

An aerial photograph of a mountainous region, likely the Alps. The terrain is rugged with numerous ridges and valleys. A prominent river valley runs through the center, with a reservoir or lake visible in the upper right. The image is in black and white, highlighting the topographic details.

Piano di Gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali

adottato con delibera dei Comitati Istituzionali dell'Autorità di Bacino dell'Adige e dell'Alto Adriatico
in seduta comune in data 24 febbraio 2010

Relazione generale - Parte I

Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali

Parte prima

Relazione generale

INDICE

I.1. ARCHITETTURA DEL PIANO	1
I.1.1. L'APPROCCIO METODOLOGICO	6
I.1.2. L'ARTICOLAZIONE DEL DOCUMENTO.....	11
I.1.3. LA PRIMA FASE: DEFINIZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO	12
I.1.3.1. <i>Descrizione generale delle caratteristiche fisiche</i>	<i>13</i>
I.1.3.2. <i>Sintesi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sotterranee</i>	<i>14</i>
I.1.3.3. <i>Specificazione e rappresentazione cartografica delle aree protette</i>	<i>14</i>
I.1.3.4. <i>Mappa delle reti di monitoraggio e rappresentazione cartografica dei risultati dei programmi di monitoraggio</i>	<i>15</i>
I.1.4. LA SECONDA FASE: INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI AMBIENTALI E DELLE MISURE	16
I.1.4.1. <i>Elenco degli obiettivi ambientali</i>	<i>17</i>
I.1.4.2. <i>Analisi economica dell'utilizzo idrico</i>	<i>18</i>
I.1.4.3. <i>Il programma delle misure.....</i>	<i>18</i>
I.1.5. LA TERZA FASE: ASPETTI PROCEDURALI E TECNICO-AMMINISTRATIVI	19
I.1.5.1. <i>Repertorio di piani e programmi relativi a sottobacini o a settori e tematiche specifiche.....</i>	<i>20</i>
I.1.5.2. <i>Sintesi della consultazione pubblica</i>	<i>20</i>
I.1.5.3. <i>Elenco delle autorità competenti</i>	<i>21</i>
I.1.5.4. <i>Referenti e procedure ai fini dell'ottenimento delle informazioni.....</i>	<i>21</i>
I.1.6. EVOLUZIONE SUCCESSIVA DEL PIANO DI GESTIONE	21
I.2. CARATTERISTICHE GENERALI DEL DISTRETTO IDROGRAFICO	23
I.2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	23
I.2.2. INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO	25
I.2.2.1. <i>Caratteristiche generali del clima</i>	<i>25</i>
I.2.2.2. <i>Bacino dell'Adige.....</i>	<i>42</i>
I.2.2.3. <i>Bacino dell'Isonzo</i>	<i>47</i>
I.2.2.4. <i>Bacino del Tagliamento.....</i>	<i>51</i>
I.2.2.5. <i>Bacino del Livenza</i>	<i>54</i>

<i>I.2.2.6. Bacino del Piave</i>	<i>57</i>
<i>I.2.2.7. Bacino del Brenta-Bacchiglione.....</i>	<i>60</i>
<i>I.2.2.8. Deflussi: comparazioni temporali e statistiche.....</i>	<i>63</i>
<i>I.2.3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</i>	<i>72</i>
<i>I.2.3.1. Regione Friuli Venezia Giulia</i>	<i>72</i>
<i>I.2.3.2. Regione Veneto.....</i>	<i>81</i>
<i>I.2.3.3. Trentino Alto Adige</i>	<i>100</i>
<i>I.2.4. FENOMENI E DINAMICHE DELL'EVOLUZIONE DELLA LINEA DI COSTA</i>	<i>109</i>
<i>I.2.4.1. Introduzione</i>	<i>109</i>
<i>I.2.4.2. Considerazioni sull'evoluzione complessiva della fascia costiera</i>	<i>116</i>

Relazione generale – Parte I

I.1. Architettura del piano

La Direttiva 2000/60/CE, più nota come “Direttiva Quadro Acque”, nasce dall’esigenza di stabilire i principi base per una politica sostenibile delle acque a livello comunitario, allo scopo di integrare all’interno di un unico quadro i diversi aspetti gestionali ed ecologici connessi alla protezione delle acque (superficiali interne, di transizione, costiere e sotterranee).

Lo strumento operativo attraverso cui gli Stati membri devono applicare i contenuti della Direttiva a livello locale è il Piano di gestione; il legislatore comunitario, considerata l’importanza dell’obiettivo che si intende raggiungere ed allo scopo di evitare che gli Stati Membri restituiscano Piani di gestione tra loro non confrontabili, si è sforzato, con l’allegato VII della direttiva, di rendere quanto più espliciti possibile i contenuti che questi dovranno avere fornendo l’elenco degli elementi che dovranno essere in essi compresi.

Ai sensi dell’art. 13 della direttiva comunitaria citata, i Piani di gestione devono essere pubblicati entro il 22 dicembre 2009.

La Direttiva 2000/60/CE è stata recepita a livello nazionale col D.Lgs. 152/2006, peraltro non ancora completamente operativo: il predetto decreto istituisce i Distretti idrografici (art. 64) ed individua nel Piano di bacino distrettuale “lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato” (art. 65, comma 1).

Ai sensi dell’art. 117, per ciascun distretto idrografico deve essere adottato un piano di gestione, “che rappresenta articolazione interna del Piano di bacino distrettuale” e costituisce pertanto piano stralcio del piano di bacino.

Con il D.Lgs. 152/2006 il legislatore nazionale ha anche confermato l’introduzione, già avvenuta con il D.Lgs. 152/1999, del Piano di tutela delle acque, di competenza regionale, il quale, dal punto di vista del criterio funzionale, si configura come “specifico piano di settore” (art. 121, comma 1).

Con D.L. n. 208/2008 e con la relativa conversione in legge, il Governo ed il Parlamento hanno inteso dare una forte accelerazione al processo che doveva portare, entro la fine del 2009, alla definizione dei piani di gestione previsti dalla Direttiva 2000/60/CE.

Avendo affidato tale processo alle Autorità di bacino nazionale, costituite a norma della soppressa legge n. 183/1989, il Governo ed il Parlamento hanno altresì inteso evidenziare il carattere di emergenzialità del processo e di atipicità del risultato finale; infatti tale processo, pur dovendo rispettare i principi fondamentali della direttiva comunitaria, deve necessariamente misurarsi con la specifica e contingente situazione nazionale che, in attesa della costituzione delle Autorità di bacino distrettuale, vede le Autorità di bacino di rilievo nazionale impegnate su un territorio distrettuale ben più ampio dei tradizionali confini di competenza.

Nel caso specifico dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, la redazione del piano di gestione deve fondarsi su uno stretto rapporto di collaborazione tra Autorità di bacino dell'Adige, Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione, Regioni Lombardia, Veneto e Friuli Venezia Giulia nonché Province Autonome di Trento e di Bolzano.

Per le ragioni di indifferibilità ed urgenza sopra richiamate, a norma di quanto stabilito dalla legge 13/2009, i piani di gestione devono affidarsi allo stato temporaneo delle conoscenze, favorendo l'individuazione di misure finalizzate, da un lato, all'armonizzazione dei piani di tutela delle acque di iniziativa regionale e delle ulteriori iniziative di pianificazione già adottate dalle Autorità di bacino in materia di gestione delle risorse idriche e, dall'altro, alla risoluzione delle criticità a scala distrettuale eventualmente non contemplate negli strumenti di pianificazione a scala regionale o di bacino.

Pur nella consapevolezza che i tempi che si pongono per il rispetto della scadenza prevista dalla Direttiva sono molto stretti, si deve anche evidenziare che una certa parte del lavoro previsto per l'implementazione della Direttiva è già stato fatto.

Si deve infatti ricordare che i piani di tutela di iniziativa regionale previsti dal D.Lgs. 152/99 e dal più recente D.Lgs. 152/2006 contengono, in sintesi:

- i risultati dell'attività conoscitiva, seppure ad una scala necessariamente sub-distrettuale, come emergente dai dati dei monitoraggi quali-quantitativi condotti dal 2000 ad oggi;
- gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici significativi;
- i corpi idrici a specifica destinazione ed i relativi obiettivi di qualità funzionale;
- le aree richiedenti specifiche misure di protezione, ivi comprese le aree sensibili e le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola;

- le conseguenti misure di tutela qualitativa e quantitativa tra loro integrate e coordinate per bacino idrografico;
- le misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;
- la cadenza temporale degli interventi e delle relative priorità;
- il programma di verifica dell'efficacia degli interventi previsti.

Inoltre, in relazione allo stato di attuazione di tale pianificazione, si rileva che, per quanto attiene al territorio di competenza:

- la Regione Lombardia ha approvato in via definitiva il proprio Programma di tutela ed uso delle acque con delibera di Giunta n. 2244 del 29 marzo 2006;
- dall'8 giugno 2006 è in vigore il "Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche" della Provincia Autonoma di Trento (D.P.R. del 15 febbraio 2006). Il predetto piano è stato approvato ai sensi e per gli effetti dell'art. 14 del decreto del Presidente della Repubblica 31 agosto 1972, n.670 (Approvazione del testo unico delle leggi costituzionali concernenti lo statuto speciale per il Trentino Alto-Adige) e degli artt.5-8 del decreto del Presidente della Repubblica 22 marzo 1974, n.381 (Norme di attuazione dello statuto speciale per la Regione Trentino Alto-Adige in materia di urbanistica ed opere pubbliche) come da ultimo modificato dal decreto legislativo 11 novembre 1999, n.463. La Provincia Autonoma di Trento ha inoltre approvato il proprio piano di tutela delle acque con delibera della Giunta n. 3233 del 30 dicembre 2004.
- nell'ambito del territorio della Provincia Autonoma di Bolzano è attualmente in vigore il Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche approvato con D.P.R. n. 748 del 11 aprile 1986. Il piano è attualmente in fase di riscrittura: il relativo documento preliminare è stato adottato con delibera di Giunta n. 2458 del 23 luglio 2007 e con delibera n. 1735 del 29 giugno 2009 è stata approvata la nuova proposta di PGUAP; con delibera di Giunta n. 3243 del 6 settembre 2004, l'Amministrazione provinciale di Bolzano ha anche approvato il piano stralcio del Piano di tutela delle acque riguardante la delimitazione del bacino dell'Adige quale bacino drenante in area sensibile e le conseguenti misure di adeguamento degli impianti di depurazione;
- la Regione del Veneto ha adottato il piano di tutela delle acque con deliberazione di Giunta regionale n. 4453 del 29 dicembre 2004; con deliberazione di Giunta regionale n. 2267 del 24 luglio 2007 sono state approvate le relative misure di salvaguardia; il piano di

tutela delle acque, esperita la fase di recepimento delle osservazioni, è attualmente all'esame del Consiglio regionale, per la sua definitiva approvazione;

- la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, con delibera di Giunta n. 412 del 2009 ha dato avvio al procedimento di formazione del piano regionale di tutela delle acque; inoltre, con delibera di Giunta n. 246 del 5 febbraio 2009, ha dato avvio al relativo processo di valutazione ambientale strategica.

Il presente elaborato trova spazio all'interno della più ampia procedura di informazione e di consultazione pubblica espressamente prevista dall'art. 14 della direttiva comunitaria 2000/60/CE. Lo scopo è quindi quello di delineare l'approccio metodologico che le autorità precedenti, d'intesa con le regioni e le province autonome, hanno convenuto di seguire nella fase di costruzione degli elaborati di piano, e di illustrare gli elementi di carattere conoscitivo e propositivo che sono stati in esso sviluppati, concordemente a quanto già disposto dall'allegato VII della direttiva comunitaria.

A tal proposito va precisato che alle Province autonome di Trento e di Bolzano sono attribuite potestà legislative ed amministrative in un vasto complesso di materie riconducibili in particolare, alla pianificazione, gestione e tutela delle risorse idriche ed ai connessi profili ambientali ai sensi dello Statuto speciale di cui al d.P.R. 31 agosto 1972, n. 670 e delle relative norme d'attuazione, che le ha ulteriormente specificate.

Una formula di salvaguardia generale delle autonomie speciali viene posta anche nell'articolo 176 del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alla parte terza del decreto stesso, riguardante le norme in materia di difesa del suolo, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche.

Nell'esercizio delle succitate competenze statutarie le Province autonome hanno dato vita a un particolare sistema di pianificazione provinciale diretto a garantire tra l'altro la tutela della qualità e della quantità delle risorse idriche.

Nello specifico va ricordato che vige il Decreto del Presidente della Repubblica 22 marzo 1974, n. 381, recante "Norme di attuazione dello statuto speciale per la Regione Trentino Alto Adige in materia di urbanistica ed opere pubbliche", e succ. modifiche, il quale prevede una particolare procedura di approvazione del piano generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche, concertata con le autorità statali e le regioni limitrofe. Tale piano vale anche quale piano di bacino.

Ai sensi di tale normativa, per inciso di portata costituzionale, e di una lettura dinamica di essa alla luce della normativa europea successivamente intervenuta, la procedura di approvazione

del presente piano di gestione del distretto idrografico delle Alpi orientali tiene conseguentemente conto dei piani generali di utilizzazione delle acque delle Province autonome, ai sensi del citato DPR n. 381/1974.

Nell'ambito del territorio della Provincia Autonoma di Bolzano è attualmente in vigore il Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche (P.G.U.A.P.) approvato con D.P.R. n. 748 del 11 aprile 1986 che, per quanto detto, vale, per il rispettivo ambito territoriale, opportunamente raccordato al più ampio ambito di distretto, anche ai fini del presente piano. Il P.G.U.A.P. è stato nel frattempo rielaborato e adeguato anche al fine del perseguimento degli obiettivi dettati dalla direttiva 2000/60/CE. Il relativo documento preliminare è stato adottato con delibera di Giunta n. 2458 del 23 luglio 2007, con delibera n. 1735 del 29 giugno 2009 è stata approvata la nuova proposta di PGUAP e nel frattempo è stata conclusa la procedura VAS. Con delibera di Giunta n. 3243 del 6 settembre 2004, l'Amministrazione provinciale di Bolzano ha anche approvato il piano stralcio del Piano di tutela delle acque riguardante la delimitazione del bacino dell'Adige quale bacino drenante in area sensibile e le conseguenti misure di adeguamento degli impianti di depurazione.

Per quanto concerne il sistema di pianificazione provinciale di Trento va rilevato che, analogamente, il Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche (P.G.U.A.P.), reso esecutivo con il d.P.R. 15 febbraio 2006, e che vale, ai sensi dello Statuto e delle relative norme d'attuazione, quale piano di bacino di rilievo nazionale, costituisce quadro di riferimento a cui gli strumenti di pianificazione provinciali in materia, identificati in particolare nel piano di tutela delle acque e nel piano di risanamento delle acque, devono conformarsi.

Il Piano di tutela delle acque di Trento è stato approvato, ai sensi dell'articolo 55, comma 5, della legge provinciale 19 febbraio 2002, n. 1, dalla Giunta provinciale con deliberazione n. 3233 di data 30 dicembre 2004, in coerenza con il progetto di Piano generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche, adottato dal Comitato paritetico di cui all'articolo 8 del d.P.R. n. 381 del 1974, in quanto il procedimento di approvazione non era ancora stato concluso. Il Piano di tutela si configura anche quale adeguamento del piano provinciale di risanamento delle acque, approvato con deliberazione della Giunta provinciale n. 5460 del 1 luglio 1987 e successive modifiche e integrazioni, ai principi stabiliti dall'articolo 44 del decreto legislativo il maggio 1999, n. 152, tenuto conto delle indicazioni fissate dal progetto di Piano generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche.

I citati strumenti di pianificazione provinciali (Piano di tutela delle acque e Piano di risanamento delle acque) sono diretti in particolare all'individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e

delle misure di tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche, in ragione dell'assetto normativo provinciale sopra richiamato, secondo quanto previsto dall'articolo 3, commi 10 e 11, delle norme di attuazione del Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche.

Alla luce del quadro normativo sopra delineato ne deriva che, al fine del perseguimento degli obiettivi dettati dalla direttiva 2000/60/CE, la Provincia autonoma di Trento dovrà provvedere all'adeguamento dei suddetti strumenti secondo le modalità ed i meccanismi di raccordo tra le competenze statali, regionali e provinciali previste dalle norme d'attuazione del Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche (cfr. articoli 3, 36 e 38 delle norme di attuazione del P.G.U.A.P).

In tali contesti, la Provincia di Trento ha già provveduto a disciplinare tale materia, novellando nel 2009 l'art. 54 del Testo unico delle leggi provinciali in materia di tutela dell'ambiente dagli inquinamenti (approvato con decreto del Presidente della Giunta provinciale del 26 gennaio 1987, n. 1-41) mediante inserimento del seguente comma:” 3 bis. Fatto salvo quanto previsto dal piano generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche e dall'articolo 55, comma 5, della legge provinciale 19 febbraio 2002, n. 1, il piano è adeguato e integrato con i contenuti che la direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, istitutiva di un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e la normativa statale di recepimento, demandano al piano di gestione”.

I.1.1. L'approccio metodologico

Per meglio comprendere l'organizzazione del Piano di gestione è necessario fare riferimento alla specificità del sistema idrografico ed idrogeologico oggetto del piano.

A norma di quanto stabilito dall'art. 64 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, il piano di gestione in argomento ha infatti come contesto territoriale di riferimento l'ampia porzione del territorio nazionale delimitata a ovest dal fiume Mincio, a sud dal fiume Po, a est dal confine italo-sloveno ed a nord dalla catena delle Alpi orientali costituente linea di displuvio rispetto al contiguo distretto del Danubio.

Si tratta, in sostanza, dell'unione dei bacini idrografici già definiti ai sensi dell'abrogata legge 18 maggio 1989, n. 183 e classificati, in tale contesto, in bacini nazionali interregionali e regionali.

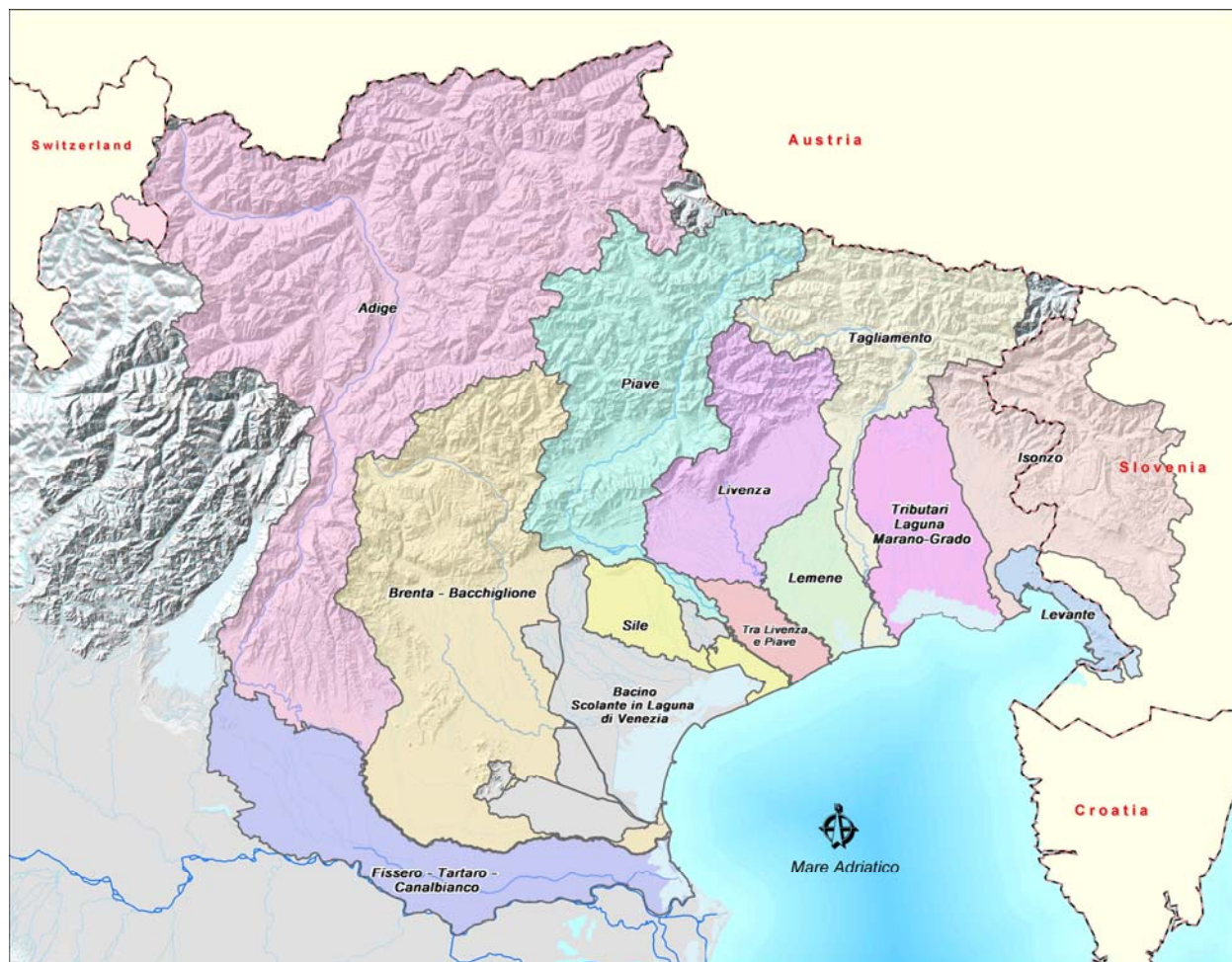


Figura I. 1: inquadramento del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.

Nel caso specifico vi fanno parte:

- il bacino dell'Adige, già bacino di rilievo nazionale ai sensi della legge 183/1989;
- i bacini dell'Alto Adriatico (Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione), già bacini di rilievo nazionale ai sensi della legge 183/1989;
- i bacini del Lemene e Fissero-Tartaro-Canalbianco, già bacini di rilievo interregionale ai sensi della legge 183/1989;
- i bacini del Friuli Venezia Giulia e del Veneto, già bacini di rilievo regionale ai sensi della legge 183/1989.

Concorrono dunque a formare l'area di interesse del piano i bacini idrografici dei principali corsi d'acqua sfocianti nel Mare Adriatico lungo l'arco litoraneo compreso tra Trieste ed il delta del fiume Po; si tratta in particolare, procedendo da est verso ovest, del fiume Isonzo, del fiume Tagliamento, del fiume Livenza, del fiume Piave, del sistema fluviale del Brenta-Bacchiglione (i

predetti corpi idrici, pur costituendo due sistemi separati, si uniscono a pochi chilometri dalla foce) ed infine del fiume Adige.

Tutti questi fiumi costituenti l'ossatura principale del sistema idrografico del nord-est sono accomunati dall'aver un carattere spiccatamente fluvio-torrentizio, con regime idrometrico ordinario che presenta valori stagionali massimi in primavera ed autunno e valori stagionali minimi in estate ed inverno. Le portate, pur nella variabilità appena ricordata, presentano valori medi annui non molto diversi, essendo attestati tra 80 e 100 m³/s.

Più evidenti risultano le differenze nel regime idrometrico di piena: le portate di picco presentano infatti valori compresi tra 2.000 e 5.000 m³/s.

Si può ad esempio ricordare che il fiume Adige presenta una portata media nettamente superiore agli altri fiumi del bacino e si attesta a circa 200 m³/s; le portate massime si riscontrano normalmente durante i mesi estivi da maggio a settembre mentre le portate minime si verificano durante i mesi invernali da gennaio a marzo.

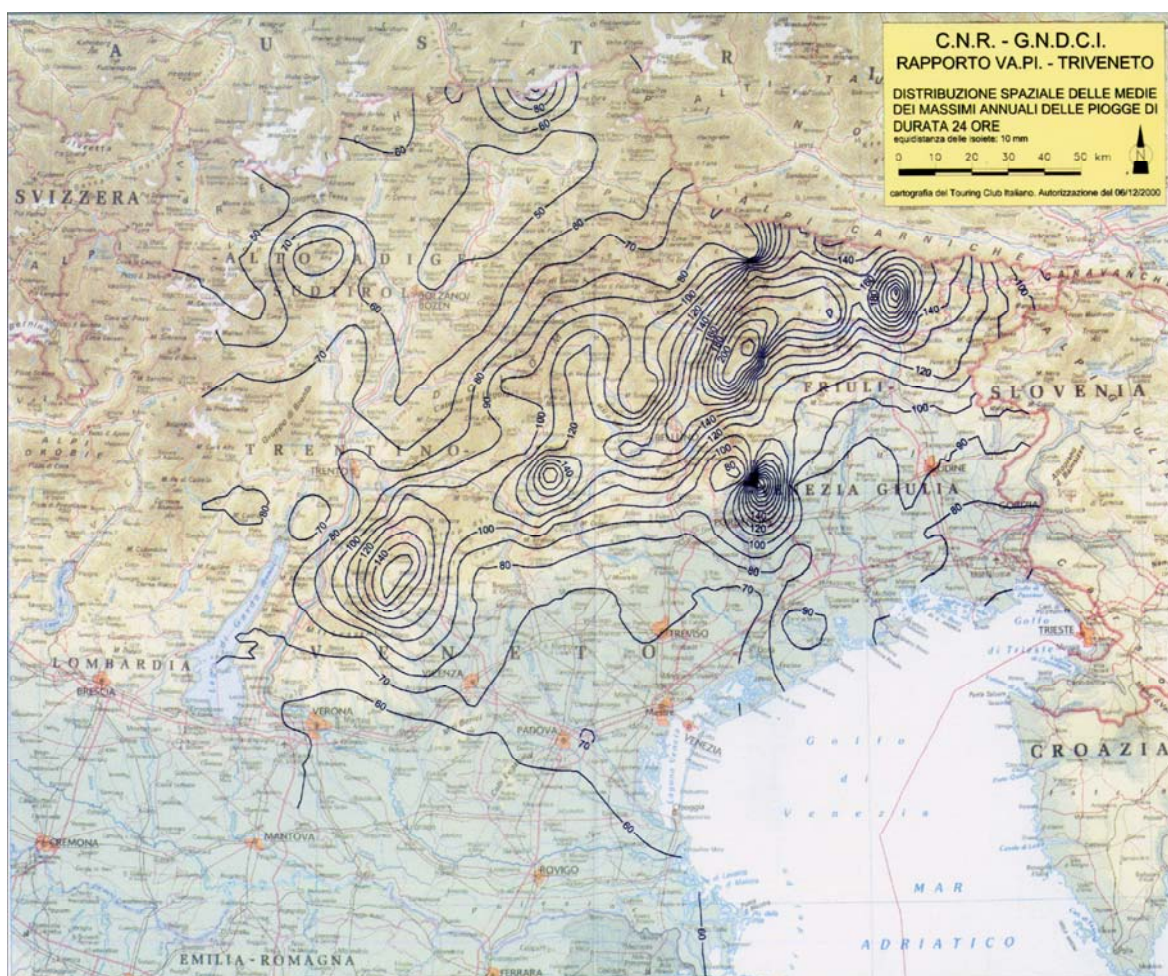


Figura I. 2: carta isoietografica riferita alla media dei massimi annuali di pioggia di durata di 24 ore.

A fronte di un comune recettore, rappresentato dal mare Adriatico, i citati bacini idrografici costituiscono, almeno con riguardo all'assetto naturale delle acque superficiali, sistemi funzionalmente autonomi ed indipendenti.

Anche in ragione della contiguità geografica, numerose sono le analogie che i suddetti bacini presentano sotto il profilo climatologico, morfologico e geologico.

Va tuttavia osservato che il processo di antropizzazione che ha interessato tali territori nell'ultimo secolo, e segnatamente dopo il secondo dopoguerra, si è manifestato, nei diversi contesti, in forme diverse, in relazione alle differenti modalità di sviluppo sociale ed economico; ne consegue che l'odierno assetto qualitativo-quantitativo delle risorse idriche superficiali presenta aspetti problematici variamente articolati da bacino a bacino, in relazione al prevalere delle questioni meramente quantitative, legate cioè al sovrasfruttamento delle acque, sulle questioni di carattere eminentemente qualitativo, dovute quindi alla presenza di fonti di inquinamento puntuali e diffuse.

Accanto al telaio idrografico principale, la media e bassa pianura accoglie un sistema idrografico minore costituito, sostanzialmente, dai fiumi di risorgiva alimentati dalle dispersioni dei corsi d'acqua principali.

Di questo sistema fanno parte i bacini già classificati, ai sensi dell'abrogata legge 183/1989, di rilievo regionale ed interregionale. Fra questi vanno ricordati i bacini del fiume Sile, del Lemene, del fiume Stella, del Cormor e dell'Aussa-Corno.

Questo sistema idrografico drena la media e bassa pianura veneto-friulana compresa tra i corsi d'acqua principali nell'ampia fascia che si estende tra la linea delle risorgive ed il Mare Adriatico; diversamente dai corsi d'acqua principali sopra richiamati, questo sistema idrografico minore è caratterizzato da una sostanziale perennità delle portate fluenti e, mediamente, da una discreta qualità delle acque superficiali.

Spostando l'attenzione dal sistema delle acque superficiali al sistema delle acque sotterranee, il patrimonio idrico ipogeo trova sede, per il territorio di interesse, nell'ampio complesso alluvionale di pianura che si estende dalle pendici dei rilievi montuosi fino al mare, per una superficie complessiva di quasi 13000 chilometri quadrati.

La zona di ricarica, collocata nella porzione più settentrionale della pianura, è sede dell'acquifero indifferenziato e si allunga ai piedi delle Prealpi per una fascia di circa venti chilometri, con uno spessore dei sedimenti saturi che oltrepassa i 600 m in corrispondenza della fascia delle risorgive.

A sud di tale fascia alcuni livelli continui argillosi suddividono il complesso idrico indifferenziato in un sistema multifalde diversificato, in senso verticale, sia nelle caratteristiche chimiche che nei valori piezometrici.

Il ruolo dell'alta pianura riveste particolare importanza perché da esso traggono origine e alimentazione i sistemi in pressione della media e bassa pianura.

Le dispersioni dei corsi d'acqua, favorite dalle favorevoli caratteristiche idrogeologiche del materasso alluvionale dell'alta pianura, rappresentano il maggior contributo fra i fattori di alimentazione del sistema acquifero sotterraneo; il processo di dispersione cessa però a valle della fascia delle risorgive e si instaura piuttosto l'opposto fenomeno di drenaggio della falda freatica, visibile attraverso il progressivo aumento delle portate il alveo.

Infine nella parte più meridionale della pianura veneta e friulana i corsi d'acqua, in genere arginati, attraversano terreni perlopiù impermeabili con influenza praticamente nulla sull'alimentazione delle falde in pressione. La ricarica di queste ultime è pertanto affidata in linea di massima ai lentissimi processi di interazione tra gli orizzonti sabbiosi ed i terreni limoso-argillosi, e presenta pertanto una produttività assai limitata.

Le brevi e sintetiche considerazioni sin qui esposte portano ad evidenziare la notevole complessità del sistema idrografico ed idrogeologico propria del territorio di interesse il quale, a fronte di un assetto strutturale e morfologico sufficientemente omogeneo, presenta tuttavia criticità e problemi di gestione della risorsa idrica varie e ben articolate sul territorio.

Ne discende l'opportunità che i temi propri del piano di gestione siano affrontati, laddove necessario, alla scala sub-distrettuale, allo scopo di meglio caratterizzare i problemi di ciascun bacino idrografico, di indagare con il dovuto grado di dettaglio natura e tipologia delle pressioni che condizionano l'assetto quali-quantitativo dei corpi idrici e di definire, di conseguenza, le più opportune misure per il conseguimento degli obiettivi di qualità indicati dalla direttiva comunitaria.

In tal senso le unità territoriali di riferimento nella stesura del Piano di gestione sono, almeno con riguardo al sistema delle acque superficiali, i singoli bacini idrografici recapitanti nel Mare Adriatico, come nel seguito individuati:

- il bacino del Levante;
- il bacino del fiume Isonzo;
- il bacino dei tributari della laguna di Marano-Grado;
- il bacino del fiume Tagliamento;

- il bacino del torrente Slizza
- il bacino del fiume Lemene;
- il bacino del fiume Livenza;
- il bacino della pianura tra Piave e Livenza;
- il bacino del fiume Piave;
- il bacino del fiume Sile;
- il bacino dei fiumi Brenta e Bacchiglione;
- il bacino scolante in laguna di Venezia;
- il bacino del fiume Adige;
- il bacino del Fissero-Tartaro-Canalbianco.

Per gli obiettivi e le finalità del Piano di gestione si considerano parte del bacino dell'Adige anche le porzioni di territorio della provincia di Bolzano relative ai bacini della Drava e dell'Inn, che in realtà confluiscono nel bacino del Danubio.

Le acque sotterranee, stante la forte interconnessione degli acquiferi della pianura veneto-friulana sopra richiamata, sono state invece trattate in modo unitario, facendo dunque riferimento alla più ampia scala distrettuale. Quando necessario, i riferimenti sono stati comunque riportati alla scala di bacino idrografico.

In ogni caso gli aspetti di interesse e di valenza generale ovvero quelli non facilmente ed immediatamente riconducibili agli ambiti territoriali dei singoli bacini (per esempio l'assetto climatologico, l'assetto delle acque costiere, e le stesse sezioni conclusive di piano espressamente rivolte agli aspetti procedurali e tecnico-amministrativi) sono descritti e caratterizzati alla più ampia scala di riferimento.

I.1.2. L'articolazione del documento

L'organizzazione dello schema di piano di gestione, articolato per singole unità sub-distrettuali o bacini, fa riferimento alle indicazioni già contenute nell'allegato VII della Direttiva 2000/60/CE, così come successivamente confermate, in sede di recepimento da parte della normativa italiana, dall'Allegato 4 alla parte III del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

In estrema sintesi, gli aspetti tematici che sono affrontati dal piano di gestione si possono ricondurre a tre distinti “blocchi tematici”:

- la definizione del quadro conoscitivo;
- la definizione della fase più propriamente propositiva, consistente nell'individuazione degli obiettivi di qualità ambientale e del conseguente programma di misure;
- la definizione degli aspetti procedurali connessi alla fase di elaborazione e di attuazione del piano: in tale contesto si dovrà procedere alla costruzione del repertorio dei Piani e Programmi relativi a sottobacini o settori e tematiche specifiche; sarà altresì riportata una sintesi del procedimento di consultazione pubblica attivato nella fase di elaborazione del piano, l'elenco delle autorità competenti nonché l'elenco dei referenti e delle procedure ai fini dell'ottenimento di informazioni.

I.1.3. La prima fase: definizione del quadro conoscitivo

La fase conoscitiva del piano di gestione fa riferimento agli elementi descrittivi precisati nella sezione A, punti 1-4 dell'allegato VII della direttiva comunitaria 2000/60/CE.

Tale quadro di caratterizzazione generale pertanto comprende:

- una descrizione generale delle caratteristiche del distretto idrografico ovvero dei bacini che lo compongono, con particolare riferimento agli aspetti di geografia fisica e politica;
- la caratterizzazione del sistema idrografico superficiale e sotterraneo, in conformità alle specifiche tecniche contenute nell'allegato II alla direttiva comunitaria;
- l'individuazione, in forma sintetica, delle pressioni e degli impatti significativi che le attività umane esercitano sullo stato delle acque superficiali e sotterranee;
- l'individuazione e la caratterizzazione delle “aree protette”;
- l'individuazione e caratterizzazione delle reti di monitoraggio e dei relativi dati, funzionali alla verifica dello stato ecologico e chimico delle acque superficiali, dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee e dello stato delle aree protette.

Circa gli aspetti conoscitivi sopra evidenziati, deve essere evidenziato che le Autorità di bacino di rilievo nazionale e le Regioni, ciascuna per il territorio di competenza, in ottemperanza a

quanto richiesto dall'art. 5 della Direttiva 2000/60/CE, hanno già provveduto a redigere nel 2006 un primo rapporto di carattere descrittivo avente lo scopo di fornire un'analisi generale delle caratteristiche del bacino e dello stato delle acque. Il predetto rapporto, pur cercando di affrontare tutti i temi richiesti dalla Direttiva, non ha potuto integralmente conformarsi alle specifiche indicazioni, soprattutto di carattere metodologico, sviluppate in sede comunitaria nell'ambito della Common Implementation Strategy (CIS).

In sede di elaborazione del Piano di gestione è stato necessario procedere all'aggiornamento della base conoscitiva dei dati già raccolti, con particolare riguardo agli aspetti metodologici non compiutamente già sviluppati e provvedere, ove necessario, all'eventuale integrazione delle nuove conoscenze, laddove necessario ed opportuno, alla scala distrettuale.

In particolare si è tenuto conto delle attività di caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) recentemente sviluppate dalle Regioni e dalle Province Autonome in attuazione alle specifiche tecniche contenute nel D.M. 16 giugno 2008, n. 131.

Seguendo pedissequamente i contenuti previsti dall'allegato VII della direttiva comunitaria, si valuteranno di seguito i singoli aspetti concorrenti alla definizione del quadro conoscitivo.

I.1.3.1. Descrizione generale delle caratteristiche fisiche

A norma di quanto disposto dall'allegato VII, punto 1, della Direttiva, il Piano di gestione contiene una descrizione generale delle caratteristiche fisiche dell'area oggetto di indagine, redatta secondo i criteri individuati dall'art. 5 e dall'allegato II della direttiva medesima.

La descrizione propriamente fisica del contesto territoriale, articolata per singoli bacini, fa riferimento agli aspetti geografici ed alla caratterizzazione geologica, idrologica e climatica.

Inoltre, con riguardo agli aspetti riconducibili più propriamente alla presenza antropica, sono individuate, per ciascuna bacino, le più significative caratteristiche socio-economiche e di utilizzazione del suolo, nonché di industrializzazione.

L'aspetto senza dubbio centrale del quadro conoscitivo è dato dalla caratterizzazione quali-quantitativa della risorsa idrica.

In tal senso la direttiva europea richiede che il sistema delle acque superficiali (allegato VII, punto 1.1) sia caratterizzato attraverso i seguenti elaborati di sintesi:

- la rappresentazione cartografica dell'ubicazione e del perimetro dei corpi idrici;

- la rappresentazione cartografica delle ecoregioni e dei tipi di corpo idrico superficiale presenti nel bacino idrografico;
- la segnalazione delle condizioni di riferimento per i tipi di corpo idrico superficiale.

Corrispondentemente, la direttiva in argomento stabilisce che i corpi idrici sotterranei siano identificati e descritti attraverso la rappresentazione cartografica della loro ubicazione e del perimetro (Allegato VII, punto 1.2 della Direttiva comunitaria).

I.1.3.2. Sintesi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sotterranee

Il legislatore comunitario, riconoscendo la difficoltà di caratterizzare in maniera circostanziata un tema così complesso quale quello delle pressioni antropiche, ammette pertanto che su tale aspetto il piano di gestione potrà fare riferimento, in carenza di dati e di specifiche campagne di monitoraggio, a valutazioni di tipo indiretto, impostate sui dati dei censimenti della popolazione, delle attività economiche e dell'agricoltura forniti da ISTAT.

Si segnala peraltro che il tema delle pressioni antropiche sugli aspetti qualitativi delle acque, in quanto già costituente contenuto dei piani di tutela di iniziativa regionale, è già stato adeguatamente sviluppato, seppure a scala di singoli bacini idrografici, nell'ambito dei documenti predisposti da Regioni ed Autorità di bacino in adempimento a quanto previsto dall'art. 5 della direttiva.

I.1.3.3. Specificazione e rappresentazione cartografica delle aree protette

A norma di quanto previsto dal combinato disposto dell'art. 6 e degli allegati IV e VII della Direttiva 2000/60/CE, il Piano di gestione contiene un'apposita sezione dedicata alle aree protette. In tale contesto, a norma di quanto stabilito dall'allegato IV della direttiva comunitaria, sono individuate e segnalate le seguenti tipologie:

- le aree designate per l'estrazione di acque destinate al consumo umano (e destinate a tale uso in futuro);
- le aree designate per la protezione delle specie significative dal punto di vista economico;
- i corpi idrici intesi a scopo ricreativo, comprese le acque designate come acque di balneazione a norma della direttiva 76/160/CEE;
- le aree sensibili rispetto ai nutrienti, comprese quelle designate come zone vulnerabili a

norma della direttiva 91/676/CEE e le zone designate come aree sensibili a norma della direttiva 91/271/CEE;

- le aree designate per la protezione degli habitat e delle specie, nelle quali mantenere e migliorare la qualità delle acque è importante per la loro protezione, compresi i siti pertinenti della rete Natura 2000 istituiti ai sensi della Direttiva 79/409/CEE e 92/43/CEE recepite rispettivamente con la legge 11 febbraio 1992, n.157 e con DPR 8 settembre 1997, n.357 come modificato dal D.P.R. 12 marzo 2003 n. 2000.

Anche su tale specifico aspetto va precisato che le informazioni utili alla implementazione del piano di gestione sono state desunte dai piani di tutela o da altri documenti a disposizione.

Buona parte delle informazioni utili al compimento di questa sezione del piano risultano peraltro già contenute, per buona parte, nei documenti predisposti da Autorità di bacino, province e regioni in ottemperanza all'art. 5 della direttiva e sono risultati, al più, meritevoli di modesti completamenti ed aggiornamenti.

I.1.3.4. Mappa delle reti di monitoraggio e rappresentazione cartografica dei risultati dei programmi di monitoraggio

L'allegato VII, punto 4, della direttiva europea individua come ulteriore segmento del Piano di gestione la mappa delle reti di monitoraggio istituite ai fini dell'art. 8 e dell'allegato V, nonché la rappresentazione cartografica dei risultati dei programmi di monitoraggio effettuati a norma di dette disposizioni; lo scopo è quello di verificare lo stato ecologico e chimico delle acque superficiali, lo stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee nonché lo stato delle aree protette.

Il legislatore comunitario ha inteso caratterizzare lo stato di salute dei corpi idrici superficiali sulla base di un ampio spettro di elementi qualitativi (elementi biologici, elementi idromorfologici, elementi chimici e fisico-chimici) che richiedono non solo un livello conoscitivo elevato e competenze multidisciplinari, ma anche metodologie e strumenti di analisi consolidati, validati e condivisi.

In particolare, per i soli aspetti di qualità biologica la direttiva prevede la conoscenza della composizione e abbondanza della flora acquatica e dei macroinvertebrati bentonici nonché composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica.

Allo stato attuale la rete di monitoraggio disponibile sul sistema idrografico delle Alpi Orientali risponde al D.Lgs. 152/1999, anticipatore, per alcuni aspetti, dei contenuti della norma europea,

e che prevedeva che la classificazione dello stato ambientale venisse effettuata sulla base degli elementi chimici e dell'IBE; quest'ultimo indicatore, peraltro, considera, tra le componenti biotiche previste dalla direttiva, solo il macrobentos.

