

"LABORATORIO TAGLIAMENTO"

**AUDIZIONE
11 OTTOBRE 2010**



Relazione presentata dall'Ing. Gianni Sergio Pascoli
del Comitato Scientifico "Assieme per il Tagliamento"

PROPOSTA "ALTRA" PER IL TAGLIAMENTO

PENSANT PAL TILIMENT

Pensando per il Tagliamento

Ing. Gianni Sergio Pascoli

Udine, luglio 2010

(rielaborazione di una idea già espressa nel 2002)

STAMPA INTEGRATA OTTOBRE 2010

SGARDUF pal TILIMENT

Lo scompiglio per il Tagliamento

Premessa, ovvero le varie posizioni e/o proposte percepite dall'uomo della strada:

- sbarramento alla stretta di Pinzano-Ragogna (riedizione parziale del lago morenico);
- casse di espansione a valle della stretta Pinzano-Ragogna in numero variabile da 1 a 3 a seconda del prevalere delle varie opinioni tecnico-politico-popolari (riproposta di uno o più bacini artificiali di contenimento; in sostanza si sposta a valle una sorta di riedizione parziale del lago morenico fissando un ipotetico "dev'essere" per il volume di acqua da contenere);
- rinforzo ed innalzamento degli argini a Latisana, sollevamento a quota maggiore del ponte ferroviario esistente (è la naturale risposta all'esigenza di agevolare il deflusso a mare della portata del fiume attraverso l'estuario esistente);
- ricalibratura del canale Cavrato per ricostituire condizioni minime di delta per lo sbocco a mare del Tagliamento (si svilupperebbe nell'area del Friuli storico che fu assegnata alla provincia di Venezia nel 1838 per motivi di equilibrio politico, senza alcuna considerazione per la continuità fisico-ambientale del territorio. L'attuale potere politico subordina la possibilità di eseguire tale ricalibratura a preliminari interventi di regimazione e/o opere da eseguirsi a monte nell'asta del fiume);
- è convinzione di autorevoli esperti che, con le opere di sopraelevazione degli argini ed innalzamento del ponte ferroviario a Latisana, opere già fatte, un'onda di piena eccezionale come quella verificatasi nel 1966 transirebbe senza creare danni;

- **proposta ALTRA vuole essere aggiuntiva e cautelativa del parere di sufficienza delle opere già eseguite. Tende a recuperare parte della capacità di espansione, drenaggio e deflusso a mare dell'antico, originario delta ghiaioso del Tagliamento intervenendo nel tratto Pinzano-Ragogna > Varmo-risultive. Non quindi una soluzione da "bacchetta magica", ma una proposta sinergica ed economicamente sostenibile che, sommata alla ricalibratura del canale Cavrato, costituisce una ragionevole e realistica integrazione delle opere già realizzate all'altezza di Latisana.**

L'incanto del Tagliamento

Il grande fiume del Friuli, nel suo lungo percorso dai monti al mare, attraversa zone dalle caratteristiche fisico-geografiche fra di loro molto differenti e ben definite:

- **incassato fra i monti;**
- **a fondo valle** con i primi slarghi per accogliere gli affluenti;
- **al primo piano** ove l'acqua può deporre, ma solo per un po' di tempo, le ghiaie strappate alla roccia, arrotondate e levigate dallo sfregamento nelle correnti veloci;
- **il sollievo dell'ampio letto** dopo la stretta di Pinzano-Ragogna. Pendenze modeste rispetto ad un torrente montano ma rilevanti rispetto ad un ordinario fiume in pianura, che invogliano l'acqua ad impigrirsi ed a trasformare a tratti le correnti da veloci a lente ed a depositare il bianco fardello di oro calcareo strappato alle rocce di Carnia;
- **l'attraversamento dell'alta pianura** alluvionale dallo spesso materasso di ghiaia permeabile fino alle falde profonde che sono una ricchezza umile ma preziosa. E l'acqua v`a, spartita in mille rivoli sempre pi`u esili a permeare il letto di ghiaia. Sotto scorre il liquore della vita, sopra si sbiancano al sole le ghiaie. La discesa alla purezza domanda tempo e spazio. L'acqua lo sa ed ogni singola goccia si prende tutto il tempo necessario. Ogni rivolo d'acqua sa di avere spazio fino alla bassa pianura friulana e, tranquilla, si avvia a correre sotto. Ma senza fretta, tanto lo sa che, di sopra, le sue sorelle acque, dal tempo dei tempi, hanno preparato, sagge e previdenti, per ogni necessit`a, una larga striscia di terreno drenante (quella che i vecchi chiamavano "il laviu des montanis" - l'alveo delle montane). L`i il secco avanza e a volte regna perch`e la ghiaia non si lava ogni mattina e la vita verde che invade l'alveo lo indurisce con isolette di bosco spontaneo opposte all'acqua delle montane, a spartirne pi`u che a trattenerne i flutti;
- **la bassa friulana** con le sue terre argillose. Le acque al di sotto degli strati argillosi, sempre pi`u compresse, cercano sollievo nelle risorgive e nei pozzi artesiani. Quelle che ancora non sono scese in falda continuano a permeare le ghiaie trasportate, ma il deposito si fa sempre meno consistente finch`e l'acqua, lenta ma non pigra, torna alla luce del sole in un letto argilloso sempre pi`u stretto, sempre meno permeabile, sempre pi`u sinuoso per la poca pendenza;

- **finalmente alla foce.** La corrente è stanca, il trasporto solido si fa di sabbia e di limo, già si sente il salso del mare, ma per arrivarci si deve fare conoscenza con la sabbia che le maree mandano incontro a saluto.

La parte centrale della zona prealpina del Friuli, compresa tra le Prealpi Carniche e quelle Giulie, è caratterizzata dall'ampio **anfiteatro morenico** del Tagliamento, che, nonostante una struttura alquanto eterogenea, può comunque essere considerata un complesso impermeabile che ferma il deflusso nella falda del Tagliamento e genera varie zone di risorgiva, quali ad esempio quelle di Bars e di Molin del Cucco. A nord della morena compaiono infatti diverse sorgenti con portate significative, in parte utilizzate a scopi irrigui, che danno origine a numerosi corsi d'acqua periodici dei quali solo il Corno e il Cormor superano la barriera morenica e raggiungono l'area delle risorgive mentre gli altri disperdono le loro acque nei terreni alluvionali permeabili dell'alta pianura orientale.

