidità estrema
$1.5 \leq SPI < 2.0$	Umidità severa
$1.0 \leq SPI < 1.5$	Umidità moderata
$-1.0 < SPI < 1.0$	Nella norma
$-1.5 < SPI \leq -1.0$	Siccità moderata
$-2.0 < SPI \leq -1.5$	Siccità severa
$SPI \leq -2.0$	Siccità estrema

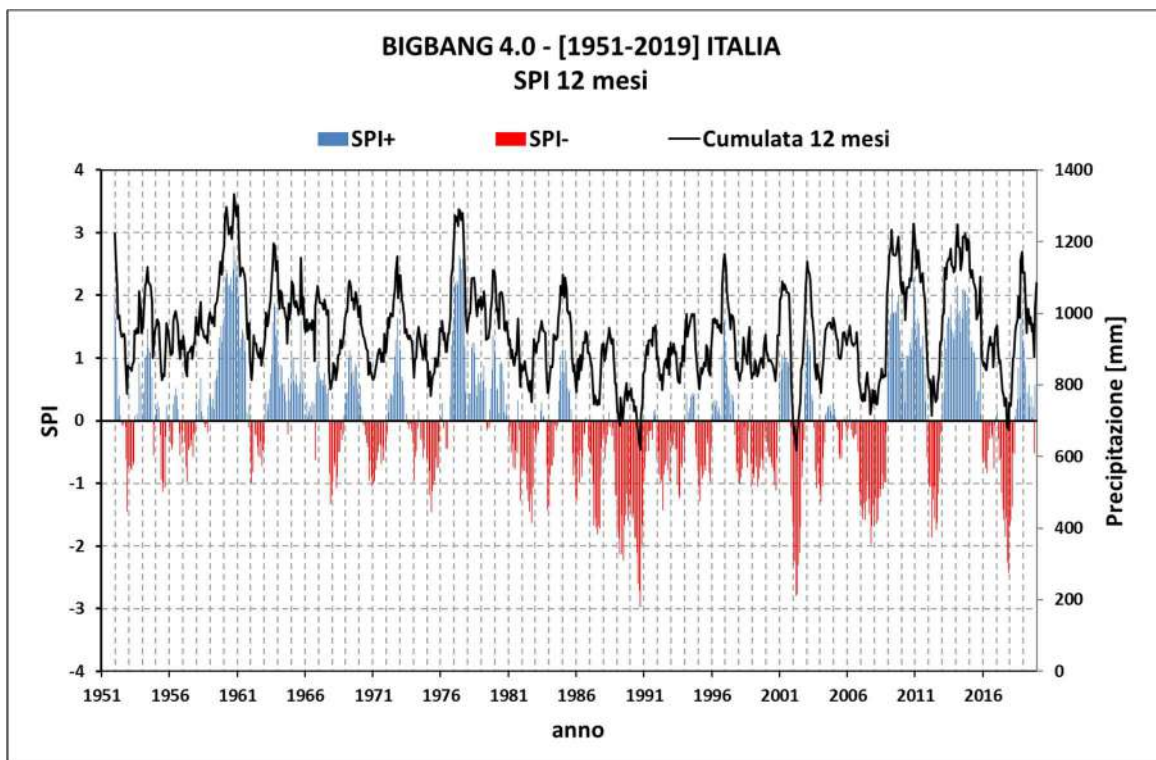


Figura 10.4 – SPI a 12 mesi dal 1951 al 2019 per il territorio nazionale. Elaborazione effettuata con il tool ANABASI sviluppato dall'ISPRA (https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/ANABASI_ISPRA.html)

10.4 Proiezione delle variabili idrologiche su scenari di cambiamento climatico

climatico

Un'ulteriore applicazione dei risultati prodotti dal modello BIGBANG è quella relativa alla valutazione delle componenti del bilancio idrologico, per diversi orizzonti temporali, sugli scenari di cambiamento climatico generati dai modelli di circolazione globale.

In Braca et al. (2019) è stato eseguito un “*proof of concept*”, nel quale i valori annui medi del ventennio 1996-2015 delle principali componenti del bilancio idrologico (relativamente alla versione versione 1.0 del modello) sono stati proiettati su orizzonti temporali a breve, medio e lungo termine (rispettivamente 2030, 2050, 2090) utilizzando quattro scenari di cambiamento climatico basati sui *Representative Concentration Pathways* (RCPs, scenari di emissione dei gas serra; van Vuuren et al., 2011) (Figura 10.5), definiti dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) nel *Fifth Assessment Report* (AR5, IPCC 2014).

Nel lavoro citato, lo scopo della simulazione è stato quello, in particolare, di valutare l'incidenza del cambiamento climatico sulla ricarica degli acquiferi a scala nazionale e regionale. Le valutazioni effettuate hanno mostrato una possibile significativa riduzione media sull'intero territorio nazionale della disponibilità della risorsa idrica naturale rinnovabile (Braca et al., 2019; Mariani et al., 2018): da un minimo di riduzione dell'ordine del 10% nella proiezione a breve termine, nonostante si assumesse un approccio di mitigazione aggressivo (scenario IPCC RCP2.6), ad un massimo dell'ordine 40% (con punte maggiori il 90% per alcune aree del sud Italia) nella proiezione a lungo termine, mantenendo invariata l'attuale situazione di emissioni di gas serra (scenario IPCC RCP8.5, il più gravoso in termini di emissioni).

La simulazione del bilancio idrologico sugli scenari di cambiamento climatico può costituire uno strumento strategico per la pianificazione delle risorse idriche che subiranno l'effetto del cambiamento climatico. Sebbene la Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (DQA) non richieda esplicitamente la valutazione degli effetti del cambiamento climatico sulla risorsa idrica, tuttavia nelle linee guida della Commissione Europea (EC, 2015) sull'applicazione del bilancio idrico per supportare l'implementazione della DQA raccomandano di definire il bilancio idrico anche per le situazioni future, quando gli effetti del cambiamento climatico presumibilmente interesseranno il ciclo idrologico, permettendo di individuare quelle azioni necessarie per migliorare la resilienza degli ambienti acquatici.

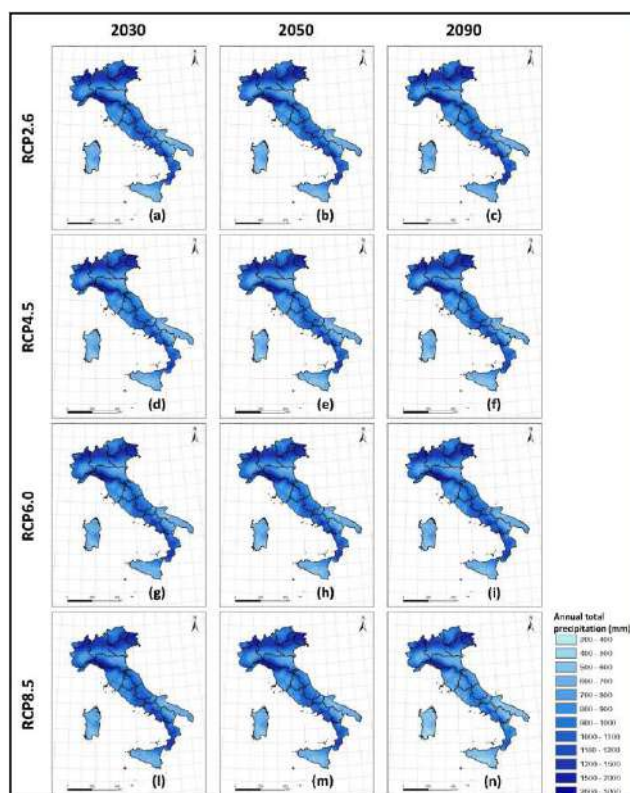


Figura 10.5 – Esempio di proiezione mediante il BIGBANG della precipitazione annua media del ventennio 1995-2015 su quattro scenari di cambiamento climatico (righe) e su tre diversi orizzonti temporali (colonne) (tratta da Braca et al., 2019)

10.5 Stima della portata in sezioni fluviali monitorate

Le valutazioni delle componenti del bilancio idrologico effettuate con il modello BIGBANG, possono essere utilizzate anche per la stima dei dati mancanti di portata mensile in sezioni strumentate di corsi d'acqua che presentano una serie storica sufficientemente lunga e continua. La disponibilità di una serie storica di portate mensili consente, infatti, la calibrazione e la validazione di un modello di afflussi deflussi che utilizza le valutazioni distribuite delle componenti del bilancio idrologico.

L'obiettivo dello sviluppo di un tale modello per la stima delle portate è quello di ricostruire la conoscenza delle portate in quelle sezioni, e in particolare quelle di sbocco in mare, che in passato erano monitorate, ovvero di estendere al passato la valutazione delle portate in quelle sezioni che lo sono attualmente ma non lo erano in precedenza.