Il Piano di gestione individua, quindi, nella sua versione definitiva, il percorso di implementazione e di integrazione delle reti esistenti, allo scopo di adeguarle alle disposizioni comunitarie, anche secondo le indicazioni rese dall'Allegato V, punto 1.3 della direttiva acque.

Nel frattempo, in attesa che a livello nazionale vengano definite le metodiche con cui procedere alla raccolta dei dati relativi ai parametri indicati e che questi vengano utilizzati nell'ambito di programmi di monitoraggio specifici, è stato definito, per i corpi idrici già attualmente monitorati ai sensi del 152/99, lo stato ecologico attraverso l'integrazione tra i dati esistenti ed il giudizio "esperto".

I.1.4. La seconda fase: individuazione degli obiettivi ambientali e delle misure

Questa è la fase propositiva, individuata dai punti 5, 6 e 7 dell'allegato VII della direttiva comunitaria. In questa fase, con i dati disponibili, sono stati attualmente stabiliti e descritti i seguenti aspetti:

- l'elenco degli obiettivi ambientali fissati per le acque superficiali, per le acque sotterranee e per le aree protette;
- la sintesi del programma o dei programmi di misure adottati a norma dell'art. 11 della direttiva comunitaria.

Per una successiva facile lettura degli obiettivi e degli obiettivi secondari si è ritenuto opportuno, in fase di revisione, schematizzare gli obiettivi di piano come segue, fermi restando gli obiettivi specifici per il distretto.

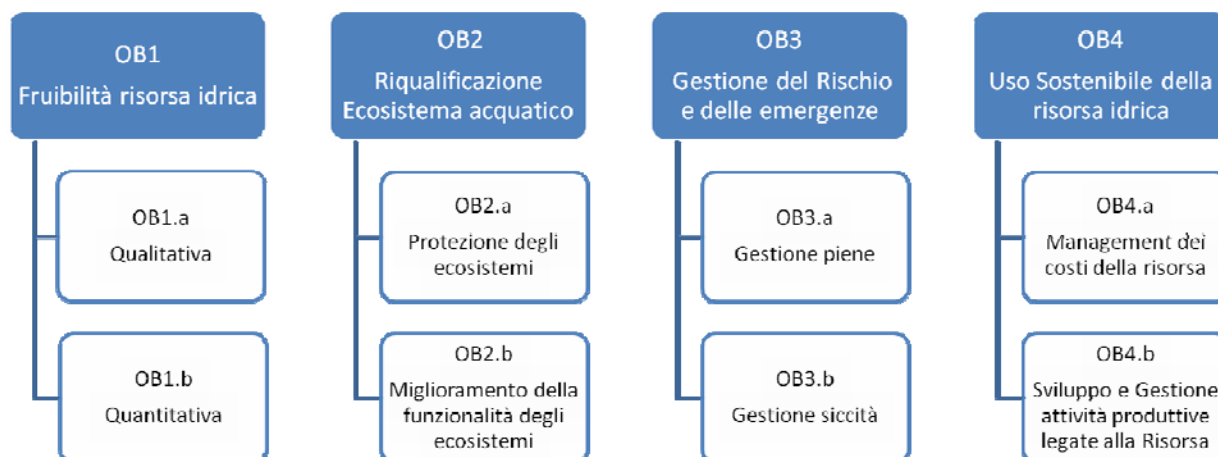


Figura I. 3: schema degli obiettivi di piano.

I.1.4.1. Elenco degli obiettivi ambientali

La direttiva comunitaria, ed in particolare l'art. 4, individua in misura dettagliata gli obiettivi ambientali che devono essere conseguiti attraverso i programmi di misure individuati nei piani di gestione.

Tali obiettivi si possono così sintetizzare:

- impedire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici superficiali;
- proteggere, migliorare e ripristinare tutti i corpi idrici superficiali, ad eccezione di quelli artificiali e di quelli fortemente modificati, al fine di raggiungere un buono stato delle acque superficiali entro il 2015;
- proteggere e migliorare tutti i corpi idrici artificiali e quelli fortemente modificati al fine di raggiungere un potenziale ecologico buono entro il 2015;
- ridurre progressivamente l'inquinamento causato dalle sostanze pericolose prioritarie e arrestare o eliminare gradualmente le emissioni, gli scarichi e le perdite di sostanze pericolose prioritarie;
- impedire o limitare l'emissione di inquinanti nelle acque sotterranee ed impedire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici sotterranei;
- proteggere, migliorare e ripristinare i corpi idrici sotterranei ed assicurare un equilibrio tra l'estrazione ed il ravvenamento delle acque sotterranee al fine di conseguire un buono stato delle acque sotterranee entro il 2015;
- invertire le tendenze significative e durature all'aumento della concentrazione di qualsiasi

inquinante derivante dall'impatto dell'attività umana per ridurre progressivamente l'inquinamento delle acque sotterranee;

- conformare le aree protette a tutti gli standard e agli obiettivi entro il 2015.

Nel confermare, in linea generale, il conseguimento degli obiettivi di qualità ambientale previsti dalla direttiva, il piano di gestione ha individuato e valutato le eventuali possibilità di deroga:

- deroghe temporali, per meglio dire proroghe, mediante le quali verrà semplicemente prorogato il termine ultimo di raggiungimento dell'obiettivo, e procrastinandolo dunque oltre la scadenza "ordinaria" del 2015;
- deroghe dall'obiettivo in quanto riconosciuto non perseguibile o esageratamente oneroso a causa delle modificazioni indotte sul corpo idrico dall'attività umana (corpi idrici fortemente modificati o artificiali).

Per ciascuno dei corpi idrici riconosciuti come fortemente modificati o artificiali il piano ha individuato l'obiettivo da raggiungere.

I.1.4.2. Analisi economica dell'utilizzo idrico

Allo stato attuale del piano, tali problematiche sono state illustrate solo come indicazione di indirizzo.

I.1.4.3. Il programma delle misure

In ottemperanza a quanto prescritto dall'allegato VII, punto 7, della direttiva comunitaria, il piano individua "per ciascun distretto idrografico o parte di distretto idrografico compreso nel suo territorio" un programma di misure che ha tenuto conto dei risultati dell'attività conoscitiva, allo scopo di realizzare gli obiettivi di cui al precedente paragrafo.

A tal riguardo sono state individuate le misure che risultano ad oggi già attuate sia quelle, eventualmente, da mettere in atto nel periodo 2010-2015 per il raggiungimento degli obiettivi ambientali e le relative modalità di attuazione.

In relazione al punto 7 dell'Allegato VII della Direttiva sono state individuate in generale misure:

- necessarie per attuare la normativa comunitaria sulla protezione delle acque (allegato VII, sezione A, punto 7.1)
- da adottate per soddisfare i requisiti delle acque da destinare al consumo umano (allegato VII, sezione A, punto 7.3);

- per i controlli sull'estrazione e sull'arginamento delle acque, con rimando ai registri e specificazione dei casi in cui sono state concesse esenzioni (allegato VII, sezione A, punto 7.4)
- per i controlli decisi per gli scarichi in fonti puntuali e per altre attività che producono un impatto sullo stato delle acque (allegato VII, sezione A, punto 7.5);
- di deroga al divieto di scarichi diretti nelle acque sotterranee (allegato VII, sezione A, punto 7.6);
- da adottate per combattere il rischio di inquinamento dell'ambiente acquatico da parte delle sostanze prioritarie (allegato VII, sezione A, punto 7.7);
- da adottate per prevenire o ridurre l'impatto degli episodi di inquinamento accidentale (allegato VII, sezione A, punto 7.8);
- da adottate per i corpi idrici per i quali il raggiungimento degli obiettivi di qualità è valutato come improbabile (allegato VII, sezione A, punto 7.9);
- supplementari ritenute necessarie per il conseguimento degli obiettivi ambientali fissati (allegato VII, sezione A, punto 7.10).

Inoltre sono state individuate altre misure supplementari tra cui quelle a norma dell'articolo 11, paragrafo 3, lettere g) ed i) e quelle a norma dell'articolo 11 paragrafo 6 della direttiva 2000/60/CE.

I.1.5. La terza fase: aspetti procedurali e tecnico-amministrativi

Il terzo blocco tematico del Piano ha definito gli aspetti procedurali tecnico-amministrativi connessi alla fase di elaborazione ma anche a quella di attuazione del piano.

In sintesi questo "blocco tematico" comprende attualmente:

- il repertorio di eventuali programmi o piani di gestione adottati per il distretto idrografico e relativi a determinati sottobacini, settori, tematiche o tipi di acque, corredati da una sintesi del contenuto (Allegato VII, sezione A, punto 8, della direttiva 2000/60/CE);
- la sintesi della consultazione pubblica;
- l'elenco delle autorità competenti (Allegato VII, sezione A, punto 10, della direttiva

2000/60/CE);

- l'individuazione dei referenti e delle procedure per ottenere le informazioni di base.

I.1.5.1. Repertorio di piani e programmi relativi a sottobacini o a settori e tematiche specifiche

L'obiettivo del repertorio è da ricondurre a quanto espressamente riportato dall'art. 13, comma 5, della direttiva che testualmente prevede che "i Piani di gestione dei bacini idrografici possono essere integrati da programmi e piani di gestione più dettagliati per sotto-bacini, settori, problematiche o categorie di acque al fine di affrontare aspetti particolari della gestione idrica".

Pertanto l'attenzione di questa attività di censimento è stata rivolta in modo particolare verso quegli strumenti di pianificazione che hanno obiettivi specifici nei settori della tutela della qualità dei corpi idrici e della razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche. In tal senso, i piani e programmi da considerare saranno quelli funzionali alla diretta attuazione del piano di gestione ed assimilabili dunque, per carattere operativo e per scala spaziale e settoriale, ad una sorta di "piani attuativi" del piano di gestione.

Tra questi in particolare:

- i Piani di tutela delle acque, di iniziativa regionale, redatti ai sensi del D.Lgs. 152/1999 e del D.Lgs. 152/2006;
- i Piani generali di utilizzazione delle acque di iniziativa delle Province Autonome di Trento e Bolzano;
- i Piani di tutela delle acque di iniziativa delle Province Autonome di Trento e Bolzano;
- il Piano stralcio per la gestione delle risorse idriche del bacino del fiume Piave;
- il bilancio idrico superficiale di primo livello del fiume Adige;
- i Piani d'Ambito Territoriale ottimale.

I.1.5.2. Sintesi della consultazione pubblica

Viene illustrato il percorso di partecipazione pubblica, intesa come accesso alle informazioni, consultazione e partecipazione attiva, che ha accompagnato la predisposizione del Piano di Gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali.

I.1.5.3. Elenco delle autorità competenti

A norma di quanto espressamente previsto dall'Allegato I della Direttiva comunitaria, per ciascuna autorità competente sono stati indicati gli elementi riguardanti: nome ed indirizzo dell'autorità competente, situazione giuridica dell'autorità competente; competenze; composizione ed eventuali relazioni internazionali.

I.1.5.4. Referenti e procedure ai fini dell'ottenimento delle informazioni

Nel sito web www.alpiorientali.it sono stati identificati i soggetti ai quali fare riferimento per l'ottenimento delle informazioni.

I.1.6. Evoluzione successiva del piano di gestione

Il piano di gestione costituisce uno strumento dinamico che si evolve e si aggiorna nel tempo in relazione alla graduale attuazione delle misure da esso stesso previste ed al conseguente mutato assetto delle risorse idriche superficiali e sotterranee.

Per tal motivo il legislatore comunitario ha espressamente previsto (articolo 5, comma 2 della direttiva 2000/60/CE) che le analisi delle caratteristiche del distretto idrografico, l'esame dell'impatto delle attività umane sulle risorse idriche e l'analisi economica dell'utilizzo idrico costituiscano attività da riesaminare ed aggiornare entro il 2013 e, successivamente, ogni sei anni; ha parimenti previsto che i piani di gestione propriamente detti, comprensivi cioè della azioni di carattere propositivo, siano riesaminati ed aggiornati ogni sei anni, a partire dal 2015.

A fronte di questa tempistica già prevista dalla norma, si impone l'opportunità di individuare, sin dall'immediata approvazione del piano di gestione, un programma di attività che le Autorità di bacino sono chiamate a svolgere nel quadriennio 2010-2013 finalizzato all'integrazione ed all'aggiornamento dei suoi contenuti, per assicurarne la piena e perfetta coerenza rispetto agli adempimenti previsti dalla direttiva e dalle successive specificazioni tecniche (Common Implementation Strategy).

Tanto considerato, il piano di gestione nella sua versione definitiva dovrà anzitutto individuare, nel novero delle azioni prioritarie ed integrativamente alle misure già espressamente previste dall'allegato VII della direttiva comunitaria, un percorso di possibile implementazione degli strumenti conoscitivi utile a meglio caratterizzare lo stato di qualità ambientale dei corpi idrici,

laddove ancora meritevole di approfondimento (in primo luogo l'integrazione dei sistemi di monitoraggio per la parametri biologici non ancora compiutamente misurati) e consentire in tal modo la più puntuale valutazione della distanza di tale stato dalla condizione obiettivo individuata dalla direttiva.

I.2. Caratteristiche generali del distretto idrografico

I.2.1. Inquadramento territoriale

I Bacini idrografici delle Alpi Orientali, a norma di quanto stabilito dall'art. 64 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sono:

- il bacino dell'Adige, già bacino nazionale ai sensi della legge 183/1989;
- i bacini dell'Alto Adriatico, comprendenti i bacini dell'Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave e Brenta-Bacchiglione, già bacini nazionali ai sensi della legge 183/1989;
- i bacini del Lemene e del Fissero-Tartaro-Canalbianco, già bacini interregionali ai sensi della legge 183/1989;
- il bacino del Levante, quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello il bacino dello Slizza, già bacini regionali ai sensi della legge 183/1989;
- il bacino scolante della laguna di Venezia.

Essi occupano una superficie complessiva di oltre 37.000 km² e si estendono, dal punto di vista amministrativo, nei territori della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, della Regione del Veneto, della Regione Lombardia nonché delle Province Autonome di Trento e di Bolzano.

Alcuni dei Bacini idrografici delle Alpi Orientali hanno rilevanza internazionale: due terzi del territorio del bacino dell'Isonzo ricadono infatti in territorio sloveno; anche il bacino del Levante sconfinava in territorio sloveno per circa 50 km² in quanto sia il rio Osopo che il fiume Timavo hanno le loro sorgenti in Slovenia (quest'ultimo, in questo stato, assume il nome di Reka). Inoltre, il bacino del fiume Adige si estende, seppure per una superficie esigua (circa 130 km²), oltre il confine nazionale, nel territorio della Svizzera.

Il sistema idrografico comprende sei corsi d'acqua principali che sfociano nell'Adriatico lungo l'arco litoraneo compreso fra Trieste e Chioggia: l'Isonzo, il Tagliamento, il Livenza, il Piave, il Brenta-Bacchiglione e l'Adige. Esiste, inoltre, un sistema idrografico minore costituito, sostanzialmente, dai fiumi di risorgiva presenti nella bassa pianura alimentati dalle dispersioni dei corsi d'acqua principali. Fra questi vanno annoverati i fiumi: Sile, Lemene, Stella, Cormor e

Corno-Ausa.

Ne risulta un sistema idraulico unico nel suo genere, assoggettato nella storia a ripetuti interventi di artificializzazione (4.000 chilometri di arginature classificate di II e III categoria, oltre alle reti minori ed a migliaia di opere di regolazione) e governato in modo unitario, fin dal 1502, dal Magistrato alle Acque, uno speciale Organismo governativo di solide ed autorevoli competenze tecniche, esperienze, impianti e regole.

Il territorio in oggetto può considerarsi, dal punto di vista morfologico, suddiviso in tre grandi aree omogenee: l'area montana e pedemontana, l'area d'alta pianura e l'area di bassa pianura.

L'area montana è costituita, procedendo da est verso ovest, dai rilievi delle Alpi Giulie e delle Alpi Carniche, dai gruppi montuosi dolomitici del Bellunese, del Trentino e dell'Alto Adige fino al Gruppo Ortles-Cevedale che segna il confine col bacino imbrifero dell'Adda.

L'alta pianura è costituita dalle conoidi alluvionali depositate dai corsi d'acqua uscenti dal bacino montano, caratterizzate da terreni ad elevata permeabilità, dove si manifestano i complessi rapporti fiume-falda. All'uscita del bacino montano i corsi d'acqua sono ancora dotati di notevole pendenza, orientativamente compresa fra lo 0,1 e il 0,3%, ed assumono la tipica configurazione pluricursale, con elevata mobilità laterale, che dà forma ad ampi alvei ghiaiosi. In questo settore fluviale sono presenti le importanti derivazioni irrigue che, attraverso le reti di distribuzione, vanno ad alimentare un territorio tendenzialmente arido. Il limite meridionale dell'alta pianura è costituito dalla linea delle risorgive ed interessa tutta l'alta zona alluvionale della pianura veneta e padana, dal Friuli Venezia Giulia alla Lombardia. Dalla linea delle risorgive ha origine la rete idrografica minore caratterizzata da una significativa perennità delle portate fluenti e da una buona qualità delle acque.

I sei grandi fiumi che costituiscono la rete idrografica principale sono prevalentemente corsi d'acqua a carattere fluvio-torrentizio, con portate medie annue sostanzialmente comprese tra 80 e 100 m³/s e portate di piena fra 2.500 e 5.000 m³/s. Una volta completato il loro percorso nell'alta pianura, risentono morfologicamente della brusca riduzione di pendenza che fa loro abbandonare il carattere pluricursale per assumere una configurazione monocursale con formazione di ampi meandri. I tratti terminali, dove la pianura degrada dolcemente verso la linea di costa, sono presidiati da argini ed impostati su terreni di formazione recente a granulometria fine, di scarsa permeabilità.

L'importante patrimonio idrico sotterraneo, esteso dai rilievi montuosi fino al mare, trova sede nel complesso alluvionale di pianura. La sua zona di ricarica si allunga ai piedi delle Prealpi costituendo un acquifero indifferenziato.

La fascia di territorio sede dell'acquifero indifferenziato é larga una ventina di chilometri, con uno spessore dei sedimenti saturi che oltrepassa i 600 metri in corrispondenza della fascia delle risorgive.

A sud di tale fascia alcuni livelli continui argillosi suddividono il complesso idrico indifferenziato in un sistema multifalda diversificato, in senso verticale, sia nelle caratteristiche chimiche che nei valori piezometrici. Nel bilancio idrogeologico, il ruolo dell'alta pianura è particolarmente importante perché da essa traggono origine ed alimentazione i sistemi in pressione della media e bassa pianura. Le dispersioni dei corsi d'acqua, favorite dalle accennate caratteristiche idrogeologiche del materasso alluvionale, rappresentano il maggiore contributo fra i fattori di alimentazione del sistema acquifero sotterraneo.

La stretta correlazione tra il regime dei corsi d'acqua e quello delle sottostanti falde risulta evidente specialmente nelle zone poste a ridosso dei tratti d'alveo più disperdenti dove sono rilevabili le corrispondenze tra le oscillazioni della falda e le portate in alveo.

Dove la falda interseca la superficie topografica, traggono origine veri e propri fiumi, come il Bacchiglione ed il Livenza.

A valle della fascia delle risorgive, cessa il processo di dispersione e s'instaura un processo di drenaggio della falda freatica latistante il corso d'acqua, visibile attraverso il progressivo aumento delle portate in alveo.

Nel settore di pianura i corsi d'acqua, in genere arginati, attraversando terreni per lo più impermeabili, hanno un'influenza sull'alimentazione delle falde in pressione praticamente nulla.

La ricarica di queste ultime dipende, in linea di massima, dai lentissimi processi d'interazione tra gli orizzonti sabbiosi ed i terreni limoso-argillosi e presenta pertanto una produttività limitata.

I.2.2. Inquadramento climatologico

L'inquadramento climatologico del distretto viene di seguito proposto sulla base di contributi su specifici ambiti territoriali e tematiche.

I.2.2.1. Caratteristiche generali del clima

Nello studio climatologico condotto per l'Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico sono stati adottati entrambi gli approcci metodologici: da un lato, attraverso la determinazione dei valori

medi, su base trentennale, di precipitazione e di temperatura per ognuna delle stazioni prese in esame, si può giungere alla conoscenza di come mediamente, in funzione delle scale temporali prescelte (anno, mese, decade, pentade), si distribuiscono le due grandezze meteorologiche; dall'altro, avendo a disposizione i dati effettivi di ogni anno, e naturalmente di ogni scansione temporale inferiore (mese, decade o pentade) per tutti gli anni presi in considerazione, è stato possibile determinare la frequenza relativa con cui i due parametri meteorologici si distribuiscono e stabilire quindi i livelli di probabilità relativi ad un certo ammontare di precipitazione o a particolari soglie termiche.

Come è già stato messo in evidenza, infatti, la valutazione dei soli valori medi (valutazione sulla quale peraltro sono basate molte classificazioni climatiche) rischia di fornire una indicazione incompleta delle caratteristiche climatiche del territorio. Specialmente nei riguardi della precipitazione (ma lo stesso discorso potrebbe estendersi anche agli altri parametri meteorologici soggetti a variazione nel corso del tempo), per caratterizzare climaticamente un determinato ambiente, è necessario fare riferimento, oltre che al tipo di precipitazioni, alla loro distribuzione nel corso dell'anno, alle quantità di pioggia che cade mediamente nel periodo considerato (un anno, un mese, una stagione, una decade) anche alle distribuzioni di frequenza delle quantità di pioggia.

Se, ad esempio, in una certa località cadono mediamente 1.000 mm di pioggia all'anno, è vero anche che in certe annate possono caderne solamente 600 o 700, ed in certe altre 1.300 o 1.400. Sapere con che frequenza o con quale probabilità ciò si verifica, costituisce quindi un elemento di particolare importanza per la conoscenza delle caratteristiche climatico-ambientali di quella località.

Nello studio climatologico si è tenuto conto quindi di entrambi gli aspetti metodologici, onde fornire una rappresentazione il più possibile completa della distribuzione dei fenomeni, seppur limitata ai parametri precipitazione e temperatura.

Tale rappresentazione, tuttavia, si limita ad una descrizione dei campi di distribuzione, nell'ambito del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, delle quantità medie di precipitazione (anche a vari livelli di probabilità) e dei valori medi di temperatura massima o minima. Dalla parte "numerica" dello studio, si possono comunque reperire vari parametri utilizzabili per la determinazione di particolari indici climatici necessari per classificazioni di tipo più specifico o più classiche.

Vale la pena sottolineare, comunque, che la scala di lavoro adottata, vale a dire la scala regionale, risulta utile per la descrizione mesoclimatica del territorio e che quindi le grandi

classificazioni macroclimatiche, (Classificazione di Koeppen, Pluviofattore di Lang, Indice di aridità di De Martonne), male si adattano ad evidenziare variazioni nello stato climatico generale che risultano (nel complesso e naturalmente con qualche eccezione) relativamente contenute.

1.2.2.1.1. Precipitazione media annua

La precipitazione media annua varia da poco meno di 700 mm riscontrabili nella parte più meridionale della Regione Veneto (provincia di Rovigo) fino ad oltre 3.000 mm riscontrabili in due stazioni (Musi di Lusevera ed Ucea) situate nella parte centro-orientale del Friuli Venezia Giulia tra Gemona ed il Monte Canin nei pressi del confine con la Slovenia.

L'andamento delle precipitazioni medie annuali si può ritenere crescente da Sud a Nord, almeno fino al primo ostacolo orografico costituito dalla fascia prealpina; nella pianura veneta, infatti, via via che ci si sposta verso Nord si passa dai circa 700 mm medi annui riscontrabili a Rovigo fino ai 1.200 di Bassano del Grappa o ai quasi 1.300 di Conegliano. La variazione è di circa 5 - 600 mm annui in circa 80 - 90 km di distanza lineare fra stazioni considerabili ancora di pianura. La parte orientale della provincia di Venezia nonché tutta la pianura friulana presentano apporti idrici annui mediamente più elevati, compresi fra i 1.000 - 1.100 mm delle stazioni più vicine alla costa adriatica fino a raggiungere i 1.500 - 1.600 mm nelle stazioni ai limiti della pianura (Udine, San Daniele, Spilimbergo, Aviano).

Alla relativa uniformità della pianura, si contrappone una notevole variabilità riscontrabile nella fascia pedemontana e montana. Notevole, come si è detto, è l'effetto imputabile ai rilievi prealpini: fra le stazioni di Isola Vicentina e Recoaro, ad esempio, distanti meno di 20 km l'una dall'altra e con un dislivello di meno di 400 m, si passa da una piovosità media annua di meno di 1.300 ad una di circa 2.000 mm.

Analogamente, fra Bassano e il Monte Grappa distanti fra loro circa 15 km, si passa da poco meno di 1.200 ad oltre 1.800 mm annui. Il dislivello in questo caso è però di circa 1.500 m.

La zona mediamente più piovosa, pertanto, in Veneto risulta compresa nella fascia che va dai Monti Lessini, dai Massicci del Carega e del Pasubio, passando attraverso le pendici meridionali dell'Altopiano di Asiago e il Monte Grappa per giungere alla fine tra il Cansiglio e l'Alpago ai confini fra le province di Treviso e Belluno; in questa fascia, appunto, mediamente vengono raggiunti i 1.500 mm annui, con punte, come si è detto, anche più elevate.

Il clima del Veneto è in gran parte determinato dalla particolare configurazione orografica che caratterizza l'Italia settentrionale. Qui i rilievi alpini influenzano profondamente le precipitazioni sia dal punto di vista della loro distribuzione che della loro intensità, la quale assume valori

maggiori in prossimità di essi.

L'aumento delle quote nella direzione da Sud a Nord unito alla prevalenza di flussi d'aria in arrivo dal quadrante Sud-Est e quindi perpendicolari o quasi alle catene, determina, come è stato detto, un andamento medio delle precipitazioni crescente verso Nord.

Dal punto di vista meteorologico la situazione che mediamente dà origine a una distribuzione della precipitazione di questo tipo è la presenza, a scala sinottica, di un fronte di origine atlantica che, ostacolato dall'arco Alpino, rallenta nella sua parte più settentrionale, mentre quella meridionale continua ad avanzare dando origine ad una ciclogenesi sul golfo Ligure; contemporaneamente, a mesoscala, la formazione di una bassa pressione relativa al suolo sulla pianura Padano-Veneta favorisce un flusso d'aria umida dai quadranti orientali che, incontrando i rilievi montuosi, è costretto a sollevarsi e nella maggior parte dei casi ad originare precipitazione più intensa nella zona pre-alpina, specie in quella vicentina dove il vento si incanala a causa della particolare disposizione delle vallate.

In pianura le precipitazioni sono meno intense o addirittura assenti in corrispondenza alla bassa pressione.

Un altro fattore importante, benché meno determinante, è l'apporto meteorico originato dall'attività termo-convettiva, più frequente nel periodo estivo, che interessa soprattutto le zone dell'altopiano dei Sette Comuni (VI), le Dolomiti e le prealpi Bellunesi.

Nella distribuzione delle precipitazioni si nota una diminuzione di queste in corrispondenza delle Alpi bellunesi dove le piogge arrivano in presenza di circolazione sinottica da Sud-Sudovest.

Proseguendo in Friuli Venezia Giulia, la prima linea displuviale provoca un rapido innalzamento dell'ammontare annuo della precipitazione: se a Udine mediamente si registrano meno di 1.500 mm, già a Gemona situata più a Nord di circa 25 km se ne riscontrano circa 2.000. Poco più a Nord, nella fascia delle prealpi Carniche si giunge rapidamente ai 2.200 mm di Barcis e Diga Cellina, ai 2.300 di Poffabro, Campone, S.Francesco, Alesso e Venzone. Proseguendo verso Est, e passando dal bacino del Tagliamento a quello dell'Isonzo, si assiste ad un rapidissimo innalzamento del livello medio di precipitazione annua raggiungendo quasi i 2.500 mm nella stazione di Resia, superando i 2.600 ad Oseacco fino ad arrivare agli oltre 3.000 mm di Musi e ai 3.100 ad Ucea, stazioni queste ultime che risultano essere fra le più piovose d'Italia.

Superata la prima linea displuviale e proseguendo quindi in direzione Nord-Nord-Ovest, si assiste ad una generale diminuzione dell'ammontare annuo di precipitazione, connesso anche ad una diminuzione del livello altimetrico delle stazioni: per quanto riguarda il bacino dell'alto Brenta, ad esempio, se a Tonezza del Cimone si superano i 1.600 mm, ad Asiago si

raggiungono quasi i 1.500, a Pedavena e a Cisson del Grappa si resta intorno ai 1.400, già ad Arsiè ci si avvicina ai 1.300 mm per poi scendere nelle stazioni trentine ai 1.200 circa di Pieve Tesino e Centa, ai 1.100 circa di Pontarso e Levico, fino ai 1.000 di Pergine Valsugana che quindi ha una piovosità media annua paragonabile a quella dell'alta pianura veneta.

La piovosità tende nuovamente a salire nelle stazioni trentine più orientali facenti parte del bacino del Brenta, fino a raggiungere i 1.600 mm a Passo Cereda, ma attestandosi intorno ai 1.400 mm anche a e a S. Martino di Castrozza. L'altitudine di queste ultime stazioni, è comunque mediamente più elevata rispetto alle precedenti.

La tendenza ad una relativa diminuzione della piovosità media annua spostandosi verso Nord, continua a manifestarsi anche nel bellunese e quindi nelle stazioni afferenti al bacino del Piave: si passa dai 1.200 - 1.300 mm di Agordo, Cencenighe e Forno di Zoldo, ai 1.000 circa riscontrabili ad Andraz e a Cortina d'Ampezzo.

Anche in Friuli si assiste alla diminuzione della piovosità media annua una volta superato il primo ostacolo orografico, anche se permangono livelli assoluti comunque molto elevati, soprattutto relativamente alle zone di pianura.

Già a Tolmezzo e ancor più a Moggio Udinese, infatti, si ritorna al di sotto dei 2.000 mm annui (come a Gemona), fino ad arrivare ai circa 1.600 mm di Sauris, Chialina, Avosacco, per scendere ulteriormente a circa 1.500 mm annui nelle stazioni più nord-orientali di Malborghetto e di Tarvisio (quest'ultima stazione rientra però nel bacino idrografico della Drava).

Nel bacino dell'alto Tagliamento (stazioni di Passo Mauria e Forni Avoltri) si scende nuovamente ai 1.400 mm annui di precipitazione, cioè a valori analoghi a quelli dell'alta pianura friulana riscontrabili nella fascia che grossomodo da Sacile-Pordenone giunge a Cormons e a Gorizia.

1.2.2.1.2. Precipitazione media annua nell'anno "secco"

Avendo determinato per ogni stazione i diversi valori di piovosità raggiunti a vari livelli di probabilità, è stato possibile, considerando un livello di probabilità di non superamento del 5% (pari ad un tempo di ritorno di un anno su 20), ottenere una cartografia che riporti le condizioni di piovosità che ipoteticamente si potrebbero presentare in un anno "secco", caratterizzato appunto da bassissime soglie di non superamento.

Il significato pratico di questa cartografia è quello di fornire indicazioni sugli apporti idrici naturali minimi che è ragionevolmente lecito attendersi nel territorio sulla base dell'analisi probabilistica delle serie storiche dei dati.

Confrontando tale risultato con quello analogo relativo invece all'anno "umido" corrispondente ad una probabilità di non superamento del 95% si possono trarre conclusioni sul campo di variazione della precipitazione nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino.

Analizzando in primo luogo i dati relativi all'anno "secco", si nota innanzi tutto che la disposizione delle isoiete ricalca abbastanza fedelmente quella dell'anno medio. Ovviamente i valori di piovosità risultano inferiori: nella provincia di Rovigo e nel basso veronese, ai confini quindi del territorio di competenza, si può scendere anche al di sotto dei 500 mm.

Buona parte della bassa padovana e del veneziano, rientranti nel bacino del Brenta-Bacchiglione e nella pianura fra Piave e Brenta, nell'anno "secco" possono contare su apporti compresi fra 600 e 700 mm.

La pianura veneta e buona parte di quella friulana (fino a Sacile, Pordenone, Codroipo, Gradisca d'Isonzo) presenta apporti inferiori a 1.000 mm. Ciò significa, confrontando l'anno "secco" con l'anno medio, che le riduzioni dell'ammontare annuo di precipitazioni nelle zone di pianura possono essere dell'ordine del 20-30%.

Variazioni maggiori possono riscontrarsi nelle aree che mediamente risultano più piovose. Nella fascia prealpina del Veneto, comunque, anche nell'anno "secco" si possono registrare almeno 1.200 mm di precipitazione con punte (a Recoaro) di oltre 1.300 mm.

Le zone mediamente più piovose del Friuli (prealpi carniche), superano nell'anno "secco" i 1.500 mm di precipitazione annua, per arrivare comunque ad oltre 2.000 mm nelle stazioni del bacino dell'alto Isonzo situate nella parte centro-orientale della provincia di Udine.

Come si è già evidenziato, proseguendo verso Nord, si assiste ad una diminuzione della piovosità: le riduzioni in termini percentuali, comunque, sono leggermente più contenute rispetto a quanto avviene nella fascia prealpina; solamente nell'alto Brenta (Levico e Pergine) e nella zona dolomitica del bacino del Piave (Andraz, Cortina, Auronzo) si scende al di sotto degli 800 mm.

Per quanto riguarda il Friuli settentrionale, il bacino dell'Alto Tagliamento (in provincia di Udine), la parte alta del bacino del Livenza (in provincia di Pordenone), anche nell'anno "secco" ci si possono attendere fra i 1.000 ed i 1.500 mm di precipitazione. Quest'area però è soggetta ad una maggiore variabilità interannuale quanto la riduzione rispetto al valore medio può raggiungere anche il 50%.

1.2.2.1.3. Precipitazione media annua nell'anno "umido"

Volendo mettere in evidenza quanta può risultare la dotazione idrica massima dovuta alla

precipitazione, in modo analogo a quanto visto in precedenza, si è proceduto alla determinazione, per ogni stazione, del valore di piovosità che non viene superato nel 95% delle annate e che quindi è stato assimilato all'anno "umido".

In un'ipotetica annata particolarmente piovosa, quindi, si dovrebbero registrare notevoli incrementi negli apporti idrici dovuti alle precipitazioni, ed anche in questo caso le variazioni rispetto al valore medio risultano maggiori nelle zone prealpine di quanto non accada in pianura o nelle zone montuose più settentrionali.

Inoltre, per effetto della modalità di distribuzione delle classi di frequenza della piovosità, gli incrementi in termini percentuali risultano maggiori delle diminuzioni riscontrabili nell'anno "secco"; ciò significa fra l'altro che risulta più probabile un anno più piovoso della media rispetto ad un anno con valori di precipitazione inferiori a quelli mediamente riscontrati.

Nelle zone di pianura più meridionali, ricadenti nel Bacino del Brenta-Bacchiglione, nell'anno "umido" pertanto, si dovrebbero raggiungere i 1.000 mm di precipitazione e in tutto il resto della pianura veneta l'apporto idrico dovrebbe comunque attestarsi fra i 1.000 ed i 2.000 mm annui, sempre con andamento crescente da Sud a Nord.

Nella pianura friulana, nelle parti più basse dei bacini del Livenza, del Tagliamento e dell'Isonzo (compresa la provincia di Trieste) nell'anno "umido" la quantità di precipitazione dovrebbe raggiungere almeno i 1.500 mm; spostandosi verso Nord si dovrebbero raggiungere i 2.000 mm già ad Udine, per arrivare ai quasi 3.000 di Gemona del Friuli, con incrementi, pertanto, di circa il 50% rispetto ai valori medi. Nell'area più piovosa del Friuli, che, si ricorda, corrisponde alla zona centrale del bacino del Tagliamento e alla parte alta del bacino dell'Isonzo, si supererebbero rapidamente i 3.000 mm per arrivare ai 4.000 circa della Valle Musi nei pressi di Udine.

Come per gli altri aspetti della precipitazione già esaminati, anche in questo caso, superato il primo ostacolo orografico, si assiste ad una rapida diminuzione della quantità di pioggia riscontrabile in un anno particolarmente piovoso; in ogni caso in Carnia e nella zona di Tarvisio la precipitazione dovrebbe attestarsi fra i 2.000 ed i 3.000 mm.

Nell'alto bellunese, cioè nella parte alta del bacino del Piave, anche in un anno particolarmente piovoso si dovrebbe rimanere comunque al di sotto dei 2.000 mm di precipitazione totale annua, per arrivare addirittura ai 1.400 mm circa di Andraz e di Cortina d'Ampezzo.

Per quanto riguarda il bacino del Brenta-Bacchiglione, si è già detto della parte più a valle; nella fascia centrale, corrispondente allo sbocco in pianura delle aste fluviali principali, anche in

questo caso si raggiungono i più alti livelli di precipitazione. Nell'anno con il 95% di probabilità di non superamento, quindi, si possono abbondantemente raggiungere i 2.000 mm nella zona pedemontana anche a quote basse (Schio) per poi salire rapidamente oltre i 2.400 mm riscontrabili sul Monte Grappa o anche sopra i 3.000 presso la stazione di Recoaro.

Nella parte trentina del bacino del Brenta, la precipitazione riscontrabile nell'anno "umido", scende rapidamente al di sotto dei 2.000 mm annui per arrivare, nelle stazioni relativamente meno piovose anche al di sotto dei 1.600 mm. Relativamente più piovoso risulta anche in questo caso il settore nord-orientale del bacino del Brenta, corrispondente al sottobacino del Cismon: presso Passo Cereda, si possono nuovamente superare i 2.000 mm di precipitazione annua.

1.2.2.1.4. Distribuzione mensile delle piogge

In linea generale, il clima veneto-friulano si configura come temperato-umido. Ciò significa, fra l'altro, che le differenze nell'ammontare di precipitazione fra i mesi più piovosi e quelli meno piovosi non sono così nette come in altri tipi di clima e che quindi non è possibile identificare in modo preciso una stagione "secca" contrapposta ad una stagione delle piogge. In ogni caso, esistono comunque tipiche fluttuazioni nella distribuzione mensile delle precipitazioni che di seguito verranno illustrate.

Innanzitutto, in tutta l'area di competenza dell'Autorità di Bacino si registrano minimi relativi di piovosità in particolar modo nei mesi invernali. Durante l'inverno e soprattutto a gennaio e a febbraio, prevale sull'Italia settentrionale l'influenza dell'anticiclone russo-siberiano, che fa affluire su tutta l'area in questione correnti fredde e secche e quindi poco piovose.

Febbraio risulta pressoché dappertutto, sia nelle zone di pianura che in quelle di montagna, il mese in cui le precipitazioni si collocano mediamente sui valori minimi: nelle zone più meridionali del bacino del Brenta-Bacchiglione si può scendere al di sotto dei 50 mm mentre nelle zone del Friuli normalmente più piovose si raggiungono i 150 mm. In tutta la pianura veneta ed anche in quella friulana la precipitazione del mese meno piovoso si colloca dunque fra i 50 ed i 90 mm, mentre i 100 mm vengono raggiunti solamente nelle stazioni prealpine. Nell'alto bellunese (bacino del Piave), si registrano nuovamente precipitazioni analoghe, quand'anche non inferiori, a quelle della pianura veneta. Le prealpi carniche registrano come di consueto i valori più elevati: la precipitazione media di febbraio si colloca fra i 100 ed i 150 mm.

Oltre che nei mesi invernali, si registra un minimo relativo anche nel mese di luglio. Tale mese si presenta mediamente molto stabile dal punto di vista meteorologico. La situazione meteorologica dominante è caratterizzata, infatti, dalla presenza di un campo di alta pressione

che costituisce un ostacolo all'ingresso delle perturbazioni atlantiche.

Tale tendenza si avverte maggiormente in tutte le aree di pianura, mentre nelle zone di montagna, essendo la piovosità dei mesi estivi legata in particolar modo all'attività temporalesca dovuta all'elevato riscaldamento del suolo, ed essendo questa una caratteristica costante dell'ambiente alpino e prealpino, pur riscontrando una certa diminuzione dell'ammontare complessivo della precipitazione nel mese di luglio, essa rimane comunque su livelli abbastanza elevati.

In pianura, pertanto, durante il mese di luglio mediamente si possono avere da 60 mm nelle zone meno piovose (bassa padovana, bacino del Brenta-Bacchiglione), per poi salire gradualmente a 70-80 mm nel bacino del medio Brenta nella provincia di Vicenza, nell'alta padovana, nel medio corso del Piave tra le province di Treviso e Venezia, nell'alto veneziano e nella bassa friulana, fino a raggiungere i 100 mm ai limiti della fascia pedemontana (da Schio a Bassano del Grappa, per quanto riguarda il bacino del Brenta-Bacchiglione; intorno a Valdobbiadene per quanto riguarda il Piave, tra Sacile e S. Martino al Tagliamento, se si considerano i bacini del Livenza e, appunto, del Tagliamento, nonché tra Udine, Cormons, e Gradisca d'Isonzo per ciò che concerne il bacino di quest'ultimo).

Nella montagna veneta, la piovosità media di luglio raggiunge al massimo i 130 - 140 mm; in questo mese la zona più piovosa si sposta leggermente più a Nord di quanto rilevato a proposito della piovosità annuale, interessando più che le prealpi vicentine o trevigiane, il medio corso del Piave e il sottobacino del Cismon nei pressi di S. Martino di Castrozza.

Nelle prealpi carniche, cioè nei bacini dell'alto Livenza e del medio corso del Tagliamento i livelli di piovosità del mese di luglio si collocano intorno ai 140-180 mm, con punte di circa 200 mm nelle consuete stazioni delle Alpi Giulie situate nell'alto Isonzo.

I massimi di piovosità mensile, nell'ambiente veneto-friulano, vengono raggiunti mediamente sia nella tarda primavera (maggio-giugno) che nella parte centrale dell'autunno (novembre). Questo fatto è associato, per quanto riguarda l'autunno, alla frequente presenza di un'area di bassa pressione sul Mediterraneo occidentale in contrapposizione a un campo di alta pressione sulla penisola balcanica che rallenta lo spostamento delle perturbazioni. In primavera, invece, gli anticicloni semi-permanenti cominciano il loro spostamento annuale verso Nord; la pressione al suolo quindi diminuisce permettendo così l'arrivo delle perturbazioni da Ovest.

Mentre nella bassa pianura le piovosità di maggio e di novembre più o meno si equivalgono (almeno 70-80 mm nella bassa padovana e nel basso veneziano sia a maggio che a novembre), mano a mano che ci si sposta verso Nord e verso Est il mese più piovoso tende ad

essere novembre.