La zona di **media pianura** è composta da un enorme deposito alluvionale costituito prevalentemente da ghiaie molto permeabili, derivato dalla rapida erosione dei bacini montani a seguito del sollevamento della catena montuosa. Il **materasso ghiaioso**, che raggiunge anche spessori dell'ordine dei 700 m nella zona sud-occidentale, è **fortemente permeabile** e causa l'assorbimento di gran parte dei corsi d'acqua che vi scorrono. Il deposito alluvionale diviene sede di una falda di composizione chimica e profondità dal piano di campagna estremamente variabili a causa della eterogeneità dei terreni e dei cospicui prelievi per scopi civili e irrigui. Peraltro parte delle acque di falda risalgono in superficie nella zona denominata "**fascia delle risorgive**" dove l'incontro del deposito ghiaioso con i terreni di tipo sabbioso e argilloso sensibilmente meno permeabili della bassa pianura causa l'affioramento di notevoli quantità d'acqua (dell'ordine del m^3/s per km) che alimentano una serie di rii e canali che confluiscono in collettori di dimensioni più consistenti.

La fascia delle risorgive può essere suddivisa in due sistemi distinti. Il sistema che occupa la **destra (ovest) del Tagliamento** viene alimentato soprattutto dalle acque del Meduna e del Cellina ed è caratterizzato da una serie di sorgenti piccole e disseminate sul territorio che, nelle zone a maggiore concentrazione, danno origine ad alcuni piccoli laghi quali ad esempio quelli di Burida e di Guarnieri. Le risorgive poste a **sinistra (est) del Tagliamento** sono rifornite prevalentemente dalle infiltrazioni dello stesso Tagliamento, dell'Isonzo e di altri corsi nel materasso alluvionale ghiaioso della pianura oltre che da acque provenienti dall'anfiteatro

morenico del Tagliamento. Le acque delle sorgenti vengono raccolte principalmente dai fiumi Stella e Torsa e più a valle vengono drenate da numerosi canali di bonifica. L'area posta a sud della fascia delle risorgive, che costituisce la **bassa pianura** friulana, è una zona pressoché pianeggiante e uniforme, nettamente distinta anche per la sua topografia dalla media pianura, molto ricca di acque e sottoposta nel passato ad ingenti interventi di bonifica che ne hanno alterato significativamente l'assetto morfologico e idrologico naturale e che rendono praticamente impossibile determinare i bilanci idrici naturali o la provenienza stessa delle acque le quali risultano dal mescolamento di acque all'origine profondamente diverse.

Focalizzando l'attenzione sul Tagliamento si osserva che le sue acque disperse nel sottosuolo si dispongono in una formazione a triangolo che ha il vertice superiore a Pinzano e quelli inferiori a Palmanova e nella zona di risorgiva del fiume Sile (Casarsa della Delizia). L'entità della dispersione è pari a $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ lungo la sponda destra e $24 \text{ m}^3/\text{sec}$ lungo la sponda sinistra: quest'ultima in gran parte alimenta le risorgive del fiume Stella, mentre la parte restante scorre ancora sotto le ghiaie del letto del fiume ed emerge gradualmente in piccoli rivoli nella bassa pianura. Si può avere un'idea dell'importanza del contributo fornito dal Tagliamento alla formazione delle falde se si tiene presente che nell'alta pianura posta tra il fiume ed il meridiano che passa per Udine, l'afflusso meteorico che alimenta le falde è di soli $18 \text{ m}^3/\text{sec}$ contro i citati $24 \text{ m}^3/\text{sec}$ provenienti dal Tagliamento stesso.

Questo è il complesso e naturale deflusso dell'acqua che rende unico il Tagliamento. Oggi di quell'originario delta di ghiaie di ere passate non ci rimane che un tratto di letto notevolmente ampio. In un equilibrio consolidato da millenni il fiume si è naturalmente adeguato a sopportare anche i periodi di intensa e prolungata piovosità espandendo il corso attivo delle acque entro l'ampia golena che delimita il suo alveo nel tratto che va dalla stretta di Pinzano-Ragogna all'altezza di Varmo-S.Paolo dove iniziano ad evidenziarsi le caratteristiche della bassa friulana.

L'espansione delle acque produce il rallentamento della corrente e dà maggior tempo alla massa d'acqua di filtrare sino alla falda profonda. Questa naturale risposta del fiume è in genere sufficiente a far sì che la portata che si presenta nel tratto terminale, con letto argilloso, bassa pendenza e sezione molto più ristretta che a monte, possa essere contenuta dall'estuario fino allo sbocco al mare. Il fattore **tempo di permanenza nella zona drenante** assume importanza determinante in quanto ad esso è direttamente legata la quantità di acqua che espandendosi si sottrae al subitaneo picco dell'onda di piena eccezionale ed anche la frazione di

portata che riesce a percolare nelle falde più profonde sottraendosi così al volume che va successivamente ad interessare l'estuario.

In linea teorica l'altezza del pelo libero dell'acqua in un canale è correlata a molti fattori: la quantità d'acqua che deve passare, la sezione, la pendenza, la scabrosità della sezione e quindi la velocità, passaggi da correnti lente a veloci, risalti e turbolenze locali, ecc. Tempo, quantità d'acqua, sua velocità ed ampiezza del letto sono fattori determinanti.

Il sistema Tagliamento è soggetto a situazioni critiche nel caso di piovosità eccezionali ripetute in tempi molto brevi, cioè a seguito di nubifragi ripetuti. Accade così che:

- a. il **tratto iniziale** incassato o di fondo valle con gli slarghi degli affluenti, riceve volumi d'acqua eccezionali non trattenuti dai declivi montani, cui negli ultimi decenni si è posta scarsa attenzione;
- b. il **primo tratto in piano**, fra Venzona e Pinzano-Ragogna, imbibito e saturato ben presto il deposito di ghiaie depositato sopra lo strato non permeabile dell'antico lago morenico, perde l'ordinaria capacità di rallentamento della corrente la quale, subitanea e con tutta la sua massa d'acqua, si presenta alla stretta di Pinzano-Ragogna dove la sezione ristretta ed una maggiore pendenza localizzata determinano un ulteriore incremento della velocità della corrente e del trasporto solido;
- c. **all'attraversamento dell'alta pianura** con l'ampio letto drenante resta, tutto intero, il compito di rallentare la corsa delle acque e trattenerle per quel tanto da permettere la possibile percolazione nelle falde. I rivoli a corrente veloce e le isolette rilevate di materiale inerte coperto da vegetazione spontanea disposte longitudinalmente all'alveo, agiscono nel verso di determinare una forte limitazione dell'ampiezza del letto attivo ed un incremento della velocità dei singoli branchi che va a sommarsi agli effetti non trascurabili della sensibile pendenza longitudinale del fiume. Il fenomeno si auto esalta ed allorquando la portata montana tende ad occupare la porzione attiva dell'alveo del fiume, lo fa in tempi brevi e con correnti veloci. Per questa acqua che scorre velocemente non c'è il tempo per espandersi in golena e tanto meno di percolare nelle falde sotterranee; l'ampia, antica golena drenante con tutta la sua lunghezza e larghezza è come se non esistesse;
- d. **alla bassa friulana**, dove il letto si restringe ed il fondo diviene non permeabile, si presenta una **massa d'acqua** così valutabile:

