



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

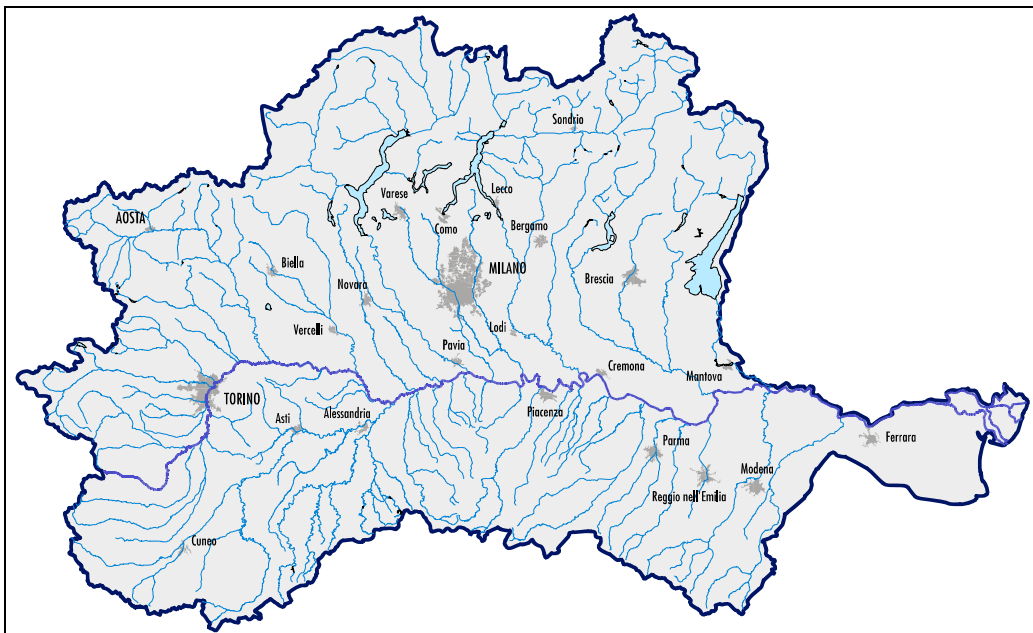
Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.1 in data 11.05.1999

3. Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico

3.6 Adda sopralacuale (Valtellina e Valchiavenna)

Parte 2 – Bilancio idrico



Indice

1	Premessa	1
2	Obiettivi di Piano e riferimenti di legge	3
3	Quadro conoscitivo dell'uso della risorsa idrica	5
3.1	Introduzione.....	5
3.2	Usi potabili, irrigui e industriali.....	6
3.2.1	Usi attuali	7
3.2.1.1	<i>Usi potabile</i>	8
3.2.1.2	<i>Usi industriale</i>	10
3.2.1.3	<i>Usi irriguo</i>	13
3.2.2	Usi futuri.....	15
3.2.2.1	<i>Usi potabili</i>	15
3.2.2.2	<i>Usi industriali</i>	18
3.2.2.3	<i>Usi irrigui</i>	19
3.3	Usi idroelettrico.....	19
3.3.1	Invasi artificiali esistenti	19
3.3.2	Derivazioni idroelettriche	20
3.3.3	Schemi idroelettrici	21
3.3.3.1	<i>Ambito Adda Grosio</i>	21
3.3.3.2	<i>Ambito Adda Sondrio</i>	23
3.3.3.3	<i>Ambito Mallerio</i>	25
3.3.3.4	<i>Ambito Mera</i>	25
4	Bilancio delle risorse idriche superficiali	27
4.1	Metodologia generale di costruzione del bilancio idrico.....	27
4.2	Metodologia di costruzione del bilancio idrico per la Valtellina	31
4.3	Quantificazione della disponibilità idrica naturale	35
4.3.1	Pluviometria	35
4.3.2	Misure di portata	40
4.3.3	Costruzione delle curve di durata delle portate	41
4.3.4	Legame tra i contributi unitari e fattori geomorfologici e climatici.....	43
4.3.5	Contributi unitari per sottobacino.....	45
4.4	Valutazione del bilancio idrico	46
4.5	Individuazione delle criticità in funzione del saldo idrico.....	50

5	Deflusso minimo vitale	51
6	Bibliografia e fonti informative	56
7	Allegati	57

1 Premessa

La legge 102/90, all'art. 8 comma 3, prescrive che *“fino all'approvazione del piano di bacino del Po, nei territori di cui all'art. 1, limitatamente alla Valtellina, non possono essere rilasciate nuove concessioni di grandi derivazioni d'acqua per la produzione di energia elettrica”*.

Il dettato della legge dà conto di una condizione di rilevante criticità nel sottobacino dell'Adda sopralacuale (Valtellina), connessa allo sfruttamento particolarmente intensivo della risorsa idrica superficiale.

Lo sfruttamento delle acque correnti superficiali per la produzione di energia elettrica, tramite derivazioni ad acqua fluente o con serbatoi di regolazione, è in molti tratti pressoché integrale, produce squilibri rilevanti, con compromissione del regime idrologico, e ha condotto a una artificializzazione elevata del regime dei deflussi. Il sistema di utilizzazione si è sviluppato in assenza di pianificazione e ha raggiunto intensità e diffusione tali da essere conflittuali con gli altri usi della risorsa e con le esigenze di conservazione delle caratteristiche naturali dei corpi idrici.

Lo sfruttamento idroelettrico in Valtellina risulta assolutamente prevalente rispetto al totale degli usi; a fronte di un uso complessivo totale medio attuale corrispondente a circa 260 m³/s di portata media continua derivata da acque superficiali, la quota destinata alla produzione idroelettrica rappresenta circa il 98%. La produzione annuale di energia idroelettrica in provincia di Sondrio rappresenta il 12% circa della produzione idroelettrica nazionale e il 49% circa di quella dell'intera regione Lombardia.

In relazione alla particolare criticità dell'area indicata e alla conseguente esigenza di porre i presupposti di pianificazione necessari a garantire *“la razionale utilizzazione delle risorse superficiali e profonde”* (art. 3, legge 183/89), rimuovendo il divieto provvisorio contenuto nella legge 102/90 sopra citata, i contenuti del presente Piano stralcio sono stati estesi, per la sola Valtellina, al tema dell'uso della risorsa idrica.

Il Piano stralcio affronta gli aspetti connessi all'uso della risorsa idrica sulla base della formulazione del *bilancio idrico*, inteso come strumento di valutazione della disponibilità reale della risorsa in funzione sia dei prelievi (potabile, agricolo, industriale, per la produzione di energia), che degli usi in situ (navigazione interna), che delle esigenze di mantenimento degli equilibri naturali del sistema idrico e di rinnovabilità della risorsa (vita acquatica, aspetti

naturalistici).

Le esigenze conoscitive sono di conseguenza collegate:

- alla quantificazione della disponibilità naturale della risorsa alla scala di bacino e sottobacino idrografico, sulla base delle caratteristiche climatiche e idrologiche;
- alla caratterizzazione degli usi in relazione alla tipologia, al punto, alla quantità e alla modalità di prelievo e di restituzione.

Rispetto agli obiettivi di pianificazione, a fronte di una situazione particolarmente compromessa determinatasi progressivamente secondo un modello di sfruttamento totale della risorsa idrica naturale, le linee di azione del Piano non possono che proporsi di modificare radicalmente tale stato di fatto, in relazione alle attuali esigenze che derivano dalla mutata situazione economica e sociale del paese e dal fatto che l'acqua è diventata sempre di più un bene limitato, la cui utilizzazione deve essere pianificata e programmata, in modo da gestire la conflittualità della domanda di uso e difendere le esigenze di riequilibrio idrologico e biologico dei sistemi idrici.

2 Obiettivi di Piano e riferimenti di legge

Gli obiettivi del Piano di bacino rispetto al tema dell'uso della risorsa idrica sono definiti dalla legge 183/89, che agli articoli 3 e 17 ne indica chiaramente finalità e contenuti.

I contenuti tecnici e metodologici del Piano sono indicati dal D.P.R. 18 luglio 1995 "Criteri per la redazione del Piano di bacino" che fanno riferimento alla necessità di individuare gli squilibri e le insufficienze nella disponibilità qualitativa delle risorse e le situazioni di sovrasfruttamento delle risorse disponibili, richiedendo che vengano poste le condizioni per tendere "all'ottimizzazione delle varie forme di utilizzo dell'acqua sia di prelievo (potabile, agricolo, industriale, per la produzione di energia), che in situ (navigazione interna, mantenimento dei siti di carattere naturalistico, estetico e culturale (...)).

La legge 36/94 precisa e integra i contenuti della pianificazione di bacino nel settore:

- *l'Autorità di bacino competente definisce ed aggiorna periodicamente il bilancio idrico diretto ad assicurare l'equilibrio fra le disponibilità di risorse reperibili o attivabili nell'area di riferimento ed i fabbisogni per i diversi usi, nel rispetto dei criteri e degli obiettivi di cui agli articoli 1 e 2 (art. 3, comma 1);*
- *per assicurare l'equilibrio tra risorse e fabbisogni, l'Autorità di bacino competente adotta, per quanto di competenza, le misure per la pianificazione dell'economia idrica in funzione degli usi cui sono destinate le risorse (art. 3, comma 2);*
- *nei bacini idrografici caratterizzati da consistenti prelievi o da trasferimenti, sia a valle che oltre la linea di displuvio, le derivazioni sono regolate in modo da garantire il livello di deflusso necessario alla vita negli alvei sottesi e tale da non danneggiare gli equilibri degli ecosistemi interessati (art. 3, comma 3).*

I riferimenti di legge richiamati portano ad assegnare al bilancio idrico un ruolo cardine di definizione sintetica dell'insieme dei fattori caratterizzanti la risorsa idrica e di strumento per la gestione programmatica dell'uso della stessa.

Nella legge 36/94 vengono inoltre enunciati principi generali, con i quali si stabilisce il carattere pubblico di tutte le acque superficiali e sotterranee (art. 1

comma 1) e che *“qualsiasi uso delle acque è effettuato salvaguardando le aspettative ed i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale”* (art. 1 comma 2). Importante infine è il riferimento contenuto nell'art. 2 in materia di priorità degli usi, dove si stabilisce che *“l'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo”*.

Le indicazioni della legge 36/94 per il Piano di bacino sono ulteriormente chiarite dalle direttive annesse al D.P.C.M. 4 marzo 1996, “Disposizioni in materia di risorse idriche”. In tale sede si precisa infatti che “la conoscenza del bilancio idrico e il riconoscimento degli squilibri è indispensabile per la definizione degli interventi strutturali e non strutturali finalizzati a mitigare gli squilibri e riassicurare l'equilibrio tra la disponibilità di risorse e fabbisogni per i diversi usi” nel rispetto dei principi generali di sostenibilità ambientale contenuti nella legge 36/94.

Un ulteriore riferimento legislativo è dato dal D.L. 12 luglio 1993, n. 275 “Riordino in materia di concessione di acque pubbliche”; l'art. 3 stabilisce che le domande di concessione relative a grandi e piccole derivazioni sono “trasmesse all'Autorità di bacino territorialmente interessata che (...) comunica il proprio parere all'ufficio istruttore in ordine alla compatibilità della utilizzazione con le previsioni del Piano di bacino (...) ai fini del controllo sull'equilibrio del bilancio idrico o idrologico”.

3 Quadro conoscitivo dell'uso della risorsa idrica

3.1 Introduzione

Le indagini conoscitive e la formulazione del bilancio idrico di cui al presente rapporto sono riferite al sottobacino idrografico dell'Adda sopralacuale, sotteso alla sezione immissione nel lago di Como; esso comprende l'intera Provincia di Sondrio, la parte settentrionale della Provincia di Como e la parte della Provincia di Lecco corrispondente all'area dell'Alto Lario.

Sono interessati i territori delle comunità montane: Valtellina di Bormio, Tirano, Sondrio e Morbegno, Valchiavenna, Alto Lario Occidentale e Valsassina, Valvarrone, Esino e Riviera.

Ai fini della presentazione degli elementi conoscitivi, la Valtellina è stata suddivisa in 5 ambiti territoriali.

Tab. 3.1 - Suddivisione dei Comuni per ambito territoriale

Ambito	Comuni dell'ambito
Adda Grosio	Bianzone, Bormio, Cevedale, Grosio, Grosotto, Livigno, Lovero, Mazzo di Valtellina, Sernio, Sondalo, Teglio, Tirano, Tovo S. Agata, Vadidentro, Valdisotto, Valfurva, Vervio, Villa di Tirano
Adda Sondrio	Albaredo S. Marco, Albosaggia, Andalo Valtellino, Aprica, Ardenno, Bema, Berbenno di Valt., Buglio in Monte, Caiolo, Castello dell'Acqua, Castione Andevenno, Cedrasco, Cercino, Chiuro, Cino, Civo, Colico, Colorina, Cosio valtellino, Dazio, Delebio, Dubino, Faedo valtellino, Forcola, Fusine, Gera Lario, Gerola alta, Mantello, Mello, Montagna in Valt., Morbegno, Pedesina, Piantedo, Piateda, Poggiridenti, Ponte in Valtellina, Postalesio, Rasura, Rogolo, Sondrio, Talamona, Tartano, Teglio, Traona, Tresivio, Val Masino.
Mallero	Buglio in Monte, Caspoggio, Chiesa in Valmal., Lanzada, Montagna in Valtellina, Sondrio, Spriana, Torre S. Maria.
Mera	Campolcino, Chiavenna, Dubino, Gordona, Madesimo, Menarola, Mese, Montemezzo, Novate Mezzola, Piuro, Prata Camportaccio, Samolaco, San Giacomo Filippo, Sorico, Verceia, Villa di Chiavenna
Lario	Abbadia Lariana, Albavilla, Albese con Cassano, Alpe di Casasco, Annone di Brianza, Argegno, Ballabio, Barzio, Bellagio, Bellano, Blessagno, Blevio, Brienzo, Brunate, Carate Urio, Casargo, Casasco d'Intelvi, Cassina Valsassina, Castiglione d'Intelvi, Cerano d'Intelvi, Cernobbio, Civate, Civenna, Colico, Colonno, Consiglio di Rumo, Cortenova, Crandola Valsassina, Cremeno, Crema, Delebio, Dervio, Dizzasco, Domaso, Dongo, Dorio, Dosso del Liro, Erve, Esino Lario, Faggeto Lario, Galbiate, Garlate, Garzeno, Gera Lario, Germasino, Gordona, Grandola ed Uniti, Gravedona, Griante, Introbio, Introzzo, Isola Comacina, Laglio, Lecco, Lenno, Lezzeno, Lierna, Livo, Magreglio, Malgrate, Mandello del Lario, Margno, Maslianico, Menaggio, Mezzegra, Moggio, Moltrasio, Montemezzo, Moregalo, Musso, Nesso, Oggiono, Oliveto Lario, Ossuccio, Pagnona, Parlasco, Pasturo, Peglio, Perledo, Pescate,

Ambito	Comuni dell'ambito
	Pianello del Lario, Piantedo, Pigra, Plesio, Pognana Lario, Premana, Primaluna, Sala Comacina, San Fedele Intelvi, S. Maria Rezzonico, Samolaco, Sant'Abbondio, Schignano, Sorico, Stazzona, Sueglio, Suello, Taceno, Tavernerio, Torno, Tremenico, Tremezzo, Trezzone, Valbrona, Valmadrera, Varenna, Veleso, Vendrognò, Vercana, Vestreno, Zebio.

Il quadro dei consumi medi annui, attuali e futuri e per i diversi usi, è sintetizzato nella Tab. 3.3 e nella Tab. 3.4. I dati ivi riportati sono basati sulle informazioni fornite dai censimenti ISTAT e da documenti e studi specifici relativi all'area in esame e derivano dalle assunzioni sintetizzate nella Tab. 3.2.

Tab. 3.2 – Assunzioni di base per la stima dei dati di fabbisogno

Tipologia d'uso	Parametro	Valore
potabile	Anno di riferimento del Piano di risanamento	2016
potabile	Dotazioni idrica giornaliera pro-capite indicata dal Piano di risanamento (da aumentare in funzione della classe demografica del Comune)	200 l/d
irriguo	Consumo medio annuo per unità di superficie irrigabile attuale e futura	3.000 m ³ /ha
industriale	Consumo medio per le aree a destinazione industriale attuale e futura	36 m ³ /ha/d

Tab. 3.3 – Portate medie annue per tipo di utilizzo (valori in l/s)

Consumi	Potabile	Irriguo	Industriale	Idroelettrico	Totale
Attuali	1.433	167	1.600	256.722	259.922
Futuri	2485	167	1264	299.243	303.159

Tab. 3.4 - Portate medie annue per tipo di utilizzo (valori in %)

Consumi	Potabile	Irriguo	Industriale	Idroelettrico	TOTALE
Attuali	0,551%	0,064%	0,616%	98,769%	100%
Futuri	0,820%	0,055%	0,417%	98,708%	100%

3.2 Usi potabili, irrigui e industriali

Il consumo in atto della risorsa è stimabile in 3.200 l/s, a fronte di una domanda nel lungo periodo pari a circa 3.916 l/s. La distribuzione dei consumi attuali e della domanda futura per le tre tipologie di utilizzo è sintetizzata dalla seguente Tab. 3.5.

Tab. 3.5 - Distribuzione dei consumi e della domanda per ambito

Ambiti	In atto	Uso futuro	Usi futuri Usi in atto
	l/s	l/s	%
Grosio	516	538	104
Sondrio	531	806	152
Mallero	199	179	90
Mera	208	283	136
Lario	1.746	2.110	121
Totale	3.200	3.916	122

3.2.1 Usi attuali

Sul territorio della Valtellina insistono complessivamente 1.734 opere di presa per gli usi potabili, irrigui e industriali. Di queste il 78% è riferito a captazioni da acque sotterranee.

In particolare le risorse per uso potabile interessano quasi esclusivamente acque sotterranee, alle quali fanno riferimento 1.112 captazioni, su un totale di 1.127 opere di presa.

