

UMBERTO PUPPINI

LE BONIFICHE IN ITALIA

1. - Alla parola « bonifica » noi diamo un significato assai ampio. Intendiamo tutto quell'insieme di opere che servono a mettere in istato di felice cultura e di sana abitabilità le zone di terreni che, per situazioni o naturali o prodotte dall'uomo, non potrebbero essere nè proficuamente coltivate nè igienicamente abitate.

Possono essere bisognosi di bonifica sia terreni di pianura, sia terreni di montagna. La caratteristica essenziale di una zona da bonificare può manifestarsi sia nella necessità di allontanamento di acque ristagnanti o male scolanti, sia in quella della provvista di acque potabili e irrigue, sia nell'una e nell'altra necessità insieme. Alle quali necessità e ai relativi provvedimenti di ordine idraulico si considerano oggi associate tutte le opere occorrenti per la sistemazione agraria, igienica, demografica: quindi lavori di sistemazione agraria del terreno, costruzione di case, esecuzione di strade, provvedimenti antimalarici rientrano nel quadro della così detta bonifica completa integrale, quadro che si può dire perciò coincidere con quello della totale redenzione di una regione.

Ma, in questo breve discorso, intendo di fermarmi precipuamente su quelle opere di bonifica idraulica che presentino vantaggi igienici ed economici di prevalente interesse sociale e che siano relative all'allontanamento e al governo delle acque, cioè sulle opere che sono le prime, le fondamentali, indispensabili perchè le successive, agrarie, igieniche, stradali, edilizie, possano iniziarsi ragionevolmente, e iniziate giungano a buon fine, e giunte a buon fine si conservino durature ed efficaci. Le opere, alle quali si riferiscono i molto significativi dati statistici che tra breve esporrò, riflettono pertanto in principalissimo luogo la escavazione di reti di canali di scolo e la costruzione dei manufatti inerenti, e fra questi gli impianti idrovori; comprendono pure talune sistemazioni montane e vallive di fiumi e di torrenti; comprendono inoltre i casi di alto interesse nei quali la quota della superficie del terreno ha subito un generale sollevamento a mezzo di lavori di colmata.

2. - Non intendo di farmi enunciatore e rivendicatore di primati. Ma posso certo affermare che in Italia le opere di bonifica hanno avuto remotissima appli-

cazione. Già popoli preromani, come gli Etruschi, si dedicarono a lavori di bonifica. E questi ebbero particolare impulso nell'epoca gloriosa di Roma. Quando la potenza di Roma decadde, subirono arresto anche i lavori di risanamento del terreno, e molti di quelli eseguiti furono lasciati in abbandono, sicchè terre già redente tornarono alla condizione di terre palustri: così fu, ad esempio, delle Paludi Pontine.

I lavori di bonifica furono ripresi nei secoli dal 10° al 15° dopo Cristo, subirono una sosta nel secolo 16° e nei successivi. Ma nel secolo 19°, e precisamente nella seconda metà di esso, dopo il 1860, cioè dopo la costituzione del Regno d'Italia, si ebbe un risveglio nelle bonifiche idrauliche, risveglio che si accentuò nel secolo 20° e portò alla attuale fervente attività, che non si arresterà — noi ne siamo sicuri — sino ad opere completamente e felicemente ultimate per tutta quella parte del suolo della Patria che di bonifica idraulica dimostra di avere bisogno.

3. - È veramente notevole la estensione del territorio italiano in cui lavori di bonifica idraulica, o sono già stati compiuti, o si stanno eseguendo, o si dovranno iniziare.

Sulla estensione di 310.000 Km², cioè 31 milioni di ettari, del territorio nazionale, ettari 2.400.000, cioè più della tredicesima parte di esso territorio, sono stati, o sono attualmente, o saranno oggetto della sistematica, regolare esecuzione di grandi opere di bonifica idraulica.

Debbo però osservare che, nel fatto, la estensione del territorio nazionale, che indirettamente si avvantaggerà per le eseguite opere idrauliche, è ben più vasta che non la estensione sopra detta, sede precisa delle opere idrauliche di bonifica. Molte zone vicine alle zone idraulicamente bonificate ne ritraggono e ne ritrarranno considerevoli vantaggi igienici e agrari. Sicchè, nel senso più lato che già ho detto si può dare alla parola bonifica, risulta più assai che la tredicesima parte del territorio nazionale avvantaggiato dalle opere di bonifica idraulica: così come la guarigione di malati risulta di beneficio, non ad essi soltanto, ma anche al livello igienico dell'ambiente, della società della quale essi sono parte.