- portata alla stretta Pinzano-Ragogna
- + apporto idrico del bacino nel tratto Pinzano-Ragogna > Varmo-S.Paolo
- quantità percolata in falda in frazione dalla superficie di alveo attivo nella tratta Pinzano-Ragogna > Varmo-S.Paolo.

Questa massa d'acqua può essere solo contenuta entro gli argini dell'estuario ed agevolata nel suo deflusso al mare pena la tracimazione ed il conseguente disastro.

Di fronte alle piene straordinarie ed eccezionali, che potrebbero ripresentarsi coi tempi di ritorno indicati dagli annali statistici, ci si può porre con due atteggiamenti differenti:

- il primo, più immediato ed istintivo è quello di contrasto. In buona sostanza, si ritiene di poter imporre regole al fiume, visto che non si può comandare alla pioggia;
- il secondo, più meditato ma non rassegnato, è quello di aiutare il fiume secondo la sua natura nel senso di incrementarne la capacità di risposta naturale fino alla possibilità di sostenere l'evento eccezionale cercando di ridurre e rallentare la massa d'acqua di quel tanto di tempo che lasci sperare nel cessare dei nubifragi.

L'idea di fermare l'acqua con una diga alla stretta di Pinzano-Ragogna, andava nel senso di utilizzare, a modo di polmone liquido, la porzione terminale del primo tratto di percorso in piano del fiume (quasi una riedizione del lago morenico di epoca interglaciale). La quantità d'acqua lasciata tracimare alla stretta di Pinzano ed immessa nell'ampio letto che attraversa l'alta pianura alluvionale, sarebbe risultata ridotta. Malauguratamente la scarsa permeabilità della piana a monte di Pinzano-Ragogna, sommata alla enorme quantità di inerti colà trasportati, avrebbero determinato il riempimento dell'invaso in tempi molto brevi. Riempito l'invaso a ridosso della diga, si sarebbe ritornati alle condizioni idrauliche preesistenti, aggravate dalla accelerazione della corrente d'acqua stramazzata. Comunque, nell'ipotesi favorevole, si otterrebbe il solo risultato di ritardare per un certo tempo il presentarsi del fronte della massa d'acqua all'estuario.

Si è sentito parlare molto, ma potuto vedere piuttosto poco, di casse di espansione. Per quanto è dato sapere, l'idea è di realizzare alcuni (1, 2, 3 o 4) "grossi catini" da incassare in serie lungo l'alveo del fiume. A monte verrebbe realizzata una briglia con il compito di parzializzare le portate di piena indirizzando parte dell'acqua nelle vasche cui è affidato il compito di contenerla. La corrente ordinaria invece,

sfiorebbe la briglia per essere incanalata in un alveo attivo ristretto, progettualmente definito. In quanto tempo verrebbero riempite, e quindi rese inefficaci le vasche? Ed il fondo diverrebbe stagno per effetto della deposizione di materiale inerte sottile? Trascorse quelle poche ore di rallentamento della portata di piena, ci si troverebbe di nuovo a confidare nella risposta naturale del fiume, con l'aggravante di avere annullato la sua capacità drenante per tutta la superficie di alveo interessata dalle vasche ed avere indotto una sensibile accelerazione della corrente nella parte di alveo destinato, per progetto, ad essere ordinariamente attivo. La corrente nell'alveo progettato attivo, accelerata da ben prima dell'entrata in funzione delle casce, ridurrebbe da subito la possibilità di espansione della portata in golenia. Praticamente annullerebbe ogni capacità di percolazione in falda e, con la sua velocità concentrata, non potrebbe che incrementare i fenomeni di erosione ed incasso dei bracci attivi del fiume; convogliato ed esaltato il trasporto solido di ogni genere.

Con il ritardo del solo tempo di riempimento delle vasche (quante ore?), alla sezione Varmo-S.Paolo della bassa friulana, si presenterebbe una **massa d'acqua** così valutabile:

- portata alla stretta di Pinzano-Ragogna
- + apporto idrico nel tratto Pinzano-Ragogna > Varmo-S.Paolo
- quantità percolata in falda in frazione ridotta dalla parte drenante e volumi espansi nel letto attivo del tratto fine delle casce di espansione > sezione Varmo-S.Paolo.

Quindi una massa d'acqua forse maggiore di quella che si può temere nelle condizioni di naturale risposta del fiume (valutata al punto d.), con il solo ritardo di un certo lasso di tempo richiesto dal riempimento delle casce, il che comporta l'attenuazione del picco di piena. Ciò lascia pensare che cercare di imporre la legge dell'uomo ad un fiume come il Tagliamento, può produrre risultati anche peggiori degli eventi eccezionali cui si pensa di porre rimedio.

Proviamo ora a pensare di affrontare il problema per altro verso. Cioè cercando di recuperare interamente e semmai incrementare la naturale capacità di risposta del fiume alle piene straordinarie al fine di poter fronteggiare anche quelle eccezionali con tempi di ritorno molto lunghi. L'idea ruota su tre fattori cardine, che sono stati individuati nella preliminare analisi del comportamento ordinario del fiume:

1. tempo di permanenza dell'acqua nella zona drenante dell'alveo ed incremento della sua attuale capacità drenante quale conseguenza della cercata ed indotta massima espansione del volume di piena entro la golena originaria;
2. controllo del flusso entro argini interni ed esterni, prevedendo la possibilità di sfioramento degli argini interni da parte di portate eccezionali, entro le eventuali zone di allagamento controllato;
3. agevolare ed incrementare le capacità di deflusso a mare.