La stima della portata media nel mese i -esimo, \widehat{Q}_i , in una sezione di un corso d'acqua, si può scrivere come:

$$\widehat{Q}_i = \widehat{Q}_{RUNOFF,i} + \widehat{Q}_{BASEFLOW,i} \quad \text{eq. 10.3}$$

in cui:

- $\widehat{Q}_{RUNOFF,i}$ è la stima della portata media mensile generata nel mese i -esimo dal ruscellamento, che viene indicata come deflusso superficiale;
- $\widehat{Q}_{BASEFLOW,i}$ è la stima della portata media mensile generata nel mese i -esimo dalla circolazione idrica sotterranea, che viene indicata come deflusso di base.

Il termine del deflusso superficiale nel mese i -esimo è fornito dalla somma dei contributi del ruscellamento $q_{RUNOFFj,i}$ (espresso in $m^3/s/km^2$) di ciascuna cella, di area $A_{cell,j}$, che ricade nel bacino superficiale B_{SUP} , relativi allo stesso mese ipotizzando, verosimilmente, che questi contributi raggiungano la sezione nel medesimo mese i -esimo.

In altri termini il deflusso superficiale nel mese i -esimo è prodotto dalle sole precipitazioni dello stesso mese senza alcun ritardo (lag) temporale.

$$\widehat{Q}_{RUNOFF,i} = \sum_{j \in B_{SUP}} A_{cell,j} q_{RUNOFFj,i} = A_{SUP} \bar{q}_{RUNOFF,i} \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.4}$$

Dove A_{SUP} è l'area, espressa in km^2 della superficie del bacino superficiale e $\bar{q}_{RUNOFF,i}$ è il valore medio del ruscellamento, espresso in $m^3/s/km^2$, sullo stesso bacino.

Poiché il modello BIGBANG fornisce le componenti del bilancio idrologico espresse in $mm/mese$, per esprimere i contributi unitari in termini di $m^3/s/km^2$ è necessario moltiplicarli per il coefficiente:

$$C_i = \frac{1000}{Ng_i 86400} \quad \text{eq. 10.5}$$

con Ng_i il numero di giorni nel mese i -esimo.

Diverso è, invece, il caso della valutazione del contributo del deflusso di base, principalmente per i seguenti motivi:

- a) non è possibile trascurare il lag temporale rispetto alle precipitazioni e alla conseguente ricarica della falda, che costituisce proprio la peculiarità del contributo sotterraneo;
- b) non è nota l'estensione del bacino idrogeologico sotterraneo B_{SOT} che contribuisce alla formazione del deflusso di base. Quest'ultima circostanza, evidentemente, comporta anche che non è nota la media su tale area del termine di ricarica della falda.

In generale si assume che il deflusso di base nella sezione di chiusura del bacino nel mese i -esimo sia una funzione dei valori della ricarica degli acquiferi ($q_{RECH,j,i}$) nei mesi precedenti in ciascuna cella del bacino sotterraneo $A_{cell,j}$ e di un set di parametri ($\alpha_1, \dots, \alpha_m$) da calibrare sulla base della serie storica dei dati di portata:

$$\begin{aligned} \widehat{Q}_{BASEFLOW,i} &= \\ &= \sum_{j \in B_{SOT}} A_{cell,j} f(\alpha_1, \dots, \alpha_m, q_{RECHj,i}, q_{RECH,j,i-1}, \dots, q_{RECH,j,i-r}, \dots) \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.6} \end{aligned}$$

In maniera analoga al contributo superficiale, si può scrivere l'eq. 10.6 considerando i valori medi sul bacino sotterraneo, B_{SOT} di area A_{SOT} :

$$\widehat{Q}_{BASEFLOW,i} = A_{SOT} f(\alpha_1, \dots, \alpha_m, \bar{q}_{RECH,i}, \bar{q}_{RECH,i-1}, \dots, \bar{q}_{RECH,i-r}, \dots) \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.7}$$

Sempre nell'ottica di utilizzare schematizzazioni consolidate nella letteratura tecnico-scientifica, si adotta per la $f(*)$ il modello di Nash (Singh, 1988), mediante il quale l'acquifero sotterraneo viene

schematizzato come un certo numero N (anche non intero) di serbatoi lineari in serie caratterizzati dalla medesima costante di esaurimento k (Figura 10.6), avente le dimensioni di un tempo.

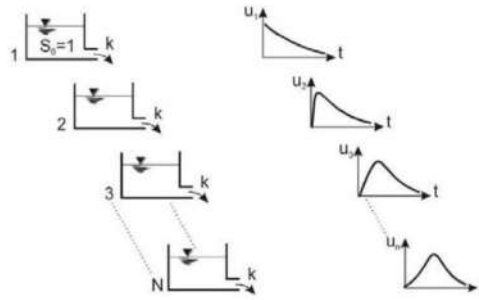


Figura 10.6 – Schema del modello di NASH con N serbatoi lineari in serie di costante k

Si ottiene, quindi, che per il generico mese i -esimo il contributo sotterraneo è dato da:

$$\widehat{Q}_{BASEFLOW,i} = A_{SOT} \sum_{j=1}^i \bar{q}_{RECH,j} h(i-j+1) \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.8}$$

In cui $\bar{q}_{RECH,j}$ è la media dei valori della ricarica degli acquiferi del mese j -esimo sull'area del bacino sotterraneo A_{SOT} e $h(*)$ è l'IUH (*Istantaneous Unit Hydrograph*) dell modello di NASH espresso dalla relazione:

$$h(i) = \frac{1}{k\Gamma(N)} \left(\frac{i}{k}\right)^{N-1} \exp\left(-\frac{i}{k}\right) \quad \text{eq. 10.9}$$

Dove $\Gamma(N)$ è la funzione Gamma (Abramowitz e Stegun, 1965).

L'eq. 10.8, tuttavia, è riferita all'area del bacino sotterraneo, che, così come le medie dei termini della ricarica, non è nota (Figura 10.7). Con opportune manipolazioni l'eq. 10.8 può essere riscritta come:

$$\widehat{Q}_{BASEFLOW,i} = \frac{A_{SOT}}{A_{SUP}} A_{SUP} \sum_{j=1}^i \bar{p}_{RECH,j} \frac{\bar{q}_{RECH,j}}{\bar{p}_{RECH,j}} h(i-j+1) \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.10}$$

in cui

- $\bar{q}_{RECH,j}$ è la media dei valori della ricarica del mese j -esimo sull'area del bacino sotterraneo A_{SOT} ;
 - $\bar{p}_{RECH,j}$ è la media dei valori della ricarica del mese j -esimo sull'area del bacino superficiale A_{SUP} .
- Ipotizzando che il rapporto tra le medie sia indipendente dal mese in esame, si riporta l'eq. 10.8 all'area del bacino superficiale, concentrando in un unico parametro di calibrazione gli aspetti incogniti del bacino sotterraneo:

$$\widehat{Q}_{BASEFLOW,i} = \varphi \left[A_{SUP} \sum_{j=1}^i \bar{p}_{RECH,j} h(i-j+1) \right] \quad [m^3/s] \quad \text{eq. 10.11}$$

Il coefficiente φ rappresenta, al netto del rapporto tra le medie su aree diverse, il rapporto tra l'area del bacino sotterraneo e l'area del bacino superficiale e diventa un parametro del modello da calibrare.

I parametri φ, N, k sono quindi stimati minimizzando la funzione obiettivo $F(*)$, che è la somma dei quadrati delle differenze tra i valori misurati Q_i e i valori stimati \widehat{Q}_i :

$$\min: F(\varphi, N, k) = \sum_i (Q_i - \widehat{Q}_i)^2 = \sum_i [Q_i - (\widehat{Q}_{RUNOFF,i} + \widehat{Q}_{BASEFLOW,i})]^2 \quad \text{eq. 10.12}$$