Anche per l'uso industriale le opere di presa utilizzate sono principalmente riferite ad acque sotterranee, con 222 captazioni (prevalentemente da pozzi) su un totale di 348. A tali fonti occorre aggiungere le acque distribuite dalle reti di acquedotto, stimate in circa il 20% di quelle complessivamente addotte dalle reti stesse.

Per quanto concerne l'uso irriguo invece le risorse impiegate derivano prevalentemente da acque superficiali.

Tab. 3.6 - Numero di opere di presa per tipo di utilizzazione

	Potabile	Irriguo	Industriale	Totale
Acque sotterranee	1.112	-	222	1.334
Acque superficiali	15	259	126	400
Totale	1.127	259	348	1.734

Tab. 3.7 - Portate medie annue per tipo di utilizzo

Ambiti	Uso potabile (l/s)	Uso irriguo (l/s)	Uso industriale (l/s)	Totale (l/s)
Grosio	216,0	46,0	254,2	516
Sondrio	253,0	99,5	178,0	531
Mera	88,0	17,0	102,5	208
Lario	726,0	3,5	1,016,6	1746
Mallero	150,0	1,0	48,7	199
Totale	1,433	167	1,600	3200

3.2.1.1 Uso potabile

I volumi erogati annualmente dal pubblico servizio di acquedotto sommano a circa 47 milioni di metri cubi; la corrispondente dotazione idrica media pro-capite, riferita alla popolazione residente, è di circa 525 l/ab/d e di 284 l/ab/d se riferita al complesso della popolazione residente, stabile non residente e fluttuante con pernottamento.

La distribuzione geografica risulta notevolmente disomogenea per i vari ambiti territoriali, variando da un massimo per l'Adda Mallero pari a 320 l/ab/d ad un minimo per l'Adda Lario pari a 182 l/ab/d.

Tab. 3.8 – Servizio acquedottistico - Volumi fatturati e dotazioni idriche

Ambiti	Volume fatturato m ³ /anno	Volume fatturato (%)	Dotazione idrica (1) l/ab/d	Dotazione idrica (2) l/ab/d
Grosio	7.080.678	15,0	798,0	441,9
Sondrio	8.327.927	17,7	499,6	257,2
Mera	2.898.934	6,2	500,7	218,8
Lario	23.876.473	50,7	430,5	181,6
Mallero	4.924.317	10,5	399,1	320,0
Totale	47.108.329	100,0	525,6	283,9

(1) Dotazione per popolazione residente

(2) Dotazione per popolazione residente più popolazione fluttuante e stabile non residente

Elevati livelli di disomogeneità si rilevano peraltro anche nelle dotazioni effettivamente disponibili nel corso dell'anno, più cospicue nel periodo primaverile e più scarse nei primi mesi dell'anno e nei mesi estivi. In particolare sussistono due diverse situazioni di minima disponibilità: l'una in inverno (45 giorni tra gennaio e marzo), legata al gelo delle sorgenti d'alta quota, l'altra estiva (luglio-agosto) legata alle condizioni di magra.

Variazioni di disponibilità si possono avere conseguentemente in relazione al variare dei flussi turistici nelle stazioni di soggiorno, a seconda che siano specializzate nel turismo estivo o invernale: alcuni Comuni presentano due punte annuali di turismo (una in inverno e una in estate), altri sono viceversa caratterizzati da un turismo esclusivamente estivo. I primi risentono di entrambi i minimi annuali di portata, mentre questi ultimi, sovente ubicati a bassa quota, risentono della sola siccità estiva.

La distribuzione nei vari ambiti delle portate medie derivate dal servizio di acquedotto nel giorno medio annuo e nel giorno di massimo consumo è illustrato dalla Tab. 3.9.

Tab. 3.9 - Servizio acquedottistico - Portate medie derivate

Ambito	Medie annue	Medie giorno massimo consumo
	l/s	l/s
Adda Grosio	269	597
Adda Sondrio	316	598
Adda Mera	110	251
Adda Lario	908	1.206
Adda Mallero	187	255
Totale	1.790	2.907

La portata media annua derivata dal servizio di acquedotto è stimabile in circa 1.790 l/s e la portata media nel giorno di massimo consumo in 2.907 l/s. Si stima che il 20% circa di tale portata sia utilizzata a fini industriali, comportando un effettivo consumo potabile di circa 1.433 l/s (1.687 l/s nel giorno di massimo consumo).

Per quanto concerne le fonti di approvvigionamento, sul territorio della Valtellina insistono complessivamente 1.127 opere di presa, delle quali 1.112 da acque sotterranee e 15 da acque superficiali. Le quantità effettivamente estratte corrispondono in genere ad una quota variabile dal 25 al 60% delle quantità estraibili, valutate cioè in relazione al tipo di opera di presa. I prelievi in atto in tutta la Valtellina assommano a 5.945 l/s estraibili e, per quanto detto, derivano per il 96,6% da acque sotterranee. Le risorse potabili risultano inoltre utilizzate generalmente nell'ambito del medesimo territorio di pertinenza in cui ricadono.

Tab. 3.10 – Fonti di approvvigionamento per uso potabile

Ambiti	CAPTAZIONI DA ACQUE SOTTERRANEE		DERIVAZIONI DA ACQUE SUPERFICIALI		TOTALE	
	N°	l/s (1)	N°	l/s (1)	N°	l/s (1)
Grosio	170	1.030	1	10	171	1.040
Sondrio	267	1.113	2	67	269	1.180
Mera	105	455	0	0	105	455
Lario	511	2.832	12	122	523	2.954
Mallero	59	316	0	0	59	316
Totale	1.112	5746	15	199	1.127	5.945

(1) Portate estraibili

Il servizio acquedottistico risulta gestito in genere a scala comunale e sovente frammentato in più acquedotti tra loro indipendenti.

Gli schemi acquedottistici intercomunali in genere non superano i confini degli

ambiti di riferimento individuati per la Valtellina, con le eccezioni rappresentate dagli schemi che seguono:

- Schema intercomunale Brunate (nell'Adda Lario) - Como (extra-bacino), che utilizza una presa dal lago di Como nel Comune di Blevio (nell'Adda Lario, 53,2 l/s estraibili);
- Schema intercomunale Carlazzo (extra-bacino) - Grandola e Uniti (Adda Lario), che utilizza: un pozzo (12 l/s) sito a Carlazzo, 11 sorgenti (50 l/s) site nei comuni di Carlazzo, Plesio (Adda Lario) e Grandola, e una presa da c.i.s. (6,5 l/s) nel comune di Grandola;
- Schema intercomunale Gera Lario (nell'Adda Lario) - Montemezzo (nell'Adda mera), che utilizza in tutto 7 sorgenti (24 l/s) site nei comuni di Trezzone (Adda Lario) e Montemezzo;
- Schema intercomunale Cesana Brianza (extra- bacino) - Suello (Adda Lario), che utilizza un pozzo sito nel comune di Pusiano (extra- bacino, 18 l/s).
- Schema intercomunale del Consorzio Brianteo, al quale aderiscono in tutto 64 comuni, dei quali 9 ricadono nell'Adda Lario. Per tale schema le fonti di approvvigionamento sono costituite da:
 - 14 pozzi (125 l/s) siti in comuni extra-bacino;
 - 2 sorgenti (87 l/s) site in comuni extra-bacino;
 - 1 presa dal lago di Como ricadente nel comune di Valmadrera, in fase di realizzazione per una portata globale prevista di 500 l/s.

Solo 13 dei 182 Comuni ricadenti in Valtellina fanno riferimento a schemi intercomunali che allacciano Comuni ricadenti in ambiti diversi, con conseguente trasferimento di risorse pregiate (sebbene di entità piuttosto basse) tra gli stessi.

L'unica eccezione si rileva per l'Adda Lario, che alimenta con proprie risorse tratte da acque superficiali numerosi Comuni ricadenti al di fuori dei confini della Valtellina.

3.2.1.2 Uso industriale

Sul territorio della Valtellina insistono complessivamente 1.444 unità locali idroesigenti, alle quali corrispondono 14.117 addetti. A tali attività industriali fa riferimento un consumo medio stimato annuo di 50.467.061 m³, corrispondente ad una portata media derivata di 1.600 l/s, valore che sale a 2.434 l/s se riferito ai giorni effettivamente lavorati.

Il prevalente tipo di attività industriale idroesigente è relativo al settore della meccanica, per il quale risultano complessivamente 693 unità locali con 5.664 addetti.

A tale attività corrisponde un fabbisogno medio annuo di 590,4 l/s (897,5 l/s riferiti agli effettivi periodi di consumo), pari a circa il 37% dei consumi globali delle industrie idroesigenti.

Seguono nell'ordine, i consumi per:

- la lavorazione di prodotti alimentari (371 unità locali, 1.879 addetti) con 228,1 l/s, pari a circa il 14% dei consumi globali;
- la produzione della carta (4 unità locali, 187 addetti) con 163,4 l/s, pari a circa il 10% dei consumi globali;
- la lavorazione e conservazione della carne (55 unità locali, 1.273 addetti) con 151 l/s, pari a circa il 9% dei consumi globali.

Tab. 3.11 – Numero di unità locali per settore produttivo idroesigente

Settore Produttivo	Ambiti					Totale
	Grosio	Sondrio	Mera	Lario	Mallero	
Lavorazione e conservazione carne	144	317	395	166	251	1273
Lavoraz. e conservaz. frutta e ortaggi	13	157	0	22	5	197
Industria lattiero casearia	8	114	14	385	1	522
Fabbricazione altri prodotti alimentari	197	441	168	968	105	1879
Industria delle bevande	418	83	52	143	19	715
Finissaggio tessili	0	113	5	417	0	535
Fabbricazione carta	120	0	0	67	0	187
Prodotti petroliferi raffinati	4	10	0	3	2	19
Prodotti chimici di base	31	0	0	27	0	58
Fabbricazione detergenti e saponi	12	0	20	117	0	149
Fabbricazione vetro	2	38	0	100	0	140
Produzione ceramica	3	1	0	52	0	56
Produz. di cemento, calce e gesso	0	3	4	155	0	162
Fabbricazione tubi acciaio e ghisa	0	139	0	30	0	169
Trasformaz. ferro, acciaio e ferroleghie	0	62	130	888	6	1086
Stampaggio e profilatura metalli	4	40	142	1120	0	1306
Fabbricazione altri prodotti metallici	56	230	98	5260	20	5664
Totale	1012	1748	1028	9920	409	14117

Tab. 3.12 – Numero di addetti per settore produttivo idroesigente

Settore Produttivo	Ambiti					Totale
	Grosio	Sondrio	Mera	Lario	Mallero	
Lavorazione e conservazione carne	15	19	6	11	4	55
Lavoraz. e conservaz. frutta e ortaggi	1	12	0	4	1	18
Industria lattiero casearia	4	21	8	20	1	54
Fabbricazione altri prodotti alimentari	55	66	34	184	32	371
Industria delle bevande	12	13	6	6	3	40
Finissaggio tessili	0	2	2	12	0	16
Fabbricazione carta	1	0	0	3	0	4
Prodotti petroliferi raffinati	1	2	0	1	1	5
Prodotti chimici di base	2	0	0	3	0	5
Fabbricazione detersivi e saponi	1	0	2	6	0	9
Fabbricazione vetro	1	3	0	14	0	18
Produzione ceramica	2	1	0	7	0	10
Prod. di cemento, calce e gesso	0	1	1	10	0	12
Fabbricazione tubi acciaio e ghisa	0	2	0	3	0	5
Trasformaz. ferro, acciaio e ferroleghie	0	4	1	69	1	75
Stampaggio e profilatura metalli	2	5	1	46	0	54
Fabbricazione altri prodotti metallici	21	60	25	576	11	693
Totale	118	211	86	975	54	1444

Tab. 3.13 – Portate medie annue per settore produttivo idroesigente

Settore Produttivo	Ambiti					Totale
	Grosio	Sondrio	Mera	Lario	Mallero	
Lavorazione e conservazione carne	17,1	37,6	46,9	19,7	29,8	151,1
Lavoraz. e conservaz. frutta e ortaggi	1,5	18,6	-	2,6	0,6	23,3
Industria lattiero casearia	0,3	4,7	0,6	16,0	0,0	21,6
Fabbricazione altri prodotti alimentari	23,9	53,5	20,4	117,5	12,7	228
Industria delle bevande	46,6	9,3	5,8	16,0	2,1	79,8
Finissaggio tessili	-	15,9	0,7	58,5	-	75,1
Fabbricazione carta	104,9	-	-	58,5	-	163,4
Prodotti petroliferi raffinati	1,6	4,0	-	1,2	0,8	7,6
Prodotti chimici di base	50,3	-	-	43,8	-	94,1
Fabbricazione detersivi e saponi	2,1	-	3,5	20,4	-	26
Fabbricazione vetro	0,1	2,1	-	5,5	-	7,7
Produzione ceramica	0,0	0,0	-	0,7	-	0,7
Prod. di cemento, calce e gesso	-	0,2	0,3	10,0	-	10,5
Fabbricazione tubi acciaio e ghisa	-	1,4	-	0,3	-	1,7
Trasformaz. ferro, acciaio e ferroleghie	-	6,5	13,5	92,6	0,6	113,2
Stampaggio e profilatura metalli	0,0	0,2	0,6	5,0	-	5,8
Fabbricazione altri prodotti metallici	5,8	24,0	10,2	548,3	2,1	590,4
Totale	254,2	178	102,5	1016,6	48,7	1.600

Nell'Adda Adda Lario le attività industriali idroesigenti fanno rilevare i consumi maggiori, pari a 1.016, 6 l/s (1.545.2 l/s riferiti al periodo di effettivo consumo), corrispondenti a circa il 63,5% dei consumi globali idroesigenti.

Più del 50% del consumo di risorsa ad uso industriale dell'Adda Lario è riferito al settore della meccanica, che impegna 576 unità locali, 5.620 addetti, con consumi stimati di 548,3 l/s.

I consumi più bassi dovuti alle industrie idroesigenti si rilevano per l'Adda Mallero, in cui ricadono 54 unità locali con 409 addetti, ai quali corrispondono consumi stimati di 48,8 l/s (3% delle risorse impiegate per tali usi in Valtellina), dovuti prevalentemente alle attività di lavorazione conservazione della carne (4 unità locali, 251 addetti, 29,8 l/s di consumo stimato).

Le fonti di approvvigionamento prevalenti sono rappresentate dalle acque sotterranee; per il solo uso industriale si contano in Valtellina 348 opere di presa, di cui 222 da acque sotterranee (costituite quasi integralmente da captazioni da pozzi fatta eccezione per cinque sorgenti nell'Adda Lario) e 126 da acque superficiali.

Il soddisfacimento dei fabbisogni attuali conta inoltre, come già sopra accennato, su una portata derivata dal servizio di acquedotto, corrispondente a 357 l/s.

3.2.1.3 *Uso irriguo*

Le superfici irrigate, cioè dotate di impianti per l'irrigazione, sono molto limitate, pari a 1.756 ha, corrispondenti all'1,5% delle superfici agricole utilizzate (113.715 ha).

La maggior parte delle superfici agricole sono infatti costituite da prati permanenti e pascoli (più del 90% della SAU), mentre quote molto ridotte di superfici sono interessate da coltivazioni a:

- cereali (708 ha, 0,6% della SAU);
- foraggere avvicendate (1.050 ha, 1% della SAU);
- vite (1.853 ha, 1,6% della SAU);
- fruttiferi (1.472 ha, 1,3% della SAU).

Tab. 3.14 - Superfici ad uso agricolo per tipo di coltivazione (valori in ha)

	Ambiti					Totale
	Grosio	Sondrio	Mera	Lario	Mallero	
SAU	43229	30193	15917	16418	7957	113715
Cereali	28	302	178	184	17	708
Coltivazioni Ortive	4	3	0	28	1	37
Foraggiere Avvicendate	57	533	329	93	38	1050
Vite	284	1097	124	90	258	1853
Ulivo	0	0	0	22	0	22
Agrumi	0	0	0	0	0	0
Fruttiferi	773	634	17	15	32	1472
Totale	1147	2570	648	432	346	5142

Nell'ipotesi di un completo utilizzo delle superfici irrigabili, il fabbisogno irriguo medio, valutato nell'ordine di 3.000 m³/ha/a, porta a stimare per la Valtellina un consumo idrico pari a 5.268.000 m³/a, corrispondente ad una portata media annua derivata ad uso irriguo di 167 l/s (valore che sale a 339 l/s se si fa riferimento alla sola stagione irrigua, da aprile a settembre).

Tab. 3.15 – SAU, superfici irrigabili e irrigate, portate derivate

Ambiti	A	B	A/B	C	B/C	Portate derivate l/s
	SAU	Superficie irrigabile		Superficie irrigata		
	ha	ha	%	ha	%	
Grosio	43.229	485	1,12	401	82,7	46,0
Sondrio	30.193	1.048	3,47	693	66,1	99,5
Mera	15.917	180	1,13	69	38,6	17,0
Lario	16.418	37	0,23	25	66,5	3,5
Mallero	7.957	7	0,09	7	99,3	1,0
Totale	113.715	1.756	1,54	1.195	68,0	167,0

A tale riguardo occorre evidenziare che le portate derivate per uso irriguo, oltre a fare riferimento ad un periodo determinato dell'anno, variano in relazione alle condizioni meteo-climatiche, ai cicli colturali, alle disponibilità della risorsa, nonché all'interno del periodo irriguo, per le più abbondanti dotazioni idriche richieste per i mesi di luglio e agosto.

La distribuzione degli usi irrigui nei vari ambiti mostra che nell'Adda Sondrio ricade circa il 60% delle superfici irrigabili. Ciò determina per tale ambito il più elevato fabbisogno di risorsa pari a 3.144.000 m³/a, corrispondenti ad una portata derivata media di 99,7 l/s (203,2 l/s, se riferita alla sola stagione irrigua).