Quest'ultimo fattore vale per ogni fiume per cui, anche per il Tagliamento, sarà opportuno incrementare la capacità di deflusso al mare mediante:

- l'eliminazione di ogni ostacolo alla corrente entro l'alveo dell'estuario;
- l'aumento della sezione di deflusso, ottenibile con una nuova calibratura del canale Cavrato;
- la riattivazione delle chiaviche di buona memoria e dei relativi canali scolmatori ed ogni altro fattore che può ricondursi al delta originario.

Per quanto attiene il tempo di permanenza dell'acqua nella zona drenante si consideri che, del delta ghiaioso originario, c'è ancora una superficie a disposizione entro l'alveo che può essere chiamata a collaborare ancorché, al giorno d'oggi, si riscontrino dannosi rilevamenti di materiale inerte spontaneamente ricoperto di vegetazione ed anche dei pennelli repellenti realizzati con la funzione di acquisire dei terreni golenali all'agricoltura.

La presenza umana ha portato progressivamente a limitare il letto del Tagliamento entro una fascia ghiaiosa apparente della larghezza abbastanza costante di circa 2 chilometri e lunga 35, il che comporta una superficie di 70 km². È stato stimato che una superficie di circa 10 km² sia occupata da isolotti di inerti consolidati da vegetazione spontanea. Quindi si può pensare di poter contare su una larga fascia della superficie di 60 km² per agevolare la naturale risposta del fiume alle piene. L'idea non è né nuova né originale, se è vero che esistono reliquati di arginelli sia sulla sponda destra che su quella sinistra. Si rende necessario ripristinare il sistema degli argini per delimitare e contenere la zona di espansione delle acque nel tratto Pinzano-Ragogna > Varmo-S.Paolo entro cui intervenire.

La proposta alternativa a diga o casse di espansione si inserisce in questo tratto del corso del fiume e, interessando specificatamente le progressive da Ragogna a Casarsa, punta a:

- **incrementare il tempo di permanenza dell'acqua nella intera zona drenante del corso del Tagliamento, mediante la pronta espansione fino**

ad occupare l'intera area golenale e favorire nel tempo più lungo la percolazione nelle falde più profonde. Comunque la proposta tende a dilazionare e frazionare l'arrivo della massa d'acqua all'estuario con conseguente attenuazione del picco di piena.

- Altri studi attengono:
- controllare il flusso entro argini, interni ed esterni, avendo previsto la possibilità di sfioramento degli argini interni, da parte di portate eccezionali, entro zone di allagamento programmato nella zona a valle (drenante fino a Varmo e poi non più drenante);
- agevolare ed incrementare le capacità di deflusso a mare dell'attuale estuario del fiume riattivando le possibili condizioni di delta.

Per incrementare il tempo di permanenza il modo è quello di operare sui rami veloci obbligandoli ad allargarsi fino eventualmente ad occupare tutta la sezione disponibile dell'alveo; necessariamente la corrente ridurrà la sua velocità ed il tempo di permanenza risulterà maggiore. L'idea innovativa per una soluzione propria ed acconcia all'unicità del Tagliamento, è che a questo risultato può concorrere la frangia non saturata della falda freatica che scorre superficialmente appena sotto le ghiaie del letto, chiamandola a collaborare per l'espandere della corrente mediante l'inserimento nell'alveo ghiaioso di una **palancolata** che intercetti e parzializzi la falda sub-ghiaia (per 2, 3, 4 metri) obbligando l'acqua di superficie a pelo libero ad espandersi lateralmente fino dal primo presentarsi della portata di piena del fiume e quindi a rallentare ed attenuare il picco successivo. Contemporaneamente, a monte della palancolata, verrà interessata anche una non trascurabile quantità di acqua contenuta entro il letto ghiaioso. Il labbro superiore della palancolata determina la quota di sfioro costante per tutta la sezione trasversale dell'alveo, salvo i punti di modesto ribassamento o innalzamento (30÷50 cm) là dove scorrono, o si stabilisce che sarà opportuno far scorrere, i rami per assicurare le condizioni di vitalità del fiume in tempo di piovosità e portata ordinaria.

Il profilo trasversale della sezione tipo dell'alveo presenta un andamento irregolare conseguente alla presenza degli isolotti naturali esistenti formati da inerti più o meno incoerenti. Rispetto al labbro superiore della palancolata si avranno inizialmente dei rilevati e delle depressioni che verranno pareggiati naturalmente con il susseguirsi delle piene ordinarie, che porteranno al pareggiamento dell'alveo per un certo tratto a valle ed il rimodellamento degli isolotti a monte.

Si ritiene che l'effetto dell'infissione della palancolata si esaurisca entro una fascia trasversale della larghezza di 3÷4 km . Ciò comporta che, per interessare la zona drenante del corso del Tagliamento in modo significativo, sarà opportuno ripetere più volte l'intervento di espansione e contenimento, potendo prevedere altresì anche una sezione di controllo e misura.

Osservando la cartografia tecnica si ritiene di poter ragionevolmente proporre la localizzazione degli interventi con palancolate e sezione di controllo come segue:

Palancolate di ripartizione con sfioramento orientato dei rami :

- **traversa palancolata** di Aonedis (progressiva \approx 4 km dal ponte Pinzano) (4 km);
- **traversa palancolata** di Carpacco (progressiva \approx 7,5 km dal ponte Pinzano) (3,5 km);
- **traversa palancolata** in corrispondenza del ponte di Dignano (a valle) (progressiva \approx 11,5 km dal ponte Pinzano) (4 km);
- **traversa di controllo, sfioro e rilascio della portata** da realizzarsi con un ponte di nuova costruzione cui affidare anche la funzione sinergica di collegamento stradale fra la Cimpello-Sequals e la Strada Statale n. 463 (a nord di S.Odorico) (progressiva \approx 15 km dal ponte Pinzano) (3,5 km);
- **traversa palancolata** in corrispondenza del ponte FF.SS. di Casarsa (a valle) (progressiva \approx 25 km dal ponte Pinzano) (10 km).

La trasversale Belgrado-Varmo è posta alla progressiva \approx 33 km dal ponte Pinzano ed a circa 8-10 km dalla traversa di Casarsa. In quel tratto di alveo ancora ampio è pensabile una zona di esondazione dagli argini interni, contenuta entro argini esterni.