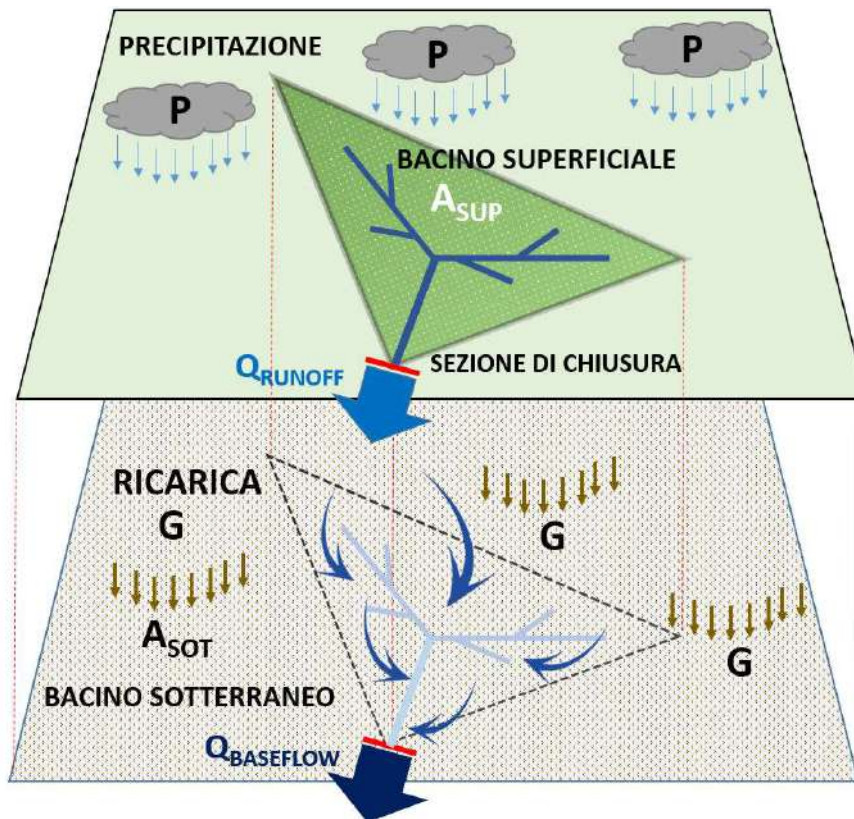


Figura 10.7 – Schema di calcolo della componente di deflusso di base

In definitiva, nello schema adottato per la stima della portata (eq. 10.3) solo la componente del deflusso di base viene calibrata sui dati osservati (eq. 10.10), mentre la componente del deflusso superficiale viene direttamente fornita dalle valutazioni del BIGBANG aggregate sul bacino (Figura 10.8).

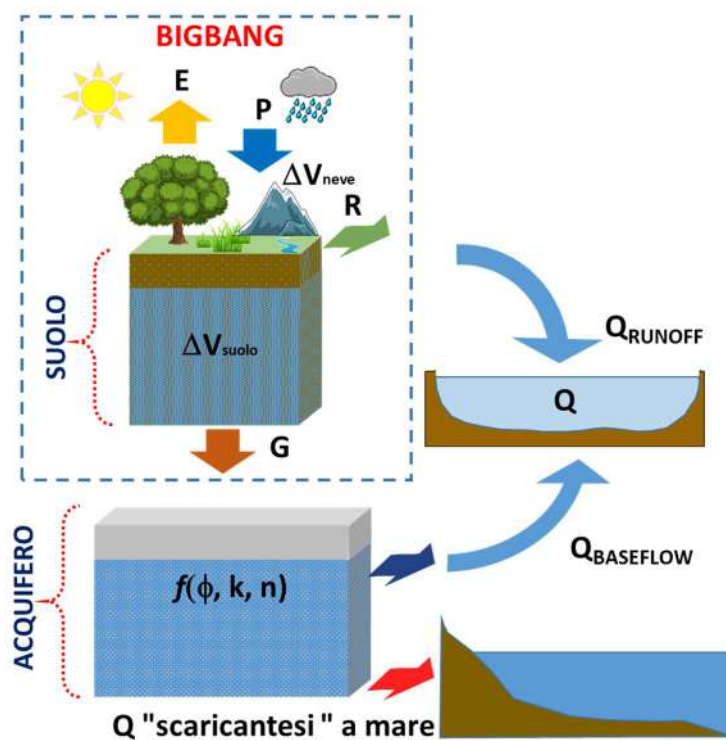


Figura 10.8 – Schema di calcolo della componente di deflusso di base a partire dalle componenti del bilancio idrologico valutate con il modello BIGBANG

L'ottimizzazione della funzione obiettivo nell'eq. 10.12 viene effettuata con il tool SOLVER di MS Excel.

La calibrazione dei parametri del modello può essere, tuttavia, ottenuta anche mediante l'utilizzo di funzioni obiettivo diverse come ad esempio la funzione "efficienza" di Nash-Sutcliffe (1970). In questo caso la calibrazione consiste nel ricercare il set di parametri che massimizza la funzione:

$$NSE(\varphi, N, k) = 1 - \sum_i \frac{(Q_i - \hat{Q}_i)^2}{(Q_i - \bar{Q})^2} \quad \text{eq. 10.13}$$

in cui \bar{Q} è la media dei valori osservati.

Allo stato attuale dello sviluppo del modello per la stima delle portate in sezioni fluviali monitorate, la funzione efficienza di Nash-Sutcliffe è però utilizzata come verifica a posteriori delle prestazioni del modello.

10.5.1 Esempio di stima della portata in una sezione monitorata

Come esempio di applicazione del modello BIGBANG per la valutazione delle portate in sezioni strumentate, è stata eseguita la stima della serie delle portate mensili relative al fiume Fiora nella sezione di Montalto di Castro.

La serie dei dati di portata mensile disponibili ha inizio nel 1964 e con ampie interruzioni è pubblicata sugli Annali Idrologici parte II fino al 2007 e arriva fino agli anni recenti con dati non ancora pubblicati (Figura 10.9) e forniti dal Servizio idrografico della regione Lazio.

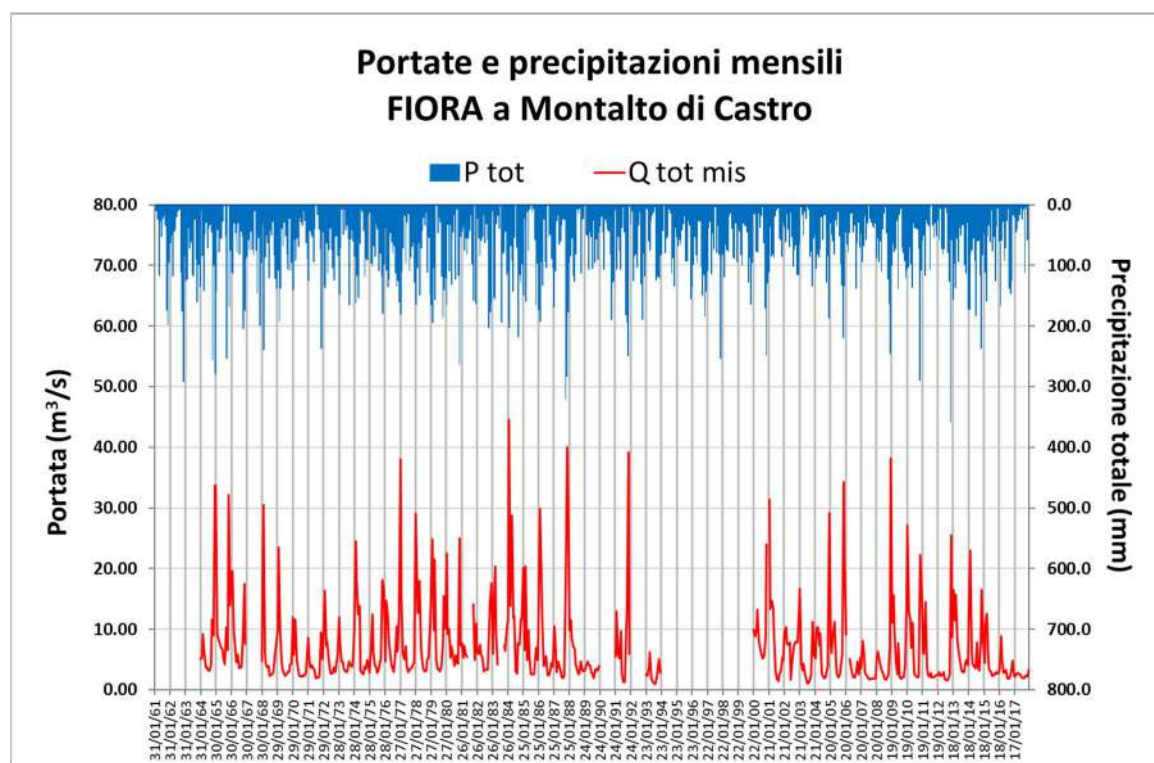


Figura 10.9 – Portate e precipitazioni mensili del fiume Fiora a Montalto di Castro

Nella serie si riconosce un primo periodo di 10 anni dal 1970 al 1979 senza interruzioni che è stato scelto per calibrare il modello per la stima delle portate e un periodo dal 2007 al 2017 che è stato invece utilizzato per la validazione del modello.

Nel bacino del Fiora è presente dal 1929 la diga di Vulci ad uso idroelettrico (ENEL Green Power) con una capacità di invaso di circa 10 hm³ rispetto ad un volume totale medio annuo che transita nella sezione di circa 220 hm³.

Utilizzando i dati 1970–1979 nella funzione obiettivo riportata nell'eq. 10.12, la calibrazione ha fornito i seguenti parametri: $\varphi = 0.48$; $N = 1$; $k = 6.20$ mesi

Un aspetto importante del modello per la stima delle portate basato sulle componenti del bilancio idrologico fornite dal BIGBANG è quello di mantenere separato il contributo del ruscellamento o deflusso superficiale da quello del deflusso sotterraneo o *baseflow* (Figura 10.10 e Figura 10.11).