Nei suddetti 2.400.000 ettari, oggetto passato, presente o futuro di bonifica idraulica, questa può ritenersi nel fatto già conseguita, salvo soltanto l'esecuzione di talune opere di completamento, in cifra tonda per 1.250.000 ettari cioè per poco più della metà dei totali 2.400.000 ettari, in corso di esecuzione o con certezza di imminente inizio per 600.000 ettari, ancora allo studio per 550.000 ettari.

I comprensori di bonifica, in cui i lavori sono ultimati o sono in corso o sono di inizio imminente (per un totale, secondo quanto si è detto, di

1.250.000 + 600.000 = 1.850.000 ettari), ne comprendono, oltre molti minori, 48 di estensione superiore, per ognuno, ai 10.000 ettari. Tra questi:

24	sono fra	10.000	e	20.000	ettari,
10	»	»	20.000	e	30.000 »
4	»	»	30.000	e	40.000 »
2	»	»	40.000	e	50.000 »
3	»	»	50.000	e	60.000 »
2	»	»	60.000	e	80.000 »
2	»	»	80.000	e	100.000 »
1	ha	estensione maggiore di 100.000 ettari.			

Fra 50.000 e 60.000 ettari sono la Bonifica Cremonese Mantovana, la Grande Bonificazione Ferrarese, la Bonifica Paludi dei Regi Laghi.

Fra 60.000 e 80.000 ettari sono la Bonifica Ravennate fra Sillaro e Lamone, la Bonifica di Burana.

Sono tra 80.000 e 100.000 ettari la Bonifica Renana (86.181 ettari) e la Bonifica Parmigiana Moglia (82.396). Supera i 100.000 ettari la Bonifica delle Valli Grandi Veronesi ed Ostigliesi con una estensione di 117.976 ettari.

4. - Si tratta, come ben si vede di un grandioso compito tecnico in cui la Nazione è impegnata e anche di un grandioso sforzo finanziario.

L'attuazione di opere così vaste viene compiuta sia direttamente dallo Stato, sia da Consorzi di proprietari dei terreni. Ed è regolata da una legislazione che si può dire ebbe inizio con una legge dal 1882 dovuta ad ALFREDO BACCARINI, e che è culminata nel Testo unico approvato con R. D. 30 dicembre 1923 n. 3256, modificato da alcune disposizioni successive: D. L. 5 febbraio 1925 n. 166, D. L. 29 novembre 1925 n. 2464, D. L. 7 febbraio 1926 n. 191.

Nella spesa per le opere di bonifica idraulica, cui si riferiscono i riportati dati statistici, cioè per le opere di bonifica che presentino vantaggi igienici ed economici di prevalente interesse sociale, lo Stato concorre nella misura dal 56 al 75% a seconda dei casi, le Provincie nella misura dal 10 al 12,50%. Il resto è a carico dei proprietari dei terreni.

Nel caso di esecuzione delle bonifiche da parte dei Consorzi concessionari, Stato e Provincie intervengono col loro contributo, che viene pagato in diverse annualità, solo dopo il collaudo dei lavori. Il Consorzio, per iniziare i lavori, deve procurarsi, con finanziamento provvisorio, il capitale occorrente. Il finanziamento provvisorio viene poi sostituito con finanziamento definitivo, mano a mano che, mediante situazioni parziali e quella finale, si rendano liquide le annualità di contributo dello Stato e delle Provincie.

Sugli ettari 1.250.000 a bonifica idraulica già conseguita, questa fu attuata

per 350.000 ettari direttamente dallo Stato, per 900.000 da Consorzi concessionari; sui 600.000 ettari di bonifica in corso o di imminente inizio, 225.000 sono in diretta esecuzione da parte dello Stato, 375.000 sono affidati a Consorzi; sui 550.000 ettari di bonifica ancora allo studio, 70.000 riguardano l'opera diretta dallo Stato, 480.000 l'opera dei Consorzi.

La spesa che si prevede per il completamento delle bonifiche già efficienti, per l'ultimazione delle bonifiche in corso, per la esecuzione di tutte le bonifiche idrauliche non ancora iniziate è di lire quattro miliardi e mezzo. La spesa che è stata fatta negli ultimi cinque anni, è stata di lire 1.100.000.000, di cui lire 400.000.000 per lavori in esecuzione diretta dallo Stato, lire 700.000.000 per lavori in concessione ai proprietari delle terre. La previsione della spesa futura per la sola bonifica idraulica è pertanto quadrupla di quella sostenuta nell'ultimo quinquennio. A tale spesa si andrà poi ad aggiungere, con somma molto considerevole, quella che occorre per tutto l'insieme di successive opere per sistemazioni agrarie, igieniche, stradali, edilizie.