Il 90% delle derivazioni ad uso irriguo proviene dalle acque superficiali.

3.2.2 Usi futuri

Per quanto concerne le fonti di approvvigionamento, e con particolare riferimento agli usi potabili e industriali, dal Piano regionale di risanamento delle acque della Regione Lombardia si rileva che:

- per l'uso potabile si prevede un massiccio ricorso a fonti di approvvigionamento da acque superficiali, riferite quasi esclusivamente al sistema Adda Lario, da derivare dal lago di Como;
- per l'uso industriale si prevede che circa il 29% del fabbisogno totale di 1.264 l/s (pari a circa 364 l/s), possa essere soddisfatto dal servizio di acquedotto.

Tab. 3.15 - Portate medie annue per tipo di utilizzo

Ambiti	Uso potabile (l/s)	Uso irriguo (l/s)	Uso industriale (l/s)	Totale (l/s)
Grosio	373,0	46,0	119,0	538,0
Sondrio	472,0	99,5	235,0	806,5
Mera	176,0	17,0	90,0	283,0
Lario	1.333,0	3,5	773,0	2.109,5
Mallero	131,0	1,0	47,0	179,0
Totale	2.485	167	1.264	3.916

3.2.2.1 Usi potabili

L'analisi della domanda di risorsa ad uso potabile è riferita al 2016, scadenza temporale definita dal Piano regionale di risanamento delle acque.

La portata del giorno medio annuo risulta a tale data pari a 2.485 l/s.

Tenuto conto che un'aliquota del fabbisogno produttivo pari a 364 l/s sarà soddisfatta dal servizio di acquedotto, la portata complessivamente derivata assomma a 2849 l/s, con un incremento medio rispetto ai consumi attuali (1.790 l/s) pari a circa il 62%.

L'incremento medio dei fabbisogni rispetto agli usi in atto risulta di circa il 60%. I più cospicui incrementi si prevedono per l'Adda Mera (80%) e per l'Adda Sondrio (70%), mentre per l'Adda Mallero si registra un decremento del 15%.

Tab. 3.16 - Fabbisogni idrici serviti dalle reti acquedottistiche – Portate medie annue

Ambiti	Uso potabile l/s	Uso produttivo l/s	Fabbisogno totale l/s
Grosio	373	50	423
Sondrio	472	65	537
Mera	176	23	199
Lario	1.333	198	1.531
Mallero	131	28	159
Totale	2.485	364	2.849

Per quanto concerne le portate medie del giorno di massimo consumo si prevede un incremento dei fabbisogni distribuito sostanzialmente in due diverse fasce:

- la prima comprende gli ambiti dell'Adda Grosio, dell'Adda Mallero e dell'Adda Mera, con incrementi percentuali dei fabbisogni di risorsa potabile piuttosto bassi, pari rispettivamente al 4,4%, 4,3% e al 13,1% delle attuali portate;
- la seconda comprende i due ambiti dell'Adda Sondrio e dell'Adda Lario, con incrementi percentuali di livello decisamente più elevato, pari rispettivamente al 27,9 e al 54 % delle attuali portate.

Tab. 3.17 - Portate medie derivate dal servizio acquedottistico

Ambiti	Portate medie annue (l/s)	Portate medie giorno massimo consumo (l/s)
Grosio	423	623
Sondrio	537	765
Mera	199	284
Lario	1.531	1.858
Mallero	159	266
Totale	2.849	3.796

Per quanto concerne le fonti di approvvigionamento si prevede la realizzazione di 60 nuove captazioni, di cui 4 da acque superficiali, con una portata totale di 699 l/s. Due di esse derivano dal lago di Como, rispettivamente nel comune di Gravedona (120 l/s) e nel comune di Valmadrera (500 l/s), e rappresentano l'89% di tale portata.

A queste derivazioni se ne aggiunge un'altra, ricadente nel comune di Como (amministrativamente fuori dell'Adda Lario), al quale fa riferimento la previsione di una nuova presa dal lago di Como, pari a 869 l/s.

Le rimanenti 56 nuove captazioni sono da acque sotterranee, con una portata globale di 580 l/s. In particolare le maggiori portate da acque sotterranee fanno riferimento ai seguenti ambiti:

- Adda Lario: 250,1 l/s;
- Adda Grosio: 173,2 l/s;
- Adda Sondrio: 118,3 l/s.

Il citato Piano regionale prevede inoltre azioni mirate al miglioramento delle reti di adduzione e distribuzione; in particolare si fa riferimento ai seguenti schemi:

- Schema intercomunale n. 3 (PRRA Sondrio), che interessa complessivamente 19 comuni, dei quali 18 ricadono nell'Adda Sondrio e solo un comune (Dubino) nell'Adda Mera. Tale schema prevede nuove fonti di approvvigionamento consistenti in cinque sorgenti (93,8 l/s) site nei comuni di Val Masino e Buglio in Monte ricadenti nell'Adda Sondrio;
- Schema intercomunale n. 4.1. (PRRA Sondrio), che interessa complessivamente 17 comuni, dei quali 15 ricadono nell'Adda Grosio e 2 comuni nell'Adda Mallerio. Tale schema prevede la captazione di una nuova fonte di approvvigionamento costituita da un pozzo (7,2 l/s) sito nel comune di Montagna in Valtellina ricadente nell'Adda Mallerio;
- Schema intercomunale n. 5 (PRRA Sondrio), che interessa complessivamente 11 comuni, dei quali 10 ricadono nell'Adda Grosio e solo un comune (Teglio) nell'Adda Sondrio. Tale schema prevede la captazione di una nuova sorgente (24,2 l/s) sita nei comune di Sondalo (Adda Grosio);
- Schema intercomunale n. 1 (PRRA Como), che interessa complessivamente 14 comuni, dei quali 12 ricadono nell'Adda Lario e 2 nell'Adda Mera. Tale schema prevede la realizzazione di una nuova derivazione dal lago di Como (120 l/s) nel comune di Gravedona (Adda Lario);
- Schema intercomunale n. 4 (PRRA Como), che interessa complessivamente 6 comuni, dei quali 5 extra-bacino e solo un comune (Grandola e Uniti) nell'Adda Lario. Tale schema prevede 2 nuove fonti di approvvigionamento costituite da 2 pozzi (93,8 l/s) siti nei comuni di Porlezza e Bene Lario, ricadenti fuori della Valtellina;
- Schema intercomunale n. 6 (PRRA Como), che interessa complessivamente 15 comuni, dei quali 6 extra-bacino e 9 nell'Adda Lario. Tale schema prevede nuove fonti di approvvigionamento consistenti in due pozzi (50 l/s) siti nel comune di Claino Osteno (extra-bacino);

- Schema intercomunale n. 7 (PRRA Como), che interessa complessivamente 4 comuni, dei quali 3 ricadono nell'Adda Lario e solo un comune fuori della Valtellina. Tale schema prevede nuove fonti di approvvigionamento consistenti in 4 pozzi (56,2 l/s) siti nei comuni di Laglio e Moltrasio ricadenti nell'Adda Lario e Carate Urio (extra-bacino) e 5 sorgenti (10,5 l/s) site nei medesimi comuni;
- Schema intercomunale n. 9 (PRRA Como), e 5 (PRRA Lecco) che raggruppa due grandi consorzi acquedottistici: Fino Mornasco e Brianteo. Tale schema interessa complessivamente 130 comuni, dei quali 16 ricadono nell'Adda Lario e i rimanenti fuori della Valtellina, e prevede l'utilizzo di fonti esistenti, fatta eccezione per una presa dal lago di Como (869 l/s) , sita nel comune di Como, ed un'altra in fase di realizzazione nel comune di Valmadrera (500 l/s).

3.2.2.2 Usi industriali

La domanda di risorsa per uso industriale all'orizzonte temporale del 2016 è stimata in 1.264 l/s, corrispondente al 79% degli attuali consumi.

Tab. 3.18 - Fabbisogno industriale

Ambiti	Fabbisogno (l/s)	di cui soddisfatto tramite servizio acquedottistico (l/s)
Grosio	119	50
Sondrio	235	65
Mera	90	23
Lario	773	198
Mallero	47	28
Totale	1.264	364

La prevista riduzione della domanda di risorsa ad uso industriale si basa sui seguenti assunti:

- modificazioni socio-economiche caratterizzate da uno spostamento degli addetti del settore produttivo al terziario (prevalentemente settore turistico);
- processi di ottimizzazione e risparmio nell'uso della risorsa, in particolare nel settore tessile, attività produttiva altamente idroesigente che interessa prevalentemente i comuni siti nella parte sud-occidentale dell'Adda Lario.

Per quanto concerne le fonti di approvvigionamento previste per soddisfare la domanda di risorsa per uso industriale, si valuta che il 29% del fabbisogno possa essere soddisfatto dalle reti di acquedotto e la quota rimanente con forme di approvvigionamento autonome.

3.2.2.3 Usi irrigui

Il fenomeno dell'abbandono delle attività agricole risulta più intenso per la Provincia di Como, mentre per la Provincia di Sondrio si rilevano condizioni di sostanziale stabilità dell'utilizzo agricolo del territorio.

Le analisi dei trend riferiti al 1971 e al 1991 rivelano una cospicua contrazione della SAU pari mediamente a circa il 20%, che passa dagli attuali 1.610 km² a circa 1.295 km². Il trend risulta particolarmente negativo per la provincia di Como, in cui si evidenzia un decremento della SAU pari a circa il 50%, passando da 648 a 329 km².

Trend negativo medio di circa il 18%, calcolato con riferimento alle rilevazioni 1981 e 1991, viene evidenziato anche per le superfici irrigate, che passano da 1.674 ha a 1.371 ha. Il decremento maggiore anche sotto questo profilo corrisponde alla provincia di Como ed è pari al 37%, mentre per la provincia di Sondrio è pari a circa il 13,5%.

Pressoché irrilevante risulta infine il peso delle attività agricole che insistono sull'Adda Lario.

Le considerazioni sopra esposte, unitamente alle modeste entità dei prelievi in atto, consentono di ipotizzare per la domanda di medio e lungo periodo ad uso irriguo una sostanziale conferma degli attuali fabbisogni.

3.3 Uso idroelettrico

3.3.1 Invasi artificiali esistenti

Un articolato e ricco sistema di invasi artificiali per la produzione di energia idroelettrica rappresenta una delle peculiarità più evidenti del territorio della Valtellina, risultato di una lunga e consolidata opera di sfruttamento della risorsa idrica avviatasi all'inizio del secolo e ancor oggi di forte rilevanza locale e nazionale.

Nel bacino dell'Adda a monte di Tirano sono situati, alle quote più elevate, i serbatoi di massima capacità costituiti dai laghi di Cancano e S. Giacomo. Tra Grosio e Tirano sono localizzati i serbatoi di Fusino, Vasche, Nedrin, Sernio.

A valle di Tirano, fino alla confluenza al lago, spiccano sulla porzione di bacino in destra idrografica, i due grossi invasi di Campo Moro e Alpe Gera, localizzati nel bacino del Mallero, dove sono situati anche i serbatoi di minore capacità di Pirola e Palù. Nella porzione di bacino in sinistra idrografica sono concentrati numerosi invasi nell'ambito dei bacini del torrente Belviso e del torrente Venina:

Frera, Ganda, Venina, Scais, Di Mezzo, Forni. Scendendo a valle, ancora in sinistra idrografica, nel bacino del torrente Tartano è localizzato il serbatoio di Colombera; il bacino del torrente Bitto ospita i laghi Inferno, Trona e Pescegallo.

Nel bacino del torrente Mera, procedendo da monte a valle, si incontrano, tra gli altri, gli invasi di Valle di Lei, Montespluga, Suretta, Madesimo, Forato, Truzzo.

La quantità e la consistenza della portata degli invasi è tale da determinare, oltre che una particolare caratterizzazione del sistema idrografico dell'area, alcune relazioni degli stessi con il regime idrologico naturale delle aste fluviali e torrentizie e con fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico.

3.3.2 Derivazioni idroelettriche

In Valtellina insistono complessivamente 530 derivazioni ad uso idroelettrico, di cui 329, pari al 62% del totale, sono classificabili come piccole derivazioni (potenza nominale media inferiore a 3.000 Kw) e 201 come grandi derivazioni (potenza nominale media superiore a 3.000 Kw).

Per quanto concerne le piccole derivazioni idroelettriche si rileva che nell'Adda Lario ricade il maggior numero di opere di presa, pari al 76% del totale. Circa il 30% di tali derivazioni attiene a concessioni scadute e non rinnovate, condizione che pur non corrispondendo necessariamente ad un uso non più in atto, tuttavia denota il sopravvento di una certa "marginalità" dell'uso. Si rileva inoltre che un numero notevole di derivazioni hanno come concessionari aziende alle quali fanno riferimento attività produttive industriali. Pertanto il gran numero di derivazioni idroelettriche che ricadono nel Lario si può ricondurre alle condizioni di sviluppo industriale di quest'ambito. Negli altri ambiti il numero di opere di presa è decisamente più modesto e sempre inferiore al numero di prese per grandi derivazioni.

La Tab. 3.19 riporta il numero delle opere di presa e le portate derivate relative alle grandi derivazioni per utilizzo idroelettrico nei diversi ambiti in esame. L'ambito Lario non è stato considerato in questa sede in quanto non risulta essere interessato dalla presenza di grandi derivazioni.

Il massimo sfruttamento della risorsa si concentra per il 44% nel bacino dell'Adda a valle di Tirano, mentre per quanto concerne le grandi derivazioni il maggior numero di opere di presa ricade nell'Adda Sondrio, con 81 derivazioni (40% delle grandi derivazioni che insistono sulla Valtellina).

Tab. 3.19 - Usi in atto per grandi derivazioni idroelettriche

Ambito	Consumi attuali	
	Q derivate (m ³ /s)	Opere di presa n°
Adda Grosio	79,5	54
Adda Sondrio	112,2	81
Mallero	23,3	18
Mera	41,8	48
Totale	256,8	201

3.3.3 Schemi idroelettrici

3.3.3.1 Ambito Adda Grosio

Tab. 3.20 - Caratteristiche delle grandi derivazioni nell'ambito Adda Grosio

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Stazzona	A.E.M.	18.107	19.864	39.000	1	Sernio	Sernio	Adda
Poschiavino	E.N.E.L.	4.042	4.513		1	Tirano	Piatta Mala	Poschiavino
Lovero	A.E.M.	20.254	19.117	55.000	1	Grosotto	Centrale	Adda
Grosotto (Ponzio)	A.E.M.	5.407	1.684	12.000	2	Grosotto	Grosotto	Roasco
					1	Sondalo	Le Prese	Adda
Grosio	A.E.M.	114.422	19.748	60.900	2	Sondalo	Le Prese	Rezzalasco
					3	Grosio	Fusino Vecchio	Roasco D'Eita
					1	Valdidentro	Premadio	Adda
Premadio (Spoel)	A.E.M.	18.900	2.854		2	Valdidentro	Premadio	Viola
					3	Valfurva	Uzza	Frodolfo
					4	Valdisotto	Piazza di Dentro	Vallecetta
					5	Valdisotto	Fontane	Massaniga
					6	Valdisotto	Valvendrello	Vendrello
					7	Sondalo	Presantolo	Migiondo
					8	Grosio	Valpalanca	Roasco Sacco
					9	Grosio	Fusino	Serbatoio Fusino
					10	Grosio	Fusino	Roasco D'Eita
					11	Grosio	Fusino Vecchio	Serb.Fusino vecchio
					Premadio (Spoel)	A.E.M.	18.900	2.854
2	Livigno	Alpe Vago	Vago					
3	Livigno	Stebline	Rin del Monte					

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Premadio	A.E.M.	41.167	6.490		4	Livigno	Valle Tresenda	Tresenda
					5	Livigno	Pian dei Morti	Federia
					6	Livigno	Valle Fine	Rin dal Fin
					7	Livigno	S.Anna	Vallaccia
					8	Livigno	Pila	Val Pila
					9	Valdidentro	Cancano	Serbatoio Cancano
					1	Bormio	Ponte Vitelli	Vitelli
					2	Bormio	Sponda Lunga	Braulio
					3	Valdidentro	Le Fornelle	Forcola
Isolaccia	A.E.M.	11.680	2.320	6.000	4	Valdidentro	Cancano	Serbatoio Cancano
					1	Valdidentro	Baite val Verva	Val Verva
					2	Valdidentro	Crapena	Viola
					3	Valdidentro	Campo	Rio Cadoc
					4	Valdidentro	Permoglia	Rio Prato
					5	Valdidentro	Valle Foscagno	Foscagno
					6	Valdidentro	Val Freita	Rio Freita
					7	Valdidentro	Valle Cadagnola	Rio Cadagnola
					8	Valdidentro	Val Barbula	Rio Barbula
					9	Valdidentro	Valle Plator	Rio Plator
					10	Valdidentro	Valle Sianno	Sianno
11	Valdidentro	Cancano	Serbatoio Cancano					
Braulio	A.E.M.	4.560	2.871	16.000	1	Valfurva	Alpe	Alpe
					2	Valfurva	Alpe	Rio della Sorgente
					3	Valfurva	Alpe	Gavia
					4	Valfurva	Baite Pastore	Rii Bolon
					5	Valfurva	Valle Cerena	Cerena
					6	Valfurva	Ghiacciaio Forni	Frodolfo
					7	Valfurva	Manzina	Manzina
					8	Valfurva	La Ghenda	Pisella
					9	Valfurva	Val Zebrù	Rio Marmotta
					10	Valfurva	Val Zebrù	Zebrù
					11	Valfurva	Baita Pastore	Rio Marè
					12	Valfurva	Val di Campo	Rio Campo