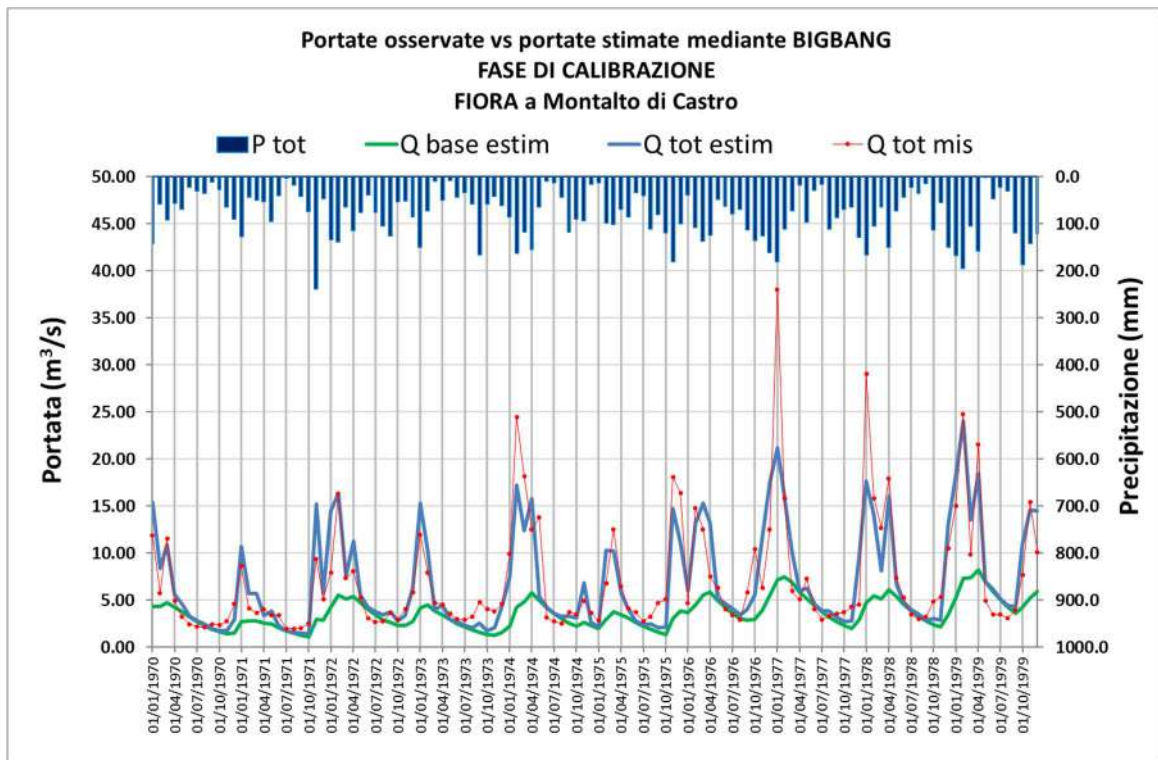


Figura 10.10 – Confronto tra le portate mensili misurate e stimate nella fase di calibrazione

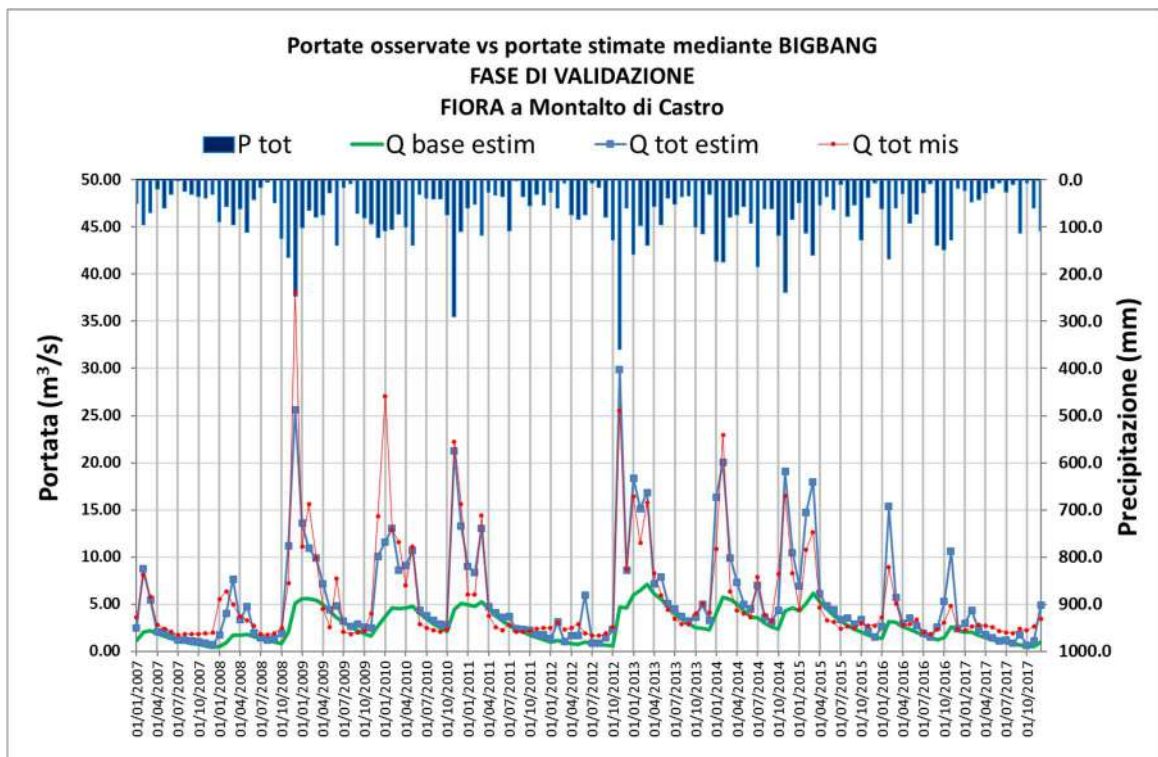


Figura 10.11 – Confronto tra le portate mensili misurate e stimate nella fase di validazione

L'applicazione del modello di stima alle portate mensili nel fiume FIORA alla sezione di Montalto di Castro basato sulle componenti del bilancio fornire dal modello BIGBANG, presenta nella fase di validazione un'elevata correlazione tra le portate osservate e quelle stimate (Figura 10.12) e indici di performance (Tabella 10.3) che lo fanno ritenere nel complesso di buone capacità predittive secondo la classificazione proposta da Moriasi et al. (2015) (Figura 10.13).

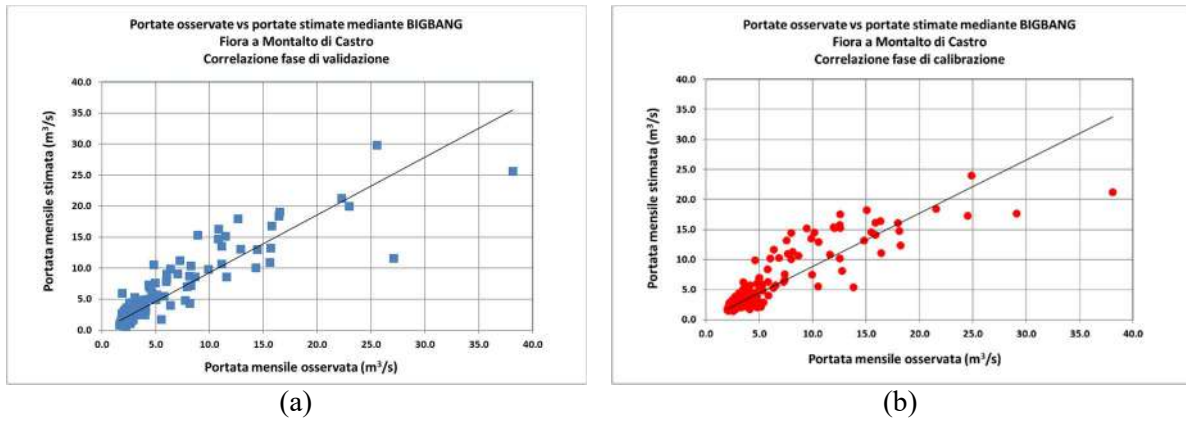


Figura 10.12 – Correlazione tra le portate mensili osservate e stimate nella fase di validazione (a) e calibrazione (b)

Tabella 10.3 – Indici di performance nell'applicazione del modello di stima delle portate mensili al Fiora a Montalto di Castro

Indice di performance	u.m.	Calibrazione	Validazione
Errore percentuale sul volume totale	%	- 1.20	0.02
Mean Absolute Error MAE	m ³ /s	2.00	1.60
Root Mean Square Error RMSE	m ³ /s	3.10	2.60
Coefficiente di NASH-SUTCLIFF NSE	(-)	0.74	0.80
Coefficiente di determinazione R ²	(-)	0.74	0.80
Coefficiente di correlazione R	(-)	0.86	0.90
PBIAS	(%)	- 3.70	- 4.30