5. - Ho detto che si tratta di un grandioso sforzo tecnico-finanziario che è in atto. Esso non potrà avere compimento se non nel corso di oltre un decennio.

I risultati saranno peraltro notevolissimi. Basta, ad esempio, pensare che, per 350.000 ettari bonificati nell'Alta Italia sino al 1922, si calcolò che la produzione agricola annua sia salita, da lire 138.000.000 prima della bonifica a lire 1.050.000.000 dopo la bonifica, cioè da circa lire 400 annue per ettaro a lire 3000 annue. Così dagli ettari 1.150.000 in corso e in attesa di bonifica prevediamo una maggiore produzione agraria per l'importo da tre a quattro miliardi annui di lire, cioè per un importo che supera la somma annua che l'Italia spende all'estero per acquisto di grano negli anni di più scarsa produzione locale.

Questo grandioso compito bonificatore dell'Italia — che si estende anche a vaste zone non bisognose di bonifica idraulica, ma atte a bonifica agraria, cioè a notevole intensificazione culturale — porterà, in adeguato volgere di anni, a un aumento di circa 20.000.000 di quintali annui di cereali e a un aumento non precisabile, ma certo enorme di tutti gli altri prodotti agrari, come barbabietole da zucchero, foraggi, uva, canapa, tabacco, ortaggi, frutta.

Tutto ciò influirà beneficamente sulla bilancia commerciale riducendo le importazioni e accrescendo le esportazioni, e assicurerà alla finanza dello Stato un reddito perenne annuo di centinaia di milioni di lire per tasse e dazi, sicchè lo Stato vedrà largamente compensati, non solo nella accresciuta efficienza nazionale, ma anche nelle cifre del proprio bilancio, l'impresa a cui si è accinto e l'onere che oggi sostiene.

* * *

6. - Questa intensa azione bonificatrice, questa volontà tesa a un arduo programma tecnico-finanziario è uno degli aspetti del nostro lavoro, della nostra

attività. Altro aspetto, che non completa il quadro della rinascita italiana ma che ha altissimo rilievo e che ha anche punti di contatto colle opere di bonifica, è quello della produzione della energia elettrica. Consentite un breve cenno, anche se abbia apparenza di digressione dal tema.

La produzione di energia idroelettrica è stata in Italia dal 1920 la seguente:

anno 1920	Kw-ore	3.550.000.000
» 1921	»	3.450.000.000
» 1922	»	3.650.000.000
» 1923	»	4.650.000.000
» 1924	»	5.400.000.000
» 1925	»	6.200.000.000
» 1926	»	7.300.000.000
» 1927	»	7.800.000.000

Non sono proprio i numeri nel loro valore assoluto che interessano, numeri che forse non sorprendono molto coloro che appartengono a Nazioni che abbiano una vita industriale di più remota origine o che abbiano avuto dalla natura il dono di più ricche energie idrauliche. Ciò che interessa, e su cui non si può sorvolare, è piuttosto il gradiente di questa funzione del tempo, l'energia elettrica prodotta: quasi stazionaria negli anni dal 1920 al 1922, sale negli anni successivi con un incremento medio di oltre 800 milioni di Kw-ore all'anno.

Accostiamo questo rapido accrescimento della nostra efficienza nel campo idroelettrico alla progrediente opera nel campo della bonifica delle terre. E prospettiamo questa condizione di cose senza iattanza, ma colla cosciente modestia di chi sicuramente lavora per il proprio avvenire.

* * *

7. - Avendo l'onore di parlare di bonifiche, anzi di bonifiche in Italia davanti a questo eccezionale e alto uditorio che è il Congresso Matematico Internazionale, penso di potere, e forse anche di dovere far cenno a un argomento che da un lato è di essenziale rilievo tecnico nei progetti di bonifica mentre da altro lato richiede per lo studio la utilizzazione dei procedimenti della analisi matematica.

È di notevole importanza, specie sotto l'aspetto economico, di proporzionare bene le dimensioni dei canali di scolo, affinché non siano deficienti, al che potrebbero anche conseguire i danni gravissimi di allagamenti di terreni, nè siano esageratamente ampi, al che corrisponderebbe un inutile aumento della spesa, già tanto ingente, per le opere di bonifica.

Le dimensioni dei canali sono di solito determinate tentando la previsione della portata massima che i singoli canali dovranno smaltire, o, ciò che è lo stesso, la previsione della portata massima per unità di area (ettaro) di zona servita dal canale, alla quale portata si dà nome di coefficiente udometrico.