In questo mese, nella restante parte della pianura veneta, cadono da 80-90 a 130-140 mm di pioggia, mentre nella pianura friulana, si va dai 100-110 mm delle stazioni più meridionali fino ai 150 di Udine, per arrivare anche ai 200 di Gemona.

Per quanto riguarda la fascia prealpina, nel medio corso del Brenta a novembre si possono registrare mediamente più di 180 mm nelle stazioni di Monte Grappa e di Campomezzavia, con punte di oltre 200 mm a Recoaro. Nel mese di maggio la situazione si presenta pressoché analoga, con un leggero incremento nella zona dell'altopiano di Asiago o del massiccio del Grappa (190 -200 mm) e un debole decremento invece a Recoaro (circa 190 mm).

Anche nella parte trentina del bacino del Brenta risulta mediamente più piovoso il mese di maggio (da 150 a 170 mm) rispetto a quello di novembre (da 120 a 150 mm). Sostanzialmente sugli stessi livelli di piovosità si presenta l'alto bacino del Piave (fra 120 e 150 mm in maggio, poco meno in novembre).

Nelle prealpi carniche e nelle alpi Giulie, invece, risulta nettamente più piovoso, in media, il mese di novembre: fra Gemona e Pontebba infatti come minimo si registrano 200 mm con punte di 270 - 280 mm nell'alto Livenza e nel medio Tagliamento e di oltre 300 mm nella Valle Musi e nel Canale di Resia. A maggio si restringe l'area in cui mediamente piovono più di 200 mm (approssimativamente nella zona delimitata a Sud dalle stazioni di Maniago, Travesio, Clauzetto, Gemona, Cergneu Superiore e Clodig, ad Ovest da Barcis e Diga Cellina e a Nord da Tolmezzo, Moggio Udinese e Cave del Predil), e le punte di maggior piovosità si collocano intorno ai 230 -240 mm nel settore più occidentale, per rimanere al di sotto dei 300 mm anche nelle zone più piovose.

1.2.2.1.5. Il regime termometrico

Tutta l'area veneto-friulana rientra nel più generale clima temperato-umido che contrassegna buona parte del continente europeo e dell'Italia settentrionale. L'elevata umidità atmosferica, dovuta oltre che ad una distribuzione piuttosto omogenea delle precipitazioni, anche alla fitta rete fluviale che caratterizza entrambe le regioni e che fa sì che, specialmente nelle zone pianeggianti, il suolo sia spesso intriso d'acqua (cioè il livello della falda ipodermica si colloca spesso a profondità relativamente poco elevate), contribuisce a limitare le escursioni termiche stagionali.

Anche la presenza del Mare Adriatico, pur essendo un mare stretto e poco profondo specialmente nei pressi delle coste venete e friulane, esercita una certa azione mitigante nei riguardi della temperatura, azione che però si riscontra in particolar modo nella fascia costiera;

spingendosi dalla costa verso l'interno, si accentuano via via i caratteri di maggiore continentalità.

In ogni caso, l'andamento delle temperature segue la caratteristica forma "a campana" con il massimo come di consueto nel mese di luglio (in particolare nella seconda o nella terza decade) ed il minimo nel mese di gennaio (anche in questo caso nella seconda o terza decade). In tutte le stazioni, comunque, l'andamento non si presenta simmetrico rispetto al mese di luglio, nel senso che le temperature di agosto sono costantemente più alte di quelle di giugno, quelle di settembre sono maggiori di quelle di maggio e quelle di ottobre superano quelle di aprile.

Questo avviene a causa dell'inerzia termica del globo terrestre nonostante si verifichi una maggiore intensità di radiazione solare incidente tra aprile e giugno, rispetto a quanto si verifica tra agosto ed ottobre. Il fattore insolazione tende comunque a farsi sentire maggiormente nei primi mesi dell'anno: tra novembre e dicembre, infatti, la temperatura tende rapidamente ad abbassarsi tanto che marzo risulta mediamente più caldo di novembre (soprattutto per quanto riguarda le temperature massime) e lo stesso avviene tra febbraio e dicembre. Ciò è confermato anche dal fatto che mediamente i primi mesi dell'anno tendono a presentare un'escursione termica più ampia di quanto non accada a novembre o a dicembre.

Prendendo in considerazione anche l'andamento decadale delle temperature, vi è da notare che i valori medi sia per quanto riguarda le massime che le medie, sia le minime raggiungono ovviamente limiti più alti in estate e più bassi in inverno rispetto a quanto avviene per i valori omologhi determinati su base mensile. Viene confermato l'andamento tendenzialmente "a campana", anche se con forma più irregolare. Rispetto infatti ai valori di temperatura media i cui andamenti sono piuttosto regolari nel succedersi delle decadi (sono cioè crescenti dalla seconda o terza decade di gennaio fino alla seconda o terza decade di luglio e decrescenti successivamente), i valori relativi alla temperatura massima e alla temperatura minima, pur presentando un trend complessivamente analogo, sono soggetti a fluttuazioni più ampie che talvolta si pongono anche in controtendenza. Può succedere in qualche stazione, ad esempio, che il valore più alto fra le medie decadali di ogni anno delle temperature massime, sia più elevato nella seconda decade di maggio che non nella terza, come sarebbe lecito attendersi esaminando i soli valori medi. Ciò può avvenire a causa di particolari fenomeni meteorologici verificatisi in un anno proprio in quella decade (ad es. un afflusso di aria calda di origine sahariana) e mai più avvenuti con la stessa intensità neanche nelle decadi successive dello stesso o di altri anni. Naturalmente lo stesso fenomeno può verificarsi, ma in misura inversa, anche durante la stagione invernale, in cui afflussi di aria polare particolarmente fredda possono aver determinato valori di temperatura minima molto bassi anche in periodi

mediamente più tiepidi (è il caso dei cosiddetti "ritorni di freddo" o delle "gelate tardive o precoci").

Dal punto di vista termometrico, pertanto, il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico può essere suddiviso a grandi linee in quattro zone:

- una **fascia litoranea**, con temperature massime estive mitigate dal regime diurno delle brezze di mare e temperature minime invernali addolcite dall'effetto termoregolatore dell'Alto Adriatico;
- la **bassa pianura veneta**, corrispondente alla parte meridionale del bacino del Brenta-Bacchiglione, fra le province di Verona, Padova e Rovigo, contraddistinta da una certa continentalità, con inverni freddi anche se quasi mai eccessivamente rigidi, con molte giornate nebbiose ed estati calde ed afose, caratterizzate, a seconda delle annate, da intensa attività temporalesca o da prolungati periodi siccitosi. In tale zona si registrano le più ampie escursioni termiche stagionali;
- l'**alta pianura veneta** e la **pianura friulana**, in cui non è raro il fenomeno dell'inversione termica invernale rispetto alle zone più basse, tanto che anche la temperatura media dei mesi più freddi determinata su base mensile risulta più alta rispetto a quanto registrato nell'area precedente, anche a causa di una minore incidenza del fenomeno della nebbia. D'estate, per contro, si assiste a temperature massime più contenute, a causa di una maggior ventilazione e della piovosità associata ai temporali che apporta sempre un certo refrigerio;
- l'**area prealpina ed alpina**, caratterizzata da andamenti termici legati tipicamente alle condizioni locali e che risultano quindi connessi all'altitudine, all'esposizione dei versanti, all'orientamento delle valli, alla persistenza invernale del manto nevoso, ecc.. La complessità della morfologia di quest'area, associata alla relativa scarsità di dati in serie storica relativi a molte località, non consente una descrizione sistematica del clima delle zone montuose; i dati raccolti in questo studio climatologico permettono comunque di trarre alcune indicazioni di carattere generale.

La fascia litoranea

Per quanto riguarda la fascia litoranea, la media delle temperature massime giornaliere del mese di luglio in genere non supera i 28 °C (27, 6 a Trieste, a Chioggia e a Sadocca, poco meno a Venezia), ma già addentrandosi di pochi chilometri dalla costa si assiste ad un certo innalzamento del valore medio (28,1 a Mestre, 28,5 a Padova fino a superare i 29 °C a Portogruaro, distante solo una ventina di chilometri dalla linea costiera).

In linea generale, in quest'area è raro superare di molto i 30 °C come valore medio delle temperature massime del mese di luglio e addirittura a Trieste il luglio più caldo, quello del 1963, si è collocato sul valore di 29,6 °C.

La temperatura minima del mese più freddo (sempre intesa come media delle temperature minime giornaliere), raramente scende sotto lo zero, anche se non si può considerare l'area litoranea come esente dal rischio di gelate notturne. Spicca anche in questo caso il dato di Trieste che presenta un valore medio della temperatura minima di gennaio pari a ben 3,2 °C. Nella fascia in questione la stazione relativamente più fredda risulta Venezia con un valore di -0,7 °C seguita da Mestre e da Bonifica Vittoria entrambe con una temperatura media delle minime pari a -0,1 °C.

Nelle stazioni più interne la temperatura tende a scendere: -1 °C registrati di media a Portogruaro, -1,3 a Padova, -1,6 a Legnaro che si conferma come stazione particolarmente "fredda" in rapporto alle circostanti.

Dall'analisi dei dati prodotti si può comunque affermare che il mese di gennaio presenta una maggiore variabilità nei valori medi di temperatura minima rispetto a quanto avviene per i valori di temperatura massima del mese di luglio; in altre parole a gennaio ci si può attendere con quasi uguale probabilità un gennaio relativamente più freddo o relativamente più caldo del normale, mentre a luglio, la temperatura non subisce variazioni interannuali della stessa portata. Ciò è essenzialmente dovuto al tipo di circolazione atmosferica che tende ad instaurarsi sulle regioni allo studio. In inverno, infatti, se la circolazione prevalente è legata all'anticiclone russo-siberiano, tale situazione tende a far affluire sull'Italia nord-orientale aria molto fredda e secca: le giornate sono serene e l'escursione termica diurna può essere anche molto marcata con temperature minime quindi più basse della norma.

Se, viceversa, la circolazione risulta condizionata dall'anticiclone delle Azzorre, l'afflusso di aria relativamente più tiepida e maggiormente carica di umidità, favorisce la persistenza delle nebbie e comunque la presenza di maggiore nuvolosità: ciò limita il raffreddamento notturno della superficie del suolo e quindi la temperatura minima giornaliera non scende mai a livelli troppo bassi. A seconda quindi che nel corso del mese di gennaio (o, più in generale, nel corso dei mesi invernali) di ogni anno, prevalga maggiormente l'una o l'altra situazione atmosferica, si potranno avere periodi relativamente più caldi o più freddi rispetto alla media.

Durante i mesi estivi, allo stesso modo la circolazione può essere guidata da entrambe le configurazioni atmosferiche; in questo caso però anche l'anticiclone russo-siberiano apporta aria calda (anche se relativamente più secca, rispetto all'anticiclone delle Azzorre) e quindi le

differenze fra i valori delle temperature massime giornaliere che si ottengono con le due diverse situazioni anticicloniche non sono così marcate come invece avviene nel periodo invernale. Ciò spiega la minore variabilità dei dati del mese di luglio rispetto a quella dei dati del mese di gennaio o di febbraio.

Si può ottenere una conferma "numerica" di tale tendenza analizzando anche i valori delle deviazioni standard: nelle massime di luglio in genere la deviazione standard si colloca intorno a valori di 1 - 1,3 °C, mentre considerando l'insieme dei dati medi di temperatura minima del mese di gennaio tale valore cresce fino a 1,8 -2,2 °C.

La bassa pianura veneta

La zona della bassa pianura veneta, come si è detto, è quella con più spiccate caratteristiche di continentalità. Il Mare Adriatico infatti non esercita la sua influenza oltre i 25-30 km dalla costa e la relativa distanza dalle montagne non favorisce il rimescolamento delle masse d'aria; di conseguenza, durante la stagione invernale si può avere ristagno di aria fredda che può dar luogo, in presenza di adeguate condizioni di pressione e di assenza di vento, a nebbie persistenti. Per contro, d'estate si assiste a temperature elevate e ad un'umidità atmosferica che spesso crea condizioni di disagio fisico. L'elevato riscaldamento del suolo produce spesso moti convettivi che sono causa di forti ed intensi temporali cui altrettanto spesso si accompagna il fenomeno della grandine. E' da segnalare il fatto che in alcune stazioni di questa zona (Badia Polesine, Castelmasa, Castel d'Ario) il mese mediamente più piovoso è quello di agosto.

Per quanto riguarda il regime termico, in questa zona la media delle temperature massime giornaliere del mese di luglio si colloca su valori superiori, anche se di poco, ai 30 °C. La stazione mediamente più calda risulta comunque Castelmasa (al di fuori del territorio di competenza dell'Autorità di bacino) con 31,1 °C come valore medio delle massime giornaliere di luglio. Fra le stazioni "interne" la più calda risulta Montagnana con 30,2 °C.

In quest'area, comunque si registrano spesso giornate estive con temperature massime che si avvicinano ai 35 °C. Analizzando i dati del mese di luglio particolarmente "caldo", quello cioè corrispondente ad una probabilità di non superamento della temperatura media delle massime giornaliere del 95%, nella bassa pianura si può arrivare ad oltre 32 °C o addirittura sopra i 33 °C che costituiscono valori di tutto rispetto considerato che costituiscono la media delle temperature massime dell'intero mese di luglio.

Considerando, invece, il mese più freddo, cioè gennaio, nella zona in esame la temperatura media delle minime giornaliere appare abbastanza livellata: i valori si collocano tutti intorno a -1,5 °C e variano fra i -1,3 di Castelmasa ed i -1,8 di Montagnana. Nel basso bacino del Brenta-

Bacchiglione, tra le province di Padova, Verona e Rovigo, comunque, si possono verificare temperature minime piuttosto basse: i valori relativi ad una probabilità di non superamento del 5%, corrispondenti cioè al gennaio particolarmente "freddo", possono scendere anche al di sotto di -6 °C. Tale valore va sempre inteso come valore medio delle temperature minime giornaliere registrate durante tutto il mese di gennaio; è ovvio che localmente ed episodicamente la temperatura può scendere ulteriormente.

E' comunque significativo il fatto che per trovare valori analoghi nell'ambito del territorio di competenza dell'Autorità di bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico, occorre spostarsi sulla fascia prealpina dove l'effetto dell'altitudine comincia a manifestarsi in modo preponderante.

L'alta pianura veneta e la pianura friulana

La fascia dell'alta pianura veneta e della pianura friulana e che riguarda, in generale, il medio corso dei fiumi principali, si presenta abbastanza omogenea dal punto di vista termometrico. Si tratta di un tavolato lentamente digradante in direzione Nord-Ovest - Sud-Est (fra Thiene e Legnaro, distanti fra loro circa 60 km vi sono meno di 150 m di dislivello) o, per quanto riguarda la pianura friulana, in direzione Nord-Sud (Udine, distante circa 40 km dal mare ha un'altitudine di circa 140 m s.l.m.). La pianura è interrotta nella parte centro-occidentale dai gruppi collinari dei Berici e degli Euganei la cui caratterizzazione climatica si discosta senz'altro da quella della pianura circostante, se non altro per gli effetti combinati di altitudine ed esposizione dei versanti. Non essendo però disponibili serie storiche di dati sufficientemente complete e relative a stazioni direttamente afferenti ai due gruppi collinari, la trattazione climatica di tali ambienti necessiterebbe di studi più particolareggiati e relativi ai microclimi locali. Si ritiene comunque che gli scopi del presente studio climatologico esulino da tale finalità.

Il campo termico dell'alta pianura si presenta abbastanza livellato: durante il mese di luglio la media delle temperature massime giornaliere si colloca intorno ai 28,5 - 29 °C con punte di 29,2 °C a Castelfranco Veneto ed a Portogruaro. In Friuli spicca il dato di Pordenone (29 °C), mentre di poco inferiori sono quelli di Udine e di Gorizia (28,5 °C). Le stazioni pedemontane indicano valori leggermente più contenuti: se a Bassano del Grappa il valore è ancora di 28,3 °C, a Thiene e a Conegliano non si superano i 28 °C, come valore medio delle temperature massime giornaliere di luglio. Ai limiti dell'alta pianura friulana, si assiste ad una ulteriore diminuzione dei valori massimi di temperatura: intorno ai 27 °C fra Maniago e Moruzzo e addirittura vicina ai 25 °C risulta la stazione di Cividale del Friuli, caratterizzata da particolari regimi di brezza diurna e di ventosità stagionale.

Analizzando i dati relativi al luglio "caldo" (come precedentemente definito), si osserva che la

media delle temperature massime giornaliere nella fascia dell'alta pianura può arrivare, con il 95% di probabilità di non superamento, a valori compresi fra 30 e 32 °C con punte superiori a quest'ultimo valore nelle stazioni di Portogruaro e Pordenone. Fra le stazioni della pianura friulana, resta al di sotto dei 30 °C la sola stazione di Moruzzo.

Per quanto riguarda le temperature minime del mese di gennaio, queste mediamente si collocano fra 0 e -2 °C. Fra le stazioni più fredde della pianura spicca Lonigo, a ridosso dei Colli Berici nel bacino del Bacchiglione-Brenta con una temperatura media delle minime giornaliere di gennaio pari a -2,1 °C. Anche Vicenza risulta relativamente fredda, facendo registrare un valore di -1,7 °C. Nell'area dell'alta pianura veneta, come è stato sopra evidenziato, risulta frequente durante la stagione invernale il fenomeno dell'inversione termica, tanto che, ad esempio, a Bassano del Grappa e a Thiene si hanno valori medi, sempre delle temperature minime giornaliere, dell'ordine rispettivamente di -0,9 e di -0,6 °C, mentre a Padova e a Treviso i valori corrispondenti si attestano rispettivamente su -1,3 e -1 °C.

Si può riscontrare una situazione analoga, pur se attenuata, anche nell'alta pianura Friulana rispetto alle zone più basse o rispetto a quelle dell'alto veneziano: Maniago presenta infatti una media trentennale delle temperature minime giornaliere del mese di gennaio pari a -0,5 °C contro i -1 circa di Pordenone e di Portogruaro; Moruzzo presenta pressoché la stessa temperatura (-0,7 contro -0,6 °C) di Udine, pur essendo più alta del rispettivo capoluogo di oltre 150 m. Come già messo in evidenza a proposito delle temperature del mese di luglio, si segnala come stazione di pianura particolarmente fredda quella di Cividale, in cui il valore medio delle temperature minime si colloca sui -2,5 °C.

Prendendo in considerazione i dati risultanti dall'indagine probabilistica, si osserva che la temperatura media delle minime giornaliere di gennaio che non viene superata solamente nel 5% delle annate (corrispondente quindi ad un gennaio particolarmente freddo) si colloca, nell'alta pianura, fra -4 e -6 °C. La zona più fredda della fascia in esame si conferma quella che riguarda il medio bacino del Bacchiglione-Brenta: a Lonigo il valore determinato su tale base probabilistica può arrivare a -6,4 °C e a Vicenza si possono toccare i -6 °C. Leggermente più contenuti risultano gli analoghi valori delle altre stazioni di pianura: -5,3 °C a Padova, -4,4 a Treviso, -4,5 circa a Portogruaro, Castelfranco e Conegliano. Si discosta abbastanza sensibilmente dal gruppo delle stazioni pedemontane il valore di Thiene che risulta di -3,5 °C e quindi relativamente più caldo delle zone circostanti.

In buona parte della pianura friulana, per contro, il gennaio "freddo" (cioè quello corrispondente ad una probabilità del 5% di non superamento della media delle temperature minime giornaliere) risulta meno rigido rispetto a quanto avviene nella pianura veneta: a Moruzzo,

Udine e Gorizia, pertanto, anche nel gennaio "freddo" si dovrebbe rimanere al di sopra dei -4°C. Maniago e Pordenone (quest'ultima relativamente più fredda) si allineano ai valori delle stazioni dell'alta pianura veneta.

L'area prealpina ed alpina

L'area montana, comprende l'alto corso dei fiumi che sfociano nell'Alto Adriatico, si presenta molto frazionata, con sistemi montuosi piuttosto complessi e valli profonde e sinuose caratterizzate spesso da numerosi cambiamenti di orientamento in particolar modo nel caso siano solcate dai fiumi principali; è il caso ad esempio del Tagliamento che scorre con andamento Ovest-Est nel suo tratto iniziale fino a Carnia per poi piegare bruscamente verso Sud-Sud-Ovest nei pressi del Monte S. Simeone fino allo sbocco in pianura nei pressi di Pinzano, o anche del Piave che scorre grosso modo da Est ad Ovest dalla sorgente fino a Lozzo di Cadore, prosegue in direzione Nord-Sud fino a Ponte nelle Alpi; la Val Belluna è disposta in direzione Nord-Est Sud-Ovest fino a Quero, dopodiché il fiume scorre invece in direzione Nord-Ovest Sud-Est per aggirare l'ostacolo del Montello ed uscire in pianura nei pressi di Nervesa della Battaglia.

Come si è già segnalato, pertanto, una precisa caratterizzazione dal punto di vista termometrico di tale area richiederebbe cognizioni che tendono ad assumere una connotazione più di tipo microclimatico; conoscenze legate appunto all'orientamento delle valli, all'altitudine delle località, all'esposizione dei versanti, nonché all'effettivo profilo delle montagne come fattore in grado di influenzare direttamente l'eliofania assoluta delle diverse stazioni nel corso delle varie stagioni dell'anno.

In linea generale, comunque, si può affermare che la variabilità degli andamenti termici delle stazioni montane è maggiore rispetto a quanto avviene per le stazioni di pianura, proprio a causa della maggiore instabilità atmosferica. Le estati in ogni caso sono piuttosto fresche in quanto la media delle temperature massime giornaliere del mese di luglio, non superano i 26 °C e scendono addirittura sotto i 20 °C ad Andraz, San Martino di Castrozza e a Passo Mauria. E' evidente in questo caso l'effetto dell'altitudine: rispettivamente le tre stazioni citate si trovano a 1.520, 1.444 e 1.298 metri sul livello del mare.

Anche nel caso di un luglio particolarmente "caldo" (corrispondente, come di consueto, ai valori ottenuti considerando una probabilità di non superamento del 95%) le medie delle temperature massime giornaliere non raggiungono mai i 30 °C e superano i 29 solamente ad Agordo, la cui quota è di circa 600 m e a Tolmezzo che si colloca a 323 m s.l.m.. Nelle stazioni più elevate, non si raggiungono comunque i 24 °C.

Per quanto riguarda le temperature invernali, la media delle temperature minime del mese di gennaio nelle stazioni della fascia alpina e prealpina si colloca generalmente fra i -4 ed i -8 °C; le stazioni relativamente più fredde risultano Auronzo, con -8,3 °C e Andraz con -8,2. Da notare che la prima delle due si trova ad un'altitudine di 864 m. Fra le stazioni invece più calde spicca il dato di Recoaro che, sebbene sia ad una quota di quasi 450 m, presenta una media delle temperature minime di ben -2 °C.

Nell'area montana, comunque, si accentua la tendenza già richiamata ad una certa variabilità interannuale del dato relativo alla media delle temperature minime. A Tarvisio, infatti, la deviazione standard relativa al trentennio di osservazione ammonta a ben 3 °C ed in molte altre stazioni supera i 2 °C. Ciò è testimoniato anche dai dati dell'analisi probabilistica relativa al gennaio "freddo"; in effetti nell'area montana possono esservi condizioni di particolare rigidità (relativamente alla pianura), che si prolungano durante tutta la stagione invernale.

Il valore medio di gennaio delle temperature minime giornaliere, relativo dunque ad una probabilità di non superamento del 5%, nelle stazioni alpine e prealpine si colloca sempre al di sotto dei -6 °C. Fa nuovamente eccezione la stazione di Recoaro per la quale tale valore non scende sotto i -5,3 °C. Come di consueto, spiccano i valori delle stazioni poste ad altitudini più elevate: Andraz -12,2, S.Martino di Castrozza -11,7, Tonezza del Cimone -11, Passo Mauria -10,7. Fra le stazioni potenzialmente più fredde merita particolare menzione Tarvisio in cui il dato determinato su base probabilistica si colloca a -13,8 °C. Vale la pena di ricordare che si tratta del valore medio delle temperature minime giornaliere del mese di gennaio e non della temperatura minima assoluta registrata in quella località.

La minima e la massima assolute ed in generale gli estremi climatici (ossia i valori entro i quali si colloca la totalità delle osservazioni dei vari parametri) assumono infatti il carattere di curiosità statistica, ma possiedono scarso significato climatologico, in quanto possono essere dovuti a condizioni ed eventi particolari spesso legati a specifiche combinazioni dei numerosi fattori di tipo meteorologico.

I.2.2.2. Bacino dell'Adige

Come è noto, il clima, considerato tradizionalmente come "lo stato medio dell'atmosfera in una determinata località", si genera dall'interazione fra le componenti meteorologiche e geografiche riscontrabili nel territorio in esame. Formulazioni più moderne definiscono il clima come sintesi delle distribuzioni di probabilità dei fenomeni meteorologici, misurabili mediante la determinazione delle frequenze degli eventi pregressi.

I.2.2.2.1. Caratterizzazione climatologica del territorio del Bacino del fiume Adige

Il fiume Adige nasce da una sorgente non molto lontana dal lago di Resia, a quota 1.586 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km², un percorso di 409 km e sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone, tra le foci dei fiumi Brenta e Po. Il suo bacino idrografico interessa aree comprese nelle regioni Trentino-Alto Adige e Veneto, nonché, per una piccola parte, nel territorio svizzero.

I.2.2.2.2. Analisi dei dati di precipitazione

I volumi annuali che mediamente affluiscono al bacino si sono calcolati sulla base delle serie storiche di precipitazione mensile relative a 118 stazioni distribuite all'interno del bacino idrografico. Le serie hanno lunghezza che varia da 30 anni - considerata la lunghezza minima affinché una serie storica possa considerarsi statisticamente affidabile - ad 85 anni¹. I dati più remoti risalgono al 1921 e quelli più recenti sono del 2005. Dal calcolo, come accennato in precedenza, sono state escluse le serie storiche di durata inferiore a trent'anni, poiché considerate statisticamente poco affidabili

Per ogni serie storica si sono calcolate varie grandezze statistiche, fra cui media annuale, scarto quadratico medio, valore minimo, valore massimo, coefficiente di correlazione e test *t* di Student.

L'interpolazione spaziale di questi dati puntuali ha fornito la precipitazione media annuale in tutto il bacino con una risoluzione spaziale di 250 m. Si è utilizzato un algoritmo di interpolazione geostatistico, detto kriging ordinario, disponibile nell'ambiente GIS ESRI ArcMap 9.0.

La precipitazione media sul bacino risulta essere pari a 898 mm con punte minime dell'ordine di 500 mm in Val Venosta (478 mm a Silandro, 499 a Naturno) e punte massime all'interno del sottobacino del fiume Chiampo superiori a 1800 mm (1828 mm di precipitazione totale annua media registrata nella stazione di Campo d'Albero).

¹ La maggior parte di tali dati erano stati precedentemente pubblicati dalla stessa Autorità di Bacino del fiume Adige nel cd-rom SORA ACQUA (2001).

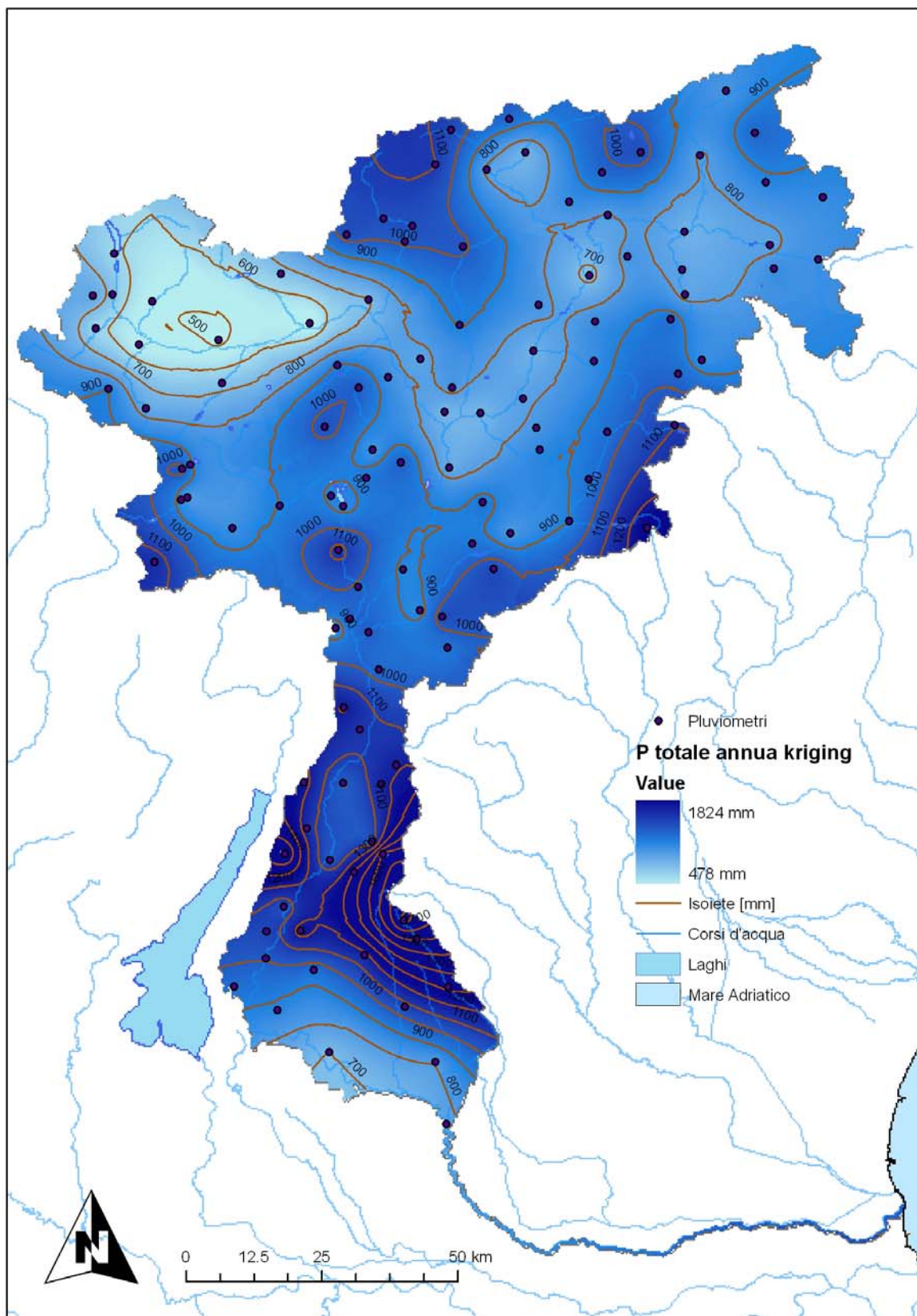


Figura I. 4: precipitazione media annua nel bacino dell'Adige.

Nella figura che segue è riportato l'andamento degli afflussi meteorici nel tempo. L'analisi delle precipitazioni di lungo periodo verificatesi nel bacino dell'Adige evidenzia come negli ultimi anni, a partire dal 2003, gli afflussi meteorici sono risultati considerevolmente inferiori rispetto alla media.

Osservando l'andamento temporale riportato è possibile evidenziare peraltro, che anche in passato si sono registrate basse precipitazioni paragonabili a quelle che hanno caratterizzato gli ultimi anni (ad esempio il triennio 1943 – 1945).

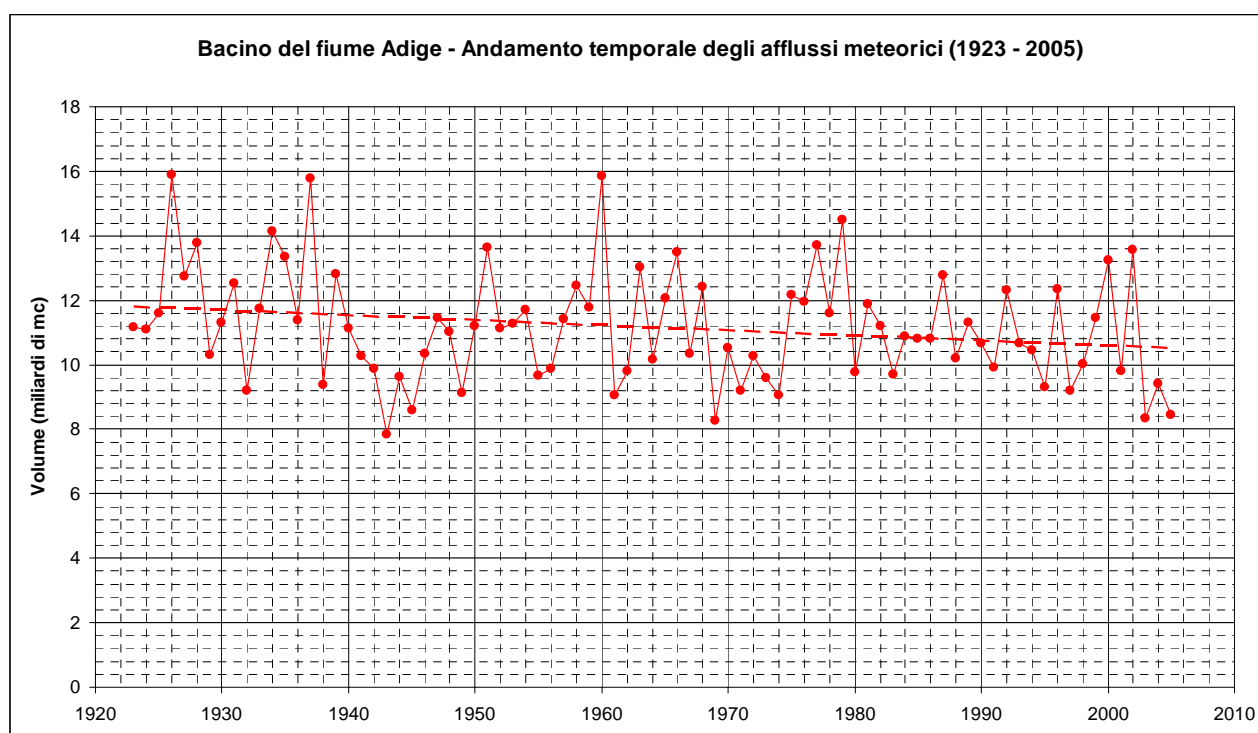


Figura I. 5: andamento temporale degli afflussi meteorici.

Così come per i deflussi, anche per gli afflussi si è verificato se, dal punto di vista statistico, il trend decrescente è significativo.

Il coefficiente di correlazione r per la serie in esame è pari a -0.21 per cui la variabile statistica di test t_c risulta essere pari a -1.948 . Il valore soglia per $n-2$ gradi di libertà, dove n è la numerosità del campione (83 anni), e per un livello di significatività α pari al 5% è uguale a $1,988$ per cui ci si trova al limite.

Ricordiamo che, invece, per le due serie storiche dei deflussi relative alle stazioni di Trento e Boara Pisani le variabili t_c sono, in valore assoluto, maggiori rispetto alla soglia di significatività. In altre parole per le precipitazioni il trend decrescente non è così netto e potrebbe essere causato dalla normale variabilità statistica della grandezza in esame.

1.2.2.3. Analisi dei dati di temperatura

Per le analisi dei dati di temperatura si sono prese in considerazione tre stazioni aventi serie storiche di lungo periodo: Silandro, Trento Laste e Villafranca Veronese.

La stazione di Silandro è posta a 718 m s.l.m. ed è rappresentativa della parte alta del bacino. La serie storica collegata alla stazione, resa disponibile dall'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano, ha inizio nel 1926 e termina nel 2006, ha subito due interruzioni, la prima per un solo anno nel 1946 e la seconda dal 1979 al 1987.

La stazione di Trento Laste è collocata nella parte centrale del bacino ad una quota di 190 m. s.l.m., la sua serie storica parte dal 1924 e termina nel 2002, non sono presenti gli anni 1945, 1947, 1949 e 1966.

La stazione di Villafranca Veronese (66 m s.l.m.), infine, è simbolica di tutta la parte valliva del bacino e la sua serie storica parte dal 1951 e termina nel 2006 (anni mancanti: 1988, 1998 e 1999).

Tutte e tre le stazioni presentano un andamento annuale delle temperature omogeneo, essendo caratterizzate da un minimo a gennaio ed un massimo a luglio. Nelle tabelle che seguono sono riportati gli andamenti medi delle temperature delle tre stazioni.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T media	-0.4	21	6.2	10.1	14.3	17.6	19.5	18.7	15.3	10.1	4.4	0.4	9.8
T max	3.0	6.0	10.1	14.1	17.0	22.6	22.4	22.7	18.7	13.0	7.9	3.5	11.2
T min	-4.6	-5.4	2.6	4.3	11.6	14.4	16.2	16.5	11.7	6.7	1.2	-3.0	8.4

Tabella I. 1: caratteristiche delle temperature medie mensili (°C) per la stazione di Silandro. Il numero dei dati è pari a 72.

Si sono analizzate le serie storiche temporali delle temperature medie mensili e la serie storica della temperatura media annuale, tutti i coefficienti di correlazione della stazione di Silandro sono positivi ciò indica che vi è stato un aumento generalizzato delle temperature nel corso degli anni.

Le due massime temperature mensili di giugno (22.6 °C) ed agosto (22.7 °C) sono state registrate entrambe nel 2003. Quella di luglio (22.4 °C) è invece relativa al 2006.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T media	1.0	4.0	8.9	12.9	16.9	20.6	22.9	22.2	18.4	12.5	6.2	1.8	12.4
T max	5.5	8.0	12.7	16.0	20.7	24.0	26.4	26.9	22.8	15.8	9.5	4.4	13.8
T min	-3.0	-2.5	5.7	10.3	13.7	16.8	20.0	18.5	14.4	7.3	3.0	-1.5	11.0

Tabella I. 2: caratteristiche delle temperature medie mensili (°C) per la stazione di Trento Laste. Il numero dei dati varia da 79 a 83.

A differenza di quanto riscontrato nella stazione di Silandro, per Trento Laste i coefficienti di correlazione non sono tutti positivi, i mesi che compongono il quadrimestre settembre-dicembre sono caratterizzati da trend negativi, ciò indica che con il passare degli anni per quei mesi le temperature medie sono diminuite.

E' da sottolineare che i dati di partenza per la stazione di Trento Laste sono di natura differente rispetto a quelli forniti dall'Ufficio Idrografico della provincia autonoma di Bolzano. La provincia autonoma di Trento, infatti, rende disponibili unicamente le temperature giornaliere massime e minime per cui la temperatura media giornaliera è stata stimata come media aritmetica dei due estremi.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
T media	2.0	4.2	8.3	12.2	17.2	21.1	23.5	22.9	19.1	13.5	7.6	3.1	12.9
T max	5.4	8.0	11.5	15.4	20.9	26.5	27.4	28.8	21.6	16.0	11.1	6.3	14.7
T min	-1.6	-3.1	4.2	9.8	13.6	18.4	20.8	19.4	15.8	8.4	4.1	0.3	11.3

Tabella I. 3: caratteristiche delle temperature medie mensili (°C) per la stazione di Villafranca Veronese. Il numero dei dati varia da 53 a 56.

Nel caso della stazione di Villafranca i coefficienti di correlazione sono positivi o, per il mese di novembre, nulli. La temperatura media mensile massima è relativa al mese di agosto del 2003.

L'analisi di queste stazioni testimonia un aumento generalizzato della temperatura all'interno del territorio del bacino. Ciò si ripercuote da un lato sul volume di acqua che viene perso all'interno del bilancio idrico per evaporazione e traspirazione delle piante, dall'altro sulla maggiore richiesta irrigua da parte dei consorzi di bonifica. Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione è quello relativo all'aumento della frazione di precipitazione liquida sulla precipitazione totale all'aumentare della temperatura.

I.2.2.3. Bacino dell'Isonzo

I.2.2.3.1. Caratteri generali del clima

Tutto il bacino dell'Isonzo appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed

atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm). Abbastanza frequente è il vento da Nordest (bora), che comunque domina nella regione tutto l'anno.

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno, che registra uno dei due massimi annuali di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi l'instabilità si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura, specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però i temporali pomeridiani specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente, già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere in novembre raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è, tipicamente, limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Rispetto a questa descrizione generale, ovviamente la zona costiera gode di un clima ancor più mite, con inverni temperati ed estati di giorno appena un po' più fresche. E' la zona meno piovosa, ma anche la più ventosa, dove la bora raggiunge i suoi valori massimi (raffiche oltre 100 km/h).

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata ed alla felice esposizione a Sud della maggior parte delle vallate del bacino, che le massime risultino

di qualche grado positive fino a quote relativamente alte;

- le precipitazioni, comunque, aumentano fortemente rispetto alla pianura e raggiungono valori fra i più elevati di tutto il continente europeo, rendendo da questo punto di vista la regione molto particolare; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità elevatissima, possono verificarsi neviccate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto velocemente.

1.2.2.3.2. Il regime pluviometrico

Poiché, come già accennato, il bacino dell'Isonzo presenta una particolarità climatica assai marcata per quanto riguarda le precipitazioni, si analizzerà ora qualche elemento in più al riguardo.

Essendo il territorio del bacino dell'Isonzo assai diverso per orografia e terreni, come risultato dell'analisi condotta è apparsa l'opportunità di dividerlo, dal punto di vista climatico, in quattro fasce: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina.

a) La fascia costiera e di bassa pianura

E' la fascia che va dalla costa sino alla base delle colline goriziane (Gradisca, Mariano d. F.) e, lungo il corso del Torre, sino circa all'altezza di Trivignano.

E' la zona meno piovosa del bacino: i totali annui raggiungono mediamente i 1000-1400 mm (che pure, come valore assoluto, non sono pochi), con una variazione crescente dalla costa verso la pianura interna. Nel trentennio considerato (1961 - 1990), l'anno meno piovoso ha portato circa 800 mm e quello più piovoso (il 1965, che ritroveremo spesso) 1400-1800 mm.

Il mese meno piovoso è febbraio, con una media trentennale di 70-100 mm, seguito a poca distanza da gennaio e marzo. I mesi più piovosi sono giugno (100-140 mm medi) e novembre (110-140), seguiti da settembre ed ottobre, D'estate i mesi meno piovosi del triennio hanno ricevuto in questa zona solo 0-20 mm circa, il che conferma quanto si era già detto circa la relativa facilità con la quale la zona costiera e la pianura vanno soggette a siccità estive. I mesi più piovosi del trentennio, verificatesi prevalentemente in autunno (settembre 1965, ottobre 1987), hanno registrato circa 300-350 mm.

b) La fascia dell'alta pianura e collinare

E' la fascia che va dal confine settentrionale della fascia precedente verso Nord, fino a comprendere tutte le colline goriziane (il Collio sia italiano che sloveno) e l'alta pianura friulana fra il Natisone ed il Torre, cioè la zona fra Cormons, Udine, Cividale e Tarcento.