Interventi integrativi per aumentare la rugosità utile dell'alveo compreso fra le sezioni delle palancolate: si pensi ad una possibile e compatibile rimodellazione dell'alveo non attivo in bassure, non così profonde da raggiungere la quota piezometrica lateralmente depressa delle ordinarie falde sotterranee entro il letto ghiaioso (profondità 1÷1,50 m), con i perimetri a scarpata, appena rilevati, di pendenze modeste, (frazione dell'angolo di attrito interno degli inerti in mucchio) che verranno naturalmente compattati e rinforzati dalla inevitabile vegetazione spontanea. La disposizione delle bassure con estrazione di manutenzione compatibile, realizzerebbe quasi una sequenza di "atolli" con aperture di sfioro disposte sotto-corrente ai margini del letto attivo in modo da non essere investiti

direttamente ma riempiti in momenti succedentisi. L'acqua che riempie progressivamente le bassure, per risalienza dal fondo o per sfioramento dalla bocca "dell'atollo", subisce un rallentamento, se non proprio un ristagno, nella successione degli invasi. Allorquando il pelo libero dell'onda di piena perviene a sommergere i cigli delle depressioni, si ripristinerebbero le condizioni di corrente veloce, ma solo per la quota superiore ai cigli stessi. Nelle depressioni l'acqua permarrebbe poi in condizioni tali da darsi il tempo per la percolazione nelle falde. È infatti conoscenza ed esperienza comune che l'acqua ruscellante scorre, mentre l'acqua cheta bagna e penetra in profondità.

In termini idraulici si tratta di aumentare la scabrezza di un canale ottenendo l'effetto di ridurre la velocità della corrente e lasciare inalterate le caratteristiche drenanti del fondo.

Riporto **alcune domande e dubbi** sorte da chiacchierate e discussioni:

Come fa a stare in piedi la struttura? Ho risposto che riceve una eguale spinta davanti e dietro dalla ghiaia. **Eppure mi hanno detto che al ritmo di trasporto conosciuto dei materiali solidi ci vorrebbero tantissimi anni per pareggiare il livello della ghiaia attorno al manufatto.**

La struttura ipotizzata, riproducibile più volte (tre in corrispondenza dei ponti, a monte piuttosto che a valle?) è in sostanza una **palancolata** (ricerca con Google) interamente infissa nel letto ghiaioso del fiume. Ciò comporta che in condizioni non operative (si può dire "a secco", ma in realtà con la presenza a poca profondità di una falda freatica satura e della sua relativa superiore frangia di risalita solo capillare) la presenza di ghiaia sulle due facce della parete fornisce due spinte uguali e contrarie mentre, in condizioni operative, con l'arrivo di una corrente di acqua, si determina una pressione idraulica sulla faccia a monte che va aumentando linearmente con la profondità ma che non sarà in grado di vincere la spinta fornita dalla massa di ghiaia a valle della palancolata. La palancolata ha una profondità limitata (2, 3, 4 metri) per cui con l'arrivo della corrente fluida avrà inizio anche il fenomeno del sifonamento dell'ostacolo che tende a creare anche a valle una pressione idraulica che, se il sistema idraulico fosse a regime statico, tenderebbe ad eguagliare quella a monte. È un principio generale che un sistema di forze tende a porsi nella posizione di minimo dell'energia. Ciò porta a considerare che in una situazione dinamica il singolo filetto fluido, allorché incontra l'ostacolo della parete, a monte della palancolata dovrà accumularsi ed aumentare la sua quota piezometrica finché questa non sarà sufficiente a fornirgli l'energia per la risalita di sifonamento a valle. Contemporaneamente quella stessa prevalenza piezometrica porterà l'acqua a cercare una via di fuga anche lateralmente e quindi ad espandersi sulla faccia a

monte della parete palancolata. Il sistema di forze nel suo tendere a condizioni di regime (minimo di energia) spingerà gradualmente l'acqua ad interessare trasversalmente l'intero letto del fiume per tutto il tempo in cui si presenta un incremento della portata di piena.

Va considerato che le palancolate sono usualmente utilizzate per creare delle pareti impermeabili allorché si eseguono opere di fondazioni in presenza di acqua, si creano banchine in bacini portuali, si consolidano sponde fluviali, ecc. In tutti questi casi che comportano anche notevoli differenze di pressione e fenomeni di sifonamento da tenere sotto controllo, si rende necessario un particolare studio delle opere di stabilità sia di fondazione che di coronamento. Nel caso dell'utilizzo qui proposto si cerca piuttosto la continuità trasversale nel letto ghiaioso garantita dal sistema di aggraffaggio dei singoli elementi metallici che consentono anche una buona flessibilità ed adattabilità alle mutevoli condizioni del vincolo intrinseco del terreno ghiaioso in cui sono infisse. Il filo superiore della palancolata orizzontale per tutta la sezione trasversale del letto, determina lo sfioro allorché la corrente di acqua raggiunge le condizioni di energia sopra indicate dapprima localmente ed infine su tutta la sezione. Le correnti che sfiorano determinano, con il loro trasporto solido, la modificazione dell'aspetto superficiale del gravâr con possibile demolizione e ricomposizione degli isolotti di ghiaia meno consolidati. I tempi di tali modificazioni sono legati alla frequenza ed intensità delle piene del Tagliamento, in quanto non è previsto alcun intervento di movimento di terra all'infuori di quelli necessari per l'infissione delle palancolate. Per assicurare il mantenimento di un regime idraulico naturale e di minimo flusso vitale del fiume in condizioni di piovosità ordinaria, il labbro superiore della palancolata presenterà alcuni abbassamenti locali dell'ordine dei 30÷50 cm da posizionarsi con criteri di valutazione naturalistica in corrispondenza degli ordinari bracci liquidi del fiume (i brancs).

In terreni mediamente argillosi le palancole vengono infisse per pressione, in questo caso, data la natura ghiaiosa, sarà necessario utilizzare un escavatore idoneo a lavorare in sezione ristretta (p.e. un escavatore a nastro dotato di pareti laterali antifranchamento).

L'acqua potrebbe passare al di sotto della struttura scavando in qualche modo alla sua base? Penso di sì, ma non so se sarà pericoloso. Basterà una sola di queste palancolate? Credo di no.

Certamente sarà presente il fenomeno del sifonamento del diaframma palancolato ma, considerata la profondità del punto di svincolo dall'ostacolo, la natura estremamente permeabile del terreno e che la corrente sotterranea profonda sarà lenta (proprio perché quella in superficie è libera), non vedo motivi di preoccupazione nel caso della palancolata.

Una palancolata può produrre effetti entro un tratto limitato a monte ed a valle e quindi sarà necessario disporre più di una per poter interessare una tratta significativa del corso del Tagliamento, ma il costo della singola palancolata è contenuto e l'impatto ambientale minimo.

