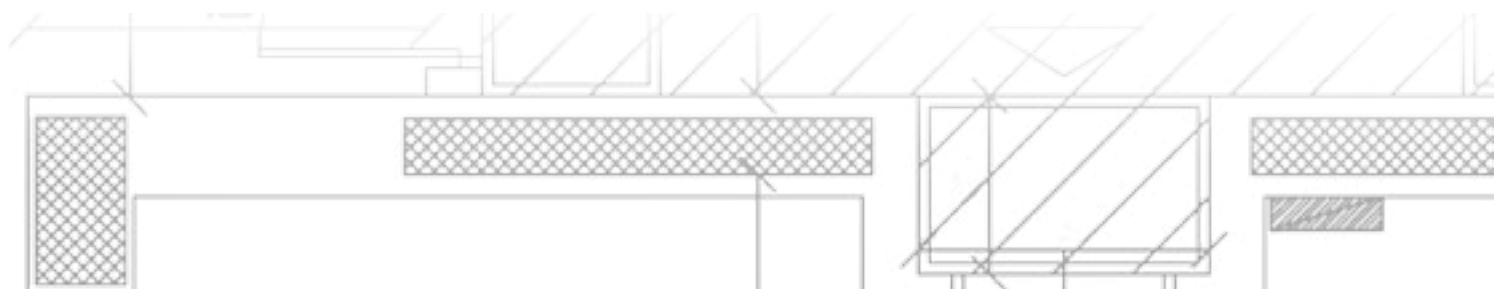




Quaderno Tecnico

# IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE INTERRATE



[www.mapei.com](http://www.mapei.com)  
**MAPEI®**

ADESIVI • SIGILLANTI • PRODOTTI CHIMICI PER L'EDILIZIA

Quaderno Tecnico

## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

---

1. Introduzione

2. Obiettivi

3. Metodologia

4. Risultati

5. Conclusioni

6. Bibliografia

7. Allegati

8. Note

9. Commenti

10. Revisioni

11. Distribuzione

12. Archiviazione

13. Controlli

14. Conclusioni

15. Allegati

16. Note

17. Commenti

18. Revisioni

19. Distribuzione

20. Archiviazione

21. Controlli

22. Conclusioni

23. Allegati

24. Note

25. Commenti

26. Revisioni

27. Distribuzione

28. Archiviazione

29. Controlli

30. Conclusioni

31. Allegati

32. Note

33. Commenti

34. Revisioni

35. Distribuzione

36. Archiviazione

37. Controlli

38. Conclusioni

39. Allegati

40. Note

41. Commenti

42. Revisioni

43. Distribuzione

44. Archiviazione

45. Controlli

46. Conclusioni

47. Allegati

48. Note

49. Commenti

50. Revisioni

51. Distribuzione

52. Archiviazione

53. Controlli

---

pag.	04	1.	INTRODUZIONE
pag.	05	2.	GEOTECNICA E FONDAZIONI
pag.	05	2.1	GEOTECNICA
pag.	06	2.2	FONDAZIONI
pag.	11	3.	IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA
pag.	12	3.1	IL RAPPORTO ACQUA-TERRENO
pag.	12	3.2	L'ACQUA E IL SOTTOSUOLO
pag.	14	3.3	I SISTEMI DI DRENAGGIO
pag.	21	4.	SCAVI
pag.	25	5.	SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI MAPEI PER STRUTTURE DI FONDAZIONE
pag.	25	5.1	PERCHÉ IMPERMEABILIZZARE
pag.	27	5.2	MAPEPROOF E BENTONITE
pag.	30	6.	PRESCRIZIONE DEL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE
pag.	33	7.	IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE INTERRATE DI NUOVA COSTRUZIONE
pag.	35	7.1	SIGILLATURA DELLE RIPRESE DI GETTO
pag.	36	7.2	IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BASAMENTO DI UNA GRU A TORRE
pag.	37	7.3	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA FOSSA ASCENSORE
pag.	42	7.4	IMPERMEABILIZZAZIONE ORIZZONTALE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE
pag.	44	7.5	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE TESTE DI PALO
pag.	49	7.6	IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI IN PRE-GETTO
pag.	56	7.7	IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI IN POST-GETTO