Avvicinandosi alle montagne, la piovosità aumenta: i valori medi annuali arrivano a 1400-1800 mm. L'anno meno piovoso del trentennio ha portato circa 1100-1300 mm, mentre quello più piovoso 1800-2200 mm circa (anche qui è stato nella maggior parte dei casi il 1965).

Il mese meno piovoso è febbraio, con medie di 90-120 mm, seguito da marzo; i mesi più piovosi sono giugno, con circa 140-200 mm, e novembre, con 140-180 mm circa. In estate i mesi meno piovosi del trentennio hanno misurato circa 10-50 mm, dimostrando ancora una certa propensione della zona per la siccità estiva. I mesi più piovosi hanno però portato già 400-550 mm ciascuno, prevalentemente in autunno (settembre 1965, ottobre 1964), anche se qualche mese assai piovoso si è verificato anche in inverno (dicembre-gennaio) ed in estate (luglio-agosto).

c) La fascia prealpina

E' la fascia che comprende praticamente tutte le Prealpi Giulie e gli altopiani carsici della Bainsizza e della Tarnova.

La piovosità media annua dimostra già valori di tutto rispetto: fra i 2000 ed i 2500 mm. Gli anni meno piovosi del trentennio (1983 e 1986) hanno comunque assicurato almeno 1500 mm, non facendo venir meno un congruo apporto idrico. Gli anni più piovosi hanno misurato fra i 3000 ed i 3500 mm (ed anche qui il 1965 ritorna spesso).

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 130-180 mm circa; i mesi più piovosi sono di solito giugno, con 230-280 mm circa, e novembre con 220-300 mm circa, seguiti a poca distanza da ottobre. Nel corso del trentennio, i mesi estivi meno piovosi hanno portato fra 20 e 80 mm, escludendo siccità gravi della zona. Viceversa, i mesi più piovosi dei tre decenni hanno fatto rilevare dai 500 agli 800 mm (con settembre 1965 ancora in assoluto primo piano e per il resto una certa dispersione nel corso dell'anno). E' da notare che spesso in questa zona tali elevati valori mensili sono causati da valori giornalieri di pioggia che già superano abbastanza frequentemente i 100 mm.

d) La fascia alpina

E' la fascia del versante meridionale delle Alpi Giulie, nella sua porzione centrale, imperniata proprio sulla testata delle valli del Torre e dell'Isonzo.

In questa zona le precipitazioni medie annue raggiungono quei valori che la rendono un primato

europeo; dai 2400 ai 3100 mm. Anche gli anni meno piovosi del trentennio hanno contribuito con circa 2000 mm, mentre quelli più piovosi hanno rovesciato le quantità di precipitazione più elevate: dai 3500 ai 4400 mm, negli anni 1965 e 1987. Pur restando appena al di fuori del trentennio considerato, merita menzionare l'anno 1960, che fece registrare picchi di ben 6103 mm ad Ucea e 4725 mm a Breginj.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 160-200 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno, con 260-300 mm, e novembre, con 260-320 mm ed oltre. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-80 mm, per nulla disprezzabili. I mesi più piovosi dei trent'anni hanno totalizzato dai 900 ai 1200 mm (settembre 1965, ottobre 1964, novembre 1969). A maggior ragione, vale anche in questa zona quanto già indicato per quella precedente: spesso a questi valori mensili così elevati contribuiscono in maniera determinante singoli episodi giornalieri di alcune centinaia di millimetri l'uno.

I.2.2.4. Bacino del Tagliamento

I.2.2.4.1. Caratteri generali del clima

Tutto il bacino del Tagliamento appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm).

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno, che registra uno dei due massimi annui di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi l'instabilità si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura, specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però i

temporali pomeridiani specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente, già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere in novembre raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è, tipicamente, limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Rispetto a questa descrizione generale, ovviamente la zona costiera gode di un clima ancor più mite, con inverni temperati ed estati di giorno appena un po' più fresche.

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata ed alla felice esposizione a Sud della maggior parte delle vallate del bacino, che le massime risultino di qualche grado positive fino a quote relativamente alte; fa eccezione l'estremità nord-orientale del bacino;
- le precipitazioni, comunque, aumentano fortemente rispetto alla pianura e raggiungono valori fra i più elevati di tutto il continente europeo, con particolare riferimento all'estremità nord-orientale del bacino; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità elevatissima, possono verificarsi nevicate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto velocemente.

1.2.2.4.2. Il regime pluviometrico

Il bacino del Tagliamento ha la forma di un caratteristico imbuto, con un largo recipiente nella fascia montana, una strettoia nella fascia prealpina ed un lungo e sinuoso canale in pianura; tratteremo dunque separatamente queste tre zone, con un interesse crescente per quelle

setentrionali.

a) La fascia costiera e pianeggiante

E' la fascia che va dalla costa sino alla base delle colline friulane (San Daniele del Friuli, Spilimbergo). E' la zona meno piovosa del bacino, ma anche la più ridotta in estensione: i totali annui raggiungono mediamente i 1000-1500 mm (che pure, come valore assoluto, non sono pochi), con una variazione crescente dalla costa verso la pianura interna. Nel trentennio considerato (1961 - 1990), l'anno meno piovoso ha portato da 800 a 1200 mm e quello più piovoso da 1400 a 2000, sempre con andamento crescente procedendo verso nord.

Il mese meno piovoso è febbraio, con una media trentennale di 70-100 mm, seguito a poca distanza da gennaio, marzo e luglio. I mesi più piovosi sono giugno e novembre (100-160 mm medi), seguiti da settembre ed ottobre. D'estate i mesi meno piovosi del triennio hanno ricevuto in questa zona solo 0-40 mm circa, il che conferma quanto si era già detto circa la relativa facilità con la quale la zona costiera e la pianura vanno soggette a siccità estive.

b) La fascia prealpina

E' la fascia di prealpi che comprende la Carnia orientale, la val di Resia, e la zona di Tolmezzo.

E' la zona a maggiore piovosità: dai 2000 di Gemona del Friuli e Tolmezzo ai 2800 mm di alcune parti del val di Resia, che rappresenta comunque un valore eccezionale in Italia. L'apporto idrico ha un massimo nella zona centrale, in corrispondenza dei crinali prealpini, e tende a diminuire procedendo sia verso sud che verso nord. Gli anni meno piovosi del trentennio (1983 e 1986) hanno comunque assicurato almeno 1500 mm, non facendo venir meno un congruo apporto idrico. Gli anni più piovosi hanno misurato fra i 3000 ed i 3600 mm.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 100-140 mm circa; i mesi più piovosi sono di solito giugno e novembre con 200-350 mm circa, seguiti a poca distanza da ottobre. Nel corso del trentennio, i mesi estivi meno piovosi hanno portato fra 40 e 60 mm, escludendo siccità gravi della zona.

c) La fascia alpina

E' la fascia alpina compresa tra l'estremità nord-orientale del bacino ed il passo Mauria, comprendente tutto il settore Friulano del confine italo - austriaco.

E' una zona caratterizzata da precipitazioni elevate, anche se inferiori a quelle della fascia prealpina, e con andamento decrescente verso Nord e verso Ovest: si va dai 2000 mm della zona meridionale ai 1500 mm del passo Mauria.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 60 - 100 mm, mentre quelli più piovosi sono

anche qui giugno e novembre, con 160-240 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 50-60 mm, che comunque non è un valore basso.

I.2.2.5. Bacino del Livenza

I.2.2.5.1. Caratteri generali del clima

Tutto il bacino del Livenza appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm).

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno, che registra uno dei due massimi annuali di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi l'instabilità si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura, specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però i temporali pomeridiani specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente, già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere in novembre raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è, tipicamente, limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Rispetto a questa descrizione generale, ovviamente la zona costiera gode di un clima ancor più mite, con inverni temperati ed estati di giorno appena un po' più fresche.

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata ed alla felice esposizione a Sud della maggior parte delle vallate del bacino, che le massime risultino di qualche grado positive fino a quote relativamente alte;
- le precipitazioni, comunque, aumentano fortemente rispetto alla pianura e raggiungono valori molto elevati, anche superiori ai 2300 mm; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità elevata, possono verificarsi nevicate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto velocemente.

1.2.2.5.2. Il regime pluviometrico

Suddivideremo il bacino del Livenza in quattro zone climatiche che tratteremo separatamente: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina.

a) La fascia costiera e di bassa pianura

Come per il Tagliamento, questa fascia ha una importanza molto limitata per il Livenza, dal momento che il suo bacino si restringe notevolmente in prossimità della foce; pertanto ci limiteremo a tratteggiare brevemente questa zona.

Questa fascia comprende la zona che va dal mare fino a Motta di Livenza, dove il fiume esce dalla provincia di Treviso.

E' la zona meno piovosa del bacino, con valori medi di 900 - 1000 mm annui, con oscillazioni comprese tra 600 per gli anni aridi e 1400 mm. per gli anni piovosi.

b) La fascia dell'alta pianura e collinare

E' la fascia pre-collinare che include Conegliano, Sacile e Pordenone, e va dai primi rilievi alla

provincia di Venezia.

La piovosità media annua aumenta con l'avvicinarsi delle montagne, e va dai 1100 mm delle zone meridionali ai 1400 mm. delle zone antistanti i primi rilievi. Gli anni meno piovosi si assestano sugli 800 -1100 mm, quelli più piovosi sui 1400 - 2000 mm (come sempre i valori più elevati si riferiscono alle zone settentrionali).

Il mese meno piovoso è febbraio, con medie di 80-100 mm, seguito da marzo; i mesi più piovosi sono giugno e novembre, con 120-160 mm circa. D'estate i mesi meno piovosi hanno portato 20- 30 mm, confermando una possibile siccità nel periodo.

c) La fascia prealpina

E' la fascia di maggiore apporto idrico per il Livenza, e comprende la zona a nord di Vittorio Veneto e quasi tutti i sottobacini del Meduna e del Cellina, cioè la gran parte della fascia prealpina in provincia di Pordenone.

La piovosità media annua, pur non raggiungendo i livelli del Friuli orientale, è senz'altro elevata, essendo compresa tra 1700 e 2300 mm. Gli anni meno piovosi del trentennio hanno comunque assicurato almeno 1400 mm, non facendo venir meno un congruo apporto idrico. Gli anni più piovosi hanno misurato fra i 2000 ed i 3000 mm.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 100-140 mm circa; i mesi più piovosi sono di solito giugno e novembre con 180-280 mm circa, seguiti a poca distanza da ottobre. Nel corso del trentennio, i mesi estivi meno piovosi hanno portato 40 - 50 mm, escludendo siccità gravi della zona.

d) La fascia alpina

E' la zona settentrionale della provincia di Pordenone posta al confine con il Veneto ed il crinale della Carnia.

La precipitazione media annua diminuisce drasticamente spostandosi da est ad ovest: dai 2000 mm. delle zone orientali ai 1500 delle zone occidentali. Gli anni meno piovosi portano 1100 - 1500 mm, quelli più piovosi 2000 - 2800 mm (i valori più elevati si riferiscono sempre alle zone orientali). Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 80 120 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 170-250 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-50 mm.

I.2.2.6. Bacino del Piave

I.2.2.6.1. Caratteri generali del clima

Tutto il bacino del Piave appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm).

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno, che registra uno dei due massimi annuali di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi l'instabilità si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura, specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però i temporali pomeridiani specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente, già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere in novembre raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è, tipicamente, limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Rispetto a questa descrizione generale, ovviamente la zona costiera gode di un clima ancor più mite, con inverni temperati ed estati di giorno appena un po' più fresche.

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata o a fenomeni di inversione, che le massime risultino di qualche grado positive fino a quote relativamente alte;
- le precipitazioni aumentano rispetto alla pianura con un massimo nella parte mediana del bacino, riconducibile alla zona prealpina; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità relativamente elevata, possono verificarsi neviccate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto velocemente, specie nella parte prealpina e di pianura. Il manto nevoso è invece più persistente nelle zone più settentrionali, caratterizzate da un'altitudine mediamente più elevata.

1.2.2.6.2. Il regime pluviometrico

Suddivideremo il bacino del Piave in quattro zone climatiche che tratteremo separatamente: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina; queste ultime sono le fasce di maggiore interesse, in quanto ricoprono la maggior parte del bacino.

Come specificheremo più avanti, il bacino del Piave, pur avendo maggiore estensione rispetto agli altri bacini contermini posti più a est, è tuttavia caratterizzato da una bassa piovosità nelle zone alpine e prealpine, che sono poi quelle di maggiore estensione.

a) La fascia costiera e di bassa pianura

Questa fascia comprende la zona che va dal mare fino al confine della provincia di Treviso, includendo la zona di San Donà di Piave. A differenza di altre zone litoranee, in cui la piovosità aumenta allontanandosi dalla costa, il litorale del bacino del Piave presenta valori di piovosità leggermente più elevati della zona di Eraclea - Boccafossa, che sono le zone più aride del bacino. Questo andamento caratteristico è presente in tutte le stagioni, ma è particolarmente marcato nei mesi piovosi.

La zona costiera e di bassa pianura è la meno piovosa del bacino, con valori medi di 800 - 1000 mm annui; gli anni aridi forniscono precipitazioni per 600 - 800 mm, gli anni piovosi per 1200 - 1400 mm (come altrove i valori minimi della valutazione si riferiscono alle zone meno piovose, i valori massimi alle zone più piovose).

Il mese meno piovoso è, come sempre, febbraio, con 50 - 60 mm. di precipitazione media; i mesi più piovosi sono giugno e novembre, con 90 - 100 mm. D'estate i mesi meno piovosi hanno portato meno di 10 mm di pioggia, provocando una sensibile siccità nella zona.

b) La fascia dell'alta pianura e collinare

E' la fascia che va dai confini della fascia precedente ai primi rilievi prealpini, presso Valdobbiadene, ed include le colline antistanti le prealpi del Montello.

La piovosità media annua aumenta con l'avvicinarsi delle montagne, e va dai 1000 mm delle zone meridionali ai 1400 mm. della zona del Montello e della piana a nord di esso. Il basso rilievo del Montello stesso ha un'influenza debole ma visibile sulla piovosità.

Gli anni meno piovosi si assestano sugli 800 -1000 mm, quelli più piovosi sui 1400 - 1800 mm.

Il mese meno piovoso è febbraio, con medie di 70-90 mm, seguito da marzo; i mesi più piovosi sono giugno e novembre, con 110-150 mm circa. D' estate i mesi meno piovosi hanno portato 10- 30 mm, confermando una possibile siccità nel periodo.

c) La fascia prealpina

Questa zona comprende lo spartiacque tra le province di Belluno e Treviso, la parte settentrionale del Grappa e la valle del Piave fino a Belluno e all'Alpago.

Pur essendo la zona di massima piovosità del bacino, presenta valori sensibilmente minori di apporto idrico se confrontato con le zone prealpine dei bacini contermini più a est: la piovosità media annua è infatti compresa tra 1400 e 1600 mm, ed i valori massimi vengono raggiunti su aree limitate ai margini del bacino: la zona del Grappa e la zona di confine tra il Bellunese e il Pordenonese. Gli anni meno piovosi del trentennio si sono attestati su 1000 - 1200 mm, gli anni più piovosi hanno misurato fra i 2000 ed i 2200 mm.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 70 - 90 mm circa, giungendo fino a 100 nella zona del Grappa; i mesi più piovosi sono di solito giugno e novembre con 140-160 mm circa, seguiti a poca distanza da ottobre. Nel corso del trentennio, i mesi estivi meno piovosi hanno portato 30 - 60 mm, escludendo siccità gravi della zona.

La zona di Alpago risulta relativamente poco piovosa; questo fatto è imputabile alla relativa scarsità di precipitazioni nei mesi a maggiore apporto idrico, mentre d'estate la piovosità rientra

nella media delle zone limitrofe.

d) La fascia alpina

Questa zona coincide di fatto con la parte settentrionale della provincia di Belluno.

La precipitazione media annua diminuisce gradualmente spostandosi verso nord -ovest, e si mantiene relativamente elevata solo verso il confine con il Friuli. I valori medi annui di precipitazione vanno dai 1500 mm delle zone meridionali della fascia in esame ai 1100 mm delle dolomiti attorno a Cortina. Gli anni meno piovosi portano 800 - 1100 mm, quelli più piovosi 1400 - 2000 mm.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 50-80 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 100-160 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-50 mm.

1.2.2.7. Bacino del Brenta-Bacchiglione

1.2.2.7.1. Caratteri generali del clima

Tutto il bacino del Brenta-Bacchiglione appartiene in generale alla zona di clima temperato-continentale ed umido che è comune anche a molte altre aree del versante meridionale delle Alpi.

A prescindere dagli effetti dell'altitudine e del mare, le stagioni sono abbastanza ben definite: l'inverno è freddo ma in genere non eccessivamente rigido: le temperature medie si aggirano attorno a 2-4 °C in gennaio, con le minime di solito di qualche grado negative e massime quasi sempre positive. L'escursione termica è quindi relativamente elevata. L'inverno è la stagione meno piovosa; si alternano periodi di giornate grigie ed umide con periodi di sole splendente ed atmosfera assai secca. La neve compare in pianura (un paio di volte) e raggiunge quantitativi di solito degni di nota (10-20 cm).

In primavera prevale la caratteristica variabile primaverile: giornate piovose e giornate di bel tempo si susseguono ed anche i temporali fanno la loro prima comparsa. Le precipitazioni sono via via più abbondanti. Anche la temperatura, ovviamente, continua a salire; le ultime gelate notturne di solito si concludono con il mese di marzo ed in maggio si possono già raggiungere punte massime di trenta gradi.

L'estate inizia con il mese di giugno, che registra uno dei due massimi annuali di precipitazione e spesso porta molte giornate perturbate; poi si attenua ed arrivano lunghi periodi di bel tempo e caldo (frequenti massime a 33 - 35 °C), con molto sole ed anche umidità elevata. In pianura,

specie verso la costa, non sono infrequenti mesi piuttosto siccitosi. In genere, però i temporali pomeridiani specie vicino ai monti, sono abbastanza frequenti. Le brezze di terra e di mare e quelle di valle e di monte, rispettivamente nelle zone prossime alla costa e nelle zone più interne, raggiungono il loro massimo sviluppo e sono un'altra caratteristica delle giornate estive. Di notte esse mitigano la calura e riportano la temperatura a valori prossimi o, spesso, inferiori a 20 °C.

L'autunno può iniziare precocemente, già nel mese di settembre, oppure attardarsi fino a ottobre; quando comincia porta spesso lunghi periodi di giornate grigie, umide e piovose. I mesi autunnali sono i più ricchi di precipitazione che in genere in novembre raggiungono l'altro massimo annuale. Le temperature diventano via via più basse anche se l'escursione termica è, tipicamente, limitata. In novembre ricominciano le prime gelate.

Rispetto a questa descrizione generale, ovviamente la zona costiera gode di un clima ancor più mite, con inverni temperati ed estati di giorno appena un po' più fresche.

Per contro, in montagna il clima si fa più rigido man mano che aumenta la quota e man mano che ci si addentra nelle valli più interne, dalle Prealpi verso le Alpi. Come naturale, anche l'esposizione e la pendenza giocano un ruolo determinante, per cui non è possibile dare una descrizione sintetica del clima montano. Si nota però quanto segue:

- nonostante le temperature minime scendano d'inverno anche abbondantemente sotto lo zero, non è però raro, grazie ad un'escursione termica spesso elevata, che le massime risultino di qualche grado positive fino a quote relativamente alte, soprattutto nei tratti di valle esposti a Sud; l'Altopiano di Asiago presenta caratteristiche termiche differenziate;
- le precipitazioni raggiungono i valori più elevati in corrispondenza della fascia prealpina anche per località con altitudini non elevate; la Valsugana e l'alta pianura sono caratterizzate da valori comparabili di precipitazione annua; anche i temporali estivi sono quasi una costante;
- anche la neve varia molto, localmente, per quantità caduta e spessore al suolo; tuttavia in linea di massima, a causa delle frequenti temperature positive anche nel periodo invernale, l'ablazione è abbastanza intensa. Ne risulta che, grazie alla piovosità relativamente elevata, possono verificarsi neviccate assai ingenti, ma poi la neve al suolo si riduce altrettanto velocemente; fa eccezione la Valsugana, specie il settore corrispondente alla destra idrografica, prevalentemente esposto a Nord.

1.2.2.7.2. Il regime pluviometrico

Suddivideremo il bacino del Brenta Bacchiglione in quattro zone climatiche che tratteremo separatamente: la fascia costiera e di bassa pianura, la fascia dell'alta pianura e collinare, la fascia prealpina e quella alpina. Confrontando il bacino del Brenta Bacchiglione con i bacini contermini posti più a est, possiamo osservare la sua relativa estensione assoluta, come pure il contributo dato dalla zona pianeggiante all'estensione del bacino stesso.

a) La fascia costiera e di bassa pianura

Questa zona riveste una notevole importanza nell'estensione del Bacino, e si estende dalla foce del Brenta presso Chioggia e dalla laguna di Venezia ai Berici (grosso modo questa zona corrisponde alla provincia di Padova ed alla zona di Chioggia).

E' la zona meno piovosa del bacino, con media annua compresa tra i 700 e 900 mm; come al solito i valori minimi si riferiscono alle zone meridionali del bacino; si noti tuttavia che, a differenza degli altri fiumi considerati, non sempre queste zone sono prossime alla foce. Gli anni di massima precipitazione del trentennio hanno fatto registrare 1000 - 1200 mm, gli anni più secchi 500 - 600 mm, cioè un valore sostanzialmente ridotto.

I mesi più piovosi sono giugno e novembre, con 70 - 90 mm, il mese più secco febbraio con 50 - 60 mm. Le estati più secche hanno portato 0-10 mm di pioggia, confermando una propensione ad una forte siccità nel periodo; per contro, le precipitazioni estive hanno prevalente carattere temporalesco e possiedono un notevole potenziale distruttivo su aree generalmente limitate, soprattutto nel mese di luglio; i valori massimi di precipitazione per singola stazione nel mese di luglio superano talvolta i 200 mm. dato considerevole se si tiene conto che questo è generalmente il risultato di 2 o 3 episodi di breve durata.

Per inciso, i colli Euganei non sembrano avere una forte influenza sulle precipitazioni complessive.

b) La fascia dell'alta pianura e collinare

E' la fascia pre-collinare che include la parte meridionale della provincia di Vicenza, Berici compresi, e l'estremità settentrionale della provincia di Padova.

I valori medi di precipitazione annua si situano tra i 900 e 1400 mm; gli anni più piovosi hanno portato 1200 - 2000 mm, gli anni più secchi 700 - 1000 mm. con andamento più incerto delle isolinee. E' evidente l'influsso positivo dei Berici, che incrementano, anche se di poco, le precipitazioni alle loro pendici.

Il mese meno piovoso è febbraio, con medie di 70-90 mm, seguito da marzo; i mesi più piovosi sono giugno e novembre, con 90-140 mm circa. D'estate i mesi meno piovosi hanno portato 10

mm, confermando una possibile siccità nel periodo.

Particolarmente piovosa, tra le zone di pianura, la regione di Schio e Thiene.

c) La fascia prealpina

E' la fascia di maggiore apporto idrico per il bacino, e comprende tutta la zona settentrionale della provincia di Vicenza e la zona meridionale ed occidentale del Grappa.

La piovosità media annua, tende a risalire rispetto al minimo delle prealpi del Piave, pur non raggiungendo i livelli del Friuli: è infatti compresa tra 1400 e 1800 mm. delle zone del Grappa e di Recoaro. Gli anni meno piovosi del trentennio hanno comunque assicurato almeno 1000 - 1200 mm, non facendo venir meno un congruo apporto idrico. Gli anni più piovosi hanno misurato fra i 2000 ed i 3000 mm di Recoaro.

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 90-140 mm circa; i mesi più piovosi sono di solito giugno e novembre con 140-200 mm circa, seguiti a poca distanza da ottobre. Nel corso del trentennio, i mesi estivi meno piovosi hanno portato 20 - 40 mm, confermando la possibilità di deboli siccità nel periodo.

d) La fascia alpina

E' situata in Trentino, ed include la testata della Valsugana, la valle di San Martino di Castrozza e le loro diramazioni.

La precipitazione media annua decresce spostandosi da est ad ovest: dai 1000 mm. delle zone orientali e meridionali agli 800 delle zone occidentali (Pergine Valsugana). Gli anni meno piovosi portano 1100 - 1400 mm, quelli più piovosi 1600 - 2000 mm (i valori più elevati si riferiscono sempre alle zone orientali).

Il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con 60 80 mm, mentre quelli più piovosi sono anche qui giugno e novembre, con 100-140 mm. I mesi estivi meno piovosi del trentennio hanno portato circa 40-50 mm.

I.2.2.8. Deflussi: comparazioni temporali e statistiche

Partendo dalle serie storiche a disposizione per le sezioni di misura di alcuni dei principali corsi d'acqua veneti, il Dipartimento per la Sicurezza del Territorio - Centro Valanghe Arabba di A.R.P.A.V. ha condotto un'analisi sui deflussi confrontando le portate e i deflussi medi dei recenti anni idrologici con i valori medi storici.

Tutte le valutazioni sono state condotte considerando come periodo di riferimento l'anno idrologico (1 ottobre – 30 settembre).

Come modalità di rappresentazione dei dati si sono scelte due tipologie di grafici che sono state replicate, con le opportune modifiche dovute principalmente alla diversa lunghezza e completezza delle serie storiche, alle seguenti stazioni di misura idrometriche:

- Adige a Boara Pisani
- Astico a Pedescala
- Bacchiglione a Montegalda
- Boite a Cancia
- Brenta a Barziza
- Cordevole a Saviner
- Piave Ponte Lasta

La prima tipologia di grafico rappresenta, mediante istogramma, le portate mensili mediate sui recenti anni idrologici, confrontate con i valori medi, massimi e minimi mensili storici. In alto, su asse secondario, è messo in evidenza lo scarto delle portate medie mensili degli ultimi anni idrologici rispetto ai valori storici. I deficit maggiori si hanno con elevata frequenza nei mesi tardo primaverili e nei primi mesi autunnali, mentre a dicembre ci sono frequenti scarti positivi, quasi vi fosse un anticipo della stagione primaverile ed un ritardo di quella autunnale, con una diminuzione complessiva delle portate medie annue. Il grafico dà un'informazione relativa al regime delle portate, confrontato lo storico (in termini di intervallo di variazione e di scarti).

La seconda tipologia di grafico rappresenta i deflussi, in mm, mettendo in evidenza gli scarti rispetto ai valori storici dei deflussi nell'intero anno idrologico, nel secondo semestre dell'anno idrologico (aprile-settembre) e nel trimestre luglio-agosto-settembre. Il grafico è sempre riferito ai recenti anni idrologici, considerati qui però uno ad uno. Il grafico dà un'informazione, per i singoli anni idrologici, relativa alla ripartizione stagionale dei deflussi, con particolare riferimento al periodo estivo.

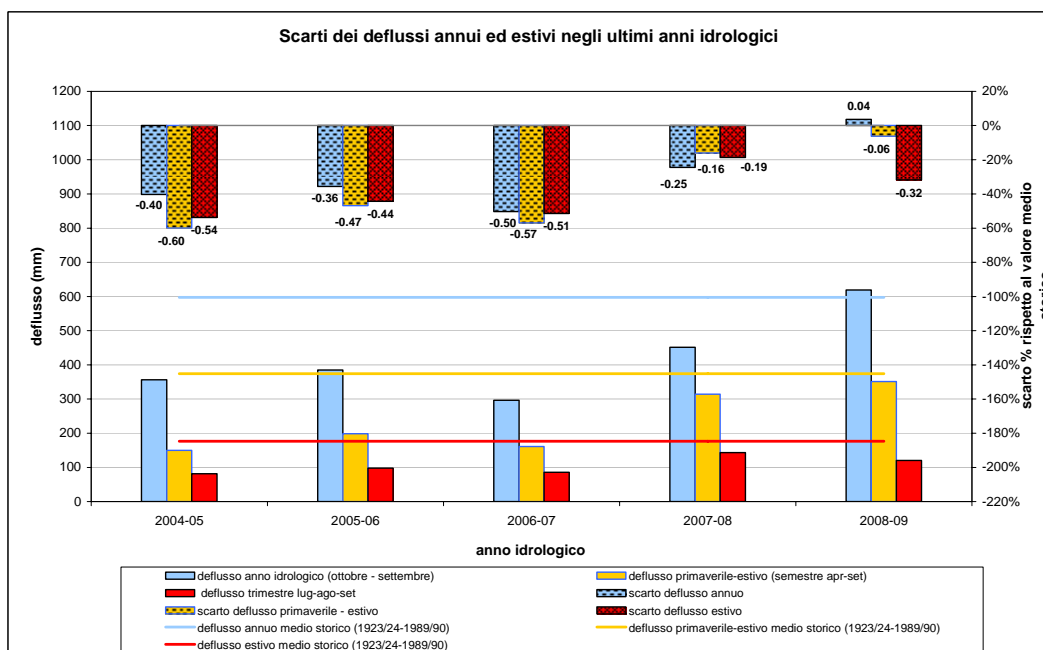
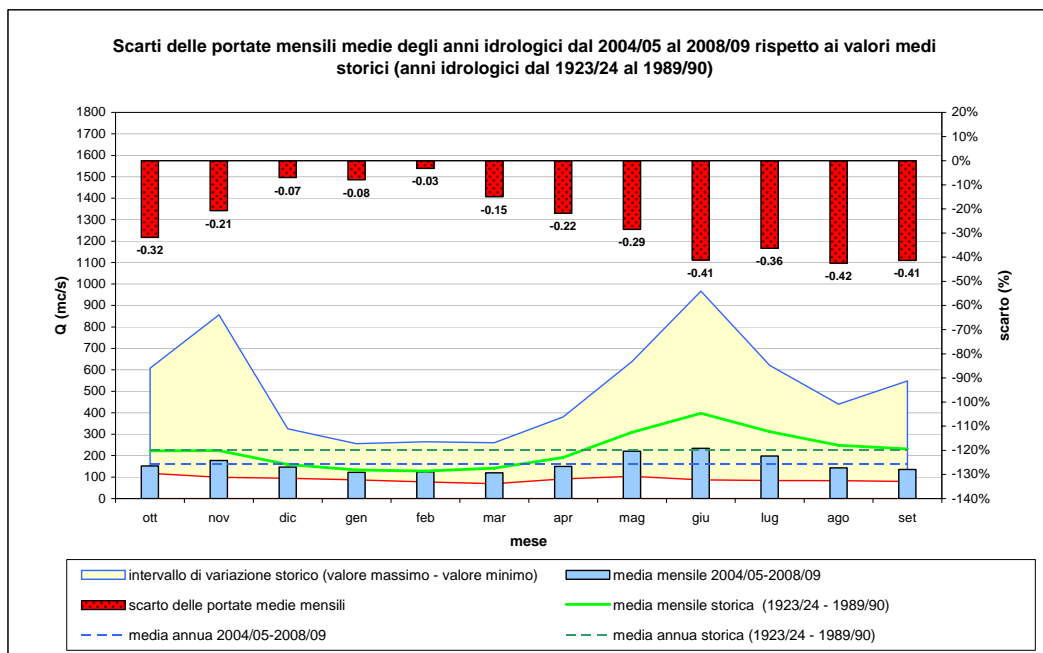


Figura I. 6: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi dell'Adige a Boara Pisani.

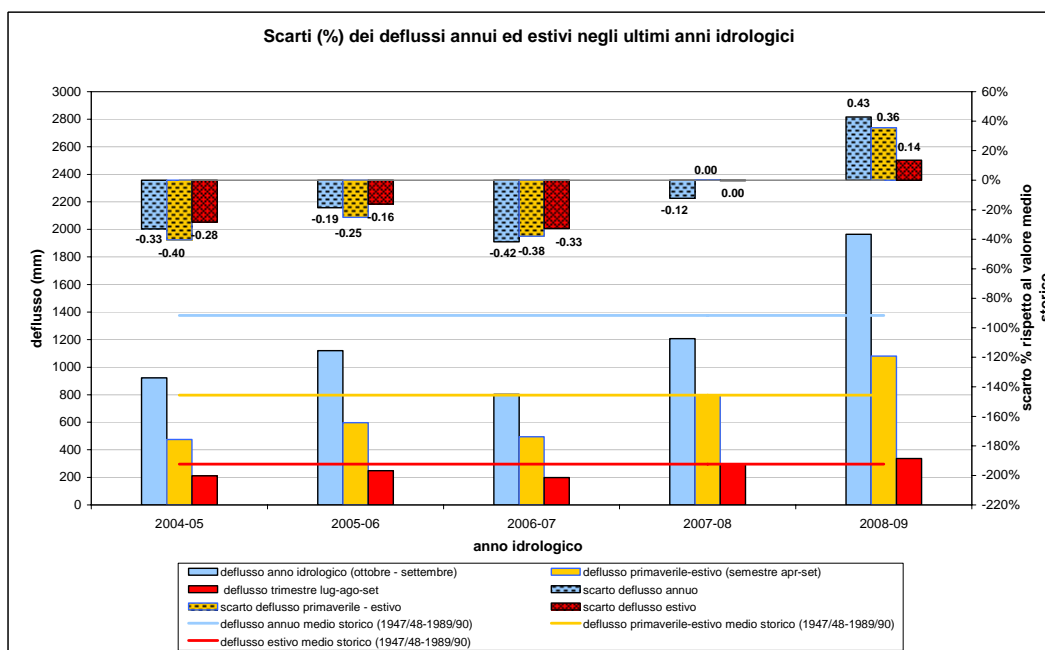
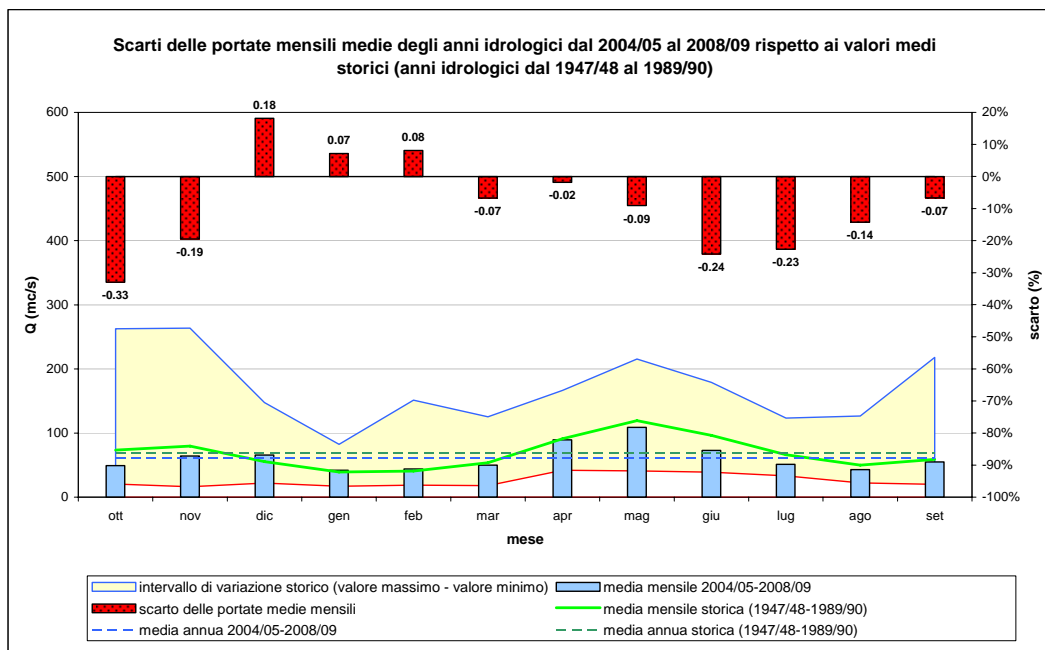


Figura I. 7: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Brenta a Barziza

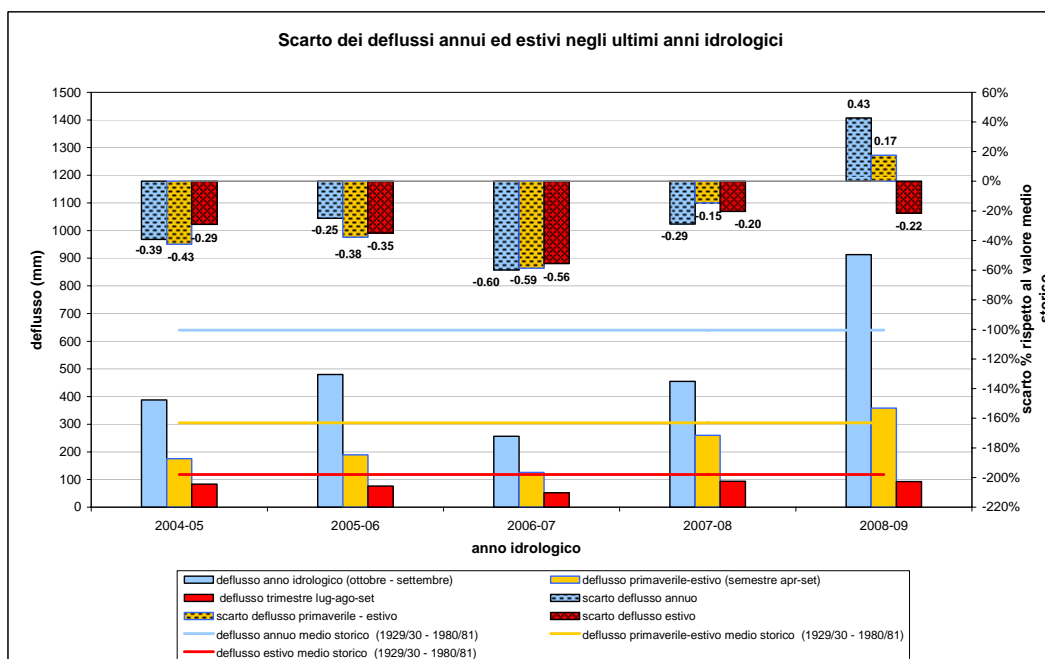
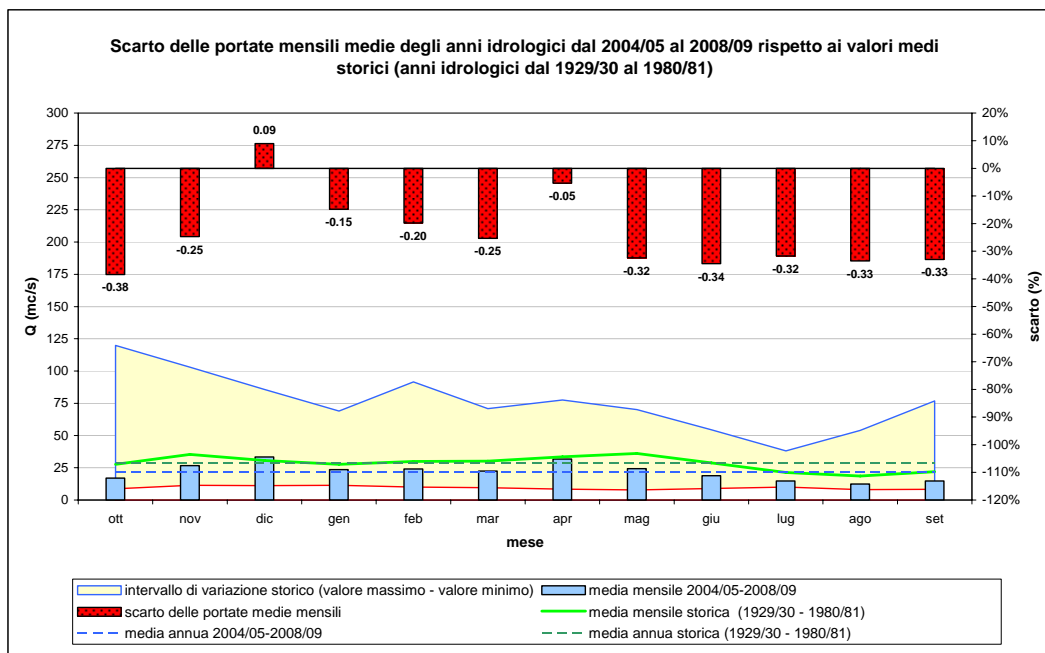


Figura I. 8: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Bacchiglione a Montegalda