Per contro, un ponte di nuova costruzione, cui affidare un analogo compito di diaframma e ripartizione, richiede opere di intercettazione, sfioro e rilascio della

corrente che diventano tanto più consistenti quanto più da una ulteriore briglia con funzione di controllo dell'efficacia del sistema delle palancole a monte ci si avvicina alla sostanza di una vera e propria diga.

Con ciò intendo dire che la realizzazione di un ponte ex novo, con le funzioni di sfioro, misurazione e controllo delle portate non si contrappone alla infissione di due-tre sezioni di palancole a monte, ma può risultare necessario, efficace ed efficiente proprio grazie alla loro presenza ed al conseguente interessamento dell'intero letto del fiume senza dover assumere le caratteristiche proprie di una diga. Infatti la realizzazione di un ponte che inglobi la sostanza di una diga di sbarramento con relativo invaso a monte e scarichi di fondo non farebbe altro che rinnovare tutti i problemi e le ostilità incontrate allorché si proponeva prima lo sbarramento alla stretta di Pinzano e poi le casse di espansione. Ciò che non stava bene ad una popolazione rivierasca difficilmente sarà accettato di buon grado da un'altra popolazione solo qualche chilometro più a valle.

Si può capire quanti m³ di acqua si riuscirebbero a rallentare?

Non è facile rispondere ad una tale domanda a motivo della presenza di molte variabili nel sistema e della mancanza di dati sperimentali certi circa le condizioni locali di permeabilità del letto che determina l'assorbimento in falda freatica. Gli unici dati attendibili di assorbimento e riaffioro nella zona delle risultive lasciano intendere che solo parte delle acque transitate alla stretta di Pinzano riemergono e confluiscono nell'estuario di Latisana-Lignano. Del resto, in mancanza di misurazioni attendibili nel tempo, la stessa individuazione della portata del fiume si presta a non poche dubbiezze.

Restando al sistema di regimazione ipotizzato ho prudentemente stimato degli ordini di grandezza dell'efficacia, ricomprendendo sia i **volumi sollecitati a collaborare** tratti direttamente dalla palancole che quelli di riempimento delle bassure a monte:

DIRETTRICE	LARGHEZZA EFFICACE	RIMONTA	PROFONDITÀ PALANCOLA	VOLUME INTERESSATO
Aonedis	m 2.000	m 1.100	m 3	m ³ 6.600.000
Carpacco	m 2.500	m 1.100	m 3	m ³ 6.600.000
Ponte Dignano	m 1.000	m 1.200	m 3	m ³ 3.600.000
Cosa-S.Odorico	m 2.000	m 1.300	m 3	m ³ 7.800.000
Ponte Casarsa	m 900	m 1.100	m 3	m ³ 2.970.000
			TOTALE	m³ 27.000.000

I **volumi sollecitati a collaborare**, sopra stimati entro il letto ghiaioso, verrebbero a trovarsi in condizione di falda satura in concomitanza delle piene eccezionali-ordinarie intendendo con tale termine quelle che possono verificarsi con frequenza annuale mentre le più frequenti piene ordinarie interessano volumi notevolmente inferiori.

La corrente a pelo libero, indotta ad espandersi lateralmente, andrebbe ad erodere i depositi di inerti non stabilizzati posti a quota superiore al labbro della palancole ottenendo il risultato di allargare il letto del fiume, riavvicinandolo all'ampiezza naturale dell'alveo. Considerati i diversi ordini di grandezza della velocità di scorrimento della corrente a pelo

libero, del moto verso valle nella esigua porzione di falda entro le ghiaie superficiali e dei tempi di percolazione in falda più profonda, i soli effetti apprezzabili sarebbero l'allargamento dell'alveo e l'attenuazione iniziale della portata di piena di quei volumi d'acqua che andranno a saturare la frangia capillare disposta lateralmente ai bracci sempre attivi del fiume. Peraltro l'aumento di sezione della corrente libera comporta la riduzione della sua velocità, con conseguente attenuazione del picco dell'onda di piena.

Il susseguirsi delle piene ordinarie, straordinarie-ordinarie e straordinarie (frequenza decennale) porterebbe ad un progressivo rimodellamento dell'alveo entro l'ampiezza delimitata dal recupero-ripristino-rinforzo degli argini esterni e del greto.

I **pennelli attualmente esistenti** entro l'alveo del fiume agiscono in direzione opposta a quella delle palancolate poiché restringono il letto attivo, inducono aumento di velocità della corrente ed incrementano l'erosione in profondità dei bracci attivi, portando con ciò ad una limitazione della sezione utilizzabile in occasione di piene straordinarie od eccezionali (frequenza pluridecennale). Quei pennelli furono a suo tempo costruiti per recuperare terreni seminativi con la finalità di sopperire alla necessità nazionale di granaglie. Si tratta di valutare se attualmente sussista una tale penuria di granaglie o se prevalga l'esigenza di sicurezza non dimenticando che un accurato studio degli argini e la differenziazione delle loro altezze può tuttavia salvaguardare all'agricoltura alcune porzioni marginali dell'ampia golena fluviale.

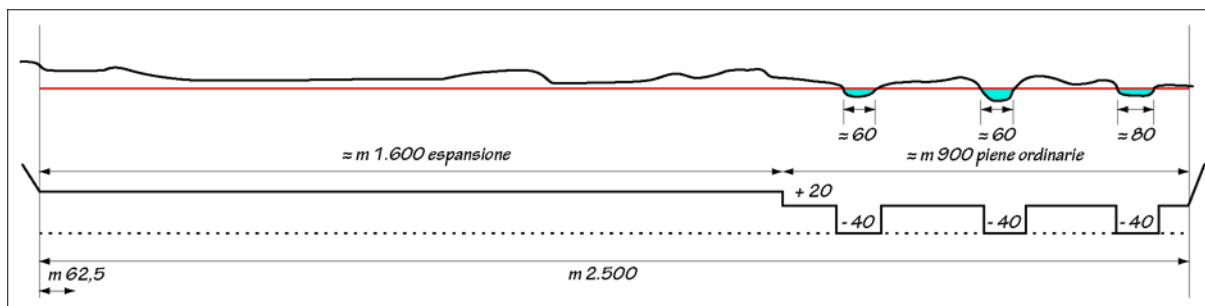
Per cercare di quantificare il contributo della singola palancolata, in relazione all'esigenza di **contenimento e rallentamento del picco di una piena eccezionale**, pare ragionevole porre a confronto le condizioni di deflusso normale con quelle di piena ad una progressiva del fiume che presenti caratteristiche rappresentative della tratta su cui si ipotizza l'intervento.