Measure	Component	Temporal Scale	n	Very Good	Good	Satisfactory	Not Satisfactory	
Watershed scale	Flow	Annual	84	>0.75	0.70 ≤ R ² ≤ 0.75	0.60 < R ² < 0.70	≤0.60	
		Monthly	87	>0.85	0.80 ≤ R ² ≤ 0.85	0.70 < R ² < 0.80	≤0.70	
		Daily	27	>0.85	0.70 ≤ R ² ≤ 0.85	0.50 < R ² < 0.70	≤0.50	
	Sediment	Annual	3	-	-	-	-	
		Monthly	46	>0.80	0.65 ≤ R ² ≤ 0.80	0.40 < R ² < 0.65	≤0.40	
		Daily	0	-	-	-	-	
	N	Annual	2	-	-	-	-	
		Monthly	31	>0.70	0.60 ≤ R ² ≤ 0.70	0.30 < R ² < 0.60	≤0.30	
		Daily	0	-	-	-	-	
	P	Annual	0	-	-	-	-	
		Monthly	31	>0.80	0.65 ≤ R ² ≤ 0.80	0.40 < R ² < 0.65	≤0.40	
		Daily	0	-	-	-	-	
General			311	>0.80	0.70 ≤ R ² ≤ 0.80	0.50 < R ² < 0.70	≤0.50	
NSE	Flow	Annual	71	>0.75	0.60 ≤ NSE ≤ 0.75	0.50 < NSE < 0.60	≤0.50	
		Monthly	109	>0.85	0.70 ≤ NSE ≤ 0.85	0.55 < NSE < 0.70	≤0.55	
		Daily	79	>0.80	0.70 ≤ NSE ≤ 0.80	0.50 < NSE < 0.70	≤0.50	
	Sediment	Annual	4	-	-	-	-	
		Monthly	31	>0.80	0.70 ≤ NSE ≤ 0.80	0.45 < NSE < 0.70	≤0.45	
		Daily	3	-	-	-	-	
	N	Annual	0	-	-	-	-	
		Monthly	31	>0.70	0.60 ≤ NSE ≤ 0.70	0.35 < NSE < 0.60	≤0.35	
		Daily	6	>0.55	0.40 ≤ NSE ≤ 0.55	0.25 < NSE < 0.40	≤0.25	
	P	Annual	10	>0.65	0.60 ≤ NSE ≤ 0.65	0.50 < NSE < 0.60	≤0.50	
		Monthly	33	>0.65	0.50 ≤ NSE ≤ 0.65	0.40 < NSE < 0.50	≤0.40	
		Daily	1	-	-	-	-	
General			378	>0.80	0.60 ≤ NSE ≤ 0.80	0.50 < NSE < 0.60	≤0.50	
PBIAS (%) ^(a)	Flow	Annual	26	≤±2.5	±2.5 < PBIAS < ±15	±15 ≤ PBIAS ≤ ±35	>±35	
		Monthly	32	≤±3.0	±3.0 < PBIAS < ±10	±10 ≤ PBIAS ≤ ±15	>±15	
		Seasonal	29	≤±10	±10 < PBIAS < ±15	±15 ≤ PBIAS ≤ ±45	>±45	
	Sediment	Annual	0	-	-	-	-	
		Monthly	15	≤±1	±1 < PBIAS < ±10	±10 ≤ PBIAS ≤ ±20	>±20	
		Seasonal	0	-	-	-	-	
	Nutrients	Annual	0	-	-	-	-	
		Monthly	10	≤±10	±10 < PBIAS < ±15	±15 ≤ PBIAS ≤ ±30	>±30	
		Seasonal	0	-	-	-	-	
	General			112	≤±5	±5 < PBIAS < ±10	±10 ≤ PBIAS ≤ ±25	>±25

Figura 10.13 – Classificazione delle capacità predittive di un modello idrologico sulla base di alcuni indici di performance (estratta da Moriasi et al., 2015)

10.6 Applicazioni in corso e utilizzi delle stime delle componenti del bilancio idrologico

Le stime delle componenti del bilancio idrologico ottenute con il modello BIGBANG sono attualmente in corso di utilizzazione nelle seguenti attività a carattere nazionale aventi come oggetto le risorse idriche, anche in collaborazione con altre istituzioni, enti e società:

- accordo di collaborazione con la FAO per l'attività pilota di valutazione a scala nazionale e di distretto idrografico dell'indicatore SDG 6.4.2 “*Level of Water Stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources*” e di confronto con le stime effettuate per l'Italia con modellistica a scala globale;
- accordo di collaborazione con la società Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A per la “Stima della Risorsa Idrica per l'Uso Energetico”;
- accordo di collaborazione con l'Istat per la valutazione del “Bilancio idrologico e idrico annuale di riferimento nazionale”;
- gruppo di lavoro, coordinato da ISPRA, nell'ambito del Comitato Tecnico di coordinamento degli Osservatori distrettuali permanenti per gli utilizzi idrici per la “Valutazione a scala nazionale e distrettuale dell'indicatore di pressione sulla risorsa idrica e di scarsità idrica WEI+”, anche in ottemperanza a quanto richiesto dal Reporting della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.

Sono state altresì utilizzate nelle seguenti pubblicazioni per:

- la valutazione del bilancio idrologico nel lago di Bracciano a seguito dell'emergenza ambientale collegata alla siccità 2017 (ISPRA, 2017);
- la stima della perdita di servizi ecosistemici per effetto del consumo di suolo nei Rapporti SNPA su “Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici” per l'edizione 2018, 2019 e 2020 (Munafò, 2018, 2019, 2020);
- la stima dei servizi ecosistemici legati al ciclo idrologico nel II, III e IV Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia (Comitato Capitale Naturale, 2018, 2019, 2021);
- Annuario dei Dati Ambientali di ISPRA, edizioni 2018, 2019 e 2020, e la relativa banca dati.

Le valutazioni del BIGBANG a scala nazionale e di distretto idrografico sono state infine utilizzate per popolare le seguenti banche dati nazionali ed europee:

- banca dati degli indicatori di impatto dei cambiamenti climatici, per il settore di impatto “Risorse idriche” della Piattaforma Nazionale sull'Adattamento ai Cambiamenti Climatici promossa dal MiTE (ex MATTM);
- banca dati europea WISE – *Water quantity* per il reporting WISE-SoE dell'EEA previsto dal Regolamento n. 401/2009/CE (*EIONET Data Flow*);
- banca dati OECD/Eurostat (*Table 1*) ai fini del *OECD/Eurostat Joint Questionnaire on Inland Waters*.

11. DIFFUSIONE DEI RISULTATI

Data l'enorme mole di risultati, sia in forma grafica che numerica, prodotta con il modello BIGBANG per il periodo 1951–2019, ne risulta impossibile la completa pubblicazione all'interno del presente Rapporto.

Al pari di quello che succede in alcune strutture tecnico-scientifiche di altri Paesi, come ad esempio allo *United States Geological Survey* e al *Centro de Estudios Hidrográficos* del CEDEX (*Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas*) che mettono a disposizione sui rispettivi portali WEB (Figura 11.1 e Figura 11.2) le mappe del bilancio idrologico, nel primo caso dal 1900 al 2015 (Wolock e McCabe, 2018) e nel secondo caso dal 1940 al 2018 (CEDEX, 2020), gli autori del presente Rapporto ritengono opportuna la totale condivisione via WEB dei risultati del BIGBANG. Ciò peraltro è in linea sia con la Direttiva (EU) 2019/1024 sugli *open data* sia con uno dei criteri informativi che hanno guidato lo sviluppo del modello BIGBANG, ossia di aver attinto a dati, stime e layer informativi disponibili liberamente sul WEB.

Pertanto, su un'area dedicata del portale SINAnet dell'ISPRA sono messe liberamente a disposizione dell'utenza¹¹ tutte le mappe prodotte dal modello BIGBANG, in formato ASCII grid, all'indirizzo <http://groupware.sinanet.isprambiente.it/bigbang-data/library/bigbang40>, così come tutte le tabelle numeriche relative alle aggregazioni spaziali (a livello nazionale, distrettuale, compartimentale e regionale), in formato MS Excel, all'indirizzo <http://groupware.sinanet.isprambiente.it/bigbang-data/library/bigbang40/excel-tables>.