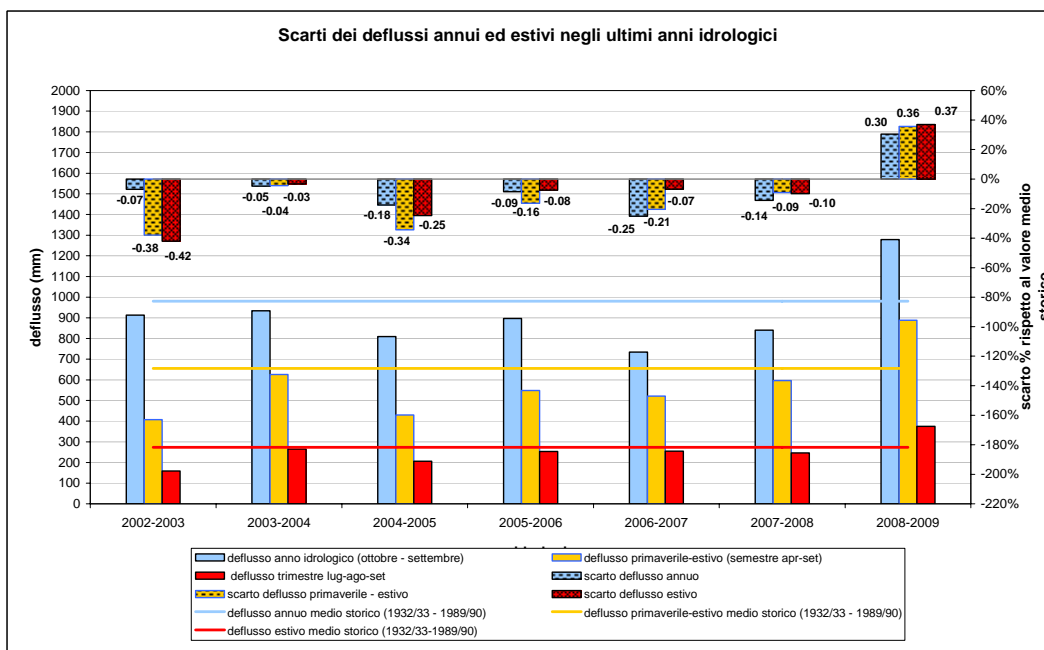
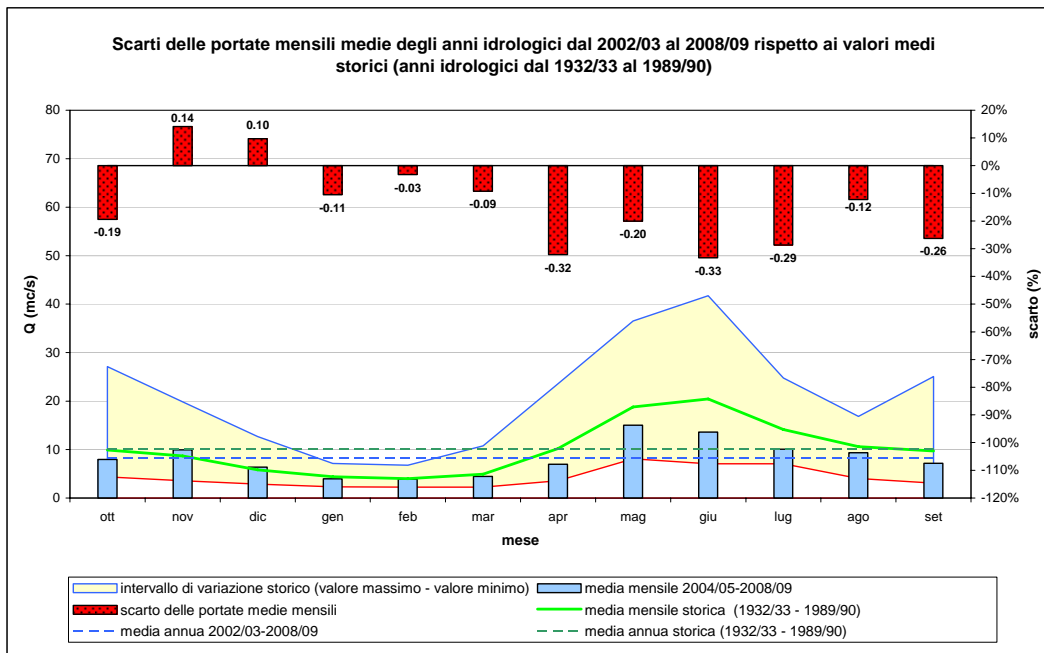


Figura I. 9: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Boite a Cancia

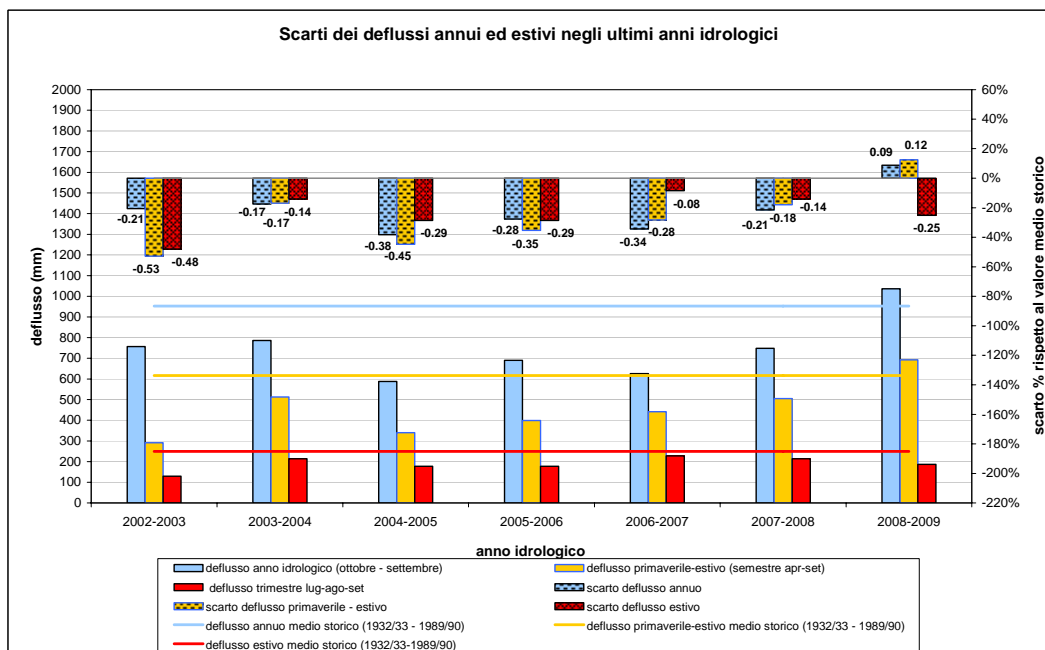
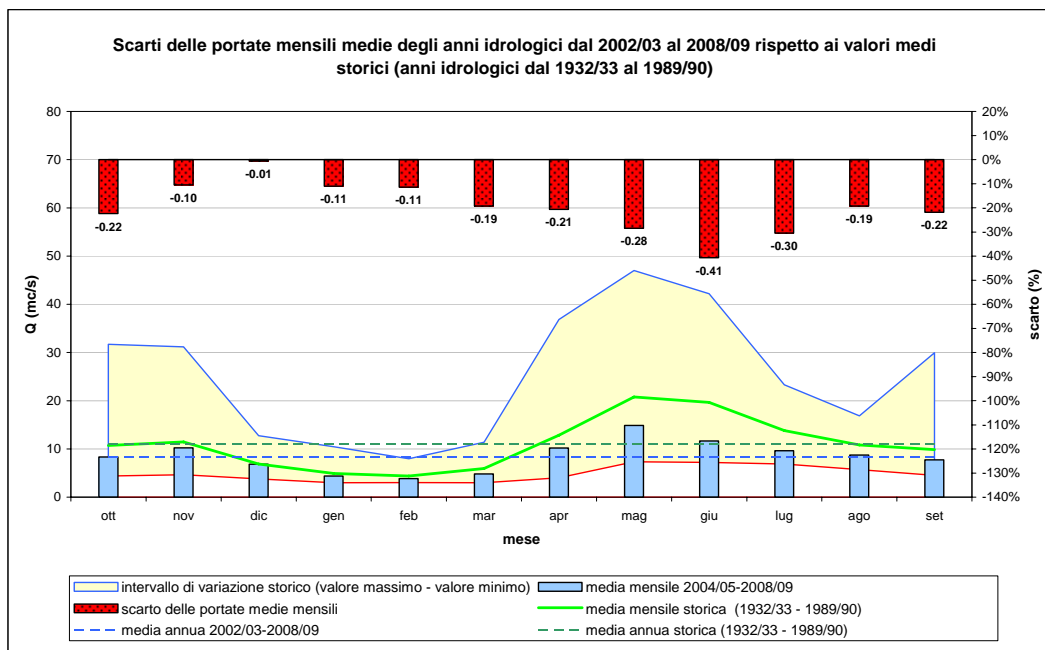


Figura I. 10: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Piave a Ponte della Lasta

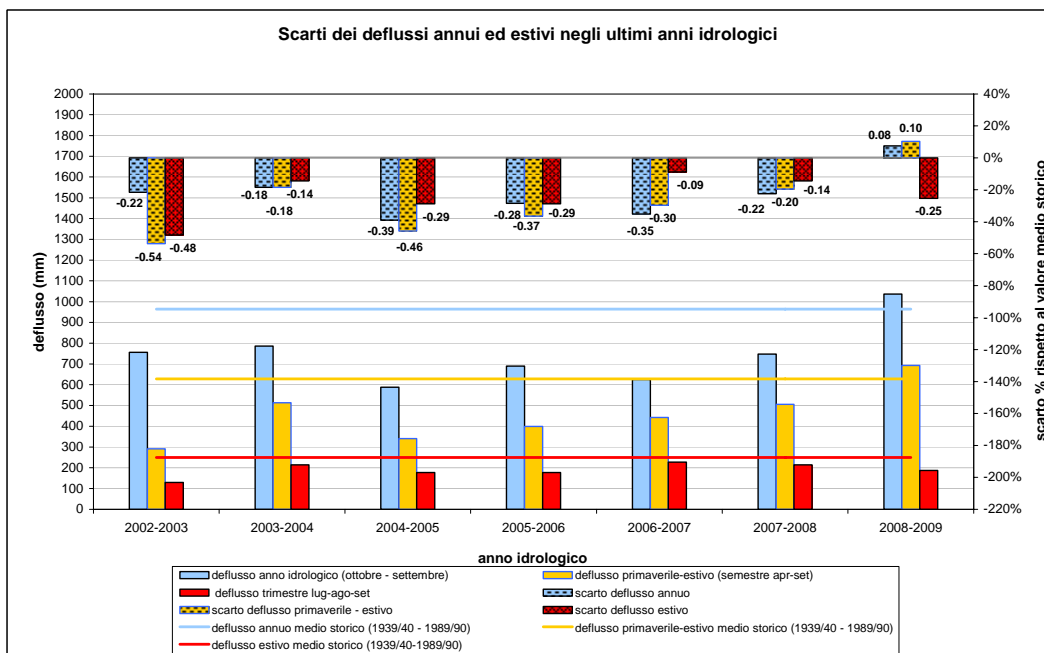
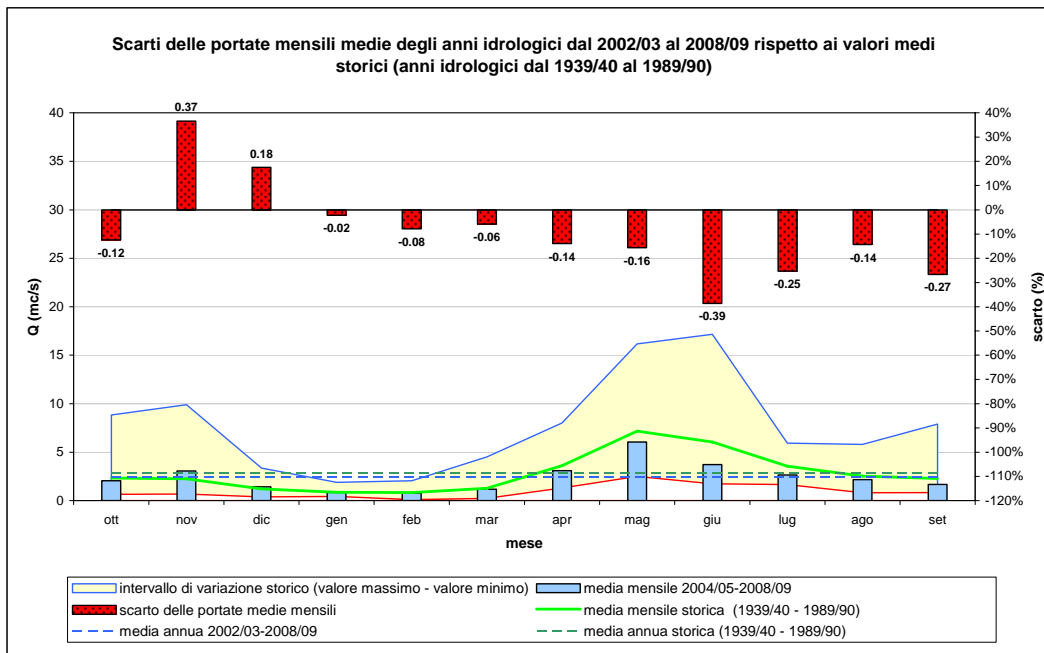


Figura I. 11: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Cordevole a Saviner

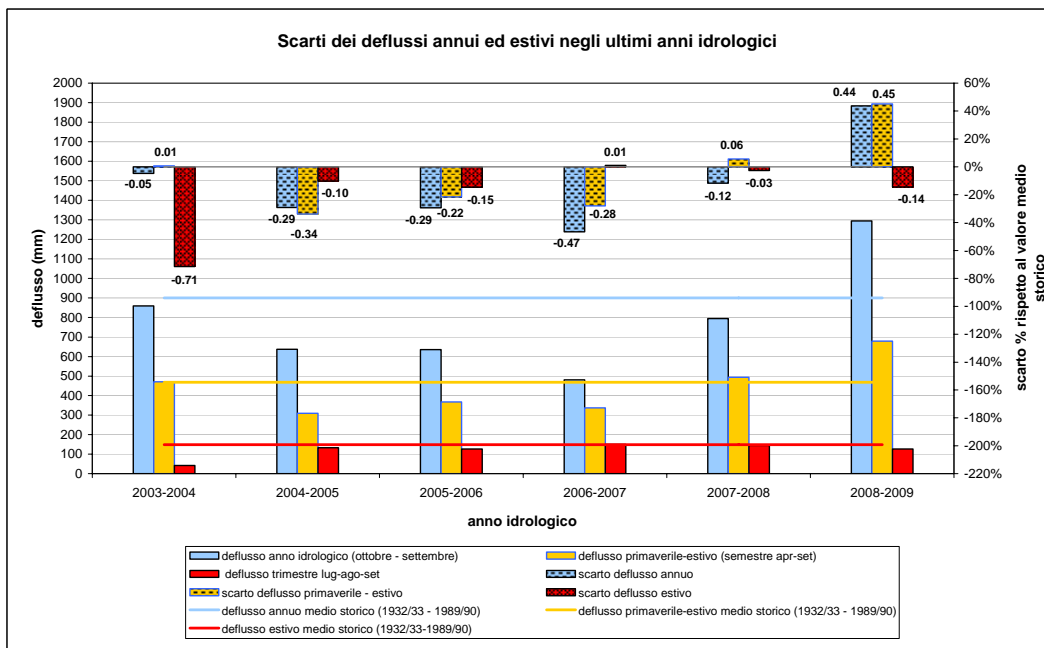
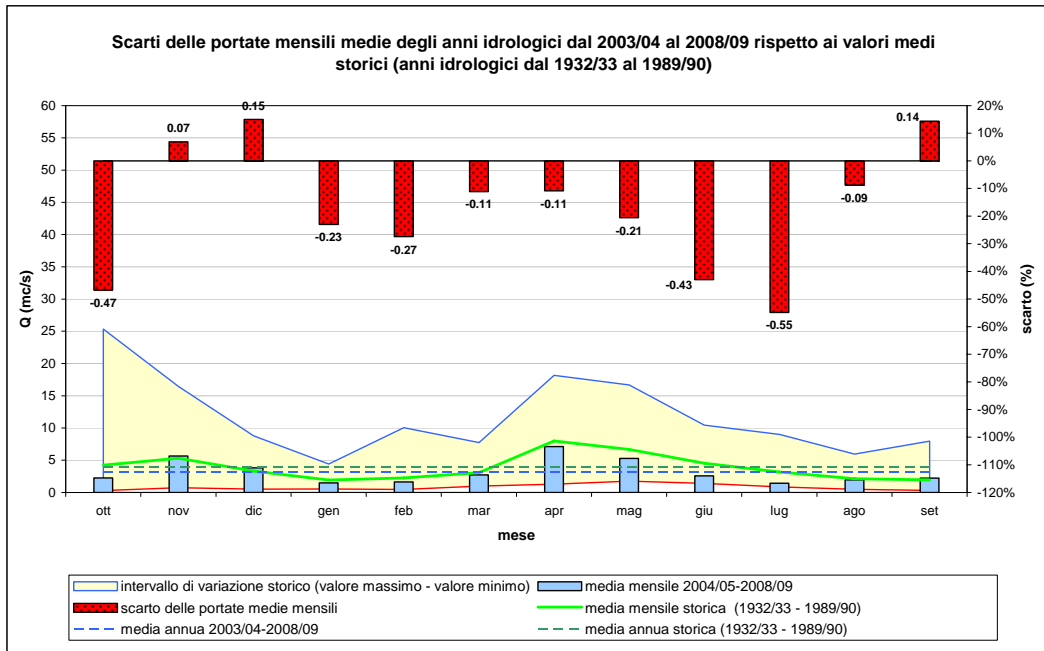


Figura I. 12: Comparazioni temporali e statistiche dei deflussi del Astico a Pedescala

I.2.3. Inquadramento idrogeologico

I.2.3.1. Regione Friuli Venezia Giulia

La Regione Friuli Venezia Giulia si sviluppa su un territorio fisiograficamente eterogeneo, caratteristica che identifica anche le diverse province idrogeologiche. Spostandosi da nord a sud, si riconoscono le grandi strutture alpine (alpi e prealpi, carniche e giulie), costituite da rocce principalmente di origine sedimentaria con diverse tipologie geologiche ed idrogeologiche ove si sviluppa un vasto sistema di sorgenti montane.

Scendendo verso sud, nell'area centrale della Regione si incontra il *Campo di Gemona-Osoppo*, una vasta piana con granulometria piuttosto grossolana e permeabile nella parte più settentrionale, che diventa via via molto fine avvicinandosi all'anfiteatro morenico, ultimo testimone delle passate glaciazioni, caratterizzato in maggior parte dalla presenza di materiali con abbondante matrice limoso-argillosa, poco o per nulla permeabili.

Proseguendo si sviluppa l'ampia pianura alluvionale che abbraccia praticamente tutta la regione da ovest ad est, suddivisa in alta e bassa pianura.

L'*alta pianura* è costituita da sedimenti a granulometria piuttosto grossolana, con buona permeabilità che permettono la rapida infiltrazione delle acque meteoriche e delle perdite di fluviali di subalveo che vanno ad alimentare la falda freatica.

Via via che la granulometria diminuisce, si assiste alla venuta a giorno di parte delle acque della falda freatica nella zona della fascia delle risorgive.

A sud di tale fascia ovvero nell'area di *bassa pianura*, si ritrovano in profondità confinate da orizzonti impermeabili lenti di materiali più permeabili che costituiscono un complesso sistema multifalda artesiano sviluppato sino al substrato pre-quadernario.

In bassa pianura si segnala inoltre in diverse zone la presenza di un falda freatica locale, limitata sia come estensione che come potenza, associata a livelli permeabili superficiali.

Gli acquiferi montani: sistema imbrifero e sistema carsico

Tutto l'arco alpino e prealpino regionale presenta un ampio sviluppo di sorgenti montane, testimoni della venuta a giorno delle acque di diversi complessi idrogeologici.

Le sorgenti, suddivisibili in perenni e temporanee, sono molto numerose, oltre 2000 sorgenti da bibliografia. Di queste circa 350 sono ufficialmente captate per uso domestico (acqua potabile per acquedotto), 118 sono risorgenze carsiche (dal catasto regionale delle cavità), meno di 20 sono conosciute e studiate per le loro qualità minerali (Cucchi F. e Piano C., 2000).

In particolare sono vigenti in regione undici Concessioni e due Permessi di ricerca per lo sfruttamento delle acque minerali e/o termali ed una Concessione per acque di sorgente. Delle suddette Concessioni soltanto quattro sono nella fase di imbottigliamento e vendita mentre le altre, pur avendo il decreto di concessione vigente ed il riconoscimento ministeriale della risorsa, si trovano ancora nella fase di impostazione della produzione. Si tratta prevalentemente di acque calcareo-carsiche ricche di calcio e magnesio (con durezza media o medio alta), di acque con scarsa mineralizzazione (acque calcaree che sono state demineralizzate per scambio ionico da parte delle argille, presenti in numerose formazioni), oppure di acque di diretta provenienza meteorica che percolando in formazioni argillose o scistose cedono difficilmente ioni.

Le sorgenti predominanti sono quelle alimentate da acquiferi sviluppati in depositi quaternari più o meno permeabili (detrito di falda e depositi morenici) e da calcari carsificati; ma anche quelle sviluppate lungo i contatti tra rocce impermeabili (o poco permeabili) e rocce fortemente suddivise. L'estrema varietà delle litologie nelle successioni stratigrafiche fa sì che unità idrogeologiche "minori", siano spesso contenute nei più estesi complessi idrogeologici. L'intensa tettonizzazione determina, inoltre, numerose occasioni di drenaggio preferenziale lungo fasce subverticali e verso le quote più basse.

Essendo direttamente influenzati dalle caratteristiche litologiche e strutturali del territorio montano regionale, i complessi idrogeologici sono composti per lo più da unità idrogeologiche allineate est-ovest, suddivise da sistemi di faglie e sovrascorrimenti, con trend parallelo, talora dislocate da un sistema di faglie trasversali (con direzioni nordovest-sudest, nord-sud, nordest-sudovest).

Dal punto di vista litologico le unità idrogeologiche consistono di acquiferi con porosità dovuta principalmente a fenomeni di fratturazione e secondariamente carsismo, di età principalmente permio-carbonifera nelle Alpi Carniche, triassica nelle Alpi e Prealpi di Tolmezzo e nelle Alpi Giulie, giurassico-cretacea nelle Prealpi carniche del pordenonese e nelle Prealpi Giulie, ed eocenica nella pedemontana pordenonese e nel Collio, imputata alla presenza di megabanchi di conglomerati carbonatici nel Flysch.

In queste aree si sviluppano principalmente sorgenti a carattere perenne, con le rocce meno permeabili che si comportano quindi da "serbatoio poroso", caratterizzate quindi da portate più costanti senza oscillazioni repentine.

I principali complessi carbonatici influenzati da fenomeni carsici sono invece complessi idrogeologici separati (il Carso classico Goriziano e triestino, il carsismo del Consiglio-Cavallo, il

carsismo del Monte Canin). In queste aree le sorgenti hanno spesso carattere temporaneo, laddove l'acquifero carsico si sviluppa secondo un sistema di fessure e condotte, con la possibilità di rapidi "riempimenti" ed altrettanto rapidi svuotamenti.

Tutto il sistema delle sorgenti montane, assieme al ruscellamento superficiale, contribuisce a creare una vasta rete idrografica con i grandi fiumi regionali Cellina-Meduna, Tagliamento-Fella, Torre, Natisone, Isonzo. Inoltre parte delle sorgenti montane è costantemente utilizzata per l'approvvigionamento idrico-potabile della popolazione regionale, con opere di presa anche di notevole entità.

Gli acquiferi del Campo di Gemona-Osoppo e dell'anfiteatro morenico

Il Campo di Gemona-Osoppo si sviluppa come una piana alluvionale, limitata ai lati dai rilievi montuosi delle Prealpi Carniche ad ovest e nord-ovest e Giulie ad est e nord est, a sud dall'anfiteatro morenico del Tagliamento. L'azione glaciale würmiana, che ha portato al massimo avanzamento del fronte morenico, è stata responsabile di una abrasione dei preesistenti cerchi morenici, successivamente coperti con sedimenti di disgelo fluvioglaciali.

La piana alluvionale si è dunque formata con la sedimentazione differenziata dei diversi materiali, più grossolani e permeabili nella parte settentrionale (ghiaie e sabbie), così da determinare a nord la presenza di una falda freatica ed a sud una zona di risorgiva, e più fini a bassa permeabilità verso l'arco morenico (argille e limi). Si segnalano, inoltre, sotto alla coltre fluvioglaciale frequenti orizzonti clastici miocenici (conglomerati, arenarie, ecc), sovrastanti il substrato litoide (rocce carbonatiche mesozoiche e flysch eocenico), responsabili della presenza di una falda artesianiana.

Tali caratteristiche determinano quindi una circolazione delle acque con direzioni di deflusso che seguono le variazioni di permeabilità laterale e verticale dell'acquifero che le contiene.

In particolare nell'area settentrionale le acque sotterranee formano un falda freatica relativamente poco profonda (dai 2 ai 12 m dal piano campagna), alimentata dalla percolazione meteorica, dalle perdite di subalveo dei corsi d'acqua nonché dai bacini carbonatici vicini.

La falda freatica, invece, viene a giorno nella zona più meridionale del Campo di Gemona-Osoppo, in una fascia di risorgive piuttosto sviluppata, dove i depositi fluvioglaciali passano da ghiaioso-sabbiosi ad argilloso-limosi e dove una soglia rocciosa parallela al bordo interno dell'anfiteatro viene a giorno nei pressi di Buia, nonché il substrato impermeabile risale.

Come conseguenza della presenza dei materiali impermeabili argillosi (potenti circa 2-3 m), le acque sotterranee vanno a creare inoltre una falda artesianiana, peraltro poco profonda ed a bassa pressione (ritrovabile nella fascia tra la piana di Artegna e Buia e l'anfiteatro morenico).

Ove presente il substrato conglomeratico è caratterizzato da una circolazione piuttosto profonda, con acque provenienti dai massicci circostanti e dagli apporti settentrionali.

L'ultimo arco morenico dell'anfiteatro del Tagliamento si pone come chiusura meridionale del Campo di Gemona-Osoppo; in tale area si ritrovano acque sotterranee spesso presenti in lenti permeabili che genera un freatismo locale (falde sospese) dovuto alla notevole eterogeneità dei depositi presenti, talora con la risorgenza di acque in superficie, che vanno a localizzarsi come piccoli laghetti nelle vallecicole intramoreniche.

Tale sistema è responsabile, nell'area dell'anfiteatro morenico, di uno scarso ricambio idrico, dovuto alla stagnazione delle acque in aree depresse (superficiali) ed lenti sotterranee.

Caratteristiche della falda freatica nell'Alta pianura e delle falde artesiane superficiali nella Bassa pianura

L'area dell'alta pianura è caratterizzata da depositi grossolani in prevalenza ghiaiosi, con livelli più o meno cementati (talora conglomeratici) e livelli sabbiosi, risultato della passata deposizione fluviale e fluvio-glaciale nonché dall'apporto dei conoidi degli attuali corsi d'acqua. In questo notevole materasso alluvionale si instaura una vasta falda freatica, alimentata dalla infiltrazione efficace delle precipitazioni meteoriche e dalle perdite subalveo dei fiumi regionali. Un contributo sensibile proviene inoltre dagli apporti derivanti dall'anfiteatro morenico e delle aree prealpine.

La granulometria dei depositi mostra una percentuale media di ghiaia pari al 65-70%, ciò permette di ritrovare valori di permeabilità che vanno da 10^{-2} m/s in alveo, ai 10^{-3} - 10^{-4} m/s nei primi metri dal piano campagna, valori che ritroviamo in profondità in orizzonti ghiaiosi o di conglomerati fratturati, fino ai 10^{-5} m/s delle ghiaie sabbioso-limose.

La notevole permeabilità, associata alla variazione sia stagionale sia per eventi eccezionali degli apporti meteorici, comporta una estrema variabilità del livello piezometrico della falda freatica nell'alta pianura, così da presentare un gradiente idraulico con pendenza variabile dal 5‰ nella zona a ridosso dei rilievi allo 1‰ nella zona subito prospiciente la fascia delle risorgive, attestando una pendenza media intorno al 2~3‰.

La soggiacenza della falda freatica è normalmente elevata nelle zone subito a valle dei rilievi montuosi, particolarmente nell'alto pordenonese, ove la profondità dell'insaturo arriva ad oltre 100 m, e comunque mediamente attorno ai 60-80 m nella fascia settentrionale.

Stante la notevole estensione dell'alta pianura e la presenza di una permeabilità piuttosto elevata, la falda freatica è caratterizzata da una vulnerabilità intrinseca mediamente elevata, a rischio inquinamento, soprattutto in quelle zone ove la soggiacenza non è particolarmente

elevata, con una zona insatura che non ha la possibilità di trattenere e filtrare l'eventuale percolazione di inquinanti provenienti dalla superficie, ovvero verso la parte più meridionale dell'alta pianura, laddove l'insaturo diventa sempre meno esteso e la falda si avvicina al piano campagna sino a portare a giorno parte delle acque sotterranee nella estesa fascia di transizione delle risorgive.

Da questa fascia di sorgenti di pianura (con portata totale valutata attorno ai 70~80 m³/s) si sviluppa un vasto reticolo idrografico, oggi solo in parte naturale a causa dell'antropizzazione dei vari corsi d'acqua e dell'intervento di bonifica di vaste aree della bassa pianura.

Il sottosuolo è caratterizzato da un sistema multifalda risultato della diminuzione della granulometria dei depositi alluvionali lungo un asse circa N-S.

In questo sistema sono stati identificati numerosi orizzonti ghiaiosi intercalati ad orizzonti sabbioso-pelitici, con variazioni anche laterali piuttosto eterogenee. L'alternarsi di questi livelli permeabili ed impermeabili rende possibile riconoscere sette-otto livelli di acquiferi artesiani più superficiali oltre ad altri più profondi.

L'acquifero A è l'artesiano più superficiale; si sviluppa complesso ed interdigitato dai 20 agli 80 metri dal piano campagna, con livelli abbastanza permeabili, ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi intercalati da livelli argilloso-limosi impermeabili mediamente potenti.

L'acquifero B si ritrova ad una profondità dagli 80 a 100 m dal piano campagna, generalmente sviluppato in uno-due livelli, formato da depositi sabbiosi con potenza media di circa 8 m.

Il sottostante acquifero C, discontinuo ed interdigitato fino a tre strati, non viene riconosciuto in tutta la pianura ma certamente in tutta la zona retrostante l'area perlagunare. Si sviluppa in orizzonti sabbiosi con spessori poco potenti (max 7m), a profondità dai 120 ai 140 m.

L'acquifero D, piuttosto continuo in tutto l'ambito della bassa pianura, si riconosce a profondità dai 160 ai 170 m, formato da orizzonti prevalentemente ghiaiosi e subordinatamente ghiaioso-sabbiosi con potenze comprese tra 4 e 12 metri.

Spesso l'acquifero D appare direttamente correlato al sottostante acquifero E che si sviluppa dai 180 ai 190 m, in sedimenti sabbiosi con potenze superiori ai 10 m.

L'acquifero F, composito ed eterogeneo, distinguibile talora in due livelli permeabili principali ("F alto" ed "F basso"), si sviluppa con buona continuità in un insieme potente di livelli sabbiosi, sabbioso cementati e ghiaiosi (10 – 15 m di spessore), intercalati eventualmente da sottili stratificazioni di limi e argille con locali lenti ghiaiose a profondità variabili dai 250 ad ovest sino ai 190 verso est.

L'acquifero G, anch'esso eterogeneo, si ritrova a profondità variabili, in intervalli sabbiosi, talvolta debolmente ghiaiosi o con sabbie cementate. Si tratta di intervalli con spessori molto variabili (mediamente di 17 m), il cui tetto è prossimo ai depositi che si trovano alla base del Quaternario nell'area di Grado e nel settore centrale della pianura friulana. Qui il tetto è a circa 230 m dal piano campagna, si approfondisce a 250 m a Val Noghera, fino ai -290 m nella zona del Tagliamento – Stella, seguendo l'andamento delle isobate del basamento roccioso.

Vi è, infine, un sistema di acquiferi, denominato H, posto al di sotto di un acquitarzo argilloso-limoso molto potente, che interessa intervalli di sabbie, sabbie ghiaiose, talvolta cementate. Questo sistema è presente solo nella porzione sud-occidentale della Bassa Pianura friulana dove interessa sia i termini più grossolani alla base del Quaternario sia quelli del Pliocene e si sviluppa in due acquiferi principali: "H alto" con tetto che varia dai 350 m ai 400 m ed "H basso" che si ritrova dai 360 m ai 425 m.

I fenomeni di termalismo e le falde artesiane profonde

Un recente studio (2007), commissionato dal Servizio Geologico regionale al quale hanno partecipato i Dipartimenti DICA e DISGAM dell'Università degli Studi di Trieste e l'OGS, volto alla definizione della risorsa geotermica regionale, ha approfondito il livello di conoscenza degli acquiferi nel sottosuolo dell'area perilagunale della Bassa Pianura friulana, riconoscendovi i diversi sistemi di acquiferi, indicati secondo la bibliografia esistente, come falde A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M. I primi otto sistemi sono contenuti in depositi quaternari, mentre i rimanenti appartenerebbero alla molassa miocenica e si presentano solo nel settore più occidentale della Bassa Pianura.

In quest'area sono interessanti dal punto di vista geotermico:

- L'acquifero E, le cui acque possono raggiungere la temperatura di 25° C con un massimo di 29° C nella zona di Val Noghera-Morgo Laguna di Grado e Marano;
- L'acquifero F caratterizzata da un termalismo che va dai 25° C ai 34° C;
- L'acquifero G caratterizzata da un termalismo che va dai 29° C ai 35° C;
- L'acquifero H caratterizzata da un termalismo che va dai 25° C ai 35° C spostandosi da est verso ovest.

A profondità più elevate, sviluppati nella molassa miocenica, si ritrovano gli acquiferi più profondi presenti nella regione.

Le due falde I ed L, caratterizzate da un termalismo che va dai 30° C ai 40° C spostandosi da est verso ovest, interessano livelli prevalentemente sabbiosi, talvolta sabbiosi-ghiaiosi,

debolmente cementati delle Molasse mioceniche. Si tratta di due livelli permeabili principali con acquiferi che si ritiene possano interdigitarsi, anche se la loro separazione diventa sempre più netta verso Ovest per la presenza di una lente d'argilla. La distribuzione areale di questi acquiferi nel settore centrale è poco nota, mancando un numero sufficiente di pozzi di adeguata profondità.

L'acquifero I ha il tetto a profondità variabile da 450 m a più di 490 m ed uno spessore che varia dai 5 m ai 15 m circa.

L'acquifero L, localizzato da un intervallo di sabbie cementate del Tortoniano, ha il tetto a profondità superiori a 500 m, fino a circa 540 m con spessori dai 10 m ai 18 m ed è definito praticamente solo nel Settore Tagliamento - Stella.

L'acquifero M è costituito da intervalli arenacei appartenenti al Miocene Superiore, probabilmente interessati anche da possibili sistemi di fature, ovvero vi è la possibilità, supportata dai risultati delle analisi geochimiche, che l'alimentazione sia, in parte, anche profonda. Tale acquifero caratterizza solo l'area più orientale della pianura con profondità superiori ai 590 m, con bassi valori di permeabilità e temperature relativamente basse, dell'ordine dei 30° C. Visto l'esiguo numero di pozzi che ha raggiunto tali profondità vi è incertezza sull'estensione, sulla termalità e sugli spessori di questo acquifero, rendendolo quindi non mappabile.

Va ancora segnalata l'esistenza del sistema degli acquiferi geotermici nelle formazioni carbonatiche profonde (tra gli 800 e i 2500 m) con temperature superiori ai 40° C, rilevati in alcuni pozzi destinati ad utilizzo geotermico.

Le province idrogeologiche

La falda freatica e quelle artesiane presenti nella pianura friulana traggono origine ed alimentazione da tre elementi distinti: bacini imbriferi montani, perdite fluviali di sub-alveo infiltrazioni efficaci delle acque meteoriche.

Alcuni studi (Cucchi *et al.* 1999; AAVV 2006) indirizzati al riconoscimento delle caratteristiche di chimismo ed alimentazione, hanno messo in luce una suddivisione in quattro province idrogeologiche principali nell'alta pianura (falda freatica) ed altrettante nella bassa pianura (falde artesiane) che va a sommarsi alla suddivisione verticale del sistema multifalda artesiano.

Le quattro province principali in alta pianura sono:

- Alta pianura pordenonese del conoide Cellina-Meduna;
- Alta pianura friulana centrale in destra e sinistra Tagliamento;

- Alta pianura friulana orientale;
- Alta pianura isontina.

Alta pianura pordenonese del conoide Cellina-Meduna

Il settore più occidentale della pianura friulana, formato principalmente dai grandi conoidi alluvionali dei torrenti Cellina e Medusa, è sede di una falda freatica molto potente, con apporti principalmente derivati dalle acque di subalveo dei due torrenti; tale corrispondenza è ben evidenziata dall'andamento omologo dei regimi fluviali con quello sotterraneo, con uno sfasamento quasi mensile e con velocità di propagazione di 3~4 km/giorno durante le piene.

Tale falda freatica si sviluppa a profondità notevoli nella parte settentrionale (125m dal piano campagna a S. Martino di Campagna) per poi via via venire alla luce nella fascia delle risorgive. Essendo inoltre caratterizzata da uno scarso ricambio idrico della falda, permane notevole il rischio di contaminazioni antropiche provenienti dalla superficie.

L'andamento delle direzione di deflusso, per quanto variabile da E a SSE a seconda dei periodi di rilievo, indica sia l'apporto principale del Cellina-Meduna, sia un apporto secondario legato agli apporti del bacino imbrifero carbonatico del Consiglio-Cavallo.

Alta pianura friulana centrale in destra e sinistra Tagliamento

Il Tagliamento, principale fiume della Regione, ha sviluppato un'ampia conoide alluvionale, che nella zona dell'alta pianura friulana contiene una falda freatica alimentata principalmente dalle acque tilaventine. Tale dispersione di sub-alveo è maggiore in sinistra orografica con un asse NNO-SSE, minore in destra in quanto bloccata dalle acque del sistema Cellina-Meduna (con asse NNE-SSO); la dispersione di acque tilaventine è facilmente riconoscibile nello studio dei solfati (provenienti dai bacini montani afferenti il Tagliamento, dove sono presenti livelli gessosi anche molto importanti) che si rinvennero nei pozzi freatici fino alla zona di Gonars.

Alta pianura friulana orientale

Limitata ad occidente dalle dispersioni tilaventine e nord dalla particolare circolazione delle acque moreniche, la pianura friulana orientale vede lo sviluppo di una falda freatica alimentata principalmente dalla infiltrazione efficace delle precipitazioni meteoriche e solo verso sud dalle perdite sub-alveo del torrente Torre e del fiume Natisone (testimoniate dall'elevato rapporto Ca/Mg e dal basso tenore di solfati).

L'assenza di veri e propri corsi fluviali non permette una miscelazione delle acque del sottosuolo, soprattutto nella parte immediatamente a sud dell'anfiteatro morenico, acque che sono così particolarmente soggette ai fenomeni di presa in carico dei materiali potenzialmente inquinanti presenti in superficie (in particolar modo prodotti utilizzati in agricoltura e zootecnia).

Il deflusso sotterraneo ha una direzione prevalente SSW, concorde anche con la morfologia del substrato.

Alta pianura isontina

In continuità con la provincia dei conoidi Torre-Natisone, nella parte più orientale della pianura friulana, si ritrova la piana alluvionale del fiume Isonzo, che va a caratterizzare tutta l'area orientale sino al Carso isontino. Le acque sotterranee, caratterizzate dall'assenza di solfati e dall'elevato rapporto Ca/Mg sono di derivazione principalmente isontina, nonché dai suoi affluenti Judrio, Versa e Vipacco; con deflusso corrispondente al precedente.

Province idrogeologiche in bassa pianura

Le province idrogeologiche individuate in alta pianura trovano il loro corrispettivo in altrettante province a valle della fascia delle risorgive. Si riconoscono così:

- Bassa pianura pordenonese del conoide Cellina-Meduna;
- Bassa pianura friulana centrale in destra e sinistra Tagliamento;
- Bassa pianura friulana orientale;
- Bassa pianura dell'Isonzo.

Bassa pianura pordenonese del conoide Cellina-Meduna

Le acque della falda freatica dell'alta pianura pordenonese del conoide Cellina-Meduna diventano artesiane nella zona a sud-ovest di Pordenone limitata ad est dalle acque di risorgiva del Medusa, andando a formare una zona a basso tenore di solfati e presenza di materiali torbosi.

Bassa pianura friulana centrale in destra e sinistra Tagliamento

Le dispersioni tilaventine della pianura friulana centrale, si ritrovano anche nelle falde artesiane a sud della fascia delle risorgive, ove le acque sotterranee sono principalmente alimentate dalle perdite del Tagliamento e facilmente riconoscibili per l'alto tenore di solfati con un andamento NNE-SSO nella zona pordenonese che segue i paleoalvei del Tagliamento fino a incontrarsi con il corso di risorgiva del basso Medusa e NNO-SSE nella pianura udinese, via via perdendo l'apporto tilaventino sino alla confinante provincia della pianura friulana orientale.

Bassa pianura friulana orientale

Come nell'alta pianura, le acque sotterranee della bassa pianura friulana orientale si incuneano tra quelle di sub-alveo del Tagliamento a ovest e quelle del sistema Torre-Natisone. Risente principalmente quindi delle acque meteoriche provenienti dalla infiltrazione efficace che va ad alimentare la falda freatica in alta pianura, con la conseguenza di una presenza di contaminanti

antropici anche nelle falde artesiane.

Bassa pianura isontina

Il sistema artesiano ivi sviluppato risente mantiene le caratteristiche multifalda delle altre provincie di bassa pianura ed è alimentato principalmente dalle dispersioni di Torre, Natisone e Isonzo, con acque caratterizzate da un rapporto Ca/Mg elevato.

I.2.3.2. Regione Veneto

I.2.3.2.1. Bacini idrogeologici montani

Definire i bacini idrogeologici montani del Veneto vuol dire fare un insieme di considerazioni di tipo topografico, copertura del suolo, geologico e tettonico. Queste possono essere sintetizzate nel modo seguente:

- topografia: l'acclività dei versanti montuosi e la loro altezza sul reticolo idrografico principale sono i fattori più importanti;
- copertura del suolo: una maggior copertura riduce l'infiltrazione e il ruscellamento, mentre la roccia nuda, a seconda del tipo, li favorisce entrambi;
- geologia e tettonica: sono gli elementi che influenzano il grado di erodibilità e quindi la morfologia dei versanti. Inoltre, le rocce con il loro grado e tipo di permeabilità influenzano la velocità di deflusso, mentre giacitura e fratturazione impostano le direzioni di deflusso.

Per definire le tipologie di bacini bisogna identificare le unità ed i complessi idrogeologici, ovvero l'insieme del livello impermeabile di base e dell'unità permeabile soprastante che funge da acquifero. A tale scopo si può preparare una stratigrafia compilativa per il Veneto, ricavata dalla Carta Geologica del Veneto 1:250.000, in cui considerare la permeabilità dei vari tipi litologici, suddivisi in 4 classi di permeabilità da cui si ottengono sei complessi idrogeologici schematici.

Usando una schematizzazione molto spinta, basata anche sull'associazione litologica, si possono individuare 5 tipologie di unità:

- unità calcareo dolomitiche a porosità primaria e permeabilità elevata accentuate da fratturazione e carsismo;
- unità calcareo marnose fittamente stratificate con porosità e permeabilità primaria scarsa accentuata per fratturazione;

- unità terrigene, ignee e metamorfiche a porosità e permeabilità minima con lieve incremento per fratturazione;
- unità terrigene, ignee e metamorfiche a permeabilità nulla;
- depositi sciolti anche ad alta porosità ma la cui volumetria generalmente influenza la qualità del corpo idrico in essi contenuti.

1.2.3.2.2. Tipologie di bacini idrogeologici montani

La circolazione idrica negli ammassi rocciosi, molto diversa rispetto ai terreni sciolti, è caratterizzata dalla permeabilità intrinseca alla litologia e da quella acquisita per effetto di fattori esterni quali stratificazione, fratturazione e grado di solubilità. Tutti questi fattori rendono un ammasso roccioso altamente anisotropo. Infatti, se la porosità primaria può essere considerata una proprietà ad alta isotropia, sono le caratteristiche planari che rendono fruibile al transito d'acqua solo limitate porzioni di roccia. Considerato che l'acqua defluisce lungo le zone permeabili planari, in un gruppo montuoso litologicamente omogeneo soltanto una minima parte del volume contiene acqua di circolazione.