A titolo di esempio si prende in considerazione una trasversale a monte della direttrice Carpacco-Baseglia e per la finalità esplicativa, stante la mutevolezza del greto del Tagliamento, si fa riferimento ad una carta topografica in scala 1:50.000. La larghezza dell'alveo è di 2.500 metri, la pendenza media del fiume risulta di 3,3 m/km, vi sono rappresentati tre bracci attivi ed una serie di risalti di materiale inerte. Vi sono rappresentati i pennelli repellenti che restringono l'ampiezza dell'alveo attivo. I tre bracci attivi, disposti parallelamente alla sponda lato Carpacco, sono rappresentati con una larghezza totale di circa 200 metri.

L'andamento dei risalti di inerti lascia intuire che la falda a pelo libero di sub alveo presenta, per la sua depressione piezometrica trasversale, una fascia di saturazione di ampiezza valutabile in 900 metri, oltre i quali la superficie freatica sfuma verso la zona di aerazione tramite una frangia che lascia un volume non trascurabile di inerti suscettibili di saturazione. La residua ampiezza del letto ($2.500 - 900 = 1.600$ metri) stimando lo spessore della frangia in $50 \div 70$ cm (equivalente in acqua a 40 cm) porta ad un volume apprezzabile di inerti non saturati posti a quota inferiore del labbro di palancolata, mentre a quota superiore, se le piene straordinarie hanno prodotto l'allargamento sperato dell'alveo attivo entro gli argini consolidati, si ha una ulteriore sezione disponibile all'espansione della portata di piena.

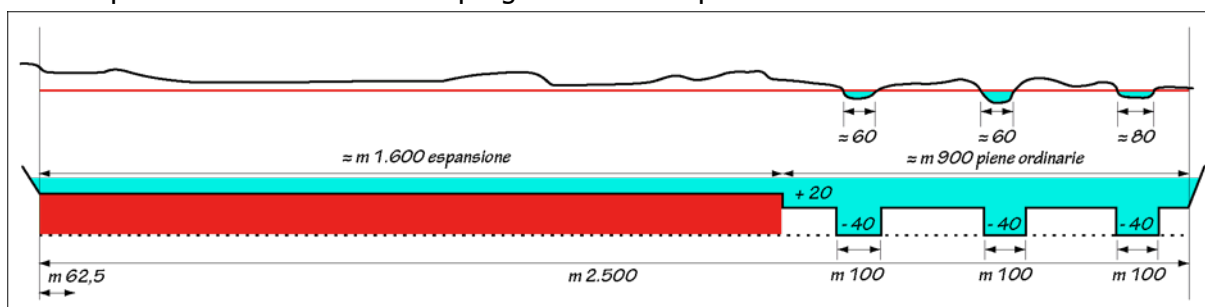


Per stimare i volumi d'acqua che si può pensare di trattenere e/o rallentare, appare ragionevole non considerare la frazione di alveo già impegnata dalla piena ordinaria e porre l'attenzione sulla parte di alveo allargato considerandolo alla stregua di un invaso di espansione con sfioratore laterale. Non essendoci una perimetrazione a valle solo l'acqua di saturazione verrà effettivamente trattenuta mentre la portata superficiale verrà rallentata a motivo dell'espansione attenuando il picco dell'onda di piena. L'efflusso in falda dell'acqua trattenuta nella frangia in origine non satura avverrà in tempi più lunghi ma, considerata la permeabilità del greto, con effetti non del tutto trascurabili.



- Andamento trasversale tipico con tre bracci attivi e risalti di inerti; livello di riferimento (n.b.: quote non in scala per rendere leggibile la rappresentazione).
- Labbro superiore della palancolata con tre ribassamenti per la continuità delle portate vitali del fiume; quota rialzata di espansione laterale; risalto degli argini esterni.

Astraendo dalla velocità di deflusso, indispensabile per valutare le portate, e considerando a titolo esplicativo i volumi unitari di progressiva che si presentano nella sezione di riferimento:



- Volume nell'alveo delle piene ordinarie in ipotesi: $0,5 \times 900 = 450 \text{ m}^3/\text{m}$ di progressiva.
- Volume trattenuto in frangia: $0,4 \times 1.600 = 640 \text{ m}^3/\text{m}$ di progressiva.
- Volume della corrente espansa a pelo libero: $0,6 \times 1.600 = 960 \text{ m}^3/\text{m}$ di progressiva.

Quindi un volume rallentato di $1.600 \text{ m}^3/\text{m}$ di progressiva nella sezione a lato della sezione corrispondente alla porzione di letto interessata per ipotesi dalle piene ordinarie a fronte del volume totale per unità di progressiva che si presenta alla sezione di riferimento: $450 + 1.600 = 2.050$.

Appare evidente l'importanza percentuale dell'allargamento dell'alveo alla sua primitiva estensione.

Volendo stimare i volumi rallentati nell'allargamento dell'alveo, si deve considerare che nella soluzione "Altra" si ipotizza l'infissione di 5 sezioni di sfioramento-ripartizione distanziate fra di loro di circa 4 km le prime 4 e di 8 km la quinta. Le caratteristiche trasversali sono sensibilmente uniformi, compresa la percentuale di alveo interessata dalle piene ordinarie, con la sola variante della larghezza della sezione.

Il conteggio di stima sommaria comporta:

DIRETTRICE	LARGHEZZA ALVEO	LARGHEZZA ESPANSIONE	INTERVALLO	ALTEZZA CORRENTE	VOLUME DISPONIBILE PER ESPANSIONE
Aonedis	m 2.000	m 1.600	m 4.000	m 0,5	m ³ 3.200.000
Carpacco	m 2.500	m 1.600	m 4.000	m 0,5	m ³ 3.200.000
Ponte Dignano	m 1.000	m 640	m 4.000	m 0,5	m ³ 1.280.000
Cosa-S.Odorico	m 2.000	m 1.600	m 4.000	m 0,5	m ³ 3.200.000
Ponte Casarsa	m 900	m 600	m 8.000	m 0,5	m ³ 1.800.000
				TOTALE	m³ 12.680.000

Quindi, nella tratta Ponte di Pinzano-ponte di Casarsa, con una corrente a pelo libero di soli 50 cm di altezza, si avrebbe un volume disponibile per espansione laterale pari a 12.680.000 m³, cui va sommata l'acqua trattenuta della frangia di falda saturata al primo insorgere del fenomeno di piena.