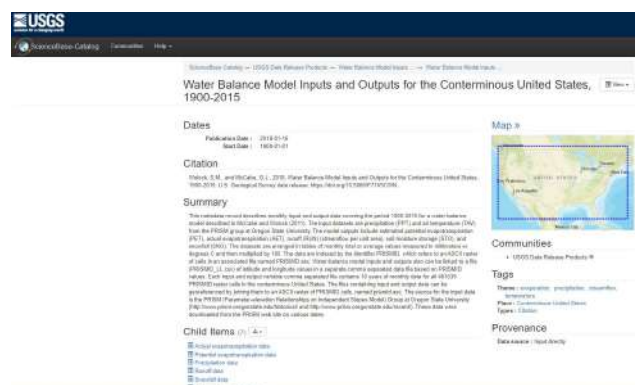


Figura 11.1 – Pagina del portale dell'USGS da cui scaricare le mappe delle componenti del bilancio idrologico per la parte continentale del territorio degli Stati Uniti <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/59bc197de4b091459a5912a1>



Figura 11.2 – Pagina del portale del CEDEX da cui scaricare le mappe delle componenti del bilancio idrologico dal 1940 al 2018 elaborate con il modello SIMPA (pagina tradotta automaticamente in italiano) <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/evaluacion-recursos-hidricos-regimen-natural/>

¹¹ I dati sono rilasciati sotto la licenza "IOLD2-Italian Open Data License v2.0" <https://www.isprambiente.gov.it/amministrazione-trasparente/altri-contenuti/g8-open-data/open-data-ispra/iold2.pdf>

12. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Nel presente Rapporto è stato descritto in dettaglio lo sviluppo del modello BIGBANG di cui si è dotato l'ISPRA per effettuare a livello nazionale una valutazione aggiornata delle componenti del bilancio idrologico e delle grandezze idrologiche di rilievo nella gestione delle risorse idriche. Sono stati altresì presentati i principali risultati, per diversi ambiti territoriali di riferimento, relativi al periodo che va dal 1951 al 2019, come naturale proseguimento delle risultanze della CNA.

Il modello BIGBANG costituisce uno strumento utile per fornire valutazioni alle diverse scale temporali e spaziali della disponibilità naturale della risorsa idrica, la conoscenza della quale è di fondamentale importanza per definire un utilizzo sostenibile della risorsa stessa, che dovrebbe essere adoperata senza superare il limite della sua rinnovabilità in seno al naturale ciclo idrologico. Il deterioramento della qualità della risorsa idrica, il verificarsi di eventi di scarsità idrica e la riduzione della disponibilità di risorsa causata dal cambiamento climatico accrescono la problematica del sovrasfruttamento e il depauperamento delle risorse non rinnovabili.

Ove disponibili in maniera sistematica previsioni stagionali e a lungo termine di afflussi meteorici e di temperatura, il modello BIGBANG potrebbe fornire anche valutazioni e proiezioni sulla disponibilità futura della risorsa idrica, corredate da opportune stime di incertezza, adatte a predisporre in tempo utile misure di mitigazione e/o di regolazione.

Allo stato di sviluppo attuale, il modello costituisce una solida base conoscitiva del bilancio idrologico nazionale, che verrà ulteriormente migliorata nell'ambito della Space Economy nazionale. Ciò con l'obiettivo non solo di apportare migliorie negli schemi di calcolo adottati, di effettuare una più robusta calibrazione dei parametri impiegati negli schemi stessi e di migliorare e ampliare la base dei dati utilizzati, ma anche e soprattutto di sviluppare nuove funzionalità (come, ad es., l'impiego del BIGBANG in modalità previsionale). In questo modo, il BIGBANG potrà diventare sempre di più uno strumento operativo a supporto delle attività di gestione sostenibile e adattiva della risorsa, in particolare nelle situazioni di crisi idrica, fornendo in maniera sistematica e in tempi utili informazioni affidabili.

13.GLOSSARIO

Si riportano le definizioni sintetiche di alcuni concetti ai quali si è fatto riferimento nei capitoli precedenti:

Termine	<i>Termine anglosassone</i>	<i>Definizione</i>
Deficit	<i>Deficit</i>	differenza tra evapotraspirazione potenziale o di riferimento ed evapotraspirazione reale
Deflusso di base	<i>Base flow</i>	aliquota del deflusso in un corpo idrico superficiale alimentato dalle acque sotterranee o da scioglimento nivo-glaciale
Deflusso superficiale	<i>Surface flow</i> o <i>surface runoff</i>	aliquota del deflusso in un corpo idrico superficiale direttamente conseguente a eventi di precipitazione
Deflusso totale	<i>Total flow</i>	somma del deflusso superficiale e del deflusso di base
Media annua di lungo periodo	<i>Long term annual average (LTAA)</i>	media effettuata su un periodo di almeno 20 anni (Eurostat)
Evapotraspirazione effettiva	<i>Actual evapotranspiration</i>	quantità di acqua che si trasferisce in atmosfera per i fenomeni di evaporazione diretta dagli specchi d'acqua, dal terreno e dalla vegetazione (intercezione) e di traspirazione della vegetazione
Evapotraspirazione potenziale	<i>Potential evapotranspiration</i>	evapotraspirazione quando il contenuto d'acqua nel terreno non costituisce un fattore limitante ma dipende solo dalle caratteristiche climatiche (temperatura, vento, umidità relativa, ecc.)
Ricarica della falda	<i>Aquifer recharge</i>	aliquota di precipitazione che attraverso il suolo e le formazioni rocciose raggiunge e alimenta le falde sotterranee
Risorsa idrica	<i>Freshwater resources</i>	volume d'acqua che fluisce, attraverso una sezione di un corpo idrico superficiale o sotterraneo, in un dato intervallo di tempo
Risorsa idrica rinnovabile	<i>Renewable freshwater resources</i>	volume idrico, superficiale e sotterraneo, che si riproduce annualmente per effetto del ciclo idrologico.
Risorsa idrica non rinnovabile	<i>Non-renewable freshwater resources</i>	volume idrico immagazzinato in accumuli (es. acquiferi profondi o ghiacciai) che presentano un tasso di ricarica trascurabile se rapportato alle scale temporali delle attività umane.
Ruscellamento	<i>Runoff</i>	aliquota di precipitazione che non è infiltrata o trattenuta dal suolo che si trasforma in deflusso superficiale

14. BIBLIOGRAFIA

- Abera W., Formetta G., Borga M., Rigon R., 2017, Estimating the water budget components and their variability in a Pre-Alpine basin with JGrass-NewAGE, *Advances in Water Resources*, doi: 10.1016/j.advwatres.2017.03.010
- Abramowitz M. e Stegun I.A., 1965, *Handbook of Mathematical Functions*, Dover Publications Inc., New York
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998, *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*
- Álvarez J., Sánchez A., Quintas L., 2004, SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies *Proceedings of the FOSS/GRASS Users Conference - Bangkok, Thailand, 12-14 September 2004*
- Angström, A., 1924. Solar and terrestrial radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 50, 121–125)
- ASCE, 1990, *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, Jensen, M.E., R.D. Burman, and R.G. Allen (editors), ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, 1990
- Ballabio C., Panagos P., Montanarella L. Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database (2016) *Geoderma*, 261, pp. 110-123
- Bobacha T., Farin G., Hansford D., Umlauf G., 2009, Natural neighbor extrapolation using ghost points *Computer-Aided Design* 41 (2009) 350–365
- Box G.E.P., 1976, Science and Statistics, *Journal of the American Statistical Association*, December 1976, pp. 791-799
- Braca, G., Bussettini, M., Ducci, D., Lastoria, B. and Mariani, S., 2019: Evaluation of national and regional groundwater resources under climate change scenarios using a GIS-based water budget procedure. *Rend. Fis. Acc. Lincei*, 30(1), 109–123. DOI:10.1007/s12210-018-00757-6
- Braca, G., e Ducci, D., 2018: Development of a GIS Based Procedure (BIGBANG 1.0) for Evaluating Groundwater Balances at National Scale and Comparison with Groundwater Resources Evaluation at Local Scale. In *Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean Area*, Calvache, M.L., Duque, C., Pulido-Velazquez, D. (Eds.), Springer, January 2018. DOI:10.1007/978-3-319-69356-9_7.
- Bras R.F., 1990, *Hydrology: An Introduction to Hydrologic Science*, Addison-Wesley
- Brugioni M., Consumi F., Mazzanti B., Menduni G., Montini G., 2008, Determinazione dell'infiltrazione efficace alla scala di bacino finalizzata alla individuazione delle aree a diversa disponibilità di risorse idriche sotterranee, *Conferenza: Stato del territorio e delle risorse naturali in Toscana*, Firenze http://www.adbarno.it/rep/biblio/articolo_infiltrazione_OGT.pdf
- Calvo J.C., 1986, An evaluation of Thornthwaite's water balance technique in predicting stream runoff in Costa Rica, *Hydrological Sciences Journal*, 31:1, 51-60, DOI: 10.1080/02626668609491027
- CEDEX, 2020, *Evaluación de recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41 – 2017/18)*, MITECO Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid
- Celico P., 1988: *Prospezioni idrogeologiche*, Liguori Editore, Napoli
- Chernogaeva, G. M., 1970, *Water Resources of Europe*, International Association of Scientific Hydrology. *Bulletin*, 15:4, 67-76. Lvovitch, M. I., 1970, *Les ressources en eau du globe terrestre et leur avenir*, International Association of Scientific Hydrology. *Bulletin*, 15:4, 23-38
- CNA, 1972, *I problemi delle acque in Italia*, Conferenza Nazionale delle Acque, Relazioni e Documenti Editi a cura del Senato della Repubblica, Tipografia del Senato, 1972
- Comitato Capitale Naturale, 2018, *Secondo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*. Roma.
- Comitato Capitale Naturale, 2019, *Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia*. Roma.