Sulla base delle precedenti considerazioni si possono individuare le seguenti tipologie di acquiferi montani e quindi di bacini idrogeologici:

- **superficiali in materiale detritico sospesi sul livello di base:** in questo caso i corpi detritici sia di falda che morenici o di alterazione svolgono la funzione di acquifero, mentre il contatto con la roccia in posto è la superficie impermeabile. La loro estensione è generalmente limitata e risultano come temporaneo serbatoio di acqua sia piovana che nivale con possibile deflusso verso il drenaggio superficiale o verso altri acquiferi. Le caratteristiche fisiche dell'acqua risentono ancora di quelle meteorologiche e a seconda del litotipo possono differenziarsi chimicamente dalla loro origine.
- **superficiali in materiale detritico adiacenti al livello di base:** sono simili ai precedenti, con la differenza che il livello di base può fungere da elemento alimentatore o di regolazione della quota piezometrica. Inoltre questi corpi detritici addossati alla base di versanti rocciosi possono venire alimentati da falde profonde entro il massiccio montuoso retrostante. In questo contesto si possono avere varie tipologie di acque e regimi a seconda dei casi e delle situazioni locali.
- **carsici:** molti gruppi montani del Veneto sono caratterizzati dalla composizione calcarea o dolomitica, che permette la circolazione carsica. Le differenze litologiche (calcare o dolomia) influenzano parzialmente lo sviluppo del reticolo carsico, ma è principalmente la struttura geologica a determinare l'idrologia ipogea. Il reticolo carsico può essere più o

meno sviluppato e quindi dare adito a zone ad elevata permeabilità adiacenti ad altre a bassa permeabilità. Inoltre, in direzione verticale si possono distinguere zone di epicarsismo e di ipocarsismo, che rispettivamente indicano la zona superficiale di veloce assorbimento idrico e zona profonda in roccia. Nell'ambito dei massicci carsici, in base alla topografia si possono individuare i seguenti tipi di acquifero:

- **profondi in massicci carbonatici sospesi sopra il livello di base:** si riferiscono a corpi calcarei o dolomitici isolati giacenti su rocce impermeabili. I migliori esempi sono le piattaforme carbonatiche caratteristiche dell'area dolomitica che si presentano come monoliti a struttura interna anisotropa. Infatti la loro origine deposizionale può averli caratterizzati con crescente permeabilità verso le parti più esterne e più basse (es. Pale di S. Lucano, Lagazuoi, M. Penna, M. Popera, Cenera), oppure a permeabilità omogenea lateralmente ma variabile verticalmente per stratificazione costante (Tofane, M. Antelao, M. Pelmo, Cridola). In Veneto non vi sono molti gruppi montuosi calcareo dolomitici inequivocabilmente sospesi sul reticolo idrografico (Tamer - S. Sebastiano, Pelmo, Penna, Antelao, Cridola, Popera, Agner, Monte di Malo – Faedo). Alcuni altri invece (Le Tofane, Marmolada, Pale di S. Lucano), a causa della copertura detritica dei versanti, non mostrano la loro reale estensione verso valle, ma indicativamente possono venir inclusi in questa classe. Sia che gli ammassi rocciosi siano omogenei orizzontalmente (stratificati) che eterogenei ("piattaforme"), è la presenza di fratture, faglie e la giacitura degli strati che influenzano la permeabilità e le direzioni di deflusso. Nel caso di faglie, queste possono agire come vie di deflusso, oppure come acquiclude nel caso di intensa ricristallizzazione. In questo gruppo i potenziali acquiferi hanno come fondo il cambio litologico e il conseguente deflusso, più o meno concentrato, è localizzato alla base dei nuclei carbonatici e dà innesco all'idrografia superficiale. La giacitura o assetto più comuni favoriscono poi la situazione di versante monoclinale con strutture orientate a favorire il deflusso.
- **profondi in massicci carbonatici adiacenti al livello di base:** hanno la radice carbonatica e la base impermeabile a livelli più profondi del sistema intervallivo di base. Il livello di base delle aste torrentizie può sia influenzare la circolazione entro il massiccio carsico oppure esserne completamente estraneo. A questa tipologia appartengono sia alcuni gruppi dolomitici che i crinali della parte montana prealpina (Lessini, Asiago, dorsale Grappa-Cansiglio, Alpi Feltrine e Bellunesi). Essi presentano varie strutture, dalla monoclinale alla piega anticlinale. L'assetto monoclinale simile a quello dei Lessini favorisce il drenaggio lungo la linea di massima pendenza (immersione), che

trasferisce l'acqua verso le quote più basse fin sotto la copertura detritica di fondovalle, che può venir alimentata direttamente. La presenza di profonde incisioni vallive favorisce localmente la venuta a giorno della falda. In questo gruppo possono rientrare Sorapis, Marmarole, Cristallo, Croda Rossa, Lastoi de Formin, Terza Grande – Popera, Duranno, Spalti di Toro, Bosconero, Civetta, Cime d'Auta, M. Baldo, Colli Berici. Situazione simile si presenta anche per i fianchi lunghi delle anticlinali Monte Grappa – Col Visentin che alimentano le falde a nord nel vallone bellunese, o Coppolo-Pelf verso le valli del Vanoi Cison, Cordevole e Piave. I fianchi verticalizzati delle anticlinali e le zone di cerniera tendono, per l'elevato regime distensivo, a favorire il deflusso lungo l'asse. Ne sono prova la localizzazione di alcune grosse sorgenti e le prove sperimentali di tracciamento sul Monte Grappa e i lembi meridionali dell'altipiano di Asiago. Le situazioni di altipiano, quali Asiago e Cansiglio, avendo struttura di piega a scatola, tendono ad avere un drenaggio centripeto in superficie che passa poi a deflussi laterali lungo gli assi principali. Nel caso di Asiago e Monte Grappa, è probabile poi che, seppur superficialmente interrotti da valli trasversali, abbiano un acquifero profondo in comune. Il livello di base della rete idrografica superficiale non lo è necessariamente anche per questi reticoli carsici. Infatti le più recenti esplorazioni speleo-subaquee hanno evidenziato che il reticolo freatico locale si spinge fino a quote sotto il livello del mare. Questi, se non sono relitti di reticoli antichi, evidenziano come i sistemi idrici dei massicci rocciosi siano indipendenti dal reticolo superficiale.

- **fratturati:** la fratturazione è la caratteristica preponderante in quanto a permeabilità sia per interrompere l'intrinseca impermeabilità delle litologie che per mettere a contatto unità idrogeologiche separate. Questa è caratteristica di formazioni prettamente impermeabili o di fitte alternanze di litologie ad alta e bassa trasmissività. Anche in questa tipologia si possono individuare due sottoclassi:
 - **fratturati con carsismo:** sono ammassi rocciosi a prevalente componente calcarea o marnosa in cui la stratificazione sottile e la componente argillosa favoriscono un reticolo di drenaggio molto disperso. La ritenzione idrica è consistente e le fratturazioni funzionano come vie di drenaggio preferenziale. La dissoluzione carsica, localmente anche intensa, amplia questi dreni conferendo una gerarchizzazione incompleta. Le formazioni che compongono questi ammassi sono (a spessore decrescente) la serie tardo Giurassico – Cretaceo veneta (Rossi Ammonitici, Formazione Fonzaso, Biancone, Scaglia Rossa), i conglomerati Messiniani del Montello, le Calcareniti eoceniche del Marosticano, il Gruppo di Raibl e la formazione a Bellerophon. Si possono avere così

piccole falde sospese che localmente vengono a giorno e per travaso rimpinguano le sottostanti, oppure alimentano direttamente i livelli permeabili sottostanti. Questi ammassi, se localizzati sopra livelli ad alta permeabilità su altipiano o versanti monoclinali, fanno da temporaneo serbatoio e filtro verso acquiferi più profondi. E' questo il caso della fascia prealpina, della parte centrale dell'Altipiano di Asiago e del Cansiglio, di parte del Baldo, del feltrino occidentale, di lembi nel longaronese-zoldano. Nel caso in cui queste litologie verticalizzate costituiscano ripidi versanti montani, esse fungono in parte da tampone al deflusso da acquiferi carsici, in parte creano piccole falde a sviluppo lungo la direzione di strato (pedemontana Piovene Rocchette – Vittorio Veneto, Pedavena – Ponte nelle Alpi). Se invece sono alla base di massicci carbonatici tendono a dar luogo a piccole falde locali come nei pressi di Cortina, Falcade, Sappada e Val Visdende. Strutture di acquifero particolari sono poi il Montello e i colli tra Asolo, Col S. Martino e Vittorio Veneto. Il Montello è una struttura anticlinale dove il deflusso in regime normale è suddiviso in blocchi che si collegano durante gli eventi di piena. I colli invece rappresentano piccoli acquiferi su strati sub verticali.

- **fratturati:** sono tutti i corpi idrici contenuti in litologie impermeabili o scarsamente permeabili (basamento metamorfico Paleozoico, serie terrigene bacinali triassiche, serie vulcaniche e vulcanoclastiche medio triassiche e terziarie, serie terrigene terziarie). In questo caso sono i contatti litologici ad alto contrasto di permeabilità e soprattutto il reticolo di fratture che fungono da sole vie di drenaggio, la cui area di alimentazione si trova intorno a questi elementi strutturali. Molti di questi ammassi rocciosi sono lo zoccolo impermeabile dei corpi idrici descritti sopra, quali la continua fascia a litologie triassiche in destra Ansiei - Piave da Auronzo a Vodo di Cadore, i versanti della Val Fiorentina e la sinistra Cordevole tra Arabba e Listolade. Altri sono i lembi alla base dell'Agner, Cridola, Aiarnola – Popera.

I corpi metamorfici di Val Visdende, M. Zovo e gosaldino sono zone disperdenti, mentre il bacino recoarese convoglia acqua dai settori circostanti.

Struttura della Pianura Veneta

La porzione di pianura compresa nel territorio veneto è delimitata dai rilievi prealpini a Nord-Ovest, dal Mare Adriatico a Sud-Est, dal Fiume Tagliamento a Nord-Est e dal Fiume Po a Sud.

L'origine della Pianura Veneta risale alla fine dell'era Terziaria, quando l'orogenesi alpina, esauriti i principali fenomeni parossistici, ha continuato la fase di sollevamento dei rilievi montuosi e lo sprofondamento dell'avampaese pedemontano. Con l'inizio del Quaternario,

quando la zona alpina e parte della fossa padana erano emerse, iniziò il riempimento della vasta depressione di avampaese mediante un progressivo accumulo di depositi alluvionali appartenenti ai grandi sistemi fluviali, intervallati da sedimenti derivanti dalle varie fasi di trasgressione marina. Questa alternanza è stata principalmente guidata dall'avvicinarsi di fasi glaciali e interglaciali, correlate ai cicli glacio-eustatici planetari che si sono succeduti nel corso del Pleistocene e dell'Olocene.

La pianura alluvionale così originatasi è stata costantemente modellata dalle continue variazioni di percorso dei corsi d'acqua, come testimoniano i numerosi paleoalvei presenti in superficie ed in profondità. In particolare a valle del loro sbocco montano i fiumi hanno ripetutamente cambiato percorso interessando aree molto ampie fino a coprire migliaia di km². Si sono così formati sistemi sedimentari che in pianta si presentano con una morfologia a ventaglio, cioè ampi e piatti conoidi alluvionali (*megaconoidi* o *megafan alluvionali*). Dal punto di vista tettonico la Pianura Veneta è interessata da una serie di discontinuità, grossomodo parallele e orientate in direzione NO-SE, appartenenti al *Sistema Scledense*; si tratta di faglie trascorrenti caratterizzate da piani di faglia subverticali che suddividono il substrato roccioso della pianura in blocchi indipendenti, basculanti e giacenti a profondità diverse. Da ciò deriva una morfologia della *Base del Quaternario* a "gradoni" che raggiunge profondità molto variabili da luogo a luogo, ma mediamente crescenti procedendo da Nord verso Sud.

La Pianura Veneta, quindi, è il frutto di un graduale riempimento di una profonda depressione del basamento terziario; i materiali di riempimento sono rappresentati da depositi prevalentemente continentali, in gran parte del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene. Si tratta di materiali principalmente di origine fluviale, ma anche glaciale e fluvioglaciale in prossimità delle Prealpi e di origine deltizia lungo la linea di costa. I depositi quaternari appartengono in gran parte ai conoidi fluviali originati dai fiumi Adige, Leogra, Astico, Brenta e Piave che, sboccando dalle valli prealpine, attraversano la Pianura Veneta. Questi corsi d'acqua hanno una storia idrologica molto simile tra di loro ed hanno prodotto simili processi di trasporto solido e sedimentazione dei materiali alluvionali che formano il materasso quaternario della pianura. Per questa motivazione principale, la Pianura Veneta presenta caratteri geografici e geomorfologici uniformi. Anche il sottosuolo presenta, in prima approssimazione, caratteristiche abbastanza uniformi nella porzione maggiormente superficiale, tali da consentire la definizione di un modello stratigrafico e strutturale valido per tutta la Pianura Veneta.

Durante il Quaternario recente i fiumi veneti hanno ripetutamente cambiato percorso, allo sbocco dalle vallate prealpine, in mancanza di un alveo stabile e definito, e hanno spagliato il materiale su aree estese migliaia di chilometri quadrati, originando strutture sedimentarie

morfologicamente simili a settori di cono appiattito; questi corpi deposizionali sono definiti conoidi alluvionali. I grandi conoidi alluvionali rappresentano i principali elementi strutturali che hanno contribuito maggiormente a determinare i caratteri idrogeologici e stratigrafici del materasso quaternario della pianura. Questi sono stati depositati dai vari corsi d'acqua in tempi differenti, quando il trasporto solido dei fiumi era superiore a quello attuale, in conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai. I corsi d'acqua depositavano, allo sbocco in pianura, il loro trasporto solido per riduzione della loro capacità di trasporto. Questi materiali provenivano soprattutto dallo smantellamento dei corpi morenici.

Nella pianura lombarda i conoidi alluvionali presentano elevate pendenze fino all'inizio della bassa pianura, mentre più a valle questi tendono a raccordarsi tra loro in un'unica pianura rendendo difficoltosa l'identificazione dei bacini fluviali su base morfologica. Diversamente, ad Est del Brenta i tratti di pianura costruiti dai vari fiumi sono morfologicamente ben distinguibili fino all'attuale linea di costa. Ogni fiume ha, quindi, originato una serie di conoidi sovrapposti tra loro e lateralmente compenetrati con i conoidi degli altri fiumi. I conoidi ghiaiosi di ciascun corso d'acqua si sono spinti verso valle per distanze diverse, condizionati dai differenti caratteri idraulici e di regime dei rispettivi fiumi.

I conoidi, interamente ghiaiose all'apice, procedendo verso valle si sono arricchiti sempre più di frazioni limoso-argillose, dando origine a dei cosiddetti "megafan", in italiano "megaconoidi", fino ad interdigitarsi con i depositi marini della bassa pianura; questi ultimi sono il frutto di trasgressioni e regressioni marine succedutesi nel tempo.

Il termine "conoide" si può utilizzare per gli elementi deposizionali limitati all'area pedemontana (ad esempio nel caso del conoide del Cellina), mentre i megafan possono anche essere strutture sepolte come ad esempio il sistema del Piave di Montebelluna, che costituisce la parte affiorante di un megafan la cui porzione distale è sepolta. Per quanto riguarda il Veneto, si hanno il conoide Monticano-Cervada-Meschio e gli scaricatori glaciali dell'anfiteatro morenico di Vittorio Veneto, il megafan del Piave di Nervesa, il megafan del Piave di Montebelluna, il sistema del Brenta (costituito dal megafan di Bassano e dalla pianura con apporti del Bacchiglione), il conoide dell'Astico e la pianura dell'Adige (lombo di pianura tra i Colli Berici ed Euganei).

La Pianura Veneta può anche essere suddivisa in un bacino occidentale ed uno orientale dalla presenza del complesso dei Monti Lessini, Monti Berici e Colli Euganei, nel quale il substrato roccioso viene a giorno riducendo a zero lo spessore delle alluvioni. Il sottosuolo della Pianura Veneta di ognuno dei due bacini può a sua volta essere suddiviso in tre zone che si succedono

da monte verso valle nel seguente ordine:

Alta Pianura

Formata da una serie di conoidi alluvionali prevalentemente ghiaiosi, almeno nei primi 300 m di spessore, addentellati e parzialmente sovrapposti tra loro che si estendono verso Sud per una larghezza variabile da 5 a 15 km dalle Prealpi sino alla zona di Media Pianura. Entro questi materiali si trovano percentuali di ghiaie dell'ordine del 10-30% e un'abbondante frazione di materiali maggiormente grossolani. In alcune aree si incontrano anche livelli ghiaiosi più o meno cementati. I depositi ghiaiosi hanno continuità laterale in senso E-O; ciò è anche dovuto al continuo mutamento degli alvei fluviali che hanno distribuito su di una vasta area i loro sedimenti. Un'osservazione dettagliata del bacino orientale evidenzia il predominio deposizionale del Piave rispetto agli altri fiumi dell'area.

Media Pianura

Costituita da materiali progressivamente più fini rispetto all'Alta Pianura, si tratta di ghiaie e sabbie con digitazioni limose ed argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle. E' situata a S-SE della fascia di Alta Pianura e possiede una larghezza variabile da 5 a 10 km. Nella sua porzione più meridionale si registra un progressivo e rapido esaurimento degli strati ghiaiosi a minor profondità che vengono sostituiti da materiali fini. Solo alcuni orizzonti ghiaiosi più profondi (oltre i 300 m) tendono a persistere anche nella Bassa Pianura come testimoniano alcune informazioni stratigrafiche relative al bacino orientale.

Bassa Pianura

Questa zona, posta a S-SE della Media Pianura ha una larghezza di circa 20 km nel bacino orientale e si spinge fino alla costa adriatica e fino al Fiume Po a Sud. Il sottosuolo è costituito da un'alternanza di materiali a granulometria fine (limi, argille e frazioni intermedie) con sabbie a variabile percentuale di materiali più fini (sabbie limose, sabbie debolmente limose, limi sabbiosi, ecc.). Nel bacino orientale alcuni orizzonti ghiaiosi sono segnalati al di sotto di 300 m, ad esempio nel sottosuolo di Padova (Orto Botanico), oppure nella zona di Caorle a profondità di circa 500 m. Il pozzo "Venezia 1" del CNR indica la presenza di un sottile orizzonte ghiaioso a circa 300 m dal piano campagna. Ghiaie sono anche segnalate a diverse profondità fino ad un massimo di 850 m nel pozzo "S. Dona di Piave 1". Per ciò che riguarda gli spessori dei materiali sciolti, nel bacino orientale, questi variano da un centinaio di metri ad un massimo di circa 1.500 m. Gli spessori aumentano da NE a SO, dalle Prealpi verso il Mare Adriatico, con un massimo posto all'incirca al di sotto dell'area di Castelfranco Veneto. In area costiera gli spessori dei materiali sciolti si aggirano sui 1.000 m. Si ricorda che il pozzo "Assunta 1" presenta un limite plio-quadernario a circa 1.500 m, ma il bed-rock eocenico è situato a circa

1.800 m. Gli spessori dei materiali sciolti nel bacino occidentale aumentano anch'essi da NE a SO da un minimo di un centinaio di metri, a ridosso della dorsale lessino-berico-euganea, ad un massimo di circa 2.500 m al confine con la Provincia di Mantova. A SE dei Colli Euganei, in direzione del Delta del Po lo spessore dei materiali plio-quadernari aumenta fino a superare i 3.000 m.

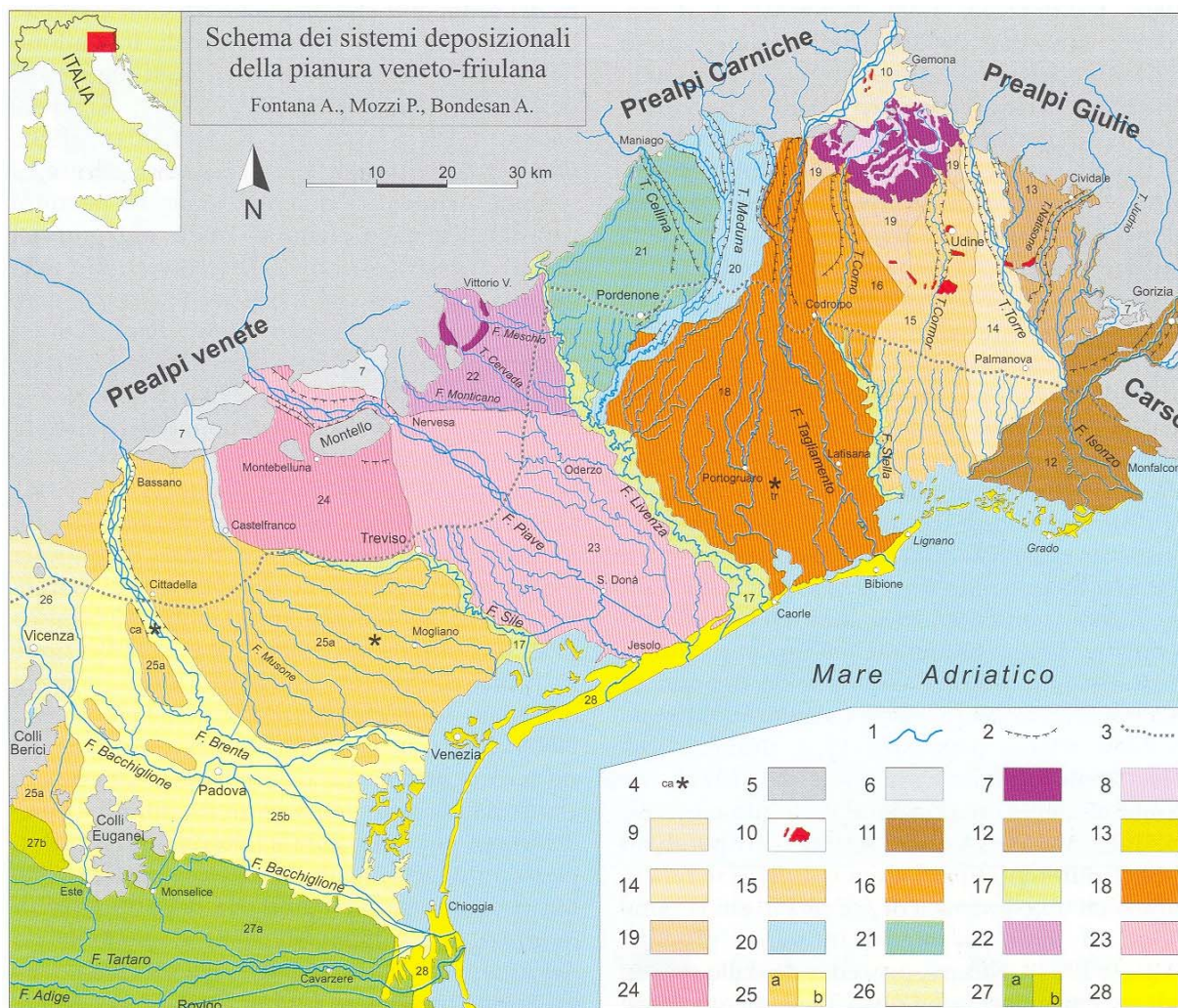


Figura I. 13: schema dei sistemi deposizionali della pianura veneto-friulana (Fonte: "Geomorfologia della Provincia di Venezia", AA.VV., Prov. VE, 2004).

Legenda: 1) idrografia; 2) orlo delle principali scarpate fluviali; 3) limite superiore delle risorgive; 4) ubicazione di sezioni stratigrafiche citate nella fonte; 5) Prealpi, Colli Euganei e Berici; 6) aree alluvionali di corsi d'acqua prealpini; 7) cordoni morenici degli anfiteatri di Piave e Tagliamento; 8) depressioni intermoreniche; 9) piana di Osoppo; 10) terrazzi tettonici dell'alta pianura friulana; 11) *megafan* dell'Isonzo-Torre; 12) conoide del Natisone-Judrio; 13) isole lagunari; 14) *megafan* del Torre; 15) *megafan* del Cormor; 16) *megafan* del Corno di San Daniele; 17) sistemi dei principali fiumi di risorgiva (Stella, Livenza e Sile), localmente incisi; 18) *megafan* del Tagliamento; 19) aree interposte tra *megafan*, appartenenti al *sandur* del Tagliamento; 20) *megafan* del Meduna; 21) conoide del Cellina; 22) conoidi dei fiumi Monticano, Cervada e Meschio, e degli scaricatori glaciali di Vittorio Veneto; 23) *megafan* del Piave di Nervesa; 24) *megafan* del Piave di Montebelluna; 25) sistema del Brenta: a) settore pleistocenico (*megafan* di Bassano), b) pianura olocenica del Brenta con apporti del Bacchiglione; 26) conoide dell'Astico; 27) sistema dell'Adige: a) pianura olocenica con apporti del Po; b) pianura pleistocenica; 28) sistemi costieri e deltizi.

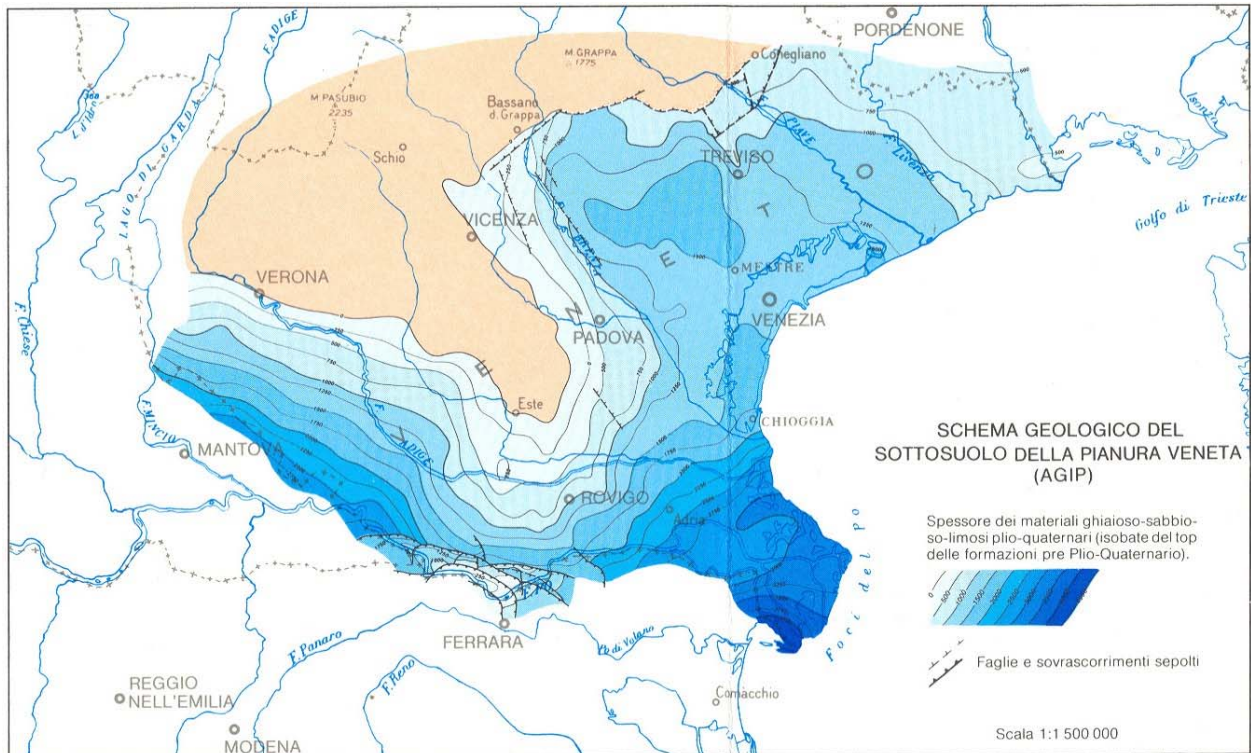


Figura I. 14: schema geologico del sottosuolo della Pianura Veneta (Fonte: AGIP - "Carta Geologica del Veneto" scala 1:250.000, Regione Veneto, 1988).

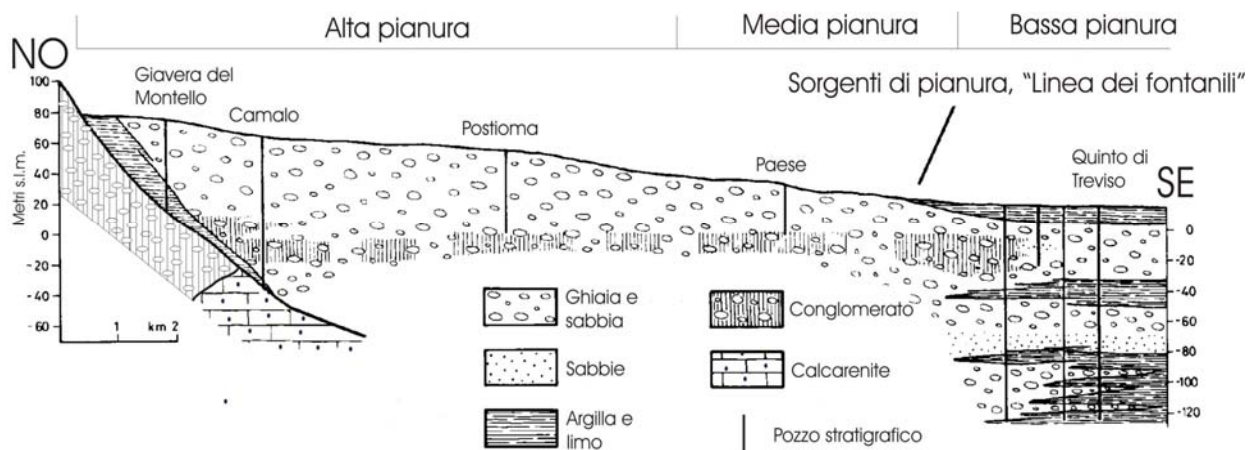


Figura I. 15: sezione geologica schematica trasversale alla Pianura Veneta, con andamento NO – SE. (Fonte: Vorliceck, Antonelli, Fabbri, Rausch. "Quantitative hydrogeological studies of Treviso alluvial plain (NE Italy)", in stampa nel Quarterly Journal of engineering geology and hydrogeology della Geological Society of London).

Idrogeologia della Pianura Veneta

Le caratteristiche strutturali del materasso alluvionale, descritte precedentemente, condizionano fortemente la situazione idrogeologica. È, quindi, possibile individuare, da monte a valle,

analogamente a quanto predisposto per il modello strutturale, situazioni idrogeologiche ben distinte tra loro ma strettamente collegate.

Nella zona di Alta Pianura gli spessori del materasso alluvionale sono stati ricavati utilizzando essenzialmente stratigrafie AGIP ed indagini sismiche. L'analisi di questi dati, per quel che riguarda il bacino orientale, indica degli spessori da un minimo di un centinaio di metri fino ad un massimo di circa 1.500 m nella zona di Castelfranco. In particolare il pozzo "Travettone 1", posto in Comune di Rosà (VI), segnala uno spessore continuo di ghiaie, localmente cementate, fino a circa 300 m, dove è presente un'unica falda freatica. Al di sotto cominciano a comparire alcuni orizzonti argillosi che si alternano a quelli ghiaiosi e sabbiosi fino a circa 750 m dando origine a falde in pressione. A 750 m incontriamo un bed-rock arenaceo messiniano. Nel bacino occidentale sempre in Alta Pianura, come segnalato dal pozzo "Villafranca 1", gli spessori dei materiali raggiungono un valore massimo circa 900 m, con una falda freatica ospitata in ghiaie fino a circa 400 m. Al di sotto di questo orizzonte compaiono sabbie ed argille, quindi degli acquiferi confinati. Una volta raggiunti i 900 m si incontra un substrato marnoso miocenico.

A Sud dell'Alta Pianura, la zona di Media e Bassa Pianura è caratterizzata anche a modeste profondità, da un sistema di falde acquifere sovrapposte, alla cui sommità esiste localmente una piccola falda libera. Sempre in base ai dati AGIP i materiali sciolti della Media e Bassa Pianura, che rappresentano gli acquiferi e gli acquicludi/acquitardi, presentano spessori ancora più rilevanti. Per esempio nel bacino orientale gli spessori sono dell'ordine di 1.500 m. Nel settore occidentale, soprattutto in direzione SE verso il mantovano, gli spessori superano i 2.500 m. Infine nella zona del Delta del Po le alternanze di acquiferi ed acquicludi/acquitardi raggiungono spessori di oltre 3.000 m.

In relazione alle caratteristiche qualitative delle acque presenti in questi materiali sciolti è possibile evidenziare che con l'aumento della profondità compaiono entro la copertura acque salmastre e salate. In particolare si può osservare nella parte più orientale della Pianura Veneta un'interfaccia acqua dolce-acqua salata posta a circa 900-1.000 m (Jesolo 1, Eraclea 1, S. Donà 1, Cesarolo 1). Spostandosi verso NO, entro l'area trevigiana, l'interfaccia si approfondisce fino ad oltre 1000 m (Arcade 1, Cusignano 1). Scendendo verso Sud in direzione delle province di Venezia e Padova, l'interfaccia risale fino a 450-500 m (Dolo1, Legnaro 1, Codevigo 1, S. Angelo 1). Ancora più a Sud, in Provincia di Rovigo, il contatto acqua dolce-acqua salata risale ulteriormente fino a raggiungere 100-200 m dal piano di campagna (Stanghella 1, Villadose 1 e 3, Grignano 1, Codevigo 1). Nella zona della pianura alluvionale occidentale l'interfaccia si posiziona attorno a 400 m (Villafranca 1, Nogarole 1, Bovolone 1, Grezzano 1).

Questa analisi a grande profondità ha il pregio di inquadrare la situazione generale, ma da un punto di vista strettamente idrogeologico occorre basarsi su conoscenze di maggior dettaglio. Risulta perciò indispensabile concentrare l'attenzione sulla situazione idrogeologica presente nei primi 400 m di profondità, che risulta essere anche quella di maggior interesse da un punto di vista idropotabile. Scendendo in maggiore dettaglio nella media pianura veneta orientale fino a circa 400 m, è possibile individuare sinteticamente un complesso acquifero a falde confinate sovrapposte composto di circa 7 orizzonti acquiferi. La profondità di questi orizzonti dal piano di campagna è riportata nella seguente tabella:

I Acquifero	II Acquifero	III Acquifero	IV Acquifero	V Acquifero	VI Acquifero	VII Acquifero
10-70	100-140	160-200	220-250	260-280	300-330	360-400

Tabella I. 4: profondità orizzonti acquiferi.

Le profondità dei vari acquiferi sono indicative, in quanto la necessità di essere rappresentative di un'area così vasta penalizza la diversità intrinseca nella situazione stratigrafica delle varie aree; in ogni zona ci possono essere delle variazioni negli spessori e nel posizionamento dei singoli orizzonti acquiferi.

La profondità della superficie freatica della falda libera dell'Alta Pianura è molto variabile da zona a zona: è massima al limite settentrionale e decresce verso valle fino ad annullarsi in corrispondenza della fascia delle risorgive. Infatti, nella parte più meridionale dell'Alta Pianura la superficie freatica (tavola d'acqua) della potente falda libera viene a giorno nella zona delle risorgive dando origine a delle sorgenti di pianura dette risorgive o fontanili. A ridosso dei versanti montuosi le profondità riscontrate variano da 90-100 m nella piana di Thiene (VI), a 20-30 m nella zona di Nervesa-Priula (TV). Valori ridotti di profondità sono riscontrabili nelle aree a cavallo degli attuali alvei fluviali; valori maggiori sono, invece, riscontrabili nelle zone più distanti dagli alvei stessi. Questa situazione risulta connessa al processo di dispersione in falda che avviene lungo il tronco più settentrionale di molti alvei fluviali che sboccano in pianura.

Nella porzione settentrionale della Media Pianura, è presente una falda freatica superficiale, variabile in profondità, al di sotto della quale è possibile individuare una prima falda confinata o semi-confinata, in relazione al rapporto esistente tra la quota piezometrica e la quota del piano campagna. La prevalenza del livello piezometrico (in seguito si parlerà anche di livello potenziometrico, intendendo con tale termine sia il livello della falda freatica ovvero freaticometrico, che quello della falda confinata ovvero piezometrico) rispetto al piano campagna, tende ad aumentare con la profondità dell'orizzonte acquifero esaminato, ciò è in parte anche dovuto al minor sfruttamento di falde particolarmente profonde, come nel caso di orizzonti posti attorno ai 300-400 m al di sotto del piano campagna.

Spostandosi verso Sud nella Media Pianura le falde sono sempre confinate, anche se prevalgono quelle semi-confinate, in quanto diminuisce la prevalenza della piezometrica rispetto al piano campagna. In pratica questi acquiferi confinati (in pressione) della Media Pianura costituiscono delle digitazioni dell'acquifero indifferenziato, che si spingono verso valle entro i sedimenti argilloso-limosi.

Anche nella Bassa Pianura esiste una falda freatica superficiale, di spessore maggiormente limitato e con maggiore discontinuità laterale, al di sotto della quale si rinvencono delle falde confinate sovrapposte. In questo caso, però, sia la falda libera sia quelle confinate sono ospitate in acquiferi a granulometria sabbiosa, più o meno fine, per lo meno fino ad una profondità di circa 300 m, dove, ad esempio nel sottosuolo di Padova, è possibile rinvenire un orizzonte ghiaioso. Le falde in pressione di Bassa Pianura sono collegate idraulicamente agli acquiferi confinati della Media Pianura.

Per quel che riguarda la qualità delle acque sotterranee negli acquiferi dei primi 300 m, alcune analisi effettuate su falde confinate della Media Pianura, hanno segnalato un tendenziale peggioramento delle caratteristiche qualitative con l'aumento della profondità. Alcuni sondaggi esplorativi nella Media Pianura trevigiana, spinti fino a 300 m, hanno evidenziato una diminuzione dell'ossigeno disciolto e del potenziale redox, accompagnata da un aumento del residuo fisso, del contenuto in ferro, manganese, arsenico ed ammoniaca. Questa situazione è connessa anche alle ridotte velocità di flusso di queste falde confinate.

Alimentazione degli acquiferi

La ricarica del complesso sistema idrogeologico presente entro i 300-400 m di profondità, avviene in corrispondenza dell'Alta Pianura, nell'acquifero indifferenziato, in cui la falda è libera e la superficie freatica si trova in diretta comunicazione con la superficie topografica. I principali fattori di ricarica di questo sistema idrogeologico possono essere individuati nella dispersione dei corsi d'acqua, nelle precipitazioni, nell'irrigazione e negli afflussi sotterranei provenienti dagli acquiferi fessurati presenti nei rilievi prealpini. L'ordine di importanza di questi fattori è variabile da zona a zona. In ogni caso la dispersione in alveo di alcuni importanti fiumi veneti, quali Brenta e Piave, al loro sbocco in pianura fino a qualche chilometro a valle, si è dimostrata particolarmente rilevante. Immediatamente a valle del tratto disperdente, gli stessi fiumi sono alimentati da un flusso perenne di risorgenze idriche ubicate entro gli alvei stessi e dalla loro azione di drenaggio nei confronti della falda freatica latitante. Tutto questo rappresenta quello che viene chiamato il "flusso di base" del fiume.

Gli acquiferi ghiaiosi confinati della Media Pianura sono idraulicamente connessi, verso monte, all'unica grande falda freatica dalla quale traggono l'intera loro alimentazione. Le falde confinate

della Bassa Pianura, a prevalentemente matrice sabbiosa, sono a loro volta alimentate da quelle ghiaiose della Media Pianura alle quali sono idraulicamente connesse.

Regime delle falde

Il regime delle falde è sostanzialmente uniforme su tutto il territorio, in particolare nell'alta pianura – zona di ricarica del sistema idrogeologico, dato che i fattori che alimentano il sistema sono simili. Le differenze apprezzabili consistono quasi esclusivamente nel diverso valore delle oscillazioni freatiche. Il regime della falda freatica è strettamente connesso al regime dei corsi d'acqua: ad ogni fase di piena o di magra fluviale corrisponde un'identica fase del regime della falda freatica che si presenta tuttavia con un certo ritardo: le due culminazioni sono sfasate di 20 – 30 giorni.

Il regime è caratterizzato, nell'anno idrologico normale, da due fasi di piena e due fasi di magra (regime bimodale), come si verifica per corsi d'acqua prealpini. Una prima fase di piena, generalmente piuttosto marcata, si verifica nella tarda primavera; la seconda, più smorzata, in autunno. Nelle aree più occidentali tuttavia (pedemontano in provincia di Verona; bacino del fiume Adige) il regime è caratterizzato da un'unica fase di piena ed un'unica fase di magra (regime unimodale). La piena si verifica di norma in tarda estate-inizio autunno e la magra in primavera.

Il regime delle falde con il susseguirsi di fasi di piena e di magra evidenzia oscillazioni potenziometriche estremamente variabili da zona a zona, anche in dipendenza dei meccanismi di alimentazione. In particolare nella falda libera presente nell'Alta Pianura ad Est del complesso euganeo-berico-lessineo, le oscillazioni della falda freatica possono andare da valori inferiori al metro fino a valori massimi di oltre 15 m. Le oscillazioni diminuiscono mano a mano che ci si avvicina alla fascia delle risorgive ove la superficie freatica interseca la superficie topografica formando le sorgenti di pianura note con il nome di fontanili o risorgive. Al contrario, le maggiori oscillazioni si rinvergono nelle vicinanze dei tratti disperdenti dei fiumi, soprattutto in corrispondenza al loro sbocco in pianura. Nel bacino occidentale le oscillazioni variano da un massimo di circa 6-8 m sempre nella zona settentrionale dell'Alta Pianura fino a valori inferiori al metro nella zona meridionale.

Per quanto riguarda le variazioni dei livelli piezometrici delle falde confinate poste nella media pianura, le escursioni sono più limitate rispetto a quelle della falda libera e variano da un minimo di qualche decina di centimetri ad un massimo di qualche metro, naturalmente quando le falde sono in pressione tali variazioni si traducono in pressurizzazioni e/o depressurizzazioni. In particolare, le oscillazioni minori si riscontrano nelle falde confinate più superficiali, in

generale, all'aumentare della profondità tendono anche ad aumentare le variazioni di pressione. Per quel che riguarda l'andamento dei livelli piezometrici nel tempo, è stata evidenziata in generale una tendenziale diminuzione nell'ultimo trentennio, soprattutto negli anni '70 e '80. A titolo d'esempio si evidenzia che i livelli riferiti ad orizzonti acquiferi confinati tra i 50 m e 100 m dal piano campagna, si sono abbassati, nella parte orientale della provincia di Vicenza, di poco meno di un metro negli anni ottanta. Nella zona del trevigiano la prima falda confinata (tra 35 m e 60 m), ha subito un abbassamento del livello piezometrico di circa 2,5 m dal 1965 al 1988. Sempre in area vicentina, nel 2° e 3° acquifero confinato, sono stati evidenziati abbassamenti di circa 2 m tra il 1975 e la fine degli anni '80, si registra invece un modesto trend in diminuzione negli ultimi 15 anni.