3.3.3.2 Ambito Adda Sondrio

Tab. 3.21 - Caratteristiche delle grandi derivazioni nell'ambito Adda Sondrio

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Belviso	SONDEL	14.804	2.800	15.000	1	Aprica	Liscedo	Aprica
					2	Teglio	Ganda	Belviso
					3	Teglio	Ganda	Scarico Cent.Ganda
					4	Teglio	Seriolo	Caronella
					5	Teglio	Luscio	Bondone
Ganda	SONDEL	11.989	2.245	13.000	1	Aprica	Magnola-Nembra	Magnola
					2	Aprica	Magnola-Nembra	Affl. Dx Belviso
					3	Aprica	Magnola-Nembra	Carognera
					4	Aprica	Magnola-Nembra	Affl. Dx Belviso
					5	Aprica	Magnola-Nembra	Nembra
					6	Teglio	V. Latte-Soffia	Soffia
					7	Teglio	Frera	Serbatoio Frera
					8	Teglio	Frotto-V. Aperta	Frotto
					9	Teglio	Frotto-V. Aperta	Valle Lavazza
					10	Teglio	Frotto-V. Aperta	Aperta
					11	Teglio	Pra' della Valle	Caronella
					12	Teglio	Bondone	Bondone
Armisa	SONDEL	3.031	150	800	1	Castello	Malgina	Malgina
			810	3600	2	Ponte in Valtell.	Forno	Armisa
			3	Ponte in Valtell.	Vallaccia	Vallaccia		
			4	Ponte in Valtell.	Coai	Reguzzo		
			5	Ponte in Valtell.	S. Stefano	Serb. S. Stefano		
			6	Ponte in Valtell.	Lago di Mezzo	Lago di Mezzo		
			7	Ponte in Valtell.	Vallaccia	Vallaccia		
Boffetto	ENEL	8.960	20.538	33.000	1	Castello	Ponte Baghetto	Adda
Venina	SONDEL	23.231	3.290	15.000	1	Piateda	Vedello	Venina e Caronno
					2	Piateda	Vedello	Venina
					3	Piateda	Vedello	Pessa
					4	Piateda	Gaggio	Remolino
					5	Ponte in Valtell.	Ca' Pizzini	Scarico Cent.Armisa
					6	Ponte in Valtell.	Ca' Pizzini	Armisa
					7	Ponte in Valtell.	Pompe S. Matteo	Armisa
					8	Ponte in Valtell.	Tripolo-Armisa	S. Stefano-Tripolo
					9	Ponte in Valtell.	Briotti-Gaggio	Palù
					10	Ponte in Valtell.	Briotti-Gaggio	Seriolo
					11	Piateda	Briotti-Gaggio	Paiosa
					12	Piateda	Briotti-Gaggio	Serio
Vedello	SONDEL	7.945	360	9000				
			1500					

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Talamona	ENEL	5.866	1.200	2.000	1	Piateda	Zappello	Zappello (Cent.e Torr.)
					2	Piateda	Scais	Affi. Dx Caronno
					3	Piateda	Scais	Affi. Dx Caronno
					4	Piateda	Scais	Affi. Dx Caronno
					5	Piateda	Scais	Affi. Dx Caronno
					6	Piateda	Scais	Affi. Dx Caronno
					7	Piateda	Diga	Serbatoio Scais
					8	Piateda	Scais	Vallone-Bicard.-Motta
					9	Piateda	Vedello	Venina
Ardenno	ENEL	28.451	4.163	9.550	1	Tartano	Diga	Serbatoio di Campo
					2	Tartano	Ponte Frasnino	Tartano
Masino	ENEL	7.130	1.700	2.100	1	Val Masino	Valle dei Bagni	Masino
					2	Val Masino	Valle Mello	Mello
					3	Val Masino	Sasso Bisolo	Sasso Bisolo
Monastero	ENEL	43.755	69.800	123.000	1	Ardenno	Ruschedo	Masino
Regoledo	ENEL	8.111	1.727	9.002	1	Ardenno	Sbarr. Ardenno	Adda
					2	Ardenno	Sbarr. Ardenno	Canale Selvetta
					3	Ardenno	Ponte FF.SS.	Masino
					4	Ardenno	Centrale	Scarico Centr. Ardenno
Pedesina	ENEL	5.506	1.445	3.450	1	Pedesina	Centrale	Scarico Cent.Pedesina
					2	Pedesina	Panigai	Serbatoio Panigai
					3	Rasura	Rio Val Mala	Rio Val Mala
					4	Rasura	Cosio Valtellino	Rio Fiume
					5	Cosio Valtellino	Rio Mellarolo	Rio Mellarolo
Gerola	ENEL	3.481	506	2.480	1	Pedesina	Val Pai	Val Pai
					2	Gerola Alta	Val Vedrano	Val Vedrano
					3	Gerola Alta	Centrale	Scar.Centr. Gerola
					4	Gerola Alta	Valle della Pietra	Valle della Pietra
					5	Gerola Alta	Centrale Gerola	Valle di Pescegallo
					6	Bema	Presa Basso B.	Valle di Bomino
					7	Bema	Valburga	Valburga
					8	Albaredo	Valle Piazza	Valle Piazza
					9	Albaredo	Valle Pedena	Valle Pedena
					10	Albaredo Bema	Presa Vesenda	Bitto di Albaredo
Gerola	ENEL	3.481	506	2.480	1	Gerola Alta	Presa Alto B.	Valle Bomino
					2	Gerola Alta	Diga	Lago Pescegallo
					3	Gerola Alta	Valle Tronella	Valle Tronella
					4	Gerola Alta	Diga	Lago Trona
					5	Gerola Alta	Valle Inferno	Valle Inferno
					6	Gerola Alta	Presa Casere	Valle della Pietra
					7	Introbio	Troggia	Troggia
					8	Introbio	Varrone	Varrone
					9	Introbio	Rio Valletto	Rio Valletto
					10	Introbio	Rio Mellasc	Rio Mellasc

3.3.3.3 Ambito Mallero

Tab. 3.22 - Caratteristiche delle grandi derivazioni nell'ambito Mallero

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Sondrio	ENEL	61.076	9.419	26.500	1	Lanzada	Bacino Lanzada	Scarico Cent.Lanzada
					2	Montagna	Presa Basso A.	Antognasco
Gombaro	Filatura di Sondrio	3.340	5.300		1	Sondrio	Gombaro	Mallero/Cent.Basso M.
Mallero Inferiore	ENEL	4.950	1.020	3.000	1	Lanzada	Centr. Lanzada	Lanterna
					2	Chiesa Valmalenco	Stazione Pompe	Mallero
					3	Caspoggio	Rio Caspoggio	Rio Caspoggio
					4	Torre S. Maria	Valle Dagua	Valle Dagua
					5	Spriana	Antognasco	Antognasco
					6	Chiesa Valmalenco	Lago Palù	Lago Palù
					7	Chiesa Valmalenco	Diga	Lago Pirola
					8	Chiesa Valmalenco	Curlo	Mallero
Lanzada	ENEL	41.668	4.328	23.550	1	Lanzada	Diga	Serb. Campo Moro
					2	Lanzada	Alpe Campagneda	Rio campagneda
					3	Lanzada	Valle campo M.	Rio Prabello
					4	Montagna	Alpe Painale	Antognasco
Campo Moro	ENEL	4.344	3.197	29.150	1	Lanzada	Alpe Gera	Serb. Alpe Gera
					2	Lanzada	Valle Scerscen	Scerscen
					3	Lanzada	Centrale	Scerscen

3.3.3.4 Ambito Mera

Tab. 3.23 - Caratteristiche delle grandi derivazioni nell'ambito Mera

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
Isolato Spluga	ENEL	6.083	700	7.740	1	Madesimo	Suretta	Lago Nero di Suretta
					2	Madesimo	Alpe Mede	Rio Ferré
					3	Madesimo	Stuetta	Valletta
					4	Madesimo	Stuetta	Serbatoio Spluga
Isolato Madesimo	ENEL	3.754	1.400	7.000	1	Madesimo	Lago Emet	Lago Emet
					2	Madesimo	Madesimo	Serbatoio Madesimo
					3	Madesimo	Acque Bianche	Acque Bianche
					4	Madesimo	Acque Rosse	Acque Rosse 1
					5	Madesimo	Acque Rosse	Acque Rosse 2
Prestone	ENEL	10.730	5.181	14.300				

Impianto	Gestione	Kw	l/s med	l/s max	Opere di presa			
					N°	Comune	Località	Corpo idrico
			400	1.000				
					1	Campodolcino	Starleggia	Starleggia 1
					2	Campodolcino	Starleggia	Starleggia2
					3	Madesimo	Isola	Zoccaccia
					4	Madesimo	Isola	Serbatoio Isolato
					5	Madesimo	Cascata	Scalcoggia
					6	Campodolcino	Fraciscio	Rabbiosa
					7	Campodolcino	Angeloga	Lago Nero D'Angeloga
					8	S. Giacomo e Filippo	Avero	Avero
					9	S. Giacomo e Filippo	Avero	Caurga
					10	Campodolcino	Prestone	Gualdera
					11	Campodolcino	Gualdera	Val Poeti-Gualdera
S. Bernardo	ENEL	5.100	500	4.000				
			400	1.020				
					1	Campodolcino	Sancia	Sancia
					2	Campodolcino	Alpe Servizio	Val Servizio
					3	S. Giacomo e Filippo	Lago Forato	Lago Forato
					4	S. Giacomo e Filippo	Truzzo	Lago Nero Truzzo
					5	S. Giacomo e Filippo	Truzzo	Lago Truzzo
					6	S. Giacomo e Filippo	Truzzo	Lago truzzo
					7	S. Giacomo e Filippo	S. Bernardo	Drogo
Chiavenna	ENEL	22.084	6.830	20.000				
Mese	ENEL	6.750	8.418	24.440	1	Villa Chiavenna	Diga	Serb. Villa di Chiavenna
					1	Campodolcino	Prestone	Serb. Prestone
					2	S. Giacomo e Filippo	Vho	Val Tarda
					3	S. Giacomo e Filippo	S. Bernardo	Scarico C.S. Bernardo
					4	S. Giacomo e Filippo	S. Bernardo	Drogo 2
					5	Gordona	Alpe Soè	Soè
					6	Gordona	Bodengo	Boggia
					7	Gordona	Alpe Garzelli	Garzelli
					8	Gordona	Val Pilotera	Pilotera
					9	Menarola	Crezza	Crezza
					10	Menarola	Rosseto	Rosseto
					11	Mese	Centrale Mese	Mese
Gordona	ENEL	5.369	15.647	45.400				
					1	Mese	Ponte Carri	Scar. Centr. Prata
					2	Mese	Centrale ENEL	Scar. Centr. Mese
					3	Gordona	Boggia	Boggia
Campo	SONDEL	15.702	2.288	6.800				
					1	Verceia	Diga	Serbatoio Moledana
					2	Verceia	Codogno	Codogno
					3	Verceia	Torrente Ratti	Ratti
					4	Novate Mezzola	Codera	Codera
					5	Novate Mezzola	Ladrogno	Ladrogno
					6	Novate Mezzola	Revelasco	Revelasco

4 Bilancio delle risorse idriche superficiali

4.1 Metodologia generale di costruzione del bilancio idrico

Nell'impostazione classica, la pianificazione delle risorse idriche è finalizzata ad assicurare che le risorse reperite vengano distribuite fra i diversi impieghi secondo criteri di equità e di efficienza economica, cioè in base a scelte di allocazione delle disponibilità - ottimizzate con le previsioni di sviluppo socioeconomico, settoriale e territoriale - e fondate su criteri di equità sociale.

Negli anni più recenti, tuttavia, tale impostazione ha subito una rapida evoluzione con l'assunzione esplicita, nelle politiche economiche e territoriali, delle implicazioni ambientali degli usi dell'acqua e la considerazione più attenta degli interessi delle future generazioni, che devono quindi essere introdotte nelle "funzioni obiettivo" della pianificazione, ad esempio considerando non tutte le risorse disponibili ma solo la quota effettivamente e opportunamente utilizzabile sulla base dei limiti posti dall'ambiente, in uno scenario di sviluppo sostenibile.

Questa nuova prospettiva ha portato, sul piano normativo, ad estendere i criteri vincolistici previsti dal T.U. del 1933 fino alla totale pubblicizzazione delle acque prevista dalla legge 36/94. Ha portato anche a stabilire, con la medesima legge, i criteri fondamentali ai quali deve ispirarsi per il futuro l'economia idrica. Questa non va più intesa nei termini solo di uso delle risorse razionale, cioè economicamente efficiente secondo parametri classici, ma anche di uso sostenibile, inteso nel senso del comma 2 dell'art. 1 della legge, che *"qualsiasi uso delle acque è effettuato salvaguardando le aspettative e i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale"*, e del comma 3 del medesimo articolo, che *"gli usi delle acque sono indirizzati al risparmio idrico e al rinnovo delle risorse per non pregiudicare il patrimonio idrico, la vivibilità dell'ambiente, l'agricoltura, la fauna e la flora acquatiche, i processi geomorfologici e gli equilibri idrologici"*

Tutto ciò ha reso rapidamente obsoleti i tradizionali modelli di gestione delle risorse idriche fondati per lo più su procedimenti di ottimizzazione dell'uso delle stesse, nei quali l'obiettivo è quello della massimizzazione della produzione di beni e servizi ed i vincoli esplicitamente considerati sono solo quelli imposti dai quantitativi d'acqua allocabili e dai bisogni essenziali delle popolazioni.

Si pone quindi il problema di costruire modelli più complessi di gestione nei quali compaiano esplicitamente anche i vincoli imposti dalla qualità delle acque e gli obiettivi di salvaguardia e risanamento ambientale.

Il problema assume una rilevanza particolare in relazione alle disposizioni dell'art. 3 della stessa legge 36/84, che individuano nel bilancio idrico alla scala di bacino idrografico lo strumento finalizzato ad assicurare il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità degli usi e, quindi, l'elemento principale su cui fondare i modelli di gestione delle risorse.

Tali disposizioni assegnano quindi al bilancio idrico non solo valenza di mezzo informativo statistico ma anche quella di strumento cardine della gestione delle acque, in quanto deve stabilire quante e quali risorse, superficiali e sotterranee, sono destinabili ai diversi impieghi in un quadro previsivo di compatibilità ambientale e di sviluppo economico-sociale riferito all'intero bacino idrografico.

Il bilancio va quindi inteso come strumento di confronto fra disponibilità e impieghi delle risorse idriche in un certo ambito territoriale di riferimento ed in un certo periodo di riferimento; esso va finalizzato a verificare le situazioni di criticità che si hanno nell'area, dati certi criteri di valutazione della qualità ambientale specifici dell'area medesima. Nel bilancio vengono in tal modo integrati non solo gli aspetti quantitativi ma anche quelli qualitativi delle risorse o, meglio, vengono identificate le condizioni quali-quantitative delle acque necessarie per sostenere determinati livelli di qualità ambientale.

In relazione ai criteri generali sopra indicati, le componenti fondamentali che definiscono il bilancio sono le seguenti:

- l'articolazione territoriale su cui è applicato il bilancio;
- la quantificazione della disponibilità naturale della risorsa, sulla base delle caratteristiche climatiche e idrologiche;
- la caratterizzazione degli usi in atto in relazione alla tipologia, alla localizzazione, alla quantità e alla modalità di prelievo e di restituzione.

L'*articolazione territoriale* del bilancio per il bacino idrografico dei Po ha una valenza ben superiore a quella della mera disaggregazione tecnico-descrittiva dei dati. Essa va in primo luogo correlata con la finalità del bilancio, che, come si è visto, è quella di strumento cardine della gestione delle risorse idriche nell'ambito della pianificazione di bacino. Va poi correlata alla valenza normativa che viene assegnata al bilancio, cioè al suo utilizzo come strumento decisionale e di regolamentazione.

Una scelta appare comunque scontata: poiché il bilancio è un "conto delle risorse disponibili e degli impieghi" l'articolazione più conveniente è per sub-bacini idrografici, che sono i luoghi in cui si forma la disponibilità delle risorse e si esplicano i complessi meccanismi della modificazione delle loro caratteristiche quali-quantitative. Le valutazioni al riguardo sono certamente così semplificate, dal momento che sia la quantità sia la qualità, naturale o modificata dall'inquinamento, sono più facilmente valutabili e controllabili con riferimento ai limiti dei reticoli idrografici superficiali. E' tra l'altro quello idrografico il punto di vista obbligato per il Piano di bacino, in quanto competente, in base alla legge 36/94, ad adottare le misure cautelative in bacini caratterizzati da eccessivi prelievi.

In relazione alla valenza della pianificazione di bacino, particolare rilievo hanno il sottobacino dell'asta Po e i (maggiori) bacini interregionali nonché i bacini dei grandi laghi.

Il punto di partenza per la costruzione dei bilanci è la quantificazione della *disponibilità della risorsa idrica*, intesa come disponibilità attuale di acqua in termini di parametri fisici, quantitativi e qualitativi. Tale quantificazione si basa sulle valutazioni idrologiche, che consentono di stimare i flussi in determinate sezioni del reticolo idrografico superficiale, l'entità dell'infiltrazione negli acquiferi sotterranei e i flussi relativi attraverso le sezioni di confine.

Come noto la stima delle grandezze idrologiche è resa difficile non solo dalla relativa esiguità delle informazioni ma anche dalla circostanza che le misure necessarie per determinarli sono influenzate dagli usi in atto delle risorse stesse (derivazioni e emungimenti) e del suolo. Va pertanto scontato un margine di errore che deve essere progressivamente migliorato in funzione dell'affinamento delle conoscenze derivante dalla realizzazione di una funzione di monitoraggio idrologico specificamente finalizzata alle esigenze conoscitive del bilancio.

Particolarmente importante è comunque la stima dell'influenza delle derivazioni sui deflussi naturali e, quindi, il censimento delle concessioni e la valutazione dei quantitativi effettivamente derivati dai fiumi o estratti dal sottosuolo. Come noto il catasto disponibile può fornire solo elementi qualitativi al riguardo. E' essenziale pertanto che il catasto venga per il futuro adeguato e aggiornato per tali specifiche esigenze. La disponibilità di un catasto costantemente aggiornato è, insieme con il monitoraggio delle risorse e degli impieghi, il presupposto indispensabile per la stima dei valori "naturali" dei bilanci idrologici, sui quali va basata la costruzione dei bilanci.