È doveroso, su questo argomento, ricordare i nomi del BOCCI, del BUCCHI, del BRIGHENTI, del VENTURA, del PASINI. Fu ed è molto diffusa in Italia, pel coefficiente udometrico, la formola di DOMENICO TURAZZA pubblicata nel 1879:

$$(1) \quad u = \frac{kHa}{t_0 + t_1},$$

dove u è il coefficiente udometrico,

t_0 la durata della pioggia,

t_1 il periodo di corrivazione, cioè il tempo che si suppone occorra ad acqua caduta nelle parti più lontane per raggiungere la considerata sezione del canale di scolo,

H l'altezza di pioggia caduta nel tempo t_0 ,

k il rapporto fra la quantità di acqua uscita dalla considerata sezione del canale nel tempo $t_0 + t_1$ e quella caduta per pioggia,

a il rapporto fra la portata di deflusso massimo e la media nel tempo $t_0 + t_1$.

La formola (1) è basata su considerazioni puramente cinematiche; delle quali pure ci si vale per esprimere il periodo di corrivazione t_1 , per indursi a concentrare l'attenzione sui casi $t_0 = t_1$, per assumere $a = 2$, e scrivere quindi, in luogo della (1):

$$(2) \quad u = \frac{kH}{t_1}.$$

La formola (1) e la sua conseguente (2) riducono in sostanza l'onda di piena nei canali ad elementi, come ho detto, puramente cinematici. Sfugge alle formole (1), (2) un fatto fondamentale che si collega con quello del deflusso nei canali, il riempimento di essi durante la pioggia, cioè l'azione moderatrice che, sull'entità del deflusso, esercita la capacità dei canali.

A tale mancanza di rispondenza fra la realtà fisica e lo schema analitico non si può porre rimedio con ritocchi, per quanto diligenti, ad alcuni degli elementi della formola (1). È vero, sì, che nessun fatto fisico noi possiamo presumere di rappresentare con tutta fedeltà nel breve riassunto di una o di poche formole. Ma noi possiamo però proporci (e in molti casi il proposito è fecondo di risultato) che i processi analitici, per quanto imperfetti, siano, almeno nel loro fondamentale concetto, intonati alla realtà. Ove ciò sia, allora le formole ricavate sono suscettibili di gradualì perfezionamenti suggeriti dalla ragione e dall'esperienza. Ove ciò non sia, le formole restano un convenzionale non tranquillizzante mezzo di calcolo.

Lo stesso appunto di visione puramente cinematica dell'onda di piena si deve fare a un metodo grafico che fu sviluppato in Italia dal POGGI e in Germania dal FRÜHLING.

Osservazioni analoghe furono già formulate molti anni or sono, nel 1901, da ETTORE PALADINI, con riguardo non alle bonifiche, ma a una situazione sostanzialmente analoga dal lato idraulico, quella delle fognature cittadine.

Osservava giustamente il PALADINI che lo svolgimento di una piena in una rete di canali di fognatura è da considerarsi, nella sua linea essenziale, ad ogni intervallo di tempo come bilancio fra la quantità di acqua che entra nella rete, quella che ne esce e quella che vi trova recapito nello stesso intervallo di tempo. Il principio è bene assiomatico: l'acqua che entra nella rete dei canali in un dato tempo eguaglia la somma di quella che ne esce e di quella che è trattenuta nei canali nello stesso tempo.

Può sembrare strano che principio tanto intuitivo non abbia trovato applicazione per le reti dei canali di fognature prima del richiamo fatto, come ho detto, nel 1901 dal PALADINI. Ma pure è così.

Nel 1904 GAUDENZIO FANTOLI, sulla base del criterio chiaro ed elementare posto dal PALADINI, sviluppò un processo razionale di calcolo per le reti di fognature.

Ebbene: nonostante l'analogia fisica fra fognature e bonifiche, la regola del coefficiente udometrico per valutazione della portata di piena ha continuato a dominare nel calcolo dei canali di bonifica.

Risale appena a qualche anno fa uno studio che si propone di estendere al caso delle bonifiche il monito che il PALADINI enunciò per le fognature e che ha evidentemente significato per tutte le reti di canali.

Ponendoci su questa base, noi consideriamo come equazione fondamentale quella che esprime il suddetto assiomatico principio:

$$(3) \quad pdt = qdt + dv,$$

dove p è la portata affluente alla rete dei canali fino a una data sezione nel momento t ,

q la portata defluente dalla considerata sezione pure al momento t ,

dv l'aumento, nell'intervallo infinitesimo di tempo successivo al momento t , del volume di acqua contenuto nei canali tutti fino alla suddetta sezione.