Gli intensi sfruttamenti delle falde hanno modificato i livelli potenziometrici e ciò è ben osservabile nelle falde confinate più superficiali, che da più tempo sono soggette a sfruttamento. Nel corso di diversi studi sulla distribuzione dei pozzi in un'area di Media Pianura orientale di circa 655 km², che va da S. Polo di Piave (TV) a Loreggia (PD), sono stati censiti in totale circa 11.000 pozzi privati, gran parte dei quali "artesiani". Tali pozzi captano soprattutto la prima falda in pressione.

È necessario evidenziare che gran parte della popolazione residente nelle zone di media pianura, risulta tutt'ora non allacciata agli acquedotti pubblici. In aggiunta a ciò, talvolta i pozzi sono lasciati in erogazione continua, ciò comporta un consistente spreco d'acqua, calcolato intorno ai 6.200 l/s nell'area studiata. Si tratta di acqua di ottima qualità proveniente da un bacino idrogeologico tra i più importanti non solo d'Italia ma anche d'Europa. Stimando un fabbisogno di 350 l/giorno/abitante, la portata dispersa inutilmente, fornirebbe acqua potabile a circa 1,5 milioni di abitanti.

Direzioni di movimento e gradienti

Le direzioni del movimento idrico sotterraneo sono tendenzialmente da NO a SE in tutta l'area della Pianura Veneta. Ovviamente esistono situazioni locali estremamente differenziate che possono essere connesse alla presenza di fattori di ricarica o drenaggio (corsi d'acqua disperdenti o drenanti, pratiche irrigue, ecc.) che possono modificare anche notevolmente la curvatura delle isofreatiche o delle isopiezometriche. Inoltre, aumenti o diminuzioni di permeabilità del sottosuolo, causate da variazioni percentuali di materiali fini mescolati alle ghiaie, possono determinare assi di drenaggio o spartiacque sotterranei tali da modificare anche sensibilmente le linee di flusso.

I gradienti idraulici della falda freatica di Alta Pianura variano da un minimo dello 0,1% ad un massimo del 0,5-0,6%. Tuttavia in situazioni idrogeologiche particolari, in relazione

essenzialmente a ben marcati assi di alimentazione o di drenaggio, la pendenza della superficie freatica può assumere valori molto superiori.

Nella zona della Media Pianura la pendenze delle superfici potenziometriche risultano generalmente inferiori rispetto ai gradienti presenti nella falda freatica dell'Alta Pianura. Le velocità di movimento delle acque sotterranee nella falda freatica dell'Alta Pianura sono estremamente variabili: da qualche metro al giorno fino a valori superiori a 20 m/g, misurati sperimentalmente nella vicinanza della fascia delle risorgive in area trevigiana. Per quel che riguarda le falde in pressione, le velocità sono ridotte (al massimo pochi centimetri al giorno) fino a raggiungere la "stagnazione" per certe falde molto profonde e non captate.

La fascia delle risorgive

Come già accennato, la potente falda freatica ospitata nell'acquifero ghiaioso indifferenziato dell'Alta Pianura Veneta, presenta la superficie freatica ad una profondità anche di un centinaio di metri (soggiacenza del livello acquifero rispetto al piano campagna), in particolare nella zona settentrionale del bacino orientale.

Verso Sud la soggiacenza diminuisce e quindi diminuisce lo spessore della zona insatura fino alla così detta "fascia delle risorgive" dove la superficie freatica (tavola d'acqua) interseca la superficie topografica, creando le caratteristiche sorgenti di pianura chiamate *risorgive* o *fontanili*, le quali drenano la falda freatica dell'Alta Pianura e originano molti corsi d'acqua comunemente definiti *fiumi di risorgiva*. Le risorgive sono pertanto il "troppo pieno" del sistema idrogeologico del Veneto.

A seconda delle quote del piano campagna, i fontanili possono trovarsi in posizioni diverse, comunque tutti entro una fascia della Media Pianura di larghezza variabile da circa 5 a 10 km; questa fascia separa l'Alta Pianura essenzialmente a sottosuolo sabbioso - ghiaioso, povera di acque correnti, dalla Bassa Pianura, prevalentemente limoso-argillosa e ricca di acque superficiali.

Il limite superiore delle risorgive corrisponde all'intersezione della superficie freatica con quella topografica, mentre il limite inferiore è dovuto all'affioramento di strati argillosi impermeabili. Per questo motivo il limite inferiore è sostanzialmente fisso (limite strutturale), mentre il limite superiore subisce variazioni, in quanto risente delle oscillazioni della superficie freatica della falda.

Il limite superiore delle risorgive è identificabile quale limite di sedimentazione delle ghiaie grossolane (dei *megafan* descritti in precedenza) e corrisponde ad una relativamente brusca variazione di pendenza della pianura. La fascia delle risorgive si presenta continua da Est verso

Ovest: parte dalla Piana Friulana ed attraversa la Pianura Veneta, interessando i territori di diversi comuni, tra i quali Orsago (TV), S. Polo di Piave (TV), Breda di Piave (TV), Treviso, Castelfranco Veneto (TV), Cittadella (PD), Carmignano (PD), Sandrigo (VI), Dueville (VI). Andando verso Ovest si incontra la dorsale lessineo-berico-euganea in corrispondenza della quale la fascia delle risorgive si interrompe.

Ad Ovest della dorsale citata, la fascia si situa più a meridione ed interessa tra gli altri i comuni di San Giovanni Lupatoto (VR), Castel d'Azzano (VR), Povegliano (VR) e Mozzecane (VR). Andando ancora verso Ovest la fascia delle risorgive attraversa tutta la Lombardia fino al Piemonte.

Per quel che riguarda la pianura orientale, una delle zone a maggior drenaggio delle acque sotterranee è individuabile nel tratto compreso tra Castelfranco Veneto e Treviso, da dove traggono origine i corsi d'acqua di risorgiva Sile, Zero, Dese, Marzenego. Altri importanti fiumi di risorgiva, per la parte orientale della pianura, sono il Livenza, il Muson Vecchio, il Bacchiglione (parzialmente di risorgiva) ed il Tergola; per quella occidentale, il Tartaro, il Menago, il Tione, il Bussè.

I fiumi di risorgiva, essendo alimentati dalla falda, hanno una portata piuttosto costante che risente del regime pluviometrico in maniera attenuata e sfasata temporalmente nel corso dell'anno. È interessante notare che i principali fiumi di risorgiva a livello regionale sono ubicati nella zona depressa tra due *megafan* adiacenti, come ad esempio il Livenza tra il *megafan* del Tagliamento e quello del Piave, il Sile tra il *megafan* del Piave e quello del Brenta.

Identificazione dei bacini idrogeologici della Pianura Veneta

Come previsto nell'allegato 3 alla Parte Terza del D.Lgs. n. 152/2006, sulla base delle informazioni raccolte, delle conoscenze a scala generale e degli studi precedenti, è stata ricavata la geometria dei principali corpi acquiferi della Pianura Veneta. La ricostruzione idrogeologica preliminare ha, quindi, permesso la formulazione di un primo modello concettuale, intendendo con questo termine una schematizzazione idrogeologica semplificata del sottosuolo e una prima parametrizzazione degli acquiferi.

La scelta delle condizioni al contorno, cioè dei limiti del modello, costituisce il primo passo nella sua costruzione, in quanto significa identificare nell'area in esame dei limiti fisico-territoriali che abbiano un determinato significato idrogeologico.

La Pianura Veneta, come descritto nei paragrafi precedenti, è costituita da un sistema di alluvioni che hanno riempito una depressione tettonica. Le alluvioni, nella parte più prossima ai rilievi prealpini, sono costituite da materiali a granulometria prevalentemente grossolana e sono

la sede di un acquifero freatico indifferenziato; nella parte più distante dai rilievi, le alluvioni ghiaiose sono intercalate a sedimenti a bassa permeabilità che separano acquiferi confinati differenziati. All'Alta Pianura corrispondono alluvioni grossolane ed un unico acquifero freatico indifferenziato; la Media Pianura inizia quando le intercalazioni argillose separano con una certa continuità gli acquiferi in ghiaia confinati e termina quando questi passano da ghiaiosi a sabbiosi, procedendo verso SE. La Bassa Pianura corrisponde ad acquiferi confinati sabbiosi. La fascia delle risorgive è compresa nella zona della Media Pianura.

Da quanto sopra riportato la Pianura Veneta, delimitata a NO dai rilievi prealpini, a SE dal Mare Adriatico, a NE dal Fiume Tagliamento, a Sud dal Fiume Po, può essere suddivisa in tre fasce con andamento SO-NE, circa parallele tra loro, che definiscono l'*Alta*, la *Media* e la *Bassa Pianura*. Le tre fasce vengono delimitate, dal limite superiore delle risorgive che fa da confine tra l'*Alta* e la *Media Pianura* ed il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa ed acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa come passaggio tra la *Media* e la *Bassa Pianura*.

Il limite settentrionale della fascia dei fontanili e il limite di separazione tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa ed acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa sono stati estrapolati dalla Carta geologica del Veneto alla scala 1:250.000, mentre il limite dei rilievi prealpini è stato tracciato utilizzando la base DEM del Veneto.

Per quanto riguarda l'alta pianura, che rappresenta la porzione di territorio più importante dal punto di vista idrogeologico, in quanto sede dell'area di ricarica di tutti gli acquiferi alluvionali della pianura veneta, la suddivisione in *bacini idrogeologici* è stata operata adottando un criterio basato sulle caratteristiche idrogeologiche delle porzioni di acquifero indifferenziato presente nella fascia delle ghiaie, a partire dai rilievi montuosi a Nord fino al limite superiore delle risorgive, a Sud. Sono state elaborate le numerosissime informazioni esistenti relativamente alle caratteristiche idrogeologiche dell'alta pianura veneta ed è stato così possibile individuare una serie di assi di drenaggio (direttrici sotterranee determinate da paleovalvei o da forme sepolte, e tratti d'alveo drenanti la falda) ad andamento prevalentemente N-S, che delimitano porzioni di acquifero indifferenziato il più possibile omogeneo. Gli elementi di ricarica del sistema acquifero indifferenziato, sono le acque provenienti dalle aree montuose, dalle valli montane e dalle dispersioni dei corsi d'acqua nel tratto di alta pianura (oltre agli afflussi provenienti dalle precipitazioni e dalle pratiche irrigue). Le uscite dal bacino invece, sono rappresentate dalle risorgive (fiumi di risorgiva) e dall'infiltrazione profonda nel complesso sistema di acquiferi multifalda (oltre che dalla perdite per evapotraspirazione).

Questo sistema di input-output, è delimitato lateralmente da assi di drenaggio che “catturano” l’acqua presente nel bacino, tramite direttrici sotterranee obbligate. Il modello concettuale impostato per l’alta pianura prevede la suddivisione dei vari bacini idrogeologici mediante *limiti a carico dipendente dal flusso* per la porzione settentrionale e meridionale, e *limiti a flusso imposto* per quanto concerne i confini laterali tra bacini contigui.

Per quanto riguarda, invece, la media pianura il limite superiore delle risorgive delimita tale area con l’alta pianura ed il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa ed acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa, è il passaggio con la bassa pianura. I limiti laterali tra bacini di media pianura confinanti sono coincidenti con i tratti drenanti dei corsi d’acqua, trattandosi di limiti a flusso imposto, analogamente al criterio scelto per l’Alta Pianura, utilizzando però limiti idrografici e non idrogeologici ed idrodinamici. L’unica eccezione riguarda il bacino idrogeologico denominato “Media Pianura Veronese”, il cui limite occidentale è convenzionalmente il confine regionale con la Regione Lombardia, mentre il limite orientale è individuato nel Torrente Tramigna, il quale costituisce asse di drenaggio idrico sotterraneo, che separa l’area veronese dal sistema acquifero delle Valli dell’Alpone, del Chiampo e dell’Agno-Guà.

I.2.3.3. Trentino Alto Adige

I.2.3.3.1. Descrizione dei principali aspetti geologici dell’area

La geologia del bacino dell’Adige e i suoi aspetti strutturali hanno condizionato la circolazione idrica superficiale e sotterranea dell’intera area.

Schematicamente si possono identificare tre zone strutturali che caratterizzano il bacino:

- • Zona dell’Austroalpino;
- • Zona Pennidica;
- • Zona delle Alpi Meridionali o Subalpino.

Questa suddivisione deriva dalla evoluzione strutturale della Catena Alpina, caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi, metamorfici e magmatici, particolarmente attivi nel tardo paleozoico (Ciclo Ercinico) e in quelli cretacico e terziario (Ciclo Alpino).

Una netta separazione delle sopraccitate Unità Tettoniche è determinata dalla cosiddetta Linea Insubrica che, passando per il Tonale e Merano e proseguendo per la Val Pusteria, separa le unità metamorfiche delle falde austroalpine, a nord, dalla serie delle Alpi meridionali, a sud.

Nella fascia delle Austridi, che occupa la gran parte dell'Alto Adige e un'area limitata a NW del Trentino, si distinguono:

- basamento scistoso cristallino, che strutturalmente comprende vari complessi (Breonie; zona Merano-Mules-Anterselva e Venosta; Turntaler e Monteneve; Oetztal-Silvretta; Mazia e Slingia) nel quale si riconosce la seguente successione stratigrafica, dal basso all'alto: paragneiss con intercalazioni di anfiboliti, pegmatiti e gneiss granitoidi; micascisti argentei con intercalazioni di quarziti e marmi; filladi con rocce verdi, quarziti, ortogneiss;
- copertura mesozoica, anch'essa distinta in vari complessi (Stilves-Corno Bianco; Tribulaun-Cime Bianche di Telves e Monteneve; lembi in Val Venosta detti "Dolomiti dell'Engadina") con successioni di filladi, vulcaniti e magmatiti, conglomerati, quarziti, dolomie.

Nella fascia delle Pennidi (tra Valle Isarco e Valle Aurina) si distinguono pure vari complessi che, dal basso all'alto, sono: complesso Tux-Gran Veneziano; complesso Greiner-Picco dei Tre Signori; complesso dei Calcescisti con Ofioliti.

Il primo è costituito da gneiss granitici con subordinati paragneiss, micascisti, quarziti e marmi; il secondo da micascisti granatieri prevalenti, con intercalazioni di quarziti e marmi; il terzo da calcescisti con ofioliti: in pratica associazioni varie di metasedimenti, metavulcaniti, serpentini.

Normalmente sono complessi abbastanza competenti ma localmente, per la variabilità litologica e soprattutto per l'accentuazione della fratturazione causata da disturbi tettonici, essi possono essere interessati da una diffusa predisposizione al fenomeno dei crolli, dando origine a falde detritiche potenti, che a loro volta possono essere soggette a fenomeni di scivolamento.

Nella successione stratigrafica delle Alpi Meridionali o Sud Alpino, a cui appartengono i gruppi dolomitici delle valli Gardena, Badia, Fassa e Non, la catena dei Lagorai e i gruppi montuosi calcareo-dolomitici della Val d'Adige e quelli vulcanico-sedimentari dei Monti Lessini, è più agevole distinguere le unità competenti (compatte, massicce, coerenti) da quelle incompetenti (fittamente stratificate, ad alto contenuto argilloso, facilmente erodibili).

Tra le prime si segnalano tutte le plutonici derivate dai vari cicli intrusivi (graniti, monzoniti, tonaliti), le vulcaniti ignimbriche permiane ("porfidi") e tutte le formazioni calcareo-dolomitiche triassiche, giurassiche, cretache e eoceniche, mentre tra le seconde sono significative le evaporati del permo-trias (Strati di Werfen e Formazione a Bellerophon), le formazioni degli Strati di La Valle, di San Cassiano e di Raibl (Trias medio-superiore), le formazioni marnose e calcareo-argillose eoceniche e le vulcaniti basaltiche di tipo tufaceo o ialoclastitico (del Trias

medio e del Terziario).

1.2.3.3.2. Descrizione dei principali aspetti idrogeologici

Le unità idrogeologiche o geo-idrologiche definite nello studio degli Acquiferi Montani da Resia a Domegliara commissionato dall'Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige ha permesso di definire un quadro di riferimento omogeneo, rappresentativo dei fattori litologici di condizionamento dell'idrologia sotterranea.

La figura seguente illustra la schematizzazione geo-idrologica con riferimento ai seguenti parametri descrittivi: caratteri litologici fondamentali; formazioni-tipo riconducibili all'unità geo-idrologica; età; significato idrogeologico; grado e tipo di permeabilità.

Nella carta delle unità geo-idrologiche, sono stati riportati anche i principali tratti strutturali della regione atesina.

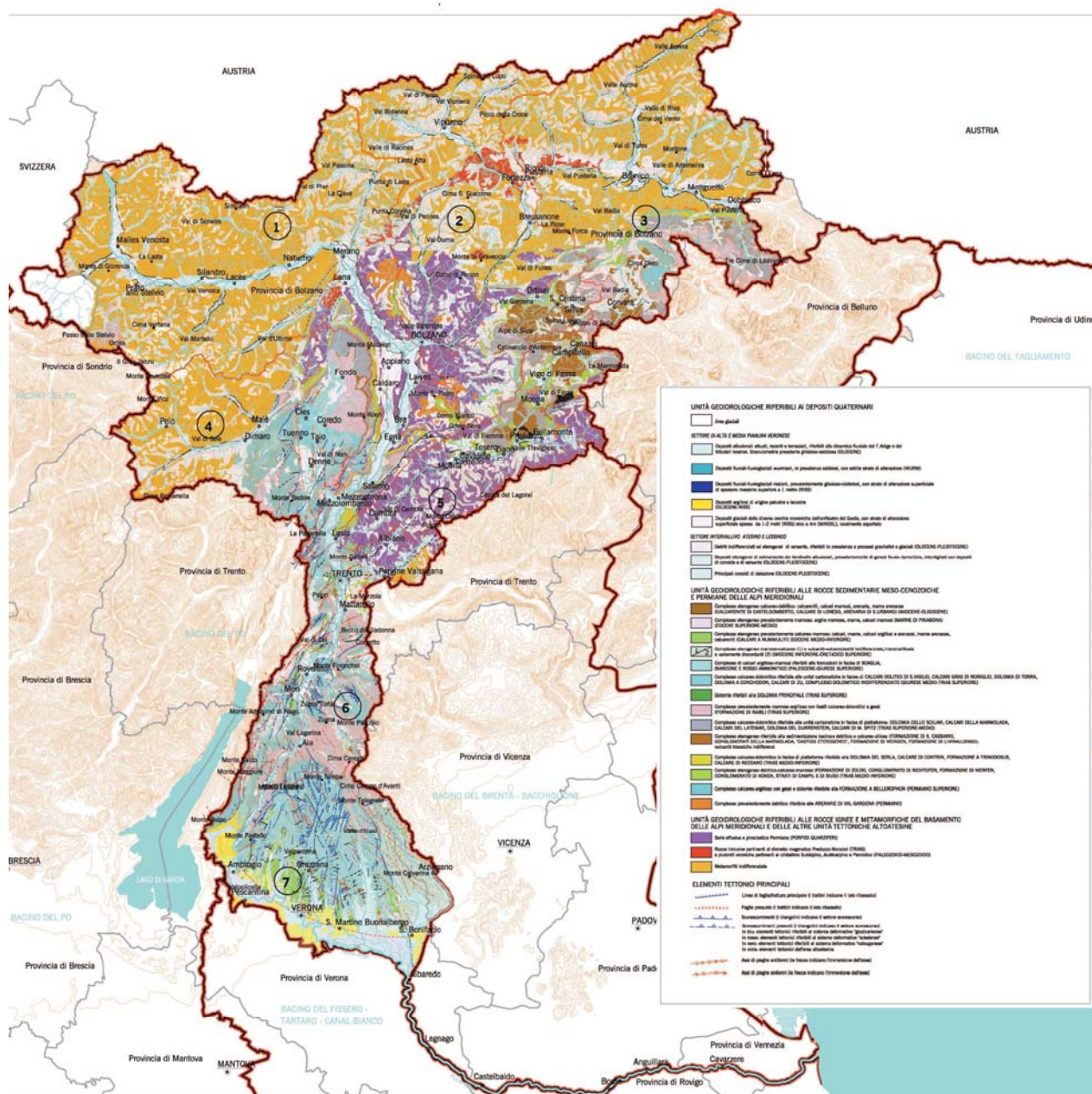


Figura I. 16: unità idrogeologiche del bacino dell'Adige.

Descrizione delle unità geoidrologiche affioranti: substrato roccioso			Caratteristiche idrogeologiche		
Caratteri litologici	Formazioni-tipo	Eta'	Significato idrogeologico	Permeabilità'	
				Tipo	Grado
Complesso eterogeneo calcareo-detritico; calcari marnosi, arenarie, marne arenacee	Calcarenite di Castelgomberto, Calcare di Lonedo, arenaria di S. Urbano	Oligocene-Miocene	Acquifero multistrato	Fessurazione e carsismo	Medio
Complesso eterogeneo prevalentemente marnoso: argille marnose, marne, calcari marnosi	Marne di Priabona	Eocene superiore-medio	Acquiclude	Fessurazione	Basso

Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali

Descrizione delle unita' geoidrologiche affioranti: substrato roccioso			Caratteristiche idrogeologiche		
Caratteri litologici	Formazioni-tipo	Eta'	Significato idrogeologico	Permeabilita'	
				Tipo	Grado
Complesso eterogeneo calcareo-marnoso: calcari, marne, calcari argillosi e arenacei, marne arenacee, calcareniti	Calcari a nummuliti	Eocene medio-inferiore	Acquifero multistrato	Fessurazione e carsismo	Medio
Complesso eterogeneo marnoso-calcareo e vulcaniti-vulcanoclastiti indifferenziate, interstratificate o variamente discordanti		Miocene inferiore-Cretaceo superiore	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Complesso di calcari argilloso-marnosi	Scaglia, Biancone, Rosso ammonitico	Paleocene-Giurese superiore	Acquitarde	Fessurazione e carsismo	Medio
Complesso calcareo-dolomitico superiore	Calcari oolitici di S. Vigilio, calcari grigi di Noriglio, dolomia di Torra, dolomia a Conchodon, calcari di Zu, complesso dolomitico indifferenziato Dolomia principale	Trias superiore	Acquifero	Fessurazione e carsismo	Alto
Complesso marnoso-argilloso con livelli calcareo-dolomiti e gessi	Formazione di Raibl	Trias superiore-medio	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Complesso calcareo-dolomitico intermedio	Dolomia dello Sciliar, calcari della Marmolada, calcari del Latemar, dolomia del Durrenstein, calcari di M. Spitz	Trias superiore-medio	Acquifero	Fessurazione e carsismo	Alto
Complesso eterogeneo riferibile a sedimenti bacinali detritici e calcareo-silicei. Vulcaniti triassiche indifferenziate, variamente discordanti o interstratificate, e vulcanoclastiti associate	Formazione di S. Cassiano, conglomerati della Marmolada, "caotico eterogeneo", formazione di Wengen, formazione di Livinallongo	Trias medio-inferiore	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Complesso calcareo-dolomitico inferiore	Dolomia del Serla, calcare di Contrin, formazione a Trinodosus, calcari di Recoaro	Trias medio-inferiore	Acquifero	Fessurazione e carsismo	Alto
Complesso eterogeneo detritico-calcareo-marnoso	Formazione di Zoldo, conglomerato di Richtofen, formazione di Werfen, conglomerato di Koken, strati di Campil e Siusi	Trias medio-inferiore	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Complesso calcareo-argilloso con gessi e dolomie	Formazione a Bellerophon	Permiano superiore	Acquiclude (con acquiferi locali)	Fessurazione	Basso
Complesso detritico-arenaceo	Arenarie di Val Gardena	Permiano	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Serie effusiva e piroclastica	Porfidi quarziferi	Permiano	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Rocce intrusive del distretto Predazzo-Monzoni; plutoniti erciniche pertinenti al cristallino Sudalpino, Austroalpino e Pennidico		Paleozoico-Mesozoico	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Metamorfiti indifferenziate		Paleozoico-Mesozoico	Acquiclude	Fessurazione	Basso
Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi	Alluvioni attuali, recenti e terrazze del f. Adige e dei tributari lessinei	Olocene	Acquifero	Porosità	Medio-alto
Depositi prevalentemente sabbiosi con sottile strato di alterazione	Fluvioglaciale-fluviale wurmiano della pianura veronese	Wurm	Acquifero	Porosità	Medio-alto

Descrizione delle unità geoidrologiche affioranti: substrato roccioso			Caratteristiche idrogeologiche		
Caratteri litologici	Formazioni-tipo	Eta'	Significato idrogeologico	Permeabilità	
				Tipo	Grado
Depositi prevalentemente ghiaioso-ciottolosi con strato di alterazione superficiale di spessore massimo superiore a 1 m	Fluvioglaciale -fluviale rissiano dell'alta pianura veronese	Riss	Acquifero	Porosità	Medio-alto
Depositi prevalentemente argillosi	Depositi palustri-lacustri-interni all'anfiteatro morenico gardesano-atesino	Olocene-Pleistocene	Impermeabile	--	Basso
Detriti indifferenziati di versante	Depositi eluvio-colluviali, detrito di falda e di frana, depositi glaciali	Olocene-Pleistocene	Acquifero	Porosità	Medio
Depositi fluvio-torrentizi	Depositi di colmamento dei fondivalle alluvionale	Olocene-Pleistocene	Acquifero	Porosità	Medio-alto
Depositi dei conoidi di deiezione	Depositi di conoide	Olocene-Pleistocene	Acquifero	Porosità	Medio-alto

Tabella 1. 5: unità idrogeologiche del bacino dell'Adige.

Da un punto di vista idrogeologico le formazioni litologiche che denotano caratteristiche di acquifero fessurato presenti nel bacino dell'Adige sono riconducibili ai complessi calcareo-dolomitici dove la permeabilità per carsismo ha condizionato notevolmente la circolazione idrica.

Brevemente, verranno descritti i principali settori carbonatici presenti nel bacino dell'Adige con evidenziati i tratti idrogeologici caratteristici.

Gli acquiferi porosi si ritrovano essenzialmente nei depositi alluvionali e fluvioglaciali tra cui quello della vallata del Fiume Adige e l'acquifero indifferenziato dell'alta pianura veronese sede di importanti riserve idriche per l'approvvigionamento idropotabile.

Le formazioni idrogeologiche impermeabili che fungono da acquiclude si ritrovano ad esempio nelle metamorfite indifferenziate, affioranti in particolar modo nella Provincia di Bolzano, nelle formazioni idrogeologiche permeabili dei complessi marnoso-argillosi o nei complessi vulcanoclastici.

Tali gruppi formazionali impediscono la circolazione idrica sotterranea e alimentano una rete idrografica superficiale importante.

Esistono inoltre delle formazioni idrogeologiche semipermeabili che hanno un significato di acquitarde quali i complessi calcarei marnosi-argillosi.

Di seguito vengono descritti i principali complessi idrogeologici identificabili con i relativi gruppi montuosi sede di acquiferi considerevoli e di cui in generale non sono ancora chiariti i meccanismi di circolazione idrica sotterranea:

Calcari di Piattaforma: il drenaggio principale in questi acquiferi è principalmente legato alla fratturazione e forse localmente lievemente gerarchizzato in un reticolo carsico; nonostante si tratti di litologie altamente carsificabili è il loro assetto morfologico molto acclive e con stretti crinali che non favorisce il carsismo. In questo complesso possono essere incluse tutte le formazioni calcareo dolomitiche (carbonatiche) a prevalente stratificazione massiccia o a grossi strati, tessitura e composizione sono dati da sedimenti biocostruiti o chimici principalmente autoctoni. Rientrano in questa tipologia i seguenti gruppi montuosi: Gruppo del Brenta, Roen-Mendola-Macaion-Bassa Atesina, Altissimo-M.te Baldo, Pasubio-Altopiano 7 comuni-Vigolana-Marzola, Catinaccio, Sella-Pordoi, Latemar-M.te Agnello, Marmolada, Dolomiti di Gardena-Badia-Sesto. Il gruppo Paganella-Bondone Stivo si differenziano per un drenaggio principalmente di tipo carsico.

Vulcaniti indifferenziate: Il drenaggio si sviluppa principalmente lungo piani di fratturazione, è di tipo dispersivo molto localizzato questo sia per forti variazioni litologiche che per scarsa permeabilità. Rientra in questa tipologia la Piattaforma Porfirica Atesina.

Sub-complesso Granitico Metamorfico: Il drenaggio si sviluppa principalmente lungo piani di fratturazione, è di tipo dispersivo molto localizzato questo sia per forti variazioni litologiche che per scarsa permeabilità. Rientrano in questa tipologia l'Alta Val di Sole-Tonale-Ortles-Val d'Ultimo, le Alpi Venoste-Val Passiria, Pennes-Plose-Plan di Corones, la Wipptal-Alpi Aurine, l'Alta Val Pusteria Nord.

Il sistema acquifero alluvionale di fondovalle dell'Adige è rappresentato nelle tavole seguenti.

Nella prima è rappresentato schematicamente l'acquifero alluvionale atesino, l'asta del fiume con i suoi affluenti e i principali settori di ricarica dell'acquifero dovuto alle strutture carbonatiche limitrofe.

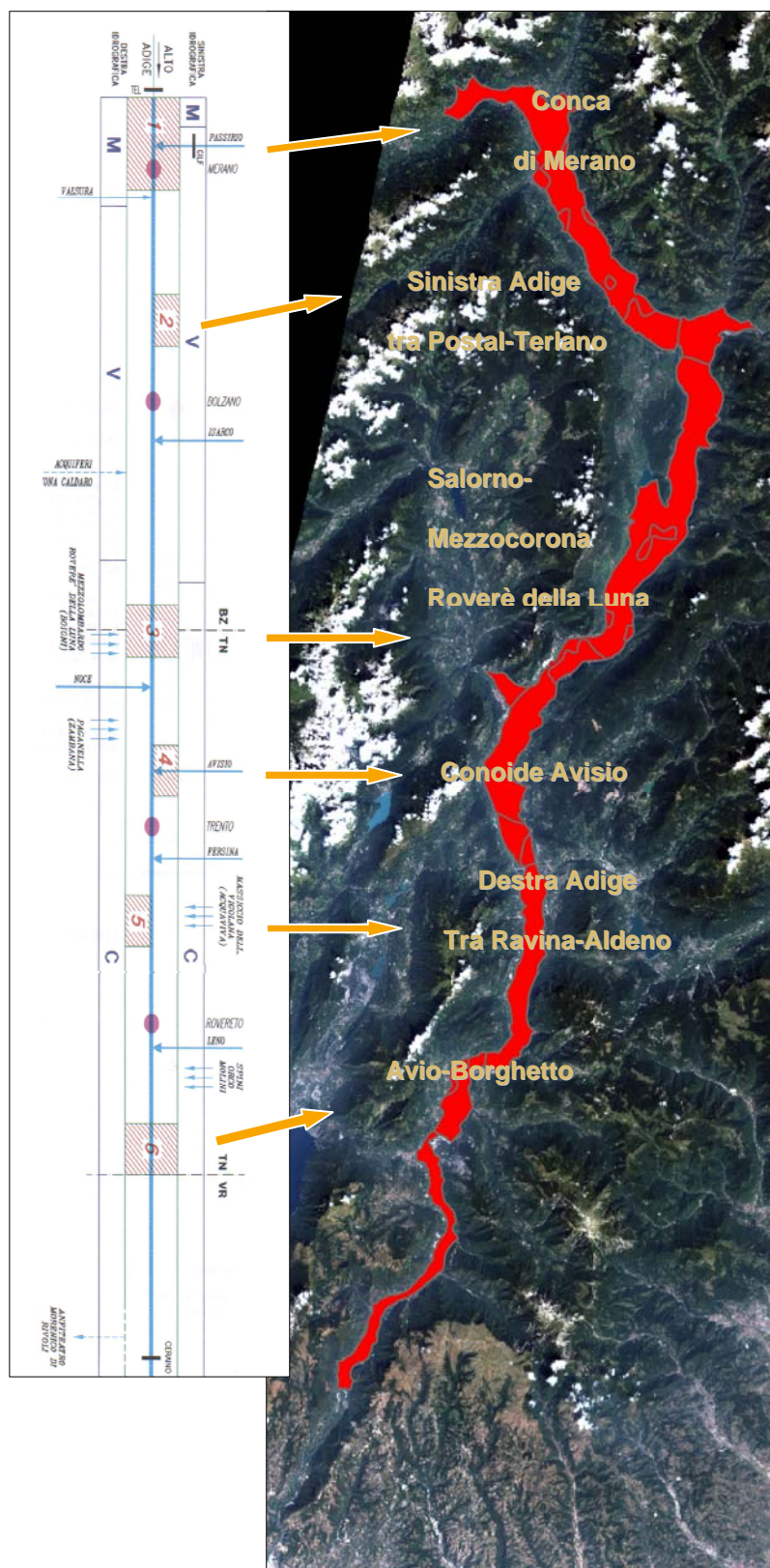


Figura I. 17: carta tematica di sintesi sull'ubicazione e caratteri idrogeologici dell'acquifero alluvionale di fondovalle dell'Adige.

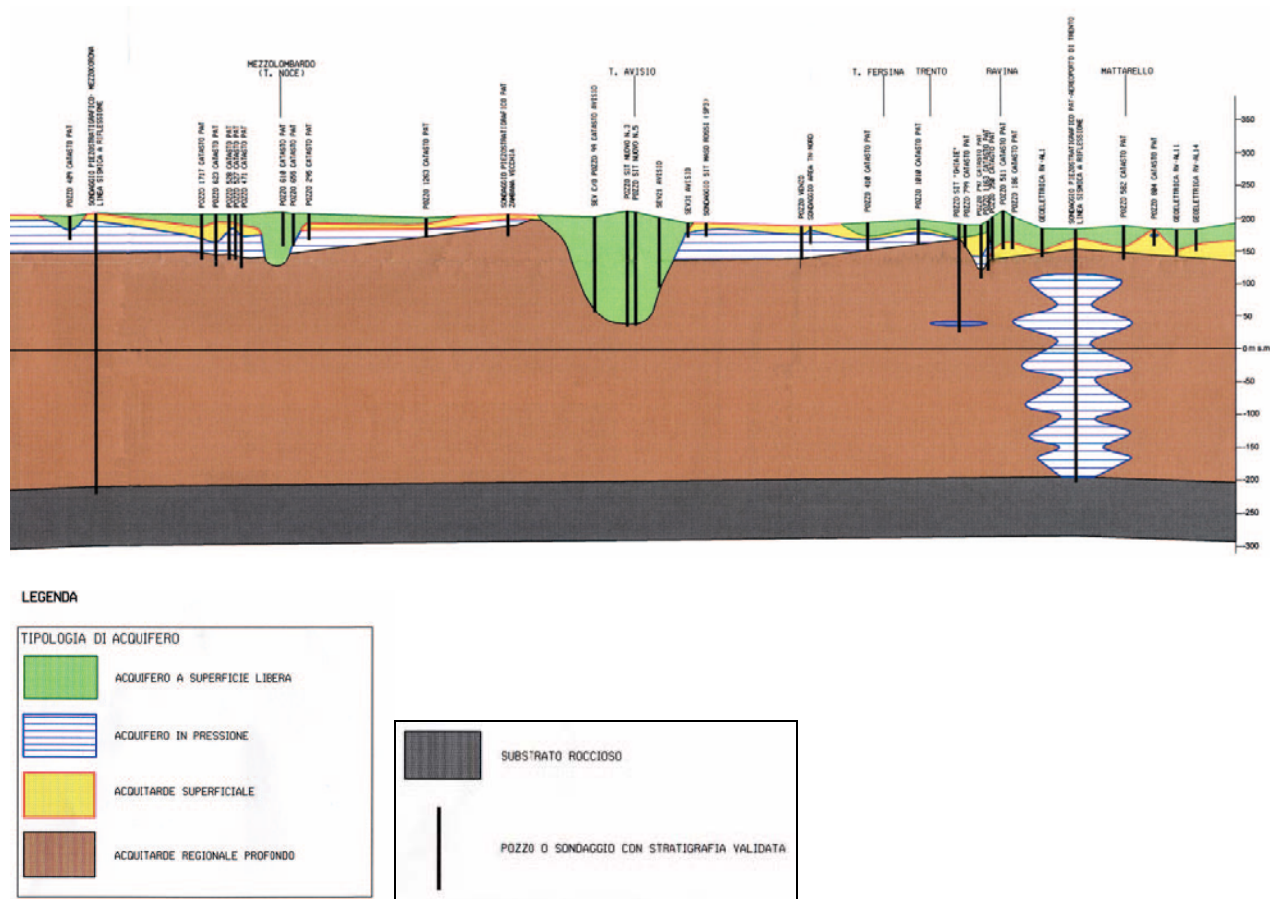


Figura I. 18: profilo idrogeologico schematico del fondovalle atesino.

L'acquifero si configura nei termini di un ambito ottimale per la pianificazione della gestione delle risorse idriche sotterranee, in relazione a diversi fattori quali:

- malgrado il considerevole sviluppo lineare, esso si connota per un'estensione relativamente contenuta (300 km² circa) rispetto ai vasti domini idrogeologici della pianura padana;
- a questo fattore si abbina una discreta densità di informazioni in ordine all'assetto litostratigrafico del sistema acquifero e al sistema idrologico superficiale che ne definisce le condizioni al contorno;
- il particolare sistema integrato fiume-falda è in grado di riequilibrarsi in condizioni dinamiche, in risposta a sollecitazioni crescenti dovute ai prelievi dalla falda.

I.2.4. Fenomeni e dinamiche dell'evoluzione della linea di costa

I.2.4.1. Introduzione

L'equilibrio di una costa è di tipo dinamico e dipende dalle interazioni di terra, mare e atmosfera, oltre che dal mutare di una serie di fattori naturali che ne presiedono l'esistenza (apporto solido dei fiumi, azione del moto ondoso, ecc.).

L'azione esercitata dal mare, in particolare, assume un ruolo fondamentale e si esplica attraverso la capacità di sollevare, selezionare, trasportare e disperdere il materiale sedimentario di fondo e trasportato dai fiumi.

Lo stesso dicasi del trasporto solido fluviale, che rappresenta uno dei principali fattori di alimentazione della spiaggia. L'apporto solido a mare è generato dal processo di erosione dei bacini montani, reso possibile dal deflusso liquido nei corsi d'acqua, ed ha termine nei paraggi dell'apparato di foce o nell'alveo stesso a seconda delle sue condizioni morfologiche ed idrologiche.

Tuttavia, l'equilibrio naturale di un settore costiero può venire sensibilmente modificato anche dall'azione dell'uomo, sia intervenendo sul trasporto solido dei corsi d'acqua, sia modificando direttamente il litorale con la costruzione di opere quali: moli, scogliere artificiali, installazioni turistiche ed altro.

L'analisi dell'evoluzione morfologica della linea di riva costituisce, pertanto, una valida indicazione del comportamento della costa in relazione ai processi costieri naturali ed indotti dall'uomo ed è indispensabile per individuare i tratti critici e definire, a livello di massima, gli interventi prioritari per la difesa dai processi erosivi. A tale proposito non va peraltro dimenticato, che eventuali oscillazioni della posizione della linea di riva e del volume della spiaggia emersa nel breve periodo (dell'ordine compreso fra il giorno e l'anno), intorno a valori relativamente stabili sul lungo periodo, sono la conseguenza della discontinuità degli input fluviali e del succedersi dei diversi eventi meteomarini e la loro identificazione e determinazione può consentire di evitare interventi di stabilizzazione del litorale non necessari e spesso dannosi per le spiagge stesse e per i tratti contigui. Variazioni degli stessi parametri, che dimostrino un trend ben definito su tempi medio/lunghi (dell'ordine degli anni) impongono, al contrario,

interventi normativi e strutturali che possono essere definiti solo sulla base di una esatta quantificazione dei processi, sulla determinazione delle cause e sulla previsione della efficacia delle soluzioni proposte.

L'aspetto più evidente delle modificazioni del litorale è sicuramente l'avanzamento o l'arretramento della linea di riva. Tuttavia le trasformazioni meno appariscenti, ma decisamente più critiche, sono quelle che avvengono nella zona sommersa. Infatti le variazioni morfologiche dei fondali quasi sempre anticipano i cambiamenti che avvengono nella parte emersa e nel momento in cui si notano lungo la battigia il processo è già allo stadio avanzato.

I cambiamenti morfologici della zona litoranea sono l'effetto di processi naturali od indotti che si esplicano singolarmente o, come spesso avviene, in concomitanza:

- la subsidenza,
- l'eustatismo,
- le condizioni meteo-marine,
- il trasporto solido,
- l'azione eolica,
- l'attività antropica (opere di difesa e moli, demolizione delle dune, dragaggi, ripascimenti, ecc.).

Tutti questi processi sono attivi lungo la fascia litoranea di competenza dei bacini idrografici delle Alpi Orientali; i loro tassi sono arealmente molto differenziati, come pure il contributo che apportano alle variazioni morfologiche della costa, le quali, a loro volta, presentano un impatto diverso in funzione della criticità intrinseca legata all'assetto morfologico, all'attività antropica, all'uso del suolo o ancora all'importanza ambientale e socio-economica di ogni specifico settore litoraneo.

Per un inquadramento delle dinamiche in atto vengono riportate alcune considerazioni sui processi di subsidenza ed eustatismo, al fine di evidenziare il loro possibile contributo ai cambiamenti morfologici della costa.