Nel merito della *caratterizzazione degli usi in atto* una prima importante distinzione è quella fra impieghi interni ed esterni all'area. Gli impieghi esterni sono i trasferimenti artificiali di risorse (esportazioni), che vanno ad incrementare i quantitativi disponibili e presenti in altre aree.

Gli impieghi interni possono poi essere classificati a seconda degli effetti che essi hanno sulle risorse; in particolare gli impieghi possono avere o non uno o più degli effetti seguenti:

- possono provocare una sottrazione netta di risorse dal ciclo idrologico, come nel caso di utilizzo potabile; i quantitativi derivati si distinguono infatti in una quota effettivamente consumata e in una quota che viene restituita come scarico, in corsi d'acqua superficiali o nel sottosuolo, ovviamente con una qualità diversa;
- possono provocare una dislocazione spaziale della risorsa, all'interno dell'area, come nel caso di derivazioni per produzione di energia con sistemi ad acqua fluente;
- possono provocare un differimento temporale dei flussi, sempre all'interno dell'area, come nel caso di accumuli o di regolazione di laghi;
- possono provocare una variazione della qualità, principalmente dovuta all'inquinamento conseguente all'uso.

Nello schema di bilancio è quindi necessario registrare i consumi lordi, che risultano dalla somma dei consumi netti e degli scarichi restituiti all'interno dell'area in alvei superficiali o nel sottosuolo. Vanno inoltre registrati gli accumuli netti, distinguendo fra quota accumulata in serbatoi artificiali e in serbatoi naturali (ivi comprese le falde).

Va infine registrata la quota destinata a trasferimenti all'esterno dell'area, cioè la quota di esportazioni di risorsa dovuta a sistemi artificiali.

La differenza fra il totale degli impieghi per consumi lordi, accumuli netti, esportazioni e il valore delle risorse lorde presenti dà il valore dei deflussi superficiali netti, che possono essere a loro volta distinti in deflussi negli alvei naturali e negli alvei artificiali; essi sono calcolati al netto dei quantitativi restituiti dagli scarichi, che sono comunque registrati come componente dei consumi lordi.

Un aspetto particolarmente complesso è quello degli interscambi d'acqua fra alvei e sottosuolo. Nello schema proposto di bilancio delle acque superficiali essi sono considerati nel conto delle risorse come quota dei flussi entranti e uscenti e, quindi come risorse disponibili e presenti; nel conto degli impieghi

vanno registrati nella voce accumuli netti in serbatoi naturali per la quota infiltrata, cosicché la quota eventualmente drenata dagli alvei viene automaticamente computata nei deflussi. Nello schema delle acque sotterranee vanno registrati sempre fra i flussi, nel conto delle risorse, e fra i deflussi superficiali nel conto degli impieghi.

Si sottolinea come lo schema illustrato abbia una forte analogia di metodo con la formazione dei bilanci contabili di un'impresa: la differenza fra risorse disponibili e impieghi dà una misura quantitativa del "patrimonio netto ambientale di risorse idriche" nell'area di riferimento. Associando appropriati indici di qualità è possibile specificare anche il "valore ambientale" di tale patrimonio.

A maggior specificazione del bilancio è necessario redigere anche il conto della distribuzione delle risorse disponibili e presenti fra i diversi impieghi, in particolare specificando come si distribuiscono i consumi fra i diversi usi interni: potabile, industriale, irrigazione, ecc. Si hanno così i bilanci di settore, che possono riferirsi o alle acque superficiali o alle acque sotterranee o ad entrambe ("bilanci di settore").

Senza entrare nel merito del problema molto complesso di classificazione qualitativa delle risorse si sottolinea che l'approfondimento delle metodologie dovrebbe verificare la possibilità di sintetizzare in un unico indice tutti gli aspetti rilevanti per il bilancio, che sono relativi alla compatibilità sia con i consumi sia con gli obiettivi di qualità ambientale. Ad oggi, infatti, i vari metodi di classificazione non sono sufficientemente generalizzati da consentire tale sintesi. È cioè necessaria una classificazione multipla che rende impossibile una considerazione sintetica sufficientemente significativa degli aspetti qualitativi nello schema di bilancio illustrato precedentemente.

Le difficoltà possono comunque essere superate redigendo conti secondari in cui sia le risorse disponibili e presenti sia gli impieghi interni vengono disaggregate in classi di qualità con diversi criteri di classificazione. Questi conti hanno il vantaggio di fornire un quadro simultaneo degli aspetti qualitativi e quantitativi nell'area e di semplificare i bilanci di settore, riferiti cioè ai diversi impieghi dell'acqua.

4.2 Metodologia di costruzione del bilancio idrico per la Valtellina

L'impostazione generale richiamata al punto precedente, valida per l'intero bacino idrografico del Po, trova applicazione nel sottobacino dell'Adda sopralacuale con una serie di semplificazioni che derivano sia dalle particolari

condizioni idrologiche dell'area che tal particolare modello di utilizzo della risorsa idrica.

Dal punto di vista idrologico si tratta di un sottobacino montano prevalentemente impermeabile in cui il ruolo delle acque sotterranee è del tutto marginale rispetto ai volumi idrici naturali presenti e disponibili. La risorsa idrica sotterranea riveste naturalmente una funzione di particolare importanza nell'area in quanto costituisce la fonte principale di approvvigionamento potabile e per gli usi che richiedono livelli qualitativi particolarmente elevati, come dimostrano le indagini conoscitive illustrate in precedenza, ma non entra in modo significativo nella determinazione dei volumi idrici in gioco. Il bilancio idrico può pertanto essere redatto unicamente tenendo in conto i deflussi idrici superficiali.

L'utilizzo idroelettrico in Valtellina costituisce il 98,76% delle risorse idriche complessivamente utilizzate. La preponderanza dei volumi utilizzati per la produzione di energia e i trasferimenti di risorsa operati dagli schemi idroelettrici tra sottobacini idrografici consente pertanto di concentrare l'analisi del bilancio delle risorse idriche superficiali al solo settore in parola.

La costruzione del bilancio è pertanto riferita ai seguenti due punti:

- la quantificazione della disponibilità naturale della risorsa superficiale;
- la caratterizzazione degli usi idroelettrici in relazione alla localizzazione di prelievo e di restituzione e alla quantità.

Naturalmente il trasferimento in elementi quantitativi degli elementi sopra indicati richiede una serie di assunzioni e semplificazioni che dipendono sia dal livello di dettaglio proprio del livello di pianificazione in argomento sia dagli elementi conoscitivi disponibili.

La procedura di costruzione del bilancio ha visto di conseguenza i seguenti passi fondamentali.

1. Assunzione del reticolo idrografico di riferimento

Il bilancio della risorsa idrica superficiale è stato redatto con riferimento al reticolo idrografico principale, rappresentato con 124 sezioni caratteristiche delle aste fluviali (sezioni di controllo).

Il reticolo è stato individuato in funzione della dimensione dei corsi d'acqua, degli schemi idroelettrici presenti e delle portate derivate e rilasciate ai singoli nodi del sistema.

Tab. 4.1 - Elenco delle sezioni di controllo

Sottobacino	Codice sezioni di controllo	Superficie bacino sotteso (km ²)
Adda Grosio	ADG1	289.6
Adda Grosio	ADG2	415
Adda Grosio	ADG3	544.3
Adda Grosio	ADG4	662
Adda Grosio	ADG5	780.5
Adda Grosio	ADG6	894.9
Adda Grosio	ADG7	996.9
Adda Grosio	ADG8	1134.4
Adda Grosio	ADG9	1236.2
Adda Sondrio	ADS10	1345.7
Adda Sondrio	ADS11	1465.8
Adda Sondrio	ADS12	1585.9
Adda Sondrio	ADS13	1692.6
Adda Sondrio	ADS14	1804.5
Adda Sondrio	ADS15	1904.9
Adda Sondrio	ADS16	2014.4
Adda Sondrio	ADS17	2137.7
Adda Sondrio	ADS18	2266.3
Adda Sondrio	ADS19	2386.2
Adda Sondrio	ADS20	2563.7
Adda Sondrio	ADS9	1236.2
Bitto	BTT1	95.7
Bitto	BTT2	30.1
Bitto	BTT3	62.4
Bitto	BTT4	23.4
Bitto	BTT5	9.5
Bitto	BTT6	6.5
Bitto	BTT7	26.5
Bitto	BTT8	4.8
Bitto	BTT9	49.1
Belviso-Caronella_Bondone	BVS1	33.5
Belviso-Caronella_Bondone	BVS10	7.9
Belviso-Caronella_Bondone	BVS11	8.2
Belviso-Caronella_Bondone	BVS2	41
Belviso-Caronella_Bondone	BVS3	54.5
Belviso-Caronella_Bondone	BVS4	57
Belviso-Caronella_Bondone	BVS5	15
Belviso-Caronella_Bondone	BVS6	7.5
Belviso-Caronella_Bondone	BVS7	13.8
Belviso-Caronella_Bondone	BVS8	4
Belviso-Caronella_Bondone	BVS9	5.9
Codera-Ratti	CDR1	26.5
Codera-Ratti	CDR2	41.7
Codera-Ratti	CDR3	521
Codera-Ratti	CDR4	60.6
Codera-Ratti	CDR5	23
Codera-Ratti	CDR6	24.7
Codera-Ratti	CDR7	27.8
Liro	LRI1	93
Liro	LRI2	136.5
Liro	LRI3	225
Liro	LRI4	237
Malgina	MLG1	9
Malgina	MLG2	12
Malgina	MLG3	15.9
Mallero	MLL1	58.2
Mallero	MLL2	179.9
Mallero	MLL3	217.7
Mallero	MLL4	9.2
Mallero	MLL5	17
Mallero	MLL6	70.4
Mallero	MLL7	80.3
Mallero	MLL8	327

Sottobacino	Codice sezioni di controllo	Superficie bacino sotteso (km ²)
Mera	MRA1	190.3
Mera	MRA2	250
Mera	MRA3	267.5
Mera	MRA4	590.5
Masino	MSN1	34.7
Masino	MSN10	147
Masino	MSN2	47.6
Masino	MSN2_4	83.5
Masino	MSN3	16.8
Masino	MSN4	34.9
Masino	MSN5	89
Masino	MSN6	17.2
Masino	MSN7	25.3
Masino	MSN8	120.4
Masino	MSN9	143.5
Poschiavino	PSH1	250
Poschiavino	PSH2	253
Poschiavino	PSH3	256
Roasco	RSC1	45.5
Roasco	RSC2	42.6
Roasco	RSC3	64.2
Roasco	RSC3_4	134.7
Roasco	RSC4	70.5
Roasco	RSC5	146.5
Spöl	SPL1	21.2
Spöl	SPL2	32
Spöl	SPL3	48.9
Spöl	SPL4	43.4
Spöl	SPL5	15.3
Spöl	SPL6	29.7
Spöl	SPL7	25.5
Valviola	VD1	42
Valviola	VD2	64
Valviola	VD3	75
Valviola	VD4	80.7
Valviola	VD5 (A MONTE PRESA 47B)	137.5
Valviola	VD5 (A VALLE PRESA 47B)	137.5
Valfurva	VF1	51.3
Valfurva	VF2	84.4
Valfurva	VF3	148.6
Valfurva	VF3_5	195.1
Valfurva	VF4	18.3
Valfurva	VF5	46.5
Valfurva	VF6	221.2
Venina-Torchione-Livrio	VNN1	64.78
Venina-Torchione-Livrio	VNN10	24.63
Venina-Torchione-Livrio	VNN10_11	52.16
Venina-Torchione-Livrio	VNN11	27.53
Venina-Torchione-Livrio	VNN12	7.87
Venina-Torchione-Livrio	VNN13	7.12
Venina-Torchione-Livrio	VNN14	7.25
Venina-Torchione-Livrio	VNN15	2.7
Venina-Torchione-Livrio	VNN16	1.88
Venina-Torchione-Livrio	VNN17	17.7
Venina-Torchione-Livrio	VNN18	14.9
Venina-Torchione-Livrio	VNN19	23.58
Venina-Torchione-Livrio	VNN3	36.46
Venina-Torchione-Livrio	VNN4	33.21
Venina-Torchione-Livrio	VNN5	17.41
Venina-Torchione-Livrio	VNN6	9.78
Venina-Torchione-Livrio	VNN9	63.64

2. Quantificazione della disponibilità naturale della risorsa idrica superficiale

La distribuzione nell'anno della risorsa idrica disponibile è stata caratterizzata attraverso la curva di durata della portata per le sezioni di controllo individuate, di cui al punto precedente.

In funzione di tali curve il bilancio viene pertanto impostato sulla base dei valori medi annui di lungo periodo.

3. Caratterizzazione degli usi idroelettrici

L'allegata tavola 1 illustra gli schemi idroelettrici principali (grandi derivazioni), le relative opere di presa e restituzione, in relazione all'ubicazione delle sezioni di controllo sul reticolo idrografico adottate per le valutazioni di bilancio idrico.

In mancanza di dati di misura sui valori effettivi derivati, le portate derivate sono state assunte pari alla portata media di concessione; inoltre nei casi di più punti di presa nell'ambito della singola concessione, sempre a causa della non disponibilità dei dati sulle portate derivate da ciascuna opera di presa, è stato necessario associare a ciascuna presa una portata media derivata valutata in proporzione al sottobacino sotteso di pertinenza, tenendo ovviamente conto dei trasferimenti di risorsa tra schemi idroelettrici diversi.

4.3 Quantificazione della disponibilità idrica naturale

La potenzialità idrica dell'Adda e dei suoi affluenti valtelinesi è stata individuata tramite un'apposita analisi idrologica. A tal fine sono state identificati i valori dei contributi unitari di competenza dei diversi sottobacini e le curve di durata delle portate rappresentative del regime dei deflussi dell'Adda e dei bacini in sinistra e in destra.

Il presente capitolo riporta i risultati delle analisi idrologiche condotte sulla Valtellina e utilizzati per la stima della portata naturale media annua nelle sezioni di controllo di cui al precedente paragrafo.

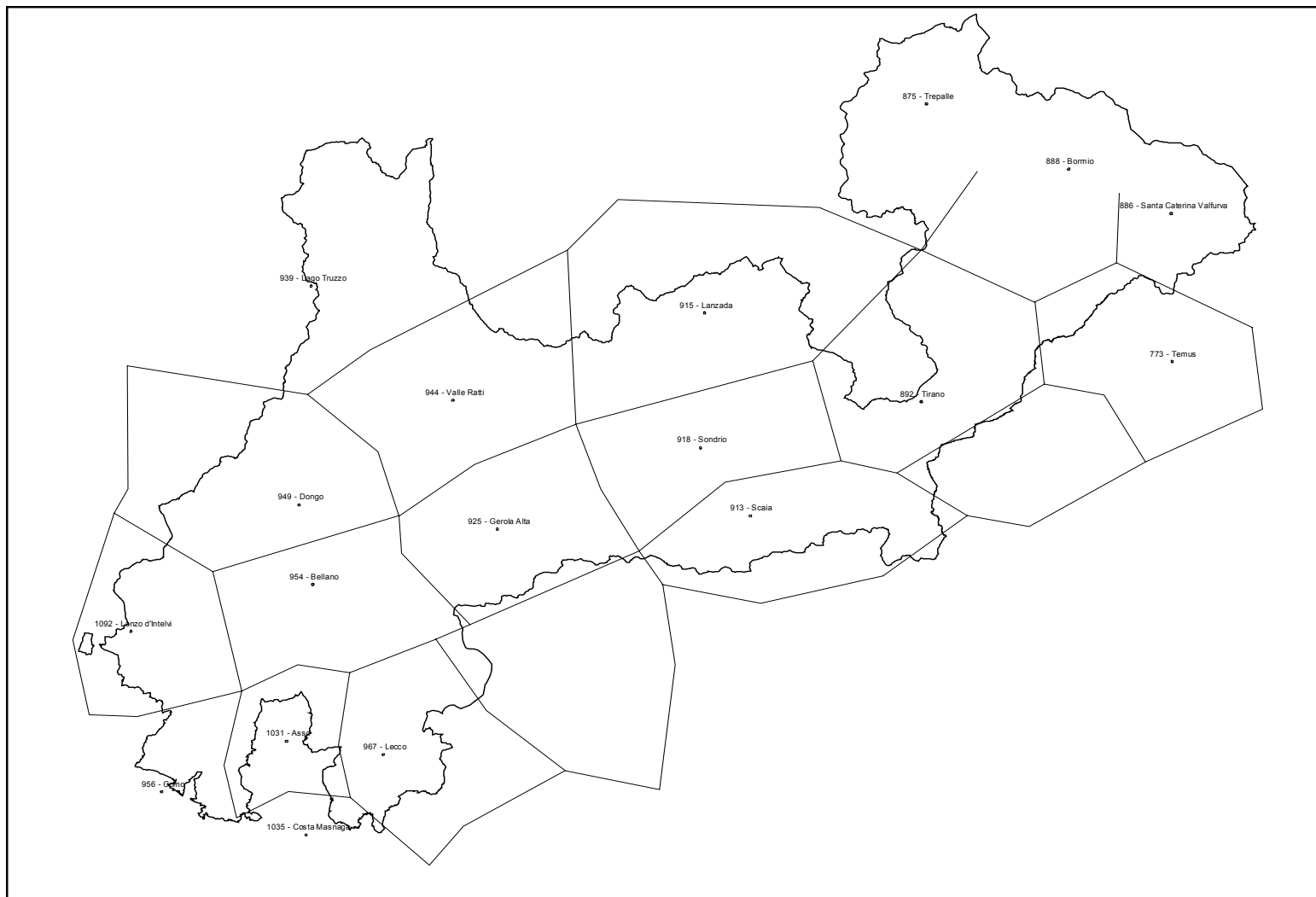
4.3.1 Pluviometria

Per la definizione dei caratteri di piovosità sono state prese in considerazione tutte le stazioni pluviometriche ricadenti nell'area di interesse e le stazioni di Lago Truzzo, Lanzo d'Intelvi, Costa Masnaga, Trepalle e Temù i cui poligoni di influenza comunque interessano il territorio in esame.