-
- Comitato Capitale Naturale, 2021, Quarto Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia. Roma.
- Crespi A., Brunetti M., Lentini G., Maugeri M., 2018, 1961–1990 high-resolution monthly precipitation climatologies for Italy, *Int. J. Climatol.* 38: 878–895 DOI: 10.1002/joc.5217
- Cressie N.A.C., 1991, *Statistics for spatial data*, John Wiley & Sons, New York, NY
- Daly C., Taylor G., Gibson W., 1997, The PRISM approach to mapping precipitation and temperature. 10th AMS Conf. on Applied Climatology, Reno, NV, 10–12
- DeWalle D.R. e Rango A., 2008, *Principles of Snow Hydrology*, Cambridge University Press
- Dobesch H., Dumolard P., Dyras I. (Eds), 2007, *Spatial interpolation for climate data: the use of GIS in climatology and meteorology*, ISTE Ltd, London
- Doorenbos J. e Pruitt W.O., 1977, *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO irrigation and drainage. Paper no. 24 (rev.). FAO, Rome
- EC - European Commission, 2012, *A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, COM(2012), 673 final
- EC - European Commission, 2014, *Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive*. Report number: EU Water Framework Directive (WFD) Common Implementation Strategy (CIS) Guidance Document n°31, ISBN 978-92-79-45758-6
- EC - European Commission, 2015, *Guidance document on the application of water balances for supporting the implementation of the WFD Technical Report - 2015 – 090 Final – Version 6.1 – 18/05/2015*, ISBN 978-92-79-52021-1
- EEA - European Environmental Agency, 1999, *Environmental indicators: Typology and overview*. Technical report No 25/1999
- EEA - European Environment Agency, 2015, *Definition of WISE SoE - Water Quantity (WISE-3) dataset Version: November 2015*
- Eurostat e OCSE, 2018, *Data Collection Manual for the OECD/Eurostat Joint Questionnaire on Inland Waters and Eurostat regional water questionnaire*. Concepts, definitions, current practices, evaluations and recommendations, Version 4 (2018)
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001, *Atlas of water resources and irrigation in Africa*. FAO Land and Water Digital Media Series No. 13. Rome.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003, *Review of World Water Resources by Country*, Water Reports 23, Rome
- Fassò C., 1989, *Le risorse Idriche*, in “Aggiornamento al 1989 dei risultati della Conferenza Nazionale delle Acque”, Bologna, Edizioni Agricole 1989
- Faergemann, H., 2012, *Update on Water Scarcity and Droughts indicator development*. In EC Expert Group on Water Scarcity & Droughts; European Environment Agency: Brussels, Belgium, 2012; pp. 1–23
- Fioravanti, G., Toreti, A., Frascchetti, P., Perconti, W., Desiato, F., 2010a, *Gridded monthly temperatures over Italy*. EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 7, EMS2010-306, ECAC Conference, Zurich, 13–17 September 2010
- Fioravanti, G., Frascchetti, P., Perconti, W., Toreti, A., Desiato, F., 2010b, *Temperature in Italia dal 1961 al 2008, un data set su grigliato regolare*. Convegno Nazionale di Settore: Environment Including Global Change (Palermo, 5–9 ottobre, 2009)
- Fisher D.K. e Pringle III H.C., 2013, *Evaluation of alternative methods for estimating reference evapotranspiration* *Agricultural Sciences* Vol.4 No.8° (2013), Article ID:36456, 10 pages
- Flerchinger G.N. e Cooley K.R., 2000. *A ten-year water balance of a mountainous semi-arid watershed*. *J. Hydrol.* 237, 86–99. DOI:10.4236/as.2013.48A008
-

-
- Glacken I. e Blackney P., 1998, A practitioners implementation of Indicator Kriging. Beyond Ordinary Kriging: Non-Linear Geostatistical Methods in Practice The Geostatistical Association of Australasia PO Box 1719 West Perth WA Australia. pp, 31-44
- Gupta R.S., 1989, Hydrology and Hydraulic Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ
- Hargreaves G. H. e Samani Z.A., 1982, Estimating potential evapotranspiration. J. Irrigation and Drainage Engineering, 108, 223–230.
- Hengl T., 2007, A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability
- Hock, R. 1999, A distributed temperature-index ice- and snowmelt model including potential direct solar radiation. Journal of Glaciology, 45(149), 101-111. doi:10.3189/S0022143000003087
- Hofstra, N., Haylock M., New M., Jones P., Frei C., 2008, Comparison of six methods for the interpolation of daily, European climate data, J. Geophys. Res., 113, D21110, doi:10.1029/2008JD010100
- Hostetler S.W. e Alder J. R., 2016, Implementation and evaluation of a monthly water balance model over the US on an 800 m grid, Water Resour. Res., 52, 9600–9620, doi:10.1002/2016WR018665
- Kandel D., Chiew F., Grayson R., 2005, A Tool For Mapping and Forecasting Soil Moisture Deficit over Australia, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. IV. Title. (Series: Report Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology; 05/2)
- Keller V.D.J., Tanguy M., Prosdocimi I., Terry J.A., Hitt O., Cole S. J., Fry M., Morris D.G., Dixon H., 2015, CEH-GEAR: 1km resolution daily and monthly areal rainfall estimates for the UK for hydrological and other applications, Earth Syst. Sci. Data, 7, 143–155, 2015, doi:10.5194/essd-7-143-2015
- Kirkham M.B, 2004, Principles of soil and plant water relations, Elsevier Academic Press, London, UK
- Koutsoyiannis, D., 2009, Seeking parsimony in hydrology and water resources technology (solicited), European Geosciences Union General Assembly 2009, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, Vienna, 11469, doi:10.13140/RG.2.2.20511.97443, European Geosciences Union, 2009
- IPCC - The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IRSA-CNR, 1999, Un futuro per l'acqua in Italia. Bozza per la discussione del corso del Convegno IRSA-30 anni. Roma 24 giugno 1999
- Isaaks E. H. e Srivastava R.M., 1989, Applied Geostatistics. Oxford University Press, Oxford
- Isotta A. et alii, 2014, The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data, Int. J. Climatol. 34: 1657–1675, DOI: 10.1002/joc.3794
- ISPRA, 2017, Analisi e valutazione dello stato ambientale del Lago di Bracciano riferito all'estate 2017, https://www.isprambiente.gov.it/files2017/notizie/Relazione_ISPRA_Bracciano_18ottobre2017.pdf
- Irmak S. e Haman D.Z., 2003, Evapotranspiration: Potential or Reference? <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE25600.pdf>
- La Loggia G., Noto L.V., Noto M.T., 2005, Integrazione di tecniche GIS e dati telerilevati per il bilancio idrologico del suolo. ATTI 9a Conferenza Nazionale ASITA 15 -18 novembre 2005, Catania
- Legge 28/12/2015, n. 221 Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali. Pubblicata nella Gazz. Uff. 18 gennaio 2016, n. 13)
- Ledoux H. e Gold C., 2005, An Efficient Natural Neighbour Interpolation Algorithm for Geoscientific Modelling, in: Developments in Spatial Data Handling, Springer Berlin Heidelberg, 2005
-