DIRETTRICE	LARGHEZZA ALVEO	LARGHEZZA ESPANSIONE	INTERVALLO	ALTEZZA FRANGIA	VOLUME TRATTENUTO NELLA FRANGIA
Aonedis	m 2.000	m 1.600	m 4.000	m 0,4	m ³ 2.560.000
Carpacco	m 2.500	m 1.600	m 4.000	m 0,4	m ³ 2.560.000
Ponte Dignano	m 1.000	m 640	m 4.000	m 0,4	m ³ 1.024.000
Cosa-S.Odorico	m 2.000	m 1.600	m 4.000	m 0,4	m ³ 2.560.000
Ponte Casarsa	m 900	m 600	m 8.000	m 0,4	m ³ 1.920.000
				TOTALE	m³ 10.624.000

La stima sommaria fa ritenere che nella tratta ponte di Pinzano-Ponte di Casarsa si potrebbe trattenere o rallentare un'onda di piena eccezionale dell'ordine di 23.304.000 m³.



La trasversale Belgrado–Varmo è posta alla progressiva ≈ 33 km dal ponte Pinzano ed a circa 8-10 km dal ponte di Casarsa. In quel tratto la golena del Tagliamento è ancora ampia ed è quindi pensabile una zona di esondazione dagli argini interni, contenuta da argini esterni.



Poiché si tratta di spendere tanto danaro pubblico per risolvere un problema, non si potrebbe metterlo in sinergia con altri problemi ?

Voglio fare alcune considerazioni su due problemi di cui in Friuli si parla da tempo.

- 1. Collegamento fra le strade Cimpello Sequals – Strada Statale 463**
- 2. Controllo e contenimento delle portate di piena del Tagliamento**

Sono problemi apparentemente estranei fra di loro eppure non è difficile intuire gli aspetti che influiscono sugli equilibri e sull'assetto del territorio dell'alta pianura friulana rendendoli complementari e meritevoli, pur nel rispetto della peculiarità delle differenti materie, di essere considerati con una visione unitaria nella ricerca dell'economicità e dell'efficacia delle soluzioni proposte.

• Collegamento fra le strade Cimpello Sequals – Strada Statale 463.

Da alcuni anni si discute circa l'opportunità di completare la strada pedemontana Sequals–Gemona, sul suo tracciato e sulle sue funzioni di collegamento, convogliamento e partizione del traffico pesante locale sulla destra e sulla sinistra del Tagliamento. Le varie soluzioni ipotizzate incontrano opposizioni dettate dal timore che nella nuova strada prevalgano le funzioni di scorrimento veloce e che essa, travalicando il ruolo di convogliamento territoriale, finisca col divenire una bretella di raccordo ed una comoda scorciatoia ad uso della viabilità di livello superiore (autostrade). Ciò comporterebbe dimensioni di traffico considerevoli, imporrebbe soluzioni costruttive di notevole impatto su un territorio dagli equilibri già delicati ed in ultima analisi, all'economia locale, porterebbe un vantaggio assai limitato.

Si ritiene che un collegamento fra la Cimpello-Sequals e la Strada Statale 463 fra lo svincolo di S.Giorgio della Richinvelda e S.Odorico (in uno snodo da realizzarsi a nord dell'abitato) consentirebbe una migliore integrazione fra le viabilità sulla destra e sulla sinistra del Tagliamento, un più facile convogliamento del traffico pesante locale ed una risposta più modulata alla opportunità di una bretella di raccordo alternativa della grande viabilità autostradale. Un tale collegamento comporterebbe una considerevole riduzione del volume di traffico pesante che attualmente attraversa il ponte e l'abitato di Dignano.

• Controllo, rallentamento e contenimento delle portate di piena del Tagliamento.

Sono più di trenta anni che si parla di soluzioni per contenere le piene ordinarie del fiume e ridurre al minimo i danni causati da quelle straordinarie. Nel caso di specie sono state ipotizzate grandi dighe e/o grandi casse atte a trattenere l'acqua che si ipotizza in eccesso. Dispiace, a me che ho fatto studi di ingegneria, ammettere che molte volte un tecnico, quanto più ha studiato la tecnica delle costruzioni tanto più è convinto di poter trovare la soluzione perfetta, capace di risolvere il problema come fosse un colpo di bacchetta magica. Purtroppo la realtà della natura non ha conoscenza, considerazione e rispetto delle ambizioni e delle illusioni umane e continua imperterrita a rispettare solo le sue regole. È la mente umana che deve umilmente piegarsi all'osservazione della natura e da questa trarre insegnamenti favorendo e non contrastando le risposte naturali. L'ampio letto ghiaioso quasi

sempre asciutto indica la via da seguire; fare appello alla possibilità di espansione delle correnti di piena che esso offre e non trascurare completamente la sua capacità drenante che favorisce il percolare dell'acqua sino alle falde più profonde. Quindi un intervento esteso a tutto il tratto che va dalla stretta di Pinzano-Ragogna sino all'altezza di Varmo-S.Paolo dove iniziano ad evidenziarsi le caratteristiche della bassa friulana.

Con la presente proposta alternativa si potrebbe dare continuità alla fascia del Tagliamento che cinge il Friuli estendendosi dai campi di Osoppo alla zona delle risultive, a valle il fiume navigabile, a monte il fiume fra le montagne.

È innegabile la potenzialità di attrazione di un ambito paesaggistico e naturalistico di circa 70 km² che può coinvolgere le zone rivierasche con un modello di turismo diffuso, ancorato alla cultura del territorio, non invasivo, integrativo ed alternativo alle spiagge affollate ed alle piste da sci.

Nella carta topografica allegata sono state indicate approssimativamente:

- la zona di espansione entro l'ampio letto del Tagliamento dalla stretta di Pinzano-Ragogna alla progressiva del ponte di Casarsa della Delizia;
- la posizione delle palancolate di Aonedis, Carpacco, Dignano e Casarsa;
- la posizione del ponte di sfioro e controllo alla progressiva di S.Odorico;
- la funzione di collegamento fra la strada Cimpello-Sequals e la S.S. 463 che sarebbe svolta dal ponte di sfioro e controllo portate alla progressiva di S.Odorico-S.Giorgio della Richinvelda.

Udine, luglio 2010

(rielaborazione di una idea già espressa nel 2002)

Gianni Sergio Pascoli

Le foto allegate alla presentazione sono di S. Zanini.