Le stazioni considerate, con i relativi poligoni di influenza sono riportate nella Fig. 4.1. Nella Tab. 4.2 sono riportati i valori medi mensili ed annuali delle stesse stazioni e nella Fig. 4.2 i medesimi valori interpolati.

Dall'esame della tabella e della carta si può notare una netta differenza tra la parte sud-occidentale dell'area e la parte nord-orientale. I valori di piovosità annua maggiore infatti si situano nella parte sud-ovest, con un massimo di 1781.7 mm alla stazione di Asso, mentre i valori inferiori si trovano nella parte nord-est, con un minimo di 638.6 mm alla stazione di Trepalle.

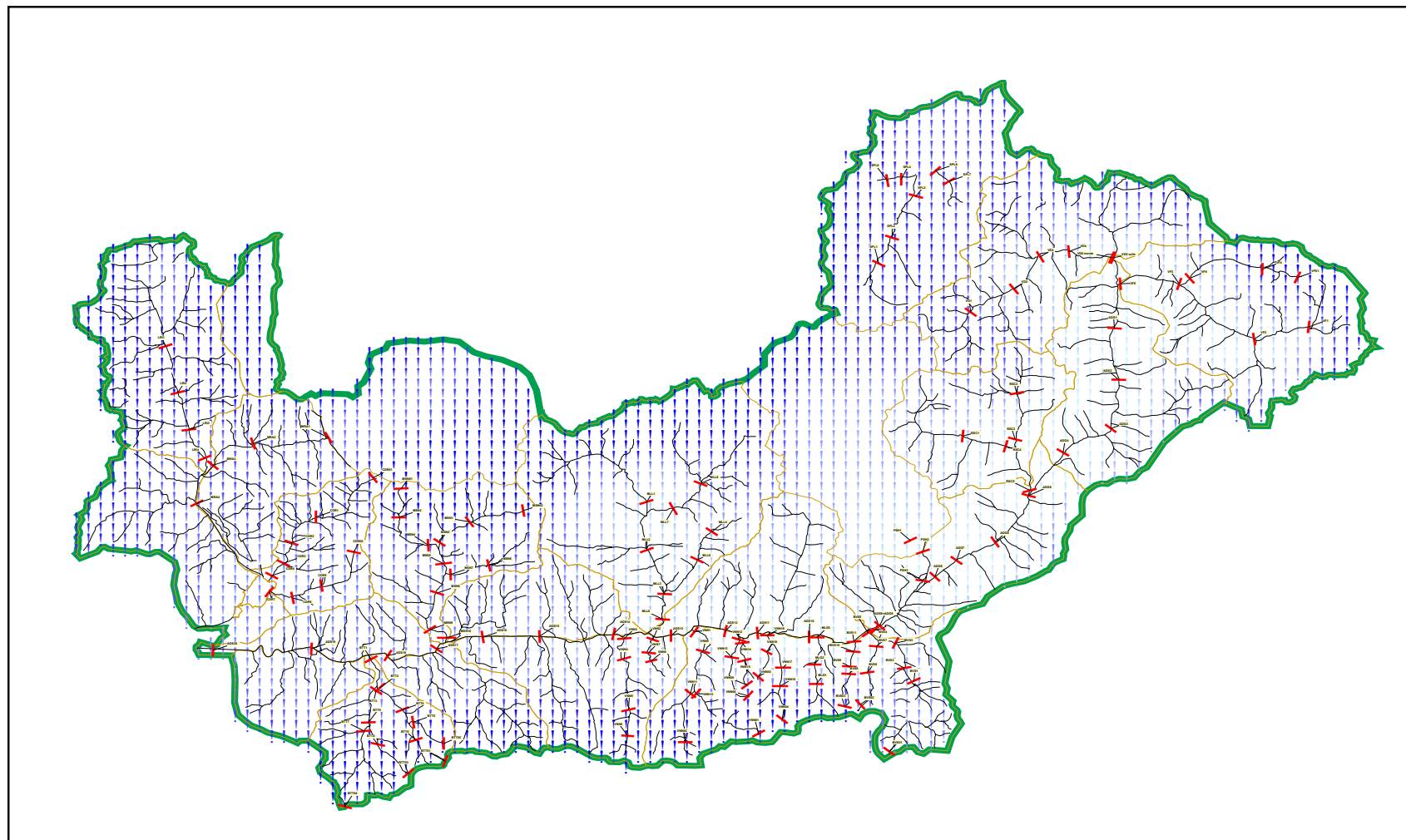
Fig. 4.1 - Stazioni pluviometriche e poligoni di competenza



Tab. 4.2 - Precipitazioni medie mensili ed annuali (valori in mm)

Stazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale annuo
Dongo	59,3	68,6	77,4	127,4	125,2	138,1	128,6	154,7	135,1	155,5	152,4	62,8	1385,1
Bellano	54,2	63,9	76,8	117,2	136,9	145,6	137,3	153,5	148,9	129,8	142,8	56,6	1363,5
Lago Truzzo	54,7	76,1	68,7	118,1	164,0	188,7	172,8	205,7	180,0	140,3	128,4	61,5	1559,0
Lanzo d'intelvi	60,5	71,0	102,9	158,9	194,2	199,6	151,7	160,5	135,5	172,8	180,9	84,8	1673,3
Asso	71,6	101,0	111,3	176,6	173,5	180,1	153,9	189,1	166,0	200,4	168,8	89,4	1781,7
Costa Mesnaga	72,0	79,6	83,9	127,2	127,2	147,5	134,8	145,2	100,7	159,5	140,1	75,3	1393,0
Lecco	48,5	58,0	79,9	147,5	131,8	189,5	151,7	147,0	125,7	164,5	140,7	73,6	1458,4
Como	80,2	90,1	100,6	145,5	141,7	153,7	117,0	124,0	124,6	134,5	154,6	81,8	1448,3
Valle Ratti	40,1	48,8	62,0	109,3	135,3	158,6	136,9	151,3	126,5	124,3	124,7	47,9	1265,7
Gerola Alta	65,9	100,9	97,1	143,1	180,1	195,3	148,8	174,0	175,3	194,9	191,6	85,4	1752,4
Lanzada	49,1	42,4	46,3	78,4	95,5	111,9	95,1	105,9	92,9	94,0	94,5	48,6	954,6
Sondrio	47,4	45,1	46,8	74,2	83,3	93,0	92,8	100,6	94,9	95,2	96,1	51,8	921,2
Scais	70,7	70,7	83,4	143,5	179,6	187,2	161,8	159,9	168,1	188,8	189,0	78,2	1680,9
Tirano	28,1	31,8	38,7	57,2	63,6	88,0	79,9	93,4	72,2	62,2	86,5	41,0	742,6
Bormio	37,1	35,8	38,6	44,7	70,0	77,1	78,0	104,4	81,2	59,1	73,4	39,3	738,7
S. Caterina V.	33,2	32,1	29,8	56,4	87,1	106,1	109,5	121,0	94,3	73,4	70,2	33,5	846,6
Trepalle	39,1	25,7	30,3	32,1	72,9	70,7	89,8	92,4	61,3	63,1	45,0	22,9	645,3
Temù	41,1	44,3	48,6	79,7	94,2	112,8	119,7	122,5	99,0	89,3	108,4	52,5	1012,1
Valori medi	52,9	60,3	68,0	107,6	125,3	141,3	125,6	139,2	121,2	127,9	127,1	60,4	1256,8

Fig. 4.2 - Altezze di precipitazione medie annue



4.3.2 Misure di portata

La forte artificializzazione operata dalle derivazioni idroelettriche ha richiesto che lo studio idrologico fosse preceduto dalla individuazione delle caratteristiche degli impianti esistenti. Per ogni impianto idroelettrico si è individuata la posizione delle opere di presa, il tracciato delle opere di adduzione, gli invasi di regolazione e la posizione degli impianti. Queste informazioni sono presentate nell'allegata Tavola 1 (scala 1:100.000) insieme alla rete idrografica principale.

Si è poi passati alla raccolta dei dati idrologici disponibili nei seguenti bacini: Viola a Premadio, Mallero al Curlo, Roasco d'Eita, Venina (afflussi al lago), Madrasco a Grumello, Livrio Superiore, Frodolfo a S.Caterina, Adda a S.Lucia, Adda a Sernio, Adda a Tirano, Adda a Boffetto (Ponte Baghetto), Adda a Fuentes e derivazione Spöl a S. Giacomo.

Sono state quindi raccolte le serie storiche delle misure di portata giornaliera e/o decadica per i corsi d'acqua menzionati. Dall'esame dei dati si nota che:

- per la stazione di Sernio sono disponibili solo portate decadiche,
- per la stazione di Adda a Fuentes nel periodo dal 1969 al 1981 sono disponibili solo le misure idrometriche non essendo certa la scala delle portate,
- per la sezione del torrente Viola a Premadio le portate sono ricostruite con un modello di bilancio idrologico.

La serie delle osservazioni originali sono state controllate per eliminare eventuali macroscopici errori sia di misura che di trascrizione.

Per esigenze di omogeneità tra i bacini esaminati, si è preliminarmente eliminato dalle serie di Sernio, Boffetto e Fuentes il contributo di portata della derivazione dello Spöl, mediamente pari a 2,854 m³/s (90 milioni di m³/anno): tale valore è stato sottratto alla portata giornaliera delle serie di cui sopra, a far data dal 1° luglio 1963.

Le osservazioni di portata presentano in alcuni anni delle interruzioni per periodi eccessivamente lunghi e quindi inaccettabili per la costruzione di attendibili curve di durata: i "buchi" di breve periodo (inferiori a 10 giorni) sono stati completati interpolando linearmente tra i valori contigui. Gli anni con interruzioni superiori a 10 giorni consecutivi sono stati scartati.

4.3.3 Costruzione delle curve di durata delle portate

Il deflusso dell'Adda a Stazzona è fortemente condizionato dal regime delle derivazioni idroelettriche: il suo regime idrologico non può quindi essere considerato naturale. Queste osservazioni di portata sono state utilizzate però per ricostruire, mediante l'applicazione della legge di continuità, il probabile regime delle portate per il bacino residuo (denominato Belviso) compreso tra la sezione di Adda a Stazzona e la sezione di Adda a Boffetto (Ponte Baghetto). Il deflusso superficiale naturale di questa porzione di territorio è infatti alterato dalla gestione degli impianti del Belviso e la curva di durata del bacino è stata ricavata dai valori delle curve di durata delle portate degli altri bacini secondo la seguente espressione:

$$Q_{\text{Re(Belviso)}} = Q_{\text{Boffetto}} - (Q_{\text{Sernio}} + Q_{\text{Stazzona}})$$

dove per Boffetto e Sernio le portate decadiche sono contemporanee.

Anche le portate giornaliere dell'Adda a Morbegno risultano fortemente condizionate dalla derivazione alla traversa di Ardenno.

Analogamente al caso precedente, queste osservazioni di portata sono state utilizzate per la costruzione della probabile curva di durata per la porzione di bacino compresa tra Morbegno e Fuentes. Il regime dei deflussi naturali di questo territorio risulta peraltro influenzato dalla regolazione operata dagli impianti della Val Gerola.

Mediante l'applicazione dell'equazione di continuità tra le portate contemporanee misurate a Fuentes e Morbegno si è costituita la serie delle portate giornaliere del bacino dell'Adda chiuso ad Ardenno più il contributo del bacino residuo (denominato Val Gerola) per il periodo dal 1992 al 1997.

$$Q_{\text{Ardenno+Re(ValGerola)}} = Q_{\text{Fuentes}} - Q_{\text{Morbegno}}$$

Per ottenere le portate del bacino residuo (Val Gerola) si è ipotizzata una regola di derivazione delle portate di Ardenno operata dal canale di alimentazione della centrale di Monastero. In base alla regola di calcolo del deflusso minimo vitale attualmente operante, i rilasci imposti a fini ambientali dallo sbarramento di Ardenno devono essere almeno pari a 3 m³/s. Si è quindi ipotizzato che sino ad una portata in Adda di 120 m³/s ad Ardenno sia rilasciato il solo minimo deflusso vitale, mentre per portate superiori a 120 m³/s il canale per Monastero derivi una portata costante pari a 117 m³/s ottenendo così la portata del bacino residuo:

$$Q_{\text{Re(ValGerola)}} = Q_{\text{Ardenno+Re(ValGerola)}} - Q_{\text{derivazione Monastero}}$$

In Tab. 4.3 sono riportate, per ciascuna delle sezioni di misura considerate, la superficie e la quota media del bacino.

Tab. 4.3 - Superfici e quote medie dei bacini sottesi alle sezioni di chiusura

Sezione chiusura bacino	Superficie (km ²)	Quota media (m.s.l.m.)
Viola a Premadio	135.4	2270
Mallero al Curlo	88.7	2300
Roasco d'Eita	60.4	2150
Venina (afflussi al lago)	20.1	2125
Madrasco a Grumello	14.2	2150
Livrio superiore	9.5	2200
Frodolfo a S.Caterina	106	2640
Adda a Fuentes	2598	1844
Adda a Tirano	906	2136
Adda a S.Lucia	246	2400
Adda a Boffetto (ponte Baghetto)	1395	2300
Adda a Sernio	885	2250
Residuo (Belviso)	247	1900
Residuo (val Gerola)	208	1800

Nella costruzione delle curve di durata delle portate giornaliere si è considerato l'anno solare e la curva di durata media è stata ottenuta come media delle curve di durata annue. Sono quindi state costruite le curve di durata dei contributi unitari "u" dalle quali sono state eliminate le portate (di piena) di durata inferiore a 10 giorni per escludere dall'analisi le incertezze legate alla misura delle portate di piena.

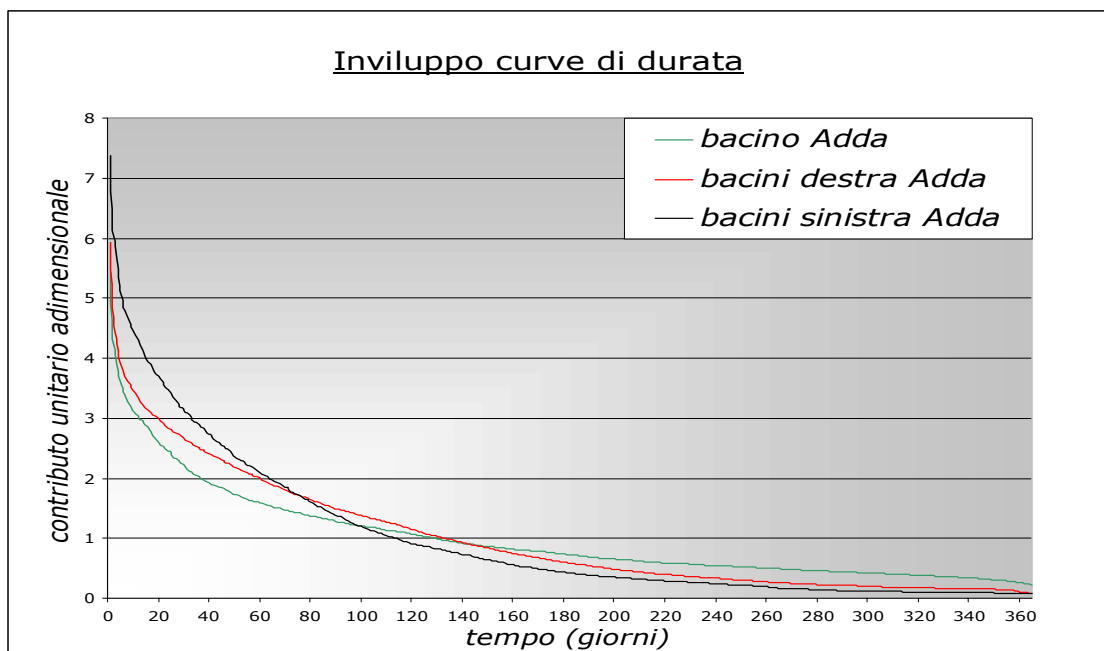
Ciascuna curva di durata dei contributi unitari è stata adimensionalizzata rispetto alla propria media; ciò ha consentito di evidenziare tre gruppi distinti di curve "u*" simili tra loro (affluenti destra Adda, affluenti sinistra Adda e bacini Adda) più un quarto gruppo che accomuna i bacini fortemente regolati (indicato con "altri bacini"). In Tab. 4.4 è riportata la suddivisione delle curve di durata in gruppi e il valore medio \bar{u} del contributo unitario u per ciascun bacino.

Tab. 4.4 – Curve di durata e valore medio del contributo unitario

Sezione chiusura bacino	Gruppo di appartenenza	\bar{u}
Viola a Premadio	Affluenti destra Adda	29.89
Mallero al Curlo	Affluenti destra Adda	46.16
Roasco d'Eita	Affluenti destra Adda	30.42
Venina (afflussi al lago)	Affluenti sinistra Adda	31.44
Madrasco a Grumello	Affluenti sinistra Adda	42.85
Livrio superiore	Affluenti sinistra Adda	50.99
Frodolfo a S.Caterina	Affluenti sinistra Adda	45.79
Adda a Fuentes	Adda	31.39
Adda a Tirano	Adda	26.06
Adda a S.Lucia	Adda	34.03
Adda a Boffetto (ponte Baghetto)	altri bacini	29.18
Adda a Sernio	altri bacini	29.67
Residuo (Belviso)	altri bacini	43.70
Residuo (val Gerola)	altri bacini	30.45

Per i primi tre gruppi si è costruita la curva media con la curva di inviluppo superiore e la curva di inviluppo inferiore al fine di stimare in prima approssimazione l'incertezza della curva media. Le curve ottenute sono tracciate nella Fig. 4.3. Questa elaborazione non è stata svolta per il gruppo di curve indicato come "altri bacini" perché le curve di durata non hanno uniformità di comportamento.