Rilievi sperimentali sui coefficienti di afflusso dell'acqua e sulle intensità delle piogge, considerazioni varie, sia di ordine generale sui canali sia specifiche per le sezioni trapezie dei canali di bonifica, portano a ottenere come risoluzione del problema, in forma integrata, la equazione seguente:

$$(4) \quad t = \frac{3V}{2Q^{\frac{2}{3}}p^{\frac{1}{3}}} \varphi(x),$$

con

$$x = \left(\frac{q}{p}\right)^{\frac{1}{3}},$$

$$\varphi(x) = -\log_e |x-1| + \frac{1}{2} \log_e (x^2 + x + 1) - \sqrt[3]{3} \left(\text{arc tang } \frac{2x+1}{\sqrt[3]{3}} - \frac{\pi}{6} \right),$$

V volume di acqua contenuto nei canali sino alla data sezione e sino a rispetto del franco di bonifica,

Q portata di deflusso da detta sezione e colla stessa condizione di raggiunta quota di rispetto del franco di bonifica.

Questa equazione, per una data intensità l di pioggia (l è fattore, insieme col coefficiente di afflusso k e coll'area A della zona servita, della portata di afflusso $p = k l A$), permette di valutare il tempo occorrente perchè l'acqua nel canale raggiunga il franco di bonifica. Basta perciò, nell'equazione (4), porre Q in luogo del generico q , cioè porre $x = \left(\frac{Q}{p}\right)^{\frac{1}{3}}$.

La ricerca va ripetuta per diverse intensità $l_1, l_2, l_3 \dots$ cui le effemeridi meteorologiche fanno corrispondere diverse durate massime possibili di pioggia $t_1, t_2, t_3 \dots$. Per ogni intensità si ha dalla formula (4) il valore della rispettiva durata $T_1, T_2, T_3 \dots$ compatibile col rispetto del franco di bonifica.

Ove risulti, anche per uno solo T_n dei valori $T, T_n < t_n$, si concluderà che la rete dei canali sino alla considerata sezione non è in grado di smaltire tutte le possibili piogge con rispetto del franco di bonifica: la pioggia, infatti, per cui $T_n < t_n$ porti i canali a riempimento fino a quota di rispetto del franco di bonifica prima del termine della pioggia e porta quindi al termine della pioggia le quote d'acqua oltre il limite di rispetto del franco di bonifica.

Ove sia $T_1 > t_1, T_2 > t_2, T_3 > t_3 \dots$, allora si concluderà per una esuberanza delle sezioni dei canali, che potrà, se le suddette disuguaglianze sono notevoli, consentire una riduzione delle progettate sezioni di scavo con vantaggio economico del lavoro.

È ovvio che il rapporto fra durate possibili e durate compatibili potrà convenire sia fatto anche con riferimento alla situazione di canali pieni sino a completo annullamento dal franco di bonifica. Potrà, infatti, essere consentita, con limitata frequenza, una riduzione del franco di bonifica, mentre mai si potrebbe ammettere l'allagamento dei campi.

Questo metodo di calcolo viene implicitamente a condannare la considerazione di una sola pioggia preventivamente fissata, così come si fa col criterio dal periodo di corrivazione e del coefficiente udometrico. Per giungere a chiara visione del funzionamento della rete, l'esame deve estendersi al complesso delle piogge di grande intensità verificatesi nel comprensorio durante un lungo periodo di tempo, con accertamento della relazione metrica che passa fra intensità di pioggia e durata e fra intensità di pioggia e estensione della zona considerata.

8. - Questo è, nelle sue linee essenziali, il metodo di calcolo del funzionamento idraulico delle reti di canali di bonifica, studiato e proposto di recente qui in Italia e intonato alla lucida visione dell'eminente idraulico italiano ETTORE PALADINI: metodo la cui esposizione ho ritenuto si potesse a buon diritto introdurre in questo breve discorso sulle bonifiche in Italia.

Mi si potrebbe però osservare che mi è accaduto, con ciò, *parva componere magnis*. Ma assicuro che non penso affatto di elevare il risultato di studi, per quanto pazienti e coscienziosi, a quel piano stesso dove dobbiamo collocare la sapienza degli uomini di governo, la abilità degli organizzatori, la perseveranza degli agricoltori, la tenacia dei lavoratori. Rendiamo omaggio a queste nobili virtù, che sanno trasformare le lande selvatiche e le febbrili paludi in campi ubertosi e salubri, in regioni ferventi di vita e di industria.