-
- Ly S., Charles C., Aurore Degré A., 2013, Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2013 17(2), 392-406
- Maidment, D.R., 1993, *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, New York
- Manabe S., 1969, The atmospheric circulation and the hydrology of the earth's surface, *Mon. Weather Rev.*, 97, 739–774, 1969
- McCabe G.J., e Markstrom S.L., 2007, A monthly water-balance model driven by a graphical user interface: U.S. Geological Survey Open-File report 2007-1088, 6 p.
- McCabe G.J. e Wolock D.M., 2011, Independent effects of temperature and precipitation on modeled runoff in the conterminous United States, *Water Resour. Res.*, 47, W11522, doi:10.1029/2011WR010630.
- McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. In *Proc. of Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim CA.
- McMahon T.A., Peel M. C., Lowe L., Srikanthan R., McVicar T. R., 2013, Estimating actual, potential, reference crop and pan evaporation using standard meteorological data: a pragmatic synthesis, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 1331–1363, 2013
- Mariani, S., G. Braca, E. Romano, B. Lastoria, e M. Bussetini, 2018, Linee Guida sugli indicatori di siccità e scarsità idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici. Pubblicazione nell'ambito del progetto CReIAMO PA, 66pp.
- Mendicino G. e Versace P., 2003, Space - time analysis of water deficit, *European Water* 3/4: 3-8
- Mendicino G. e Versace P., 2007, Integrated Drought Watch System: A Case Study in Southern Italy *Water Resources Management* July 2007 DOI: 10.1007/s11269-006-9091-6
- Mouton J., Mangano F., Fried J.J., 1982, Studio delle risorse in acque sotterranee dell'Italia. Th Schafer GmbH. D. 3000 – Hannover
- Ministero Agricoltura e Foreste, 1989, I problemi delle acque in Italia. Aggiornamento al 1989 dei risultati della Conferenza Nazionale delle Acque, Bologna, Edizione Agricole, 1989
- Ministero LLPP, Servizio Idrografico, *Annali Idrologici*, Parte prima, Istituto Poligrafico dello Stato Roma.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, *Annali Idrologici*, parte prima, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- Monteith, J. L., 1965, Evaporation and environment. In: B.D. Fogg, (Ed.), *The State and Movement of Water in Living Organism*, Symposium of the society of experimental biology, 19, Cambridge University Press, Cambridge (1965), 205–234.
- Moriasi D. N., Gitau M. W., Pai N., Daggupati P., 2015, Hydrologic And Water Quality Models: Performance Measures And Evaluation Criteria, *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, ASABE, Vol. 58(6): 1763-1785, 2015, ISSN 2151-0032 DOI 10.13031/trans.58.10715
- Mu Q., Heinsch F.A., Zhao M., Running S. W., 2007, Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data, *RemoteSensing of Environment*, 111, 519-536, doi: 10.1016/j.rse.2007.04.015
- Mu Q., Zhao M., Running S.W., 2011, Improvements to a MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration Algorithm. *Remote Sensing of Environment* Remote Sensing of Environment 115(8):1781-1800 DOI: 10.1016/j.rse.2011.02.019.
- Mu Q., Zhao M., Running S. W., 2013, Brief Introduction to MODIS Evapotranspiration Data Set (MOD16), http://files.ntsg.umt.edu/data/NTSG_Products/MOD16/MOD16_global_evapotranspiration_description.pdf
-

-
- Munafò, M., Salvati, L., Zitti M., 2013, Estimating Soil Sealing Rate at National Level - Italy as a Case Study. *Ecological Indicators*, 26, 137–140
- Munafò, M. (a cura di), 2018, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2018. Report ISPRA 288/18
- Munafò, M. (a cura di), 2019, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2019. Report SNPA 08/19
- Munafò, M. (a cura di), 2020, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2020. Report SNPA 15/20
- Nash J.E. e Sutcliffe J.V., 1970, River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology* Volume 10, Issue 3, April 1970, Pages 282-290
- Nativi S., Bigagli L., Mazzetti P., Boldrini E. e Papeschi F., 2009, "GI-Cat: A Mediation Solution for Building a Clearinghouse Catalog Service," 2009 International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services, Cancun, Mexico, 2009, pp. 68-74, doi: 10.1109/GEOWS.2009.34
- Panagos P., Van Liedekerke M., Jones A., Montanarella L., 2012, "European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements"; *Land Use Policy*, 29 (2), pp. 329-338
- Pavan V. et alii, 2013, The ARCIS Project. *Ital. J. Agromet.*, 2/2013, 51-55
- Pavan V. et alii, 2019, High resolution climate precipitation analysis for north-central Italy, 1961–2015. *Clim Dyn* (2019) 52:3435-3453. DOI 10.1007/s00382-018-4337-6
- Perry M. e Hollis D., 2005, The Development of a New Set of Long-Term Climate Averages for the UK. *Int. J. Climatol.* 25: 1023–1039
- Portoghese I., Uricchio V., Vurro M., 2005, GIS tool for hydrogeological water balance evaluation on a regional scale in semi-arid environments, *Computers & Geosciences* 31 (2005) 15–27
- Riitano N., Congedo L., Garofalo V., La Mantia C., Luti T., Marinosci I., Mastroiosa S., Meccoli L., Raudner A., Rossi L., Strollo A., Vitaletti A., Munafò M., 2016, Stima del consumo di suolo a livello nazionale e regionale, In *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, ISPRA ISPRA, Rapporti 248/2016, ISBN 978-88-448-0776-4
- Romano N., Palladino M., Chirico G.B., 2011, Parameterization of a bucket model for soil-vegetation-atmosphere modeling under seasonal climatic regimes. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3877–3893, 2011
- Rusconi A., 1994, *Acqua. Conoscenze su risorsa e utilizzo*, Editoriale Verde Ambiente
- Sibson, R., 1981, A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation. In: Barnett, V., Ed., *Interpreting Multivariate Data*, John Wiley & Sons, New York, 21-36.
- Shuttleworth, W.J., 1993, Evaporation. In *Handbook of Hydrology*; Maidment, D.R., Ed.; McGraw Hill: New York, NY, USA, 1993; pp. 4.1–4.53
- Singh V.P., 1988, *Hydrologic Systems: Rainfall-runoff modeling*. Volume 1, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ
- Sluiter R., 2009, Interpolation methods for climate data. Literature review KNMI, R&D Information and Observation Technology De Bilt, 19 November 2008 Version 1.0
- Steenhuis T.S., Van Der Molen W.H., 1986, The Thornthwaite-Mather procedure as a simple engineering method to predict recharge May 1986 *Journal of Hydrology* 84(3-4):221-229 DOI: 10.1016/0022-1694(86)90124-1
- Tabios G. Q. e Salas J. D., 1985, A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitations, *Water Resources Bulletin*, vol.21 (3), pp. 365-380
- Thiessen A.H., 1911, Precipitation averages for larges areas, *Monthly Weather Review*, 39(7)
-

-
- Thornthwaite C.W., 1948, An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review* 38 (1): 55-94. <http://dx.doi.org/10.2307/21073>
- Thornthwaite C.W. e Mather, J.R., 1955, The water balance. Laboratory of Climatology, No. 8, Centerton NJ.
- Thornthwaite C.W. e Mather J.R., 1957, Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publication in Climatology*, 10, 185–311
- Toth G., Jones A., Montanarella L. (eds), 2013, LUCAS topsoil survey. Methodology, data, results. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications office of the European Union, EUR 26102—scientific, technical research series—ISSN 1831-9424 (online); ISBN 978-92-79- 32542-7; doi:10.2788/97922
- Trask J.C., Fogg G.E., Puente C.E., 2017, Resolving hydrologic water balances through a novel error analysis approach, with application to the Tahoe basin, *J. of Hydrology* 546 (2017) 326–340
- Turc L., 1955, Le bilan de l'aue des sols. Relations entre les precipitations, l'evaporation et l'ecoulement, INRA, Paris, 252 pp
- Turc L., 1962: Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. *Ann. Agron.*, 12, 13-49
- Van Genuchten M.T., 1980, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 (1980), pp. 892-898
- Vanhama D. et alii, 2018, Physical water scarcity metrics for monitoring progress towards SDG target 6.4: An evaluation of indicator 6.4.2 “Level of water stress”. *Science of the Total Environment* 613–614 (2018) 218–232
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K., 2011: The representative concentration pathways: an overview, *Climatic Change*, 109, 5.
- Versace P., 2004, Processi Idrologici e Atmosferici Relazione generale, XXIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche Trento 7-10 settembre 2004
- Vicente-Serrano, S.M., Begueria S., Lopez-Moreno J.I., 2010, A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23: 1696–1718.
- UNEP - United Nations Environmental Programme, 1977, Draft plan of action to combat desertification. United Nations Conference to Combat Desertification. Nairobi. 72 pp.
- USDA - United States Department of Agriculture, 2004, Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Chapter 11 Snowmelt
- Westenbroek, S.M., Engott, J.A., Kelson, V.A., and Hunt, R.J., 2018, SWB Version 2.0—A Soil-Water-Balance code for estimating net infiltration and other water-budget components: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A59, 118 p., <https://doi.org/10.3133/tm6A59>.
- Winter T.C., 1981, Uncertainties in Estimating the Water Balance of Lakes, *Water Resour. Bull.*, v. 17 n.1, pp 82-115
- WMO - World Meteorological Organization, 2012: Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M., Hayes, M., Wood, D.). WMO-No. 1090, Geneva, 24pp.
- Wolock, D.M. e McCabe, G.J., 2018, Water Balance Model Inputs and Outputs for the Conterminous United States, 1900-2015: U.S. Geological Survey data release, <https://doi.org/10.5066/F71V5CWN>
- Wösten J.H.M., Pachepsky Y.A., Rawls W.J., 2001, Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics, *J. Hydrol.*, 251 (2001), pp. 123-150, 10.1016/S0022-1694(01)00464-4