Fig. 4.3 - Inviluppo delle curve di durata



4.3.4 Legame tra i contributi unitari e fattori geomorfologici e climatici

Si può ritenere che il contributo unitario annuo u_a dipenda dalla regione pluviometrica p , dal regime idrologico (nivale, pluvio-nivale, ecc.), dalla esposizione e dal grado di regolazione delle acque superficiali g , dalle variazioni climatiche che si succedono nel tempo in anni t , dalla quota media z e dalla superficie del bacino A :

$$u_a = f(p, e, g, t, z, A)$$

Notando le similitudini dei raggruppamenti di cui si è detto, si può ipotizzare che per ogni raggruppamento ("regione idrologica"), u_a risulti indipendente da p , e , g .

Ci si può svincolare dal legame con le variazioni nel tempo t considerando, per ogni sezione di misura, il contributo unitario indice R_{u_a} ottenuto

standardizzando il contributo unitario annuo u_a rispetto al contributo unitario di Fuentes contemporaneo u_{af} . Si è così considerata la lunga serie di Fuentes come indicatore delle variazioni climatiche di lungo periodo. Di conseguenza:

$$R_{ua} = f(z, A)$$

Il vincolo di contemporaneità di Fuentes ha portato, per alcune serie, ad escludere gli anni per i quali le osservazioni della serie indice non sono disponibili; si è inoltre eliminata dall'analisi la sezione di Madrasco a Grumello perché non esiste il corrispondente anno in Fuentes.

Lo studio della correlazione lineare tra il contributo unitario indice R_{ua} e l'area A del bacino è stato condotto separatamente per ciascuno dei quattro gruppi secondo la classificazione adottata. I coefficienti di determinazione variano tra $R^2 = 0.18$ (affluenti sinistra Adda) e $R^2 = 0.50$ (bacini Adda), mentre per gli affluenti in destra Adda il contributo unitario indice sembra essere ancor meno correlato con la superficie del bacino.

Lo studio della correlazione lineare tra il contributo unitario indice R_{ua} e la quota media del bacino z conduce a coefficienti di determinazione che variano tra $R^2 = 0.22$ ("altri bacini") e $R^2 = 0.38$ (affluenti in destra Adda).

L'analisi di regressione precedentemente descritta non ha consentito di individuare alcuna dipendenza del contributo unitario annuo u_a dalle caratteristiche geometriche e idrologiche dei bacini idrografici della Valtellina.

Non potendo fare affidamento sulle procedure di regressione, si è corretto il valore medio del contributo unitario annuo \bar{u}_a operando nel seguente modo. È ragionevole che esista una analogia tra le oscillazioni a lungo termine del regime idrologico dei singoli sottobacini dell'Adda con quello dell'Adda a Fuentes. Allora il rapporto $R_{\bar{u}_a}$ tra il valore medio del contributo annuo calcolato su un campione ridotto di n anni \bar{u}_{an} e il valore medio del contributo annuo calcolato sul campione esteso di N anni \bar{u}_{aN} deve essere per ogni sottobacino equivalente al medesimo rapporto calcolato per l'Adda a Fuentes.

Pertanto la media di lungo termine $m\bar{u}_a$ è stata calcolata applicando il coefficiente correttivo dato dal suddetto rapporto $R_{\bar{u}_a}$ alle medie \bar{u}_{an} dei singoli bacini:

$$m\bar{u}_a = R_{\bar{u}_a} \bar{u}_{an}$$

La misura della variabilità del risultato intorno alla media è stata effettuata assumendo una distribuzione dei contributi unitari annui u_a di tipo gaussiano. In tale ipotesi si ha che con l'80% di probabilità il valore di u_a ricadrà nell'intervallo:

$$m\bar{u}_a - 1.282 su_a \leq u_a \leq m\bar{u}_a + 1.282 su_a$$

dove su_a è lo scarto quadratico medio calcolato dal campione di u_a .

In Tab. 4.5 sono dati per ogni bacino i valori di \bar{u}_{an} , il valore di \bar{u}_{an} per la contemporanea serie parziale di Fuentes, il valore del rapporto $R_{\bar{u}_a}$, la media di lungo termine $m\bar{u}_a$ e i limiti di confidenza al 20% su_a .

Tab. 4.5 – Contributo unitario medio di lungo periodo $m\bar{u}_a$

Sezione chiusura bacino	\bar{u}_{an}	\bar{u}_{an} Fuentes	$R_{\bar{u}_a}$	$m\bar{u}_a$ $(\frac{l}{s * km^2})$	su_a $(\frac{l}{s * km^2})$
Viola a Premadio	29.89	28.99	1.08	32.83	4.04
Mallero al Curlo	44.65	25.90	1.21	55.62	4.75
Roasco d'Eita	30.41	30.08	1.04	32.63	4.43
Venina (afflussi al lago)	29.42	29.82	1.05	32.97	4.70
Livrio superiore	50.43	32.88	0.95	49.60	-
Frodolfo a S.Caterina	45.79	38.55	0.81	39.41	2.96
Adda a Fuentes	31.39	31.39	1.00	32.06	6.77
Adda a Tirano	26.06	36.90	0.85	22.58	3.67
Adda a S.Lucia	34.03	32.60	0.96	33.68	-
Adda a Boffetto (ponte Baghetto)	29.18	26.88	1.17	35.19	2.91
Adda a Sernio	29.67	29.66	1.06	31.57	2.41
Residuo (Belviso)	43.70	26.88	1.17	51.91	-
Residuo (val Gerola)	30.45	34.63	0.91	31.85	14.83

4.3.5 Contributi unitari per sottobacino

I risultati conseguiti dallo studio idrologico sono basati sui dati disponibili misurati in alcune sezioni caratteristiche dei corsi d'acqua esaminati.

Per la estensione dei contributi unitari così calcolati a tutto il sottobacino di pertinenza e ai sottobacini sprovvisti di stazioni di misura sono stati adottati i seguenti criteri:

- il valore del contributo unitario dei bacini sottesi da sezioni di misura è stato esteso ai bacini aventi caratteristiche idro-meteorologiche simili;
- il contributo unitario dei bacini sottesi da impianti idroelettrici è stato stimato correggendo il valore di concessione. La correzione è tale da eguagliare, nei bacini per i quali sono disponibili anche misure idrometriche, il valore di concessione al valore misurato.

Detto U_m il contributo unitario medio misurato e U_{mc} il contributo unitario medio di concessione (rapporto tra la portata di concessione di un impianto e la superficie da esso sottesa), è stato calcolato il rapporto $R_u = U_m / U_{mc}$

Fatta la media R_{um} di tali rapporti per i bacini in destra Adda e per i bacini in sinistra Adda, sono stati quindi calcolati i contributi unitari medi nei bacini senza misure ma con impianti di cui sia nota la portata di concessione tramite l'espressione:

$$U_m = R_{um} * U_{mc}$$

I contributi unitari adottati per le valutazioni di bilancio idrico sono riassunti nella seguente Tab. 4.6.

Tab. 4.6 - Portate unitarie medie annue

Sottobacini	Portata unitaria media annua ($\frac{l}{s * km^2}$)
Spöl	32.8
Valfurva	39.4
Val Viola	32.8
Roasco	32.6
Poschiavino	22.3
Asta Adda fino a Sernio	31.6
Asta Adda da Sernio a Fuentes	32.1
Belviso-Caronella-Bondone	41.0
Venina-Torchione-Livrio	33.0
Bitto	33.9
Val Màsino	40.2
Malgina	41.0
Mallero	41.4
Liro	43.2
Mera	38.7
Val Codera e Valle Ratti	31.4

4.4 Valutazione del bilancio idrico

La valutazione del bilancio idrico in ognuna delle sezioni di controllo è stata condotta sottraendo alla portata naturale media annua la somma algebrica delle portate derivate e restituite (medie di concessione) a monte della sezione in esame. Il valore risultante (saldo idrico) costituisce un indicatore del grado di utilizzo della risorsa idrica nel sottobacino sotteso dalla sezione interessata. La collocazione del valore del saldo idrico sulla curva di durata delle portate naturali di lungo periodo permette di valutare l'incidenza media delle utilizzazioni rispetto alla distribuzione temporale media dei deflussi.

Le portate restituite sono espresse con valori negativi. I valori delle portate medie annue, naturali e derivate, a monte delle sezioni di controllo sono riportati nella Tab. 4.7.

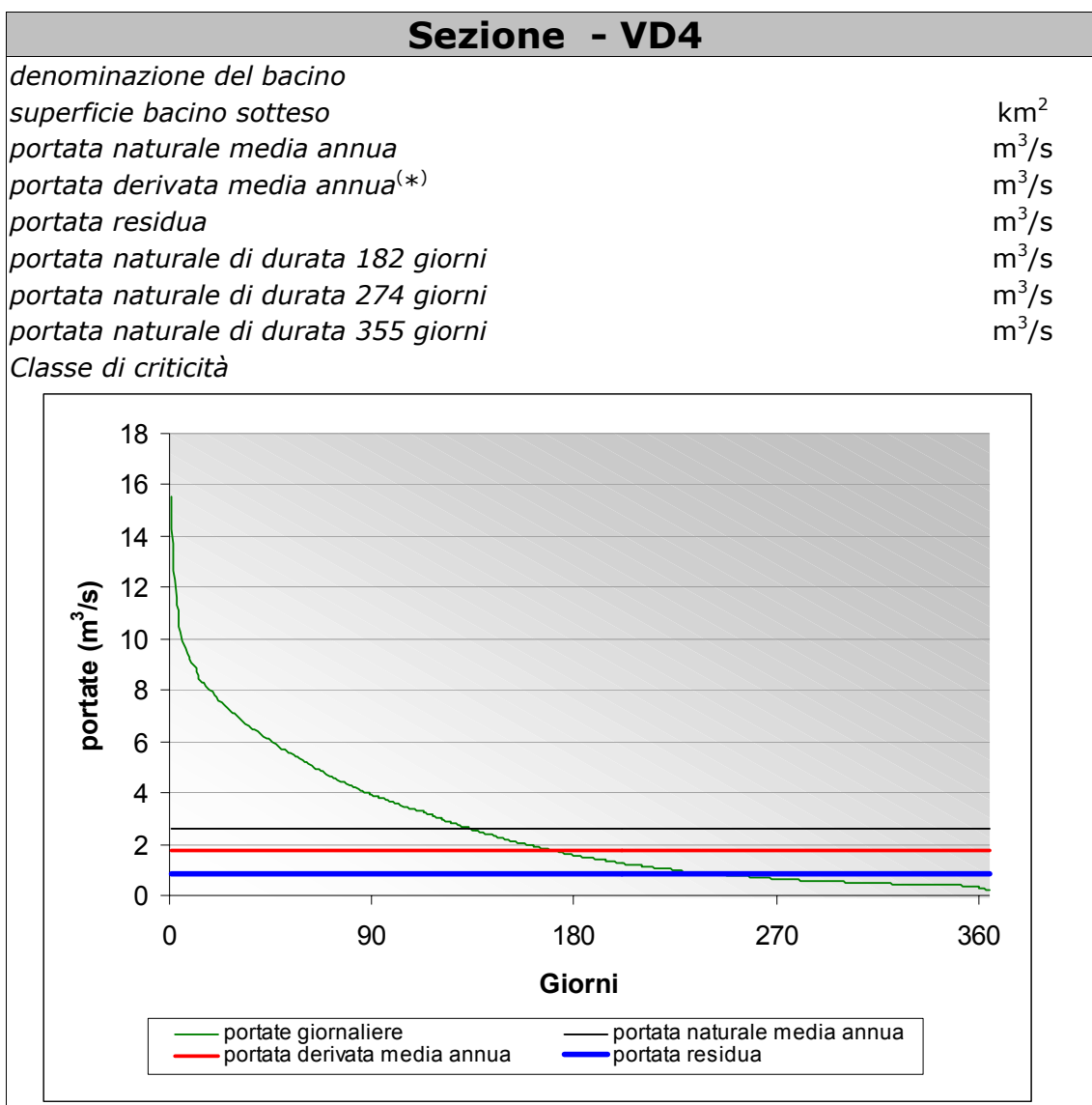
Tab. 4.7 - Portate medie annue naturali e derivate alle sezioni di controllo

SEZIONI	Q media naturale (m ³ /s)	Q derivata a monte (m ³ /s)
SPL1	0.695	1.004
SPL2	1.050	1.312
SPL3	1.604	1.364
SPL4	1.424	0.559
SPL5	0.502	0.559
SPL6	0.974	0.930
SPL7	0.836	0.930
SPL8	3.142	1.924
SPL9	0.987	0.930
VD1	1.378	0.000
VD2	2.099	1.232
VD3	2.460	1.651
VD4	2.647	1.783
VD5 (A MONTE PRESA 47B)	4.510	4.103
VD5 (A VALLE PRESA 47B)	4.510	6.588
VF1	2.021	1.547
VF2	3.325	2.199
VF3	5.855	2.199
VF4	0.721	0.555
VF5	1.832	0.672
VF6	8.715	5.502
VF3_5	7.687	2.871
RSC1	1.483	0.000
RSC2	1.389	0.000
RSC3	2.093	1.029
RSC4	2.298	1.148
RSC5	4.776	-14.558
RSC3_4	4.391	2.177
PSH1	5.578	0.000
PSH2	5.644	4.513
PSH3	5.711	0.000
ADG1	9.151	13.721
ADG2	13.114	14.377
ADG3	17.200	16.061
ADG4	20.919	17.089
ADG5	24.664	16.263
ADG6	28.279	16.263
ADG7	35.091	17.010
ADG8	36.414	17.010
ADG9	39.682	17.010
MLL1	2.409	3.807
MLL2	7.448	5.344
MLL3	9.013	13.252
MLL4	0.381	0.515
MLL5	0.704	0.515
MLL6	2.915	3.721
MLL7	3.324	3.813
MLL8	13.538	9.927
BVS1	1.374	1.558
BVS2	1.681	1.681
BVS3	2.235	1.490
BVS4	2.337	1.490
BVS5	0.615	0.491
BVS6	0.308	0.355
BVS7	0.566	0.491
BVS8	0.164	0.190
BVS9	0.242	0.190
BVS10	0.324	0.274
BVS11	0.336	0.274
VNN1	2.138	1.668
VNN3	1.203	0.392
VNN4	1.096	0.392
VNN5	0.575	0.342

SEZIONI	Q media naturale (m ³ /s)	Q derivata a monte (m ³ /s)
VNN6	0.323	0.267
VNN9	2.100	1.668
VNN10	0.813	0.750
VNN11	0.908	0.718
VNN12	0.260	0.115
VNN13	0.235	0.115
VNN14	0.239	0.073
VNN15	0.089	0.042
VNN16	0.062	0.033
VNN17	0.584	0.560
VNN18	0.492	0.440
VNN19	0.778	0.613
VNN10_11	1.721	1.468
BTT1	3.244	1.289
BTT2	1.020	0.356
BTT3	2.115	0.933
BTT4	0.793	0.356
BTT5	0.322	0.204
BTT6	0.220	0.152
BTT7	0.898	0.540
BTT8	0.163	0.170
BTT9	1.664	0.576
MSN1	1.395	0.000
MSN2	1.914	1.866
MSN3	0.675	0.000
MSN4	1.403	1.303
MSN5	3.578	3.170
MSN6	0.691	0.000
MSN7	1.017	0.993
MSN8	4.840	5.863
MSN9	5.769	5.863
MSN10	5.909	4.163
MSN2_4	3.357	3.170
MLG1	0.369	0.200
MLG2	0.492	0.200
MLG3	0.652	0.200
ADS9	39.682	17.010
ADS10	43.197	-2.654
ADS11	47.052	18.927
ADS12	50.907	-1.423
ADS13	54.332	-3.606
ADS14	57.924	-12.316
ADS15	61.147	-2.924
ADS16	64.662	-2.854
ADS17	68.620	66.946
ADS18	72.748	66.946
ADS19	76.597	66.809
ADS20	82.295	-2.991
LRI1	4.018	2.362
LRI2	5.897	3.200
LRI3	9.720	5.075
LRI4	10.238	4.364
MRA1	7.365	0.000
MRA2	9.675	6.830
MRA3	10.352	6.830
MRA4	22.852	-2.227
CDR1	0.832	0.000
CDR2	1.309	1.257
CDR3	16.359	1.454
CDR4	1.903	1.578
CDR5	0.722	0.000
CDR6	0.776	0.710
CDR7	0.873	0.710

Il calcolo del saldo idrico è stato pertanto effettuato sulla base dei valori medi annui per ciascuna delle sezioni considerate e i risultati sono presentati in forma di schede (Tab. 4.8). La scheda riporta la superficie del bacino sotteso, la curva di durata, i valori della portata naturale media annua e della portata media annua derivata, il saldo idrico (calcolato secondo i criteri precedentemente indicati), le portate naturali di durata 182, 274 e 355 giorni e la corrispondente classe di criticità per la cui definizione si rimanda al successivo paragrafo 4.5.

Tab. 4.8 - Scheda tipo per il calcolo del saldo idrico per segmenti di asta fluviale



(*) valori negativi esprimono restituzioni di portate derivate

4.5 Individuazione delle criticità in funzione del saldo idrico

In relazione ai risultati ottenuti dal bilancio idrico nelle sezioni di controllo, i corsi d'acqua principali del bacino idrografico sono ripartiti in tratti a diversa classe di criticità, in dipendenza dello scostamento tra la disponibilità media naturale della risorsa idrica e il saldo idrico derivante dalla presenza delle derivazioni. Sono individuate le seguenti classi di criticità:

- C 1 - moderata, in cui il saldo idrico medio annuo, valutato nel bilancio idrico, è superiore alla portata con durata 182 giorni; (è superiore al 35% della portata media annua);
- C 2 – media, in cui il saldo idrico medio annuo, valutato nel bilancio idrico, è compreso tra le portate di durata 182 e 274 giorni nell'anno medio;
- C 3 – elevata, in cui il saldo idrico medio annuo, valutato nel bilancio idrico, è compreso tra le portate di durata 274 e 355 giorni nell'anno medio; (è compreso tra il 20% e il 10% della portata media annua);
- C 4 – molto elevata, in cui il saldo idrico medio annuo, valutato nel bilancio idrico, è inferiore alla portata di durata 355 giorni nell'anno medio.