1.2.4.1.1. Subsidenza

I processi che comportano la riduzione altimetrica del suolo rispetto al livello del mare sono essenzialmente quelli di subsidenza e di eustatismo. Com'è noto, con il termine "subsidenza" si intende ogni abbassamento della superficie del suolo, indipendentemente dalla causa che l'ha

generato, dal suo sviluppo areale, dalla velocità di esplicazione, dall'evoluzione temporale e dalle alterazioni ambientali che ne possono conseguire. L'abbassamento del suolo avviene per cause sia naturali sia antropo-indotte, che talora si sommano nella risultante. In genere la subsidenza naturale si verifica con evoluzione lenta e a scala almeno regionale, mentre quella indotta si esplica in un arco di tempo generazionale e ha uno sviluppo territoriale più limitato. La subsidenza è il risultato, in superficie, di processi che si esplicano nel sottosuolo e che in qualche modo sono correlati alla storia geologica del territorio; particolari caratteristiche dei terreni possono infatti favorire, accelerare o impedire tali processi (Carbognin, 1985; Brambati et al., 2003). Le principali cause di subsidenza naturale sono attribuibili ai movimenti tettonici profondi, all'abbassamento del substrato pliocenico per il carico geostatico ed alla compattazione naturale dei sedimenti quaternari depositatisi sullo strato pliocenico. Cause minori e concomitanti possono essere riconosciute nelle modifiche dello stato chimico-fisico dei sedimenti. L'estrazione di fluidi dal sottosuolo è comunque la causa di subsidenza indotta più diffusa e più conosciuta in tutti i paesi del mondo, sia per l'entità, che per l'estensione del fenomeno.

Le indagini effettuate fino alla fine del secolo scorso hanno visto il monitoraggio del processo di subsidenza lungo una rete di linee di livellazione ben sviluppata nel centro storico di Venezia (oltre 200 capisaldi) e decisamente meno consistente all'interno del bacino scolante e lungo la fascia costiera.

In particolare, per quanto riguarda il settore costiero, fino al 2000 la rete di monitoraggio altimetrico ha interessato solo l'area circumlagunare (figura I. 19).

Dal 2000 è stata avviata l'integrazione alla rete di monitoraggio tradizionale, che consisteva in circa 250 km. Una prima fase, sviluppata nel 2004 nell'ambito del Progetto ISES, ha portato la rete altimetrica ad uno sviluppo di 1.200 km, la seconda, Progetto IRMA, ha condotto ad uno sviluppo totale di 1.600 km (figura I. 19).

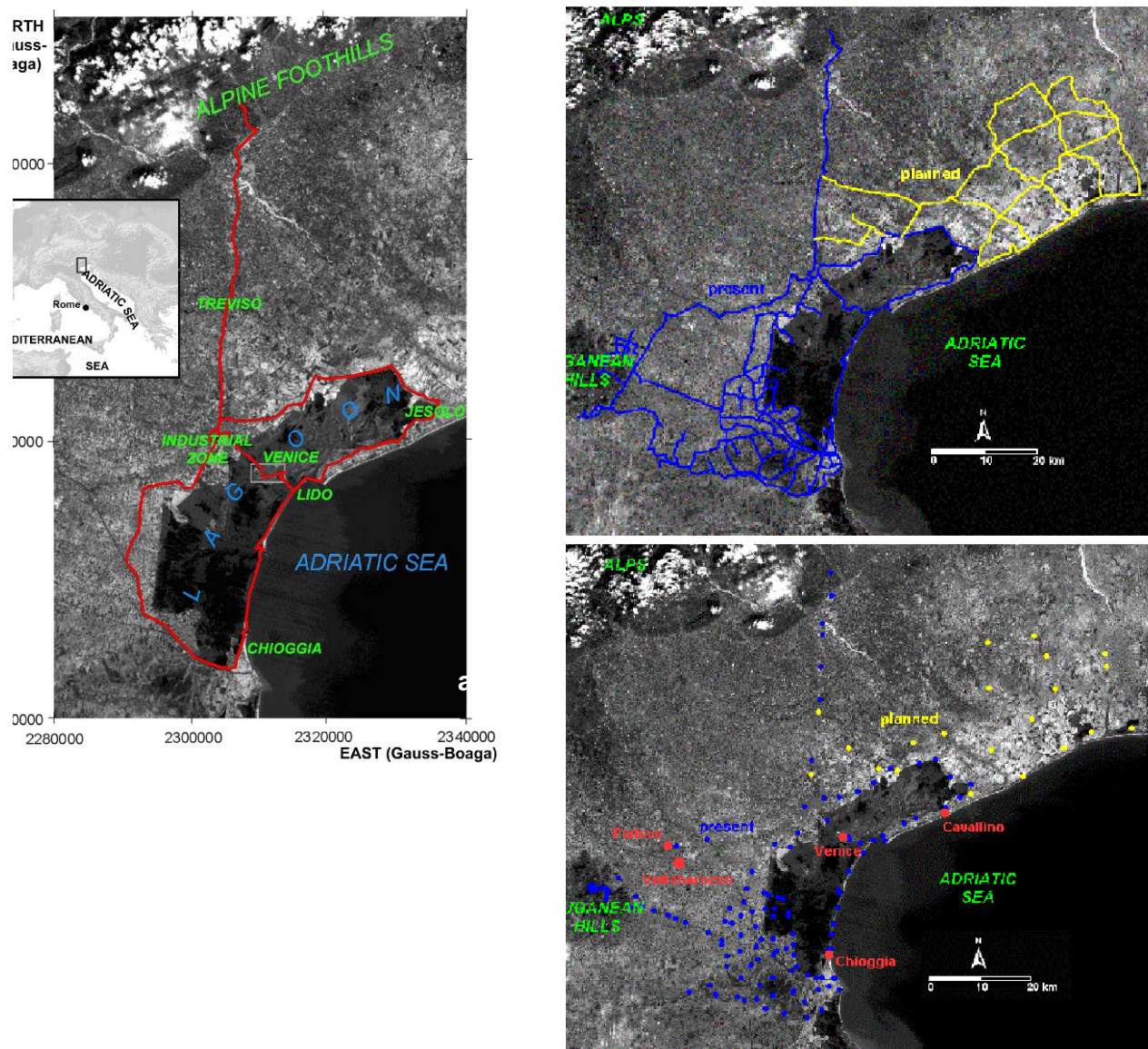


Figura 1. 19: sviluppo della rete di monitoraggio altimetrico del comprensorio veneziano: a) rete utilizzata fino al 1993; b) linee di livellazione: colore blu - Rete ISES istituita nel 2000, colore giallo – Rete IRMA in corso d’opera (2004); c) capisaldi GPS: colore blu - Rete ISES istituita nel 2000, colore giallo – Rete IRMA in corso d’opera (2004) (Strozzi et al., 2003a).

Come è possibile osservare, le linee della nuova rete di monitoraggio altimetrica ISES-IRMA interessano le foci e parte dei percorsi dei fiumi Adige, Brenta-Bacchiglione, Sile, Piave, Livenza, Tagliamento, etc... e possono quindi fornire informazioni molto importanti sui movimenti del suolo in corrispondenza dei corsi d’acqua stessi.

Si ribadisce tuttavia che, essendo la maggior parte delle linee ISES-IRMA di nuova istituzione, a tutt’oggi, non si dispone ancora di sufficienti conoscenze di dettaglio del processo di subsidenza del settore costiero relativo all’area di competenza dei bacini idrografici delle Alpi Orientali.

Si riportano in ogni modo nel seguito le mappe dei movimenti del suolo per i periodi 1973-1993 e 1993-2000 (figura I. 20), che evidenziano che le aree più critiche sono le estremità lagunari-litorali settentrionale e meridionale in prossimità dei tratti terminali del Brenta e del Piave. In particolare non sono trascurabili gli aumenti dei tassi di abbassamento che si sono verificati nel decennio 1993-2000 nel settore tra il Cavallino e Jesolo, comprendente le foci di Sile e Piave, ed in parte nell'area delle Valli di Chioggia, che coinvolge un settore delle aste terminali dei fiumi Brenta e Bacchiglione molto prossimo al margine lagunare.

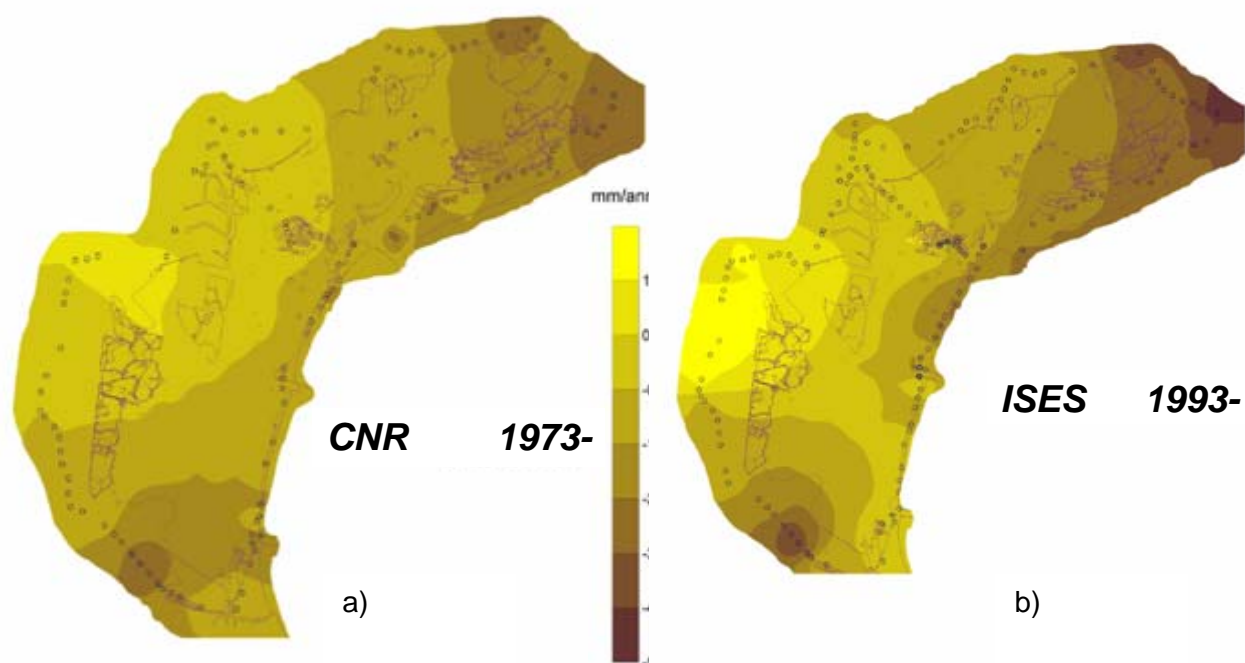


Figura I. 20: analisi comparativa dei tassi di subsidenza nel comprensorio lagunare (mm/anno) negli anni: a) 1973-1993 (Carbognin et al., 1995a) e b) 1993-2000 (Carbognin & Tosi, 2003).

Recentemente è stata inoltre effettuata, attraverso l'Interferometria Differenziale SAR (InSAR), la mappatura della subsidenza nei principali centri urbani e negli insediamenti rurali dell'area veneta compresa tra i fiumi Po e Tagliamento, di seguito riportata in figura I. 21 e che è servita come base per la realizzazione di una carta di criticità del processo di subsidenza della quale si

riporta uno stralcio in Figura I. 22. Come si può facilmente osservare i tratti di costa rappresentati, presentano tassi di abbassamento compresi tra 2 e 5 mm/anno.

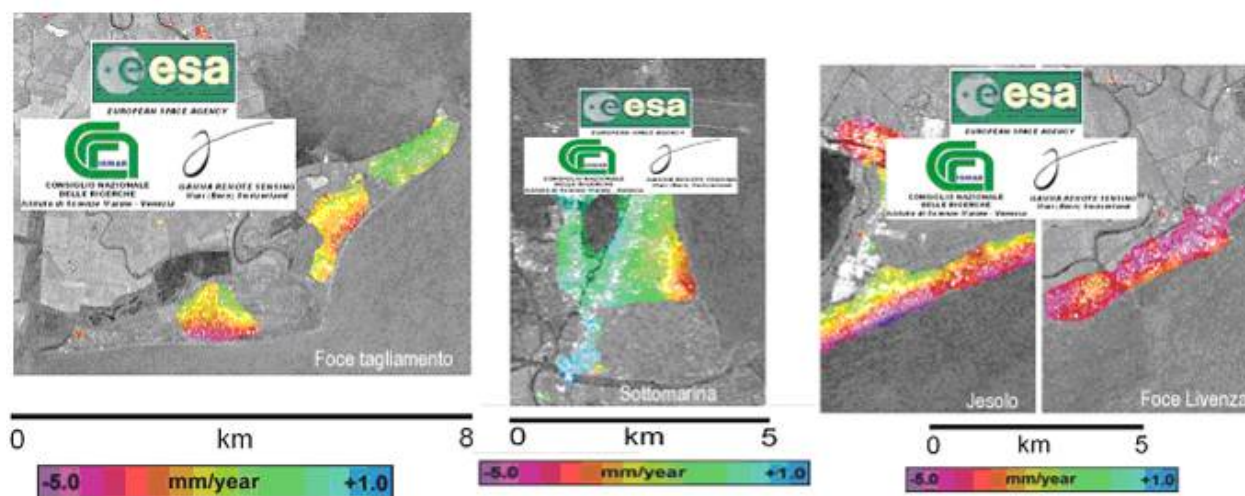


Figura I. 21: mappatura dei movimenti verticali del suolo (1993-2000) con l'Interferometria Differenziale SAR dai satelliti ERS1 e ERS2 (Strozzi et al., 2003b).

1.2.4.1.2. Eustatismo

E' noto che l'eustatismo è profondamente legato alle variazioni climatiche che avvengono a scala temporale sia geologica, come la trasgressione postglaciale flandriana avvenuta all'incirca 10.000 anni fa, che storica, quest'ultima caratterizzata da fluttuazioni sia a lungo periodo (scala dell'ordine delle centinaia di anni) che a breve (scala dell'ordine delle decine di anni: cicli di Brückner). Queste ultime sequenze evidenziano l'alternanza di *cicli freddo-umidi*, durante i quali si sono registrati rispettivamente aumenti delle inondazioni, piene di fiumi, avanzamento dei fronti dei ghiacciai alpini con diminuzione e/o stabilizzazione della temperatura media, e *cicli caldo-secchi*, caratterizzati da ritorno alla temperatura media (o di riscaldamento generale), ritiro dei ghiacciai, diminuzione delle precipitazioni e delle portate dei fiumi e "tranquillità" nelle condizioni meteo-marine.

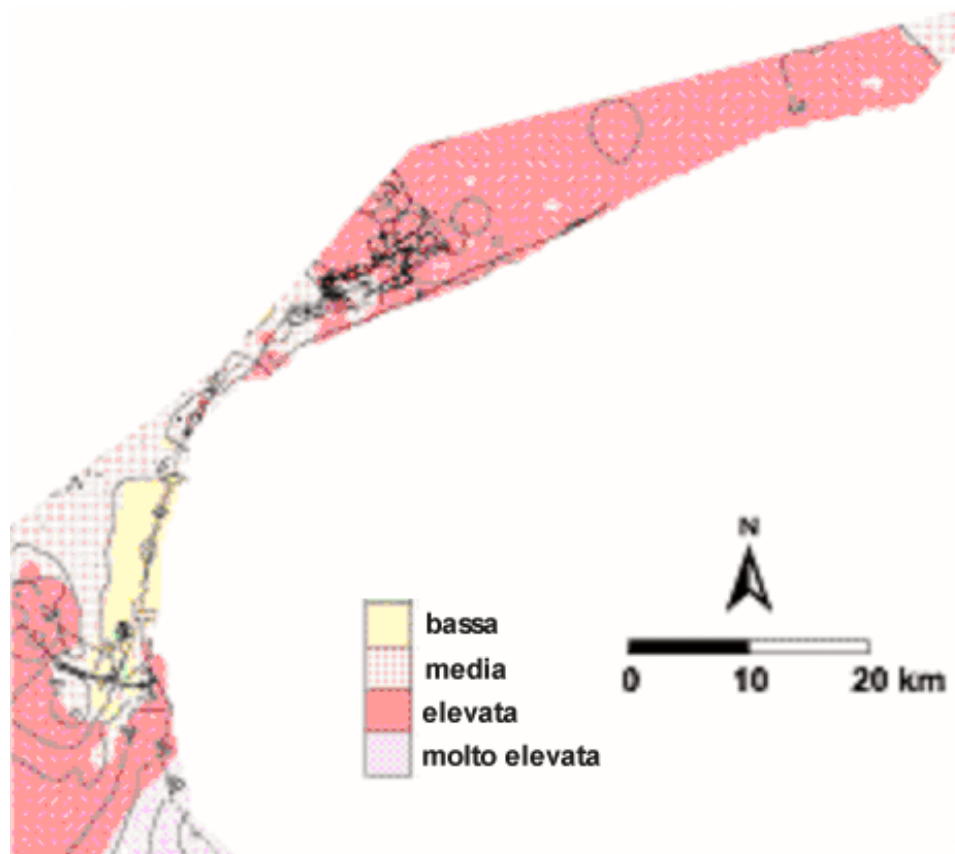


Figura I. 22: mappa di criticità del processo di subsidenza valutato nel periodo 1993-2000 (isolinee mm/anno) lungo la costa veneta tra il Po ed il Tagliamento (modificata da Strozzi et al., 2003a).

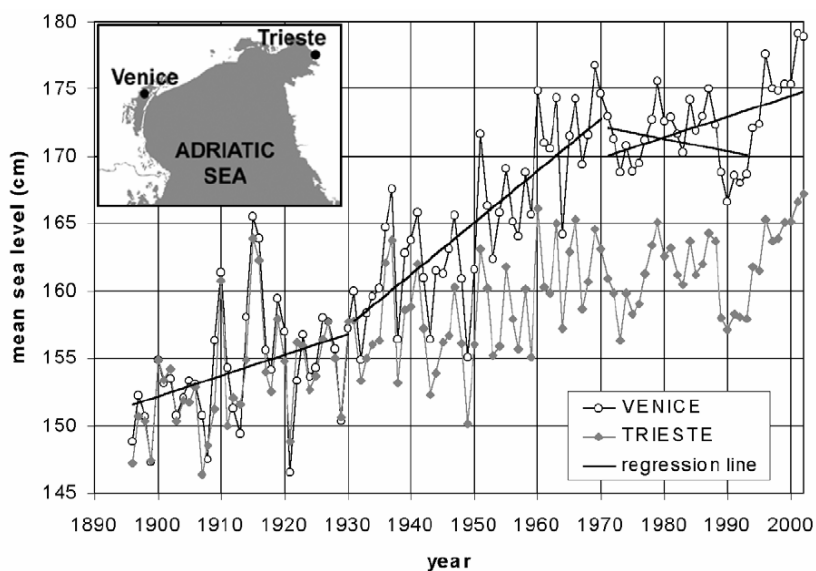


Figura I. 23: variazioni del livello medio del mare (aggiornamento di Carbognin & Taroni, 1996, in Carbognin et al., 2004). La differenza tra i trend di Venezia e Trieste è imputabile alla subsidenza indotta dalle estrazioni artesiane nel comprensorio veneziano nel periodo 1930-1970.

Si ritiene che l'aumento del livello dell'Alto Adriatico nell'ultimo secolo, all'incirca di 11 cm, sia da imputarsi principalmente agli effetti che la subsidenza di Venezia ha avuto sulle registrazioni mareografiche. Pertanto, tenuto conto di ciò e limitando l'analisi del livello del mare al periodo successivo alla regolamentazione delle estrazioni artesiane di Venezia, il tasso di crescita del livello marino per il periodo 1971-2000, è uguale a 0,6 mm/anno (figura I. 23).

In conclusione, per quanto riguarda l'eustatismo e malgrado le oscillazioni legate ai cicli climatici decennali, non v'è dubbio che la tendenza del livello marino sia quella crescente.

I.2.4.2. Considerazioni sull'evoluzione complessiva della fascia costiera

La linea di costa dei bacini idrografici delle Alpi Orientali è generalmente orientata in direzione OSO-ENE, ad eccezione dei litorali di Sottomarina e di Rosolina sviluppati, invece, in senso SSE-NNO. I lunghi e talora potenti allineamenti dunosi estesi a ridosso dell'arenile, che fino alla metà del secolo scorso ne costituivano l'unica naturale difesa nei confronti delle mareggiate, sono stati progressivamente spianati per lasciare posto ad estesi insediamenti urbani e strutture turistiche. Essi sono stati sostituiti da opere di difesa artificiali, che si sono rese necessarie per proteggere le spiagge dall'erosione. Dei vecchi cordoni rimangono oggi solo poche e discontinue tracce a modesto sviluppo longitudinale e verticale. Di conseguenza attualmente il litorale appare fortemente urbanizzato e caratterizzato da spiagge sottili a modesta pendenza.

Dalla distribuzione delle sabbie, in particolar modo di quelle medie, appare che i materiali sabbiosi più grossolani dei fiumi Piave e Tagliamento vengono dispersi in modo pressoché simmetrico rispetto alla foce, con lieve prevalenza del trasporto da est ad ovest, mentre quelli del Brenta vengono dispersi verso nord, come dimostrato dall'accrescimento del litorale di Sottomarina. Alle foci dei fiumi Sile e Livenza, invece, la dispersione non è altrettanto evidente a causa della scarsità di apporti fluviali (Brambati et al., 1977; Brambati, 1987).

Le opere di regimazione fluviale e di bonifica che sono state attuate prevalentemente a partire dalla seconda metà del XIX secolo, hanno reso sempre più stabili le condizioni del territorio ed hanno consentito di rendere coltivabile ed abitabile l'entroterra, precedentemente paludoso.

Riassumendo, tutte le spiagge adriatiche (Brambati, 1984), anche quelle più precisamente riferibili alla zona dell'Alto Adriatico, dopo un lungo periodo di generale avanzamento hanno subito, a partire dal secolo scorso sino agli anni '40, un rallentamento della loro velocità di progradazione. È infine seguita una diffusa fase erosiva (Figura I. 24).

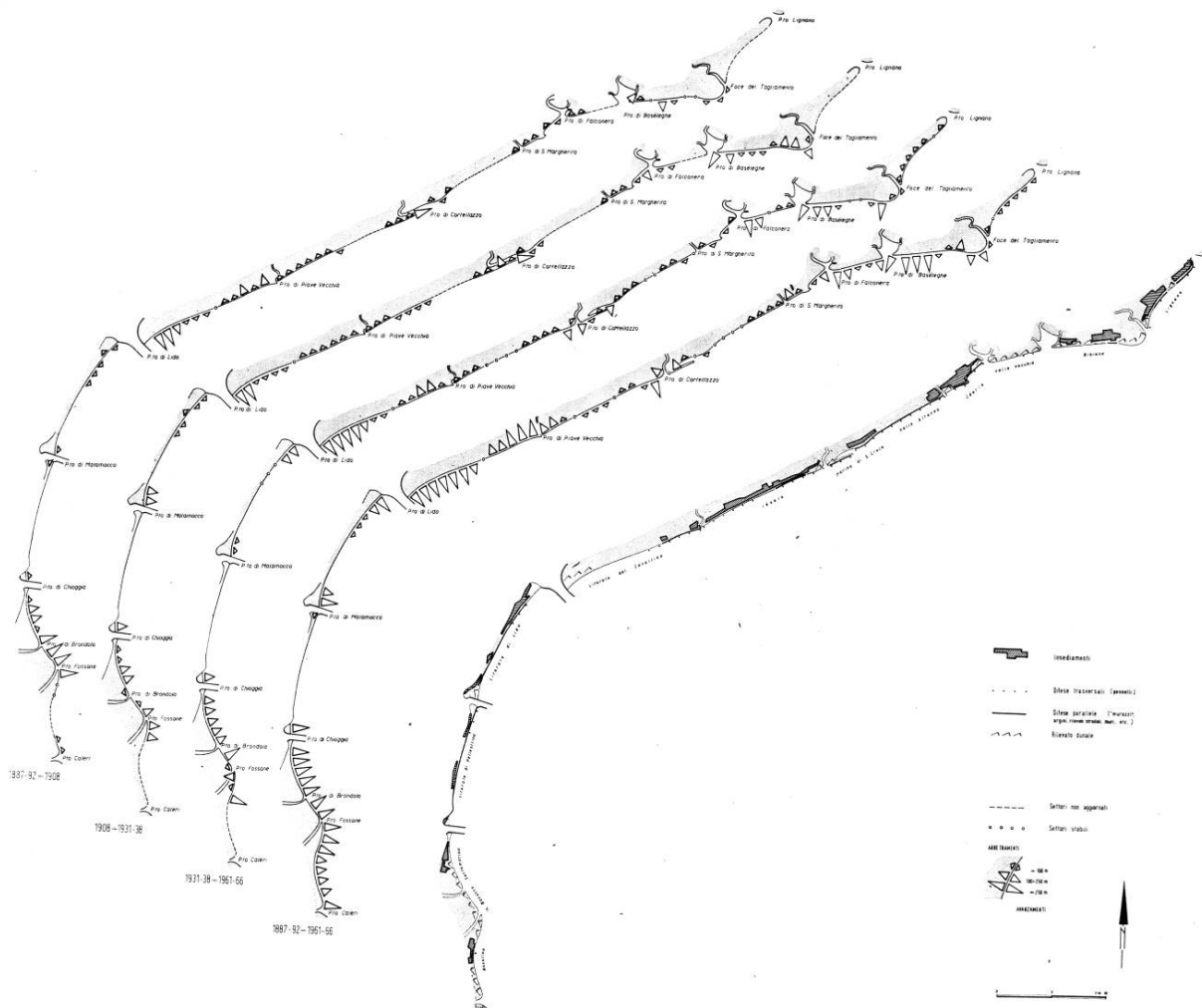


Figura I. 24: sintesi delle variazioni della linea di spiaggia tra il 1887-92 e il 1961-66 (il settore a cavallo della foce del Tagliamento è aggiornato al 1951), dedotte dalle tavolette dell'I.G.M. Sviluppo ed estensione degli insediamenti e delle difese naturali e artificiali (da Zunica, 1971).

La realizzazione di porti-canale armati con lunghi moli guardiani, sia presso le bocche lagunari che presso le foci fluviali, ha innescato processi di modificazione degli equilibri costieri, in quanto ha impedito la migrazione dei sedimenti lungo la spiaggia e ha modificato i regimi di corrente soprattutto sottocosta, inducendo pertanto variazioni morfologiche del litorale (Brambati, 1984; Gatto, 1984). In seguito, gli apporti terrigeni dei corsi d'acqua hanno subito una sensibile riduzione dovuta all'attività antropica: basti pensare alla costruzione di bacini idroelettrici ed alle sistemazioni idraulico-forestali in aree montane, al prelievo di sedimenti dall'alveo, alle derivazioni irrigue soprattutto nelle zone di pianura.

I processi erosivi si sono manifestati sia con l'arretramento della spiaggia che con l'aumento di pendenza dei fondali (fase, questa, che spesso anticipa la prima): in particolare, essendo tale

pendenza assai ridotta, a piccole variazioni possono essere corrisposti ingenti asporti di sedimenti (Gatto, 1984).

Non bisogna trascurare inoltre l'abbassamento del suolo, in parte naturale, in parte indotto dall'uomo, che ha favorito l'ingressione marina sui litorali a debole pendenza incentivandone il dissesto, ed ancora la naturale dinamica del moto ondoso e delle correnti costiere, spesso vistosamente influenzata sia dalle condizioni meteoriche che dalle caratteristiche morfologiche del litorale, e modificata dalla costruzione di difese e moli.

Negli ultimi decenni numerosi sono stati gli interventi volti alla protezione del litorale: opere di difesa di vario tipo, parallele e perpendicolari alla costa sono state costruite al fine di arrestare i processi erosivi e favorire il ripascimento delle spiagge. Essi, se dal punto di vista estetico hanno spesso ridimensionato le valenze paesaggistiche dei luoghi, localmente si sono dimostrati efficaci inducendo effetti positivi sul litorale. La loro presenza ha però sicuramente modificato la dinamica costiera, variando la circolazione sottocosta ed alterando il naturale movimento dei sedimenti.

Si riportano, nel seguito, delle immagini che raffigurano il modello evolutivo del litorale dell'Alto Adriatico e di alcuni apparati di foce, illustrandone le principali modificazioni intervenute negli ultimi 40-50 anni.



Figura I. 25: modello evolutivo dell'apparato di foce del fiume Brenta.

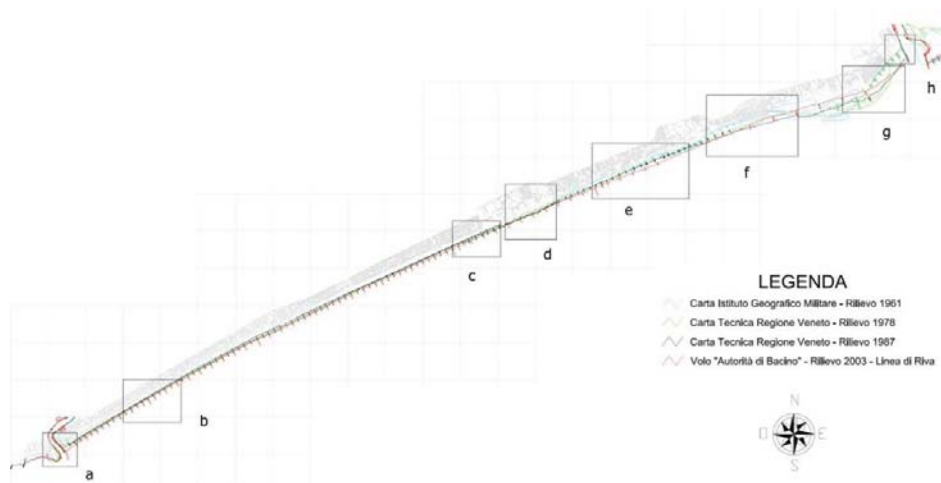


Figura I. 26: modello evolutivo del litorale di Jesolo.

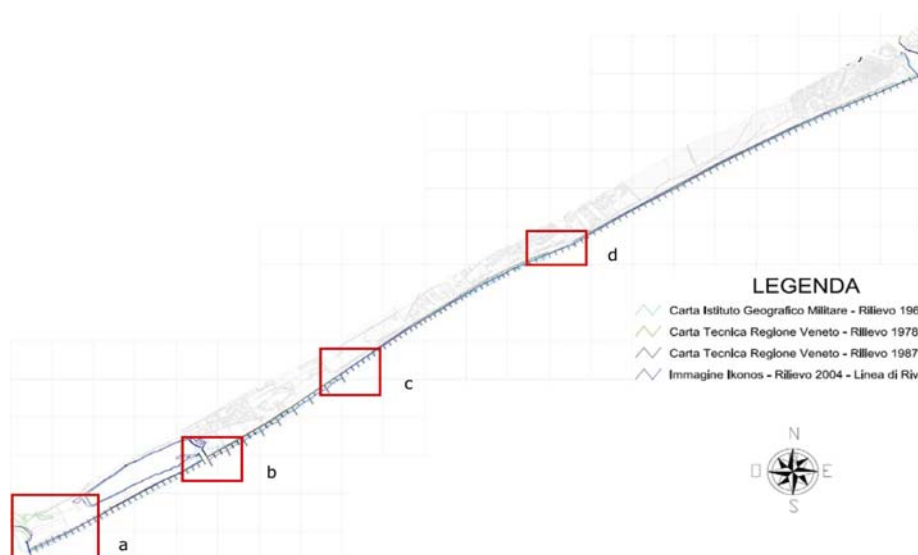


Figura I. 27: modello evolutivo del litorale tra la foce del f. Piave e la foce del f. Livenza.

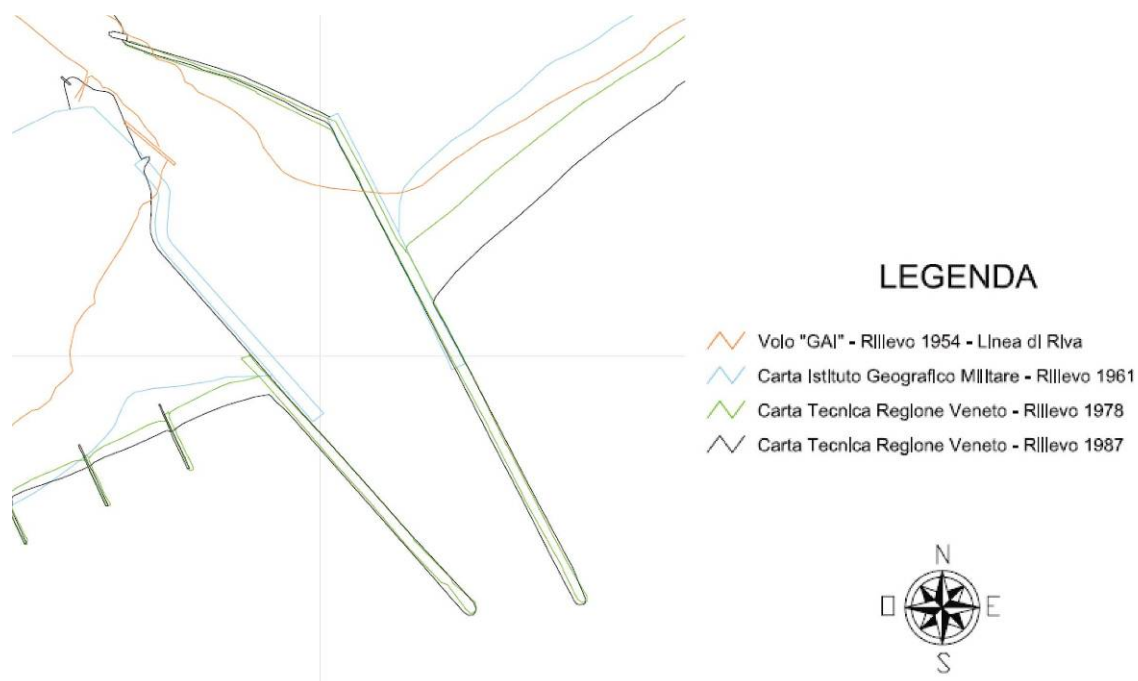


Figura I. 28: modello evolutivo dell'apparato di foce del fiume Livenza.



Figura I. 29: modello evolutivo del litorale di Caorle.



Figura I. 30: modello evolutivo del litorale di Bibione.



Figura I. 31: modello evolutivo dell'apparato di foce del fiume Tagliamento.

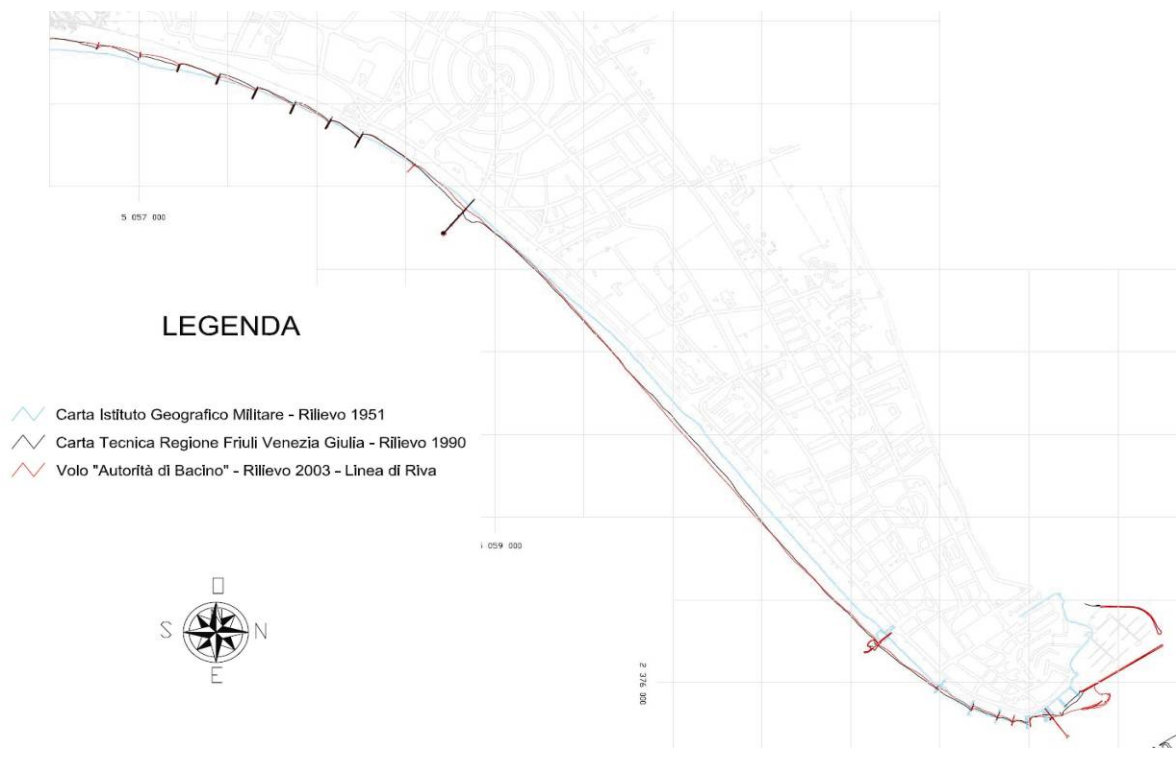


Figura I. 32: modello evolutivo del litorale di Lignano.

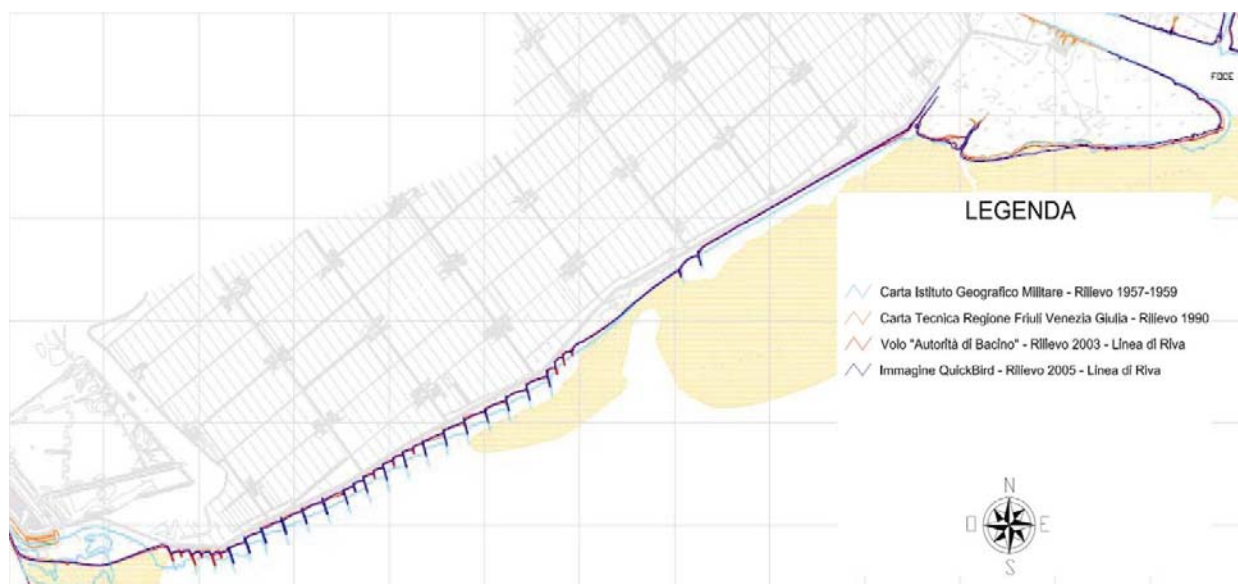


Figura I. 33: modello evolutivo del litorale di Grado.

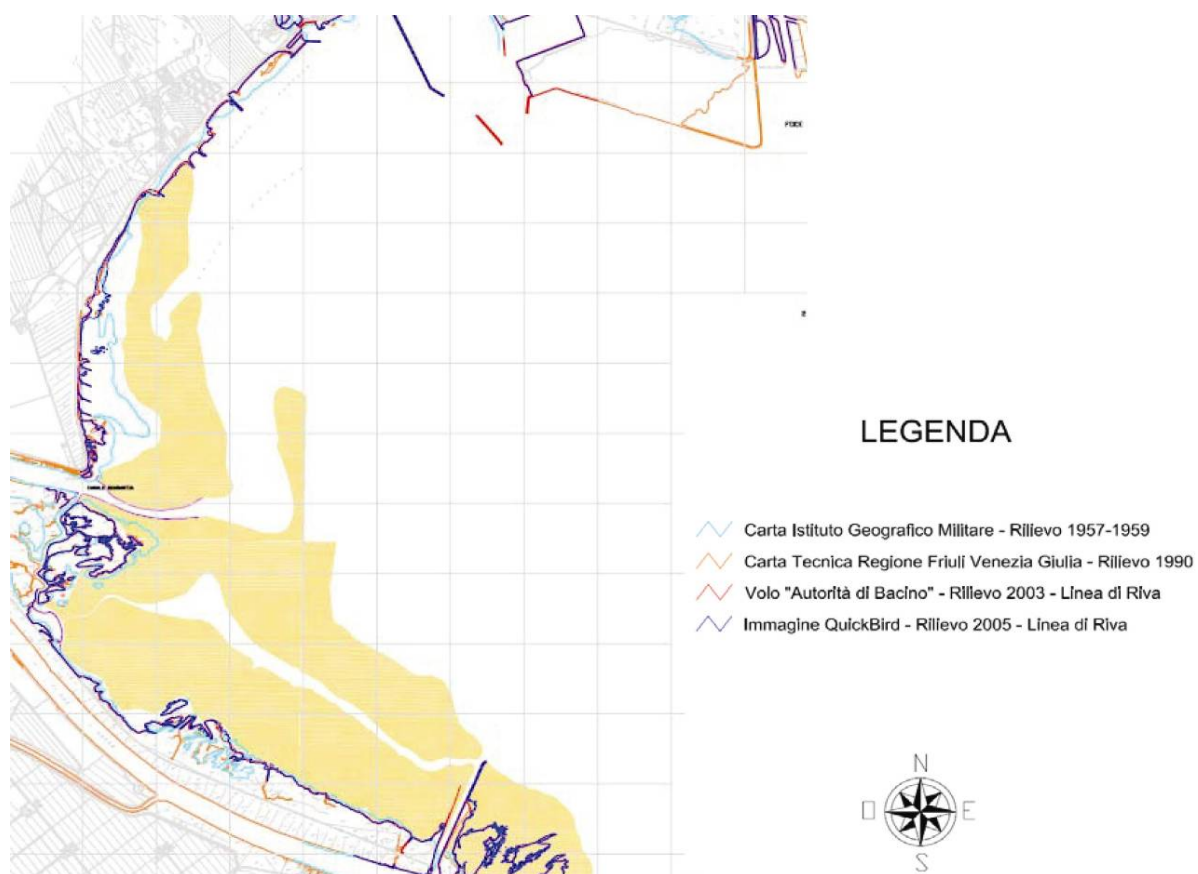


Figura I. 34: modello evolutivo dell'apparato di foce del fiume Isonzo.



Autorità di bacino
DEI FIUMI ISONZO, TAGLIAMENTO,
LIVENZA, PIAVE, BRENTA-BACCHIGLIONE



Autorità di bacino
DEL FIUME ADIGE