In termini di volumi idrici, le portate caratteristiche sopra individuate corrispondono a valori diversi in funzione della diversa forma della curva di durata delle portate.

Come ordine di grandezza medio, considerato pari a 100 il volume medio annuo sotteso dalla curva di durata, alla portata di 182 giorni corrisponde circa il 35% del volume medio annuo, a quella di durata 274 giorni corrisponde circa il 20% del volume e a quella di durata 355 giorni il 10% del volume.

Le condizioni di criticità sopra definite per il corsi d'acqua costituenti il reticolo idrografico principale per l'area in studio sono state rappresentate graficamente nella cartografia in allegato (Tavola 2).

5 Deflusso minimo vitale

Il bilancio idrico condotto per la Valtellina tiene conto di una situazione già particolarmente compromessa in cui le risorse idriche ancora non interessate da utilizzazione hanno di fatto carattere residuale. In tale logica la determinazione e l'applicazione del deflusso minimo vitale (DMV) previste dalla legge può essere condotta in modo indipendente dalla valutazione del bilancio, costituendo una quota modesta dei volumi idrici in gioco, non in grado di modificare le stime di criticità idrica risultanti dalle valutazioni.

Appare comunque utile richiamare quanto già stabilito in merito per la Valtellina.

Con delibera n. 6/92 del 6/8/1992 - "Norma operativa e criteri per l'adeguamento delle concessioni idroelettriche in Valtellina e bacini limitrofi ex lege n. 102/90, art 8, commi 1 e 3" - l'Autorità di bacino del fiume Po ha definito in termini quantitativi la portata minima vitale dei corsi d'acqua individuandone le modalità di applicazione nonché i criteri e le procedure di verifica, sperimentazione e revisione. Successivamente, in data 18 febbraio 1993, è stato sottoscritto un protocollo di intesa tra il Ministero dei Lavori Pubblici, il Ministero dell'Ambiente, l'Autorità di bacino del Po, la Regione Lombardia, le Province di Sondrio, Bergamo e Brescia, i concessionari idroelettrici di grandi derivazioni, ai fini di concorrere all'esecuzione del programma di sperimentazione di cui alla deliberazione n. 6/92. Obiettivo del programma di sperimentazione è quello di fornire i dati conoscitivi e le relative elaborazioni necessari all'Autorità di bacino per la revisione della regola generale di definizione del deflusso minimo vitale.

Il programma di sperimentazione è in via di ultimazione e sono in corso le procedure di approvazione degli elaborati conclusivi.

Nella forma in cui è stato originariamente approvato con la delibera dell'Autorità di bacino sopra citata, il DMV viene stimato tramite l'espressione seguente:

$$DMV = 1.6 * S * P * A * Q * N$$

dove:

S = Superficie del bacino (km ²),

P = coefficiente di precipitazione,

A = coefficiente di altitudine,

Q = coefficiente di Qualità,

N = coefficiente naturalistico.

Il confronto tra la formula del DMV dell'Autorità di bacino e quelle maggiormente note di altri paesi o applicate in aree limitrofe, effettuato sulle sezioni di controllo dei corsi d'acqua della Valtellina ha portato a risultati di interesse che vengono nel seguito sinteticamente esposti.

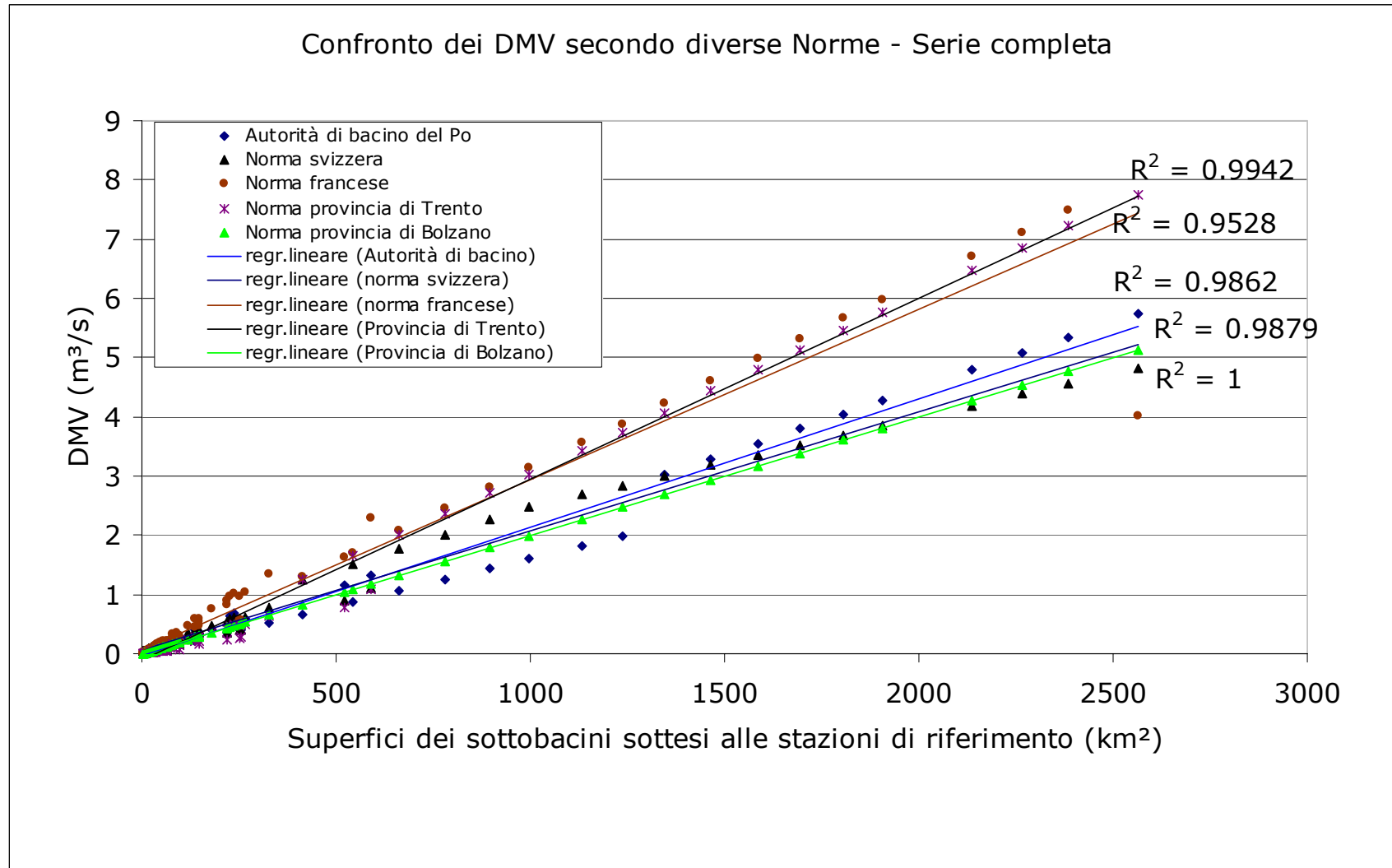
Tab. 5.1 - Espressioni di calcolo del DMV

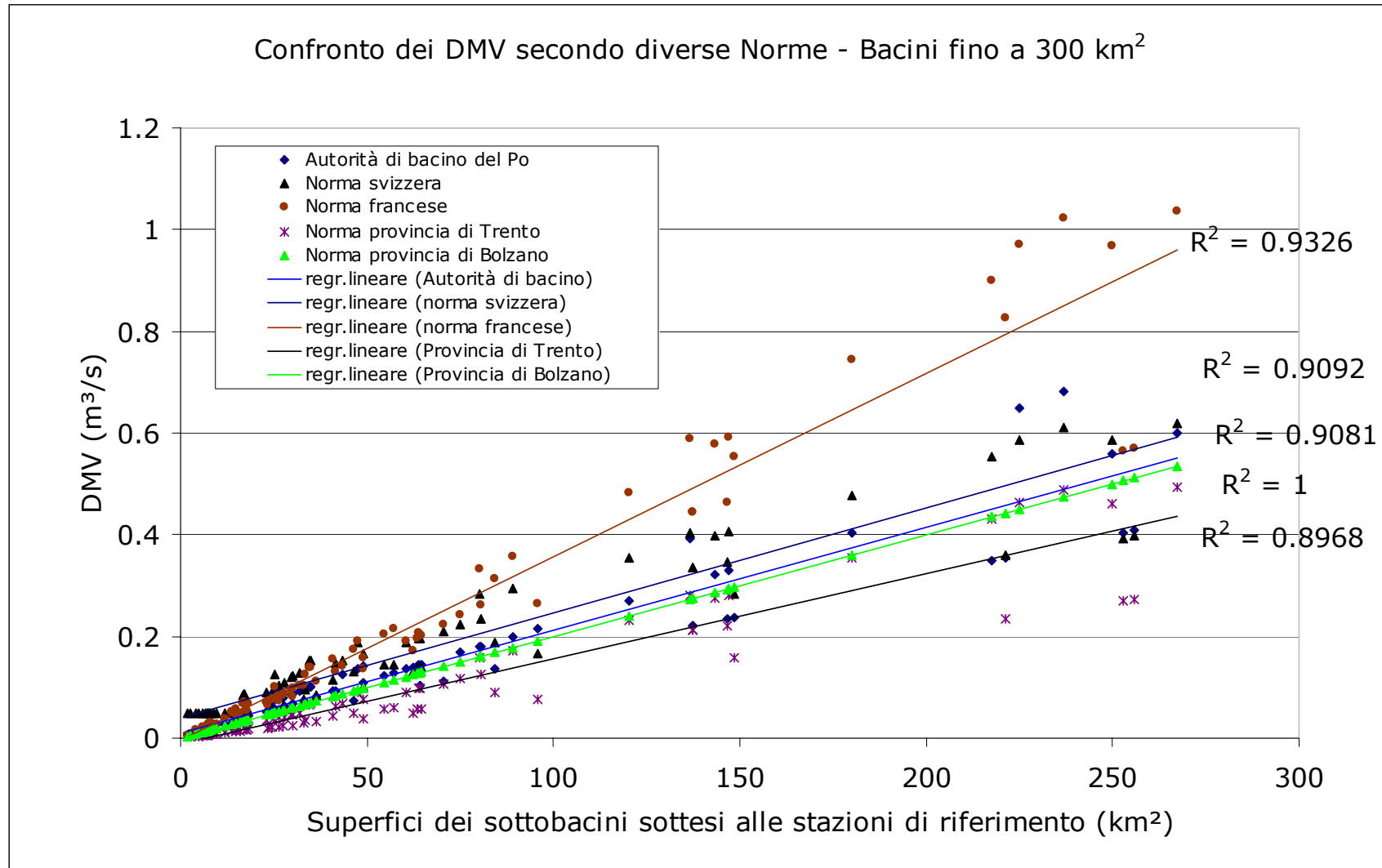
Fonte	Formula
formula dell'Autorità di Bacino del Po	$1.6 \cdot P \cdot S \cdot A \cdot Q \cdot N$ dove: S = superficie del bacino in km ² P = coefficiente di precipitazione A = coefficiente di altitudine Q = coefficiente di qualità N = coefficiente naturalistico
formula della normativa francese (legge n.84-512)	$DMV \geq 1/10 Q_{media}$ dove: Q _{media} = portata media annua calcolata su almeno 5 anni di osservazioni. Per corsi d'acqua con Q _{media} > 80 m ³ /s è possibile ridurre il DMV fino a 1/20 della Q _{media} : $DMV \geq 1/20 Q_{media}$
formula della normativa svizzera (legge n.814.20)	$DMV = f(Q_{347})$ dove: Q ₃₄₇ = portata corrispondente alla durata di 347 giorni. DMV varia da un minimo di 50 l/s ad un massimo di 10.000 l/s in funzione della Q ₃₄₇ . L'andamento della funzione è indicato dall'abaco di Matthey
formula della normativa della Provincia di Trento (D.P.R. 22/12/86)	$DMV = 1/3 Q_{min}$ dove: Q _{min} è definita come "portata minima continua", per rappresentare la quale si può assumere la Q ₃₅₅ (portata corrispondente alla durata di 355 giorni)
formula della normativa della Provincia di Bolzano (D.P.R. 11/04/86)	$DMV = 2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$

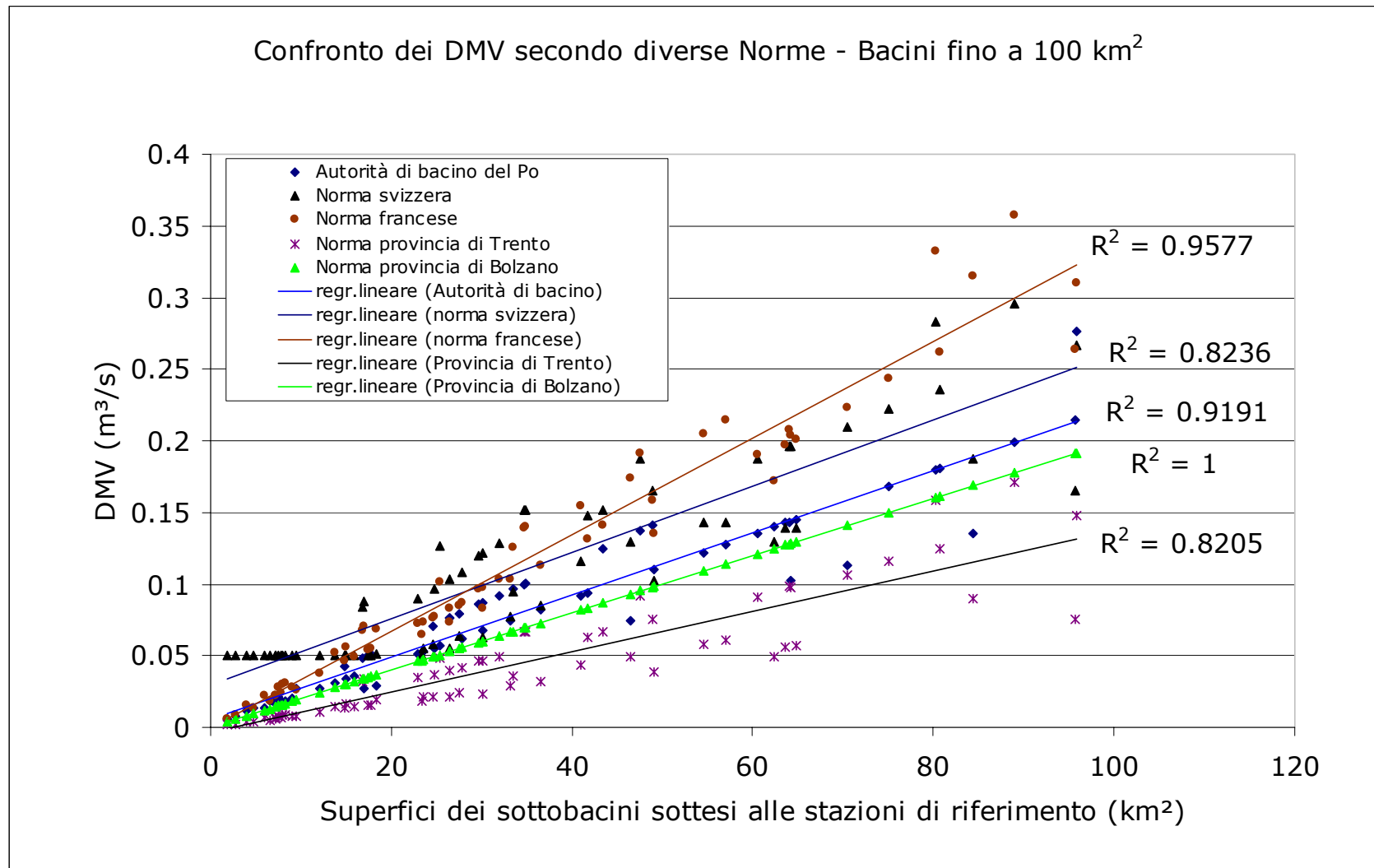
I risultati sono illustrati nei tre diagrammi allegati che riportano i valori del DMV calcolato (portate espresse in m³/s) in funzione dell'area del bacino sotteso.

Il primo diagramma riporta le portate calcolate per la serie completa di sezioni, i successivi due rappresentano progressivi ingrandimenti delle zone di addensamento (bacini sottesi dalle sezioni, rispettivamente, fino a 300 km² e fino a 100 km²).

Ciascun diagramma riporta inoltre le rette di regressione calcolate separatamente per ciascuna serie di dati (completa e parziale). Ciascuna retta di regressione è caratterizzata dal relativo grado di confidenza (R²).







6 Bibliografia e fonti informative

- 1 Studio idrogeologico e strutturale per la qualificazione della produzione idroelettrica nell'arco alpino e appenninico lombardo - Regione Lombardia, 1992.
- 2 Piano regionale di risanamento acque delle provincie di Sondrio, Como e Lecco;
- 3 Catasto delle derivazioni d'acqua dell'Autorità di bacino del Po;
- 4 Censimenti ISTAT industria e agricoltura 1981 e 1991
- 5 Rilevamento ISTAT delle infrastrutture acquedottistiche 1987;
- 6 Schede informative relative alla produzione idroelettrica nell'arco alpino e appenninico lombardo (Regione Lombardia - GESP, 1994)

7 Allegati

Schede di bilancio idrico nelle sezioni di riferimento

Tavola 1 - Grandi derivazioni e sezioni di controllo del saldo idrico

Tavola 2 - Classi di criticità idrologica