pag.	57	7.7.1	IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON MAPEPROOF O MAPEPROOF LW
pag.	59	7.7.2	IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON MAPELASTIC FOUNDATION
pag.	61	7.7.3	IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON I PRODOTTI DELLA LINEA PLASTIMUL
pag.	65	7.8	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI STRUTTURALI
pag.	67	7.9	SIGILLATURA DI TUBAZIONI PASSANTI NELLE PARETI VERTICALI ED IN PLATEA
pag.	70	7.10	SIGILLATURA DI UN POZZO DI EMUNGIMENTO
pag.	71	7.11	IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA RAMPA D'ACCESSO AI SOTTERRANEI
pag.	74	7.12	IMPERMEABILIZZAZIONE DI VASCHE DI DEPURAZIONE
pag.	75	7.13	IMPERMEABILIZZAZIONE DI UNA BOCCA DI LUPO GETTATA IN OPERA
pag.	79	7.14	IMPERMEABILIZZAZIONE DI COSTRUZIONI REALIZZATE CON IL METODO TOPDOWN
<b>pag.</b>	<b>82</b>	<b>8.</b>	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE INTERRATE ESISTENTI</b>
pag.	82	8.1	RIFODERA INTERNA DI UN VANO INTERRATO
pag.	83	8.1.1	IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI
pag.	85	8.1.2	IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI ORIZZONTALI E VERTICALI CON MAPEPROOF
pag.	89	8.1.3	IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI ORIZZONTALI E VERTICALI CON SISTEMA COMBINATO BENTONITICO-CEMENTIZIO
pag.	95	8.2	IMPERMEABILIZZAZIONE IN CONTROSPINTA DELLA FOSSA ASCENSORE
pag.	96	8.2.1	IMPERMEABILIZZAZIONE CON MALTA OSMOTICA
pag.	97	8.2.2	IMPERMEABILIZZAZIONE COMBINATA CON MALTA OSMOTICA E MALTA CEMENTIZIA ELASTICA
pag.	98	8.2.3	IMPERMEABILIZZAZIONE CON SISTEMA BENTONITICO E MALTA CEMENTIZIA ELASTICA

## 1. INTRODUZIONE

Gli argomenti che verranno trattati in questo manuale, riguardano i metodi d'impermeabilizzazione delle diverse tipologie di strutture interrato (Fig. 1.1), riferiti ai tipi di terreno e, naturalmente, alle sollecitazioni che l'acqua esercita sulle strutture. Un'attenta valutazione delle caratteristiche morfologiche del terreno e dei flussi d'acqua nei diversi periodi dell'anno permettono una corretta valutazione del modo di costruire un'opera interrata. Lo studio delle caratteristiche del terreno (geotecnica) fornisce informazioni utili in merito alla sua capacità portante del terreno stesso e alla sua conformazione idrogeologica. Analizzare la presenza di acque sotterranee (idrologia) è opportuno e necessario al fine di valutare il contesto nel quale verrà realizzata la nuova struttura ovvero se con acqua in pressione, con acqua di percolazione o con umidità diffusa. Dalla conoscenza di tali parametri dipende la scelta del tipo di fondazione da realizzare, del tipo di impermeabilizzazione da impiegare e naturalmente del tipo di opere provvisorie che consentiranno di realizzare l'opera prevista.



Fig. 1.1 - Fasi di scavo per la realizzazione di una costruzione interrata in presenza di fabbricati limitrofi



## 2. GEOTECNICA E FONDAZIONI

### 2.1 GEOTECNICA

La geotecnica è la disciplina che si occupa di studiare la meccanica delle terre e la sua applicazione nelle opere di ingegneria. Il terreno viene studiato nella sua stratigrafia e nel comportamento meccanico, per poter individuare il tipo di fondazione che meglio si adatta al fine di garantire la stabilità dell'opera e la sua durabilità.

Le fondazioni sono gli elementi strutturali che hanno la funzione di trasferire al terreno le sollecitazioni e i carichi (permanenti ed accidentali) provenienti dalle strutture di elevazione. La tipologia della fondazione determina l'"impronta" del manufatto sul terreno. L'ampiezza di questa impronta (plinti, travi rovesce, platee e platee nervate) è inversamente proporzionale alla resistenza del terreno ed è proporzionale alle forze da scaricare su di esso. Pertanto il terreno, la fondazione e la struttura nel suo complesso costituiscono un insieme che deve essere considerato come un unico sistema.

La progettazione di una struttura parte da una preliminare e adeguata analisi del terreno al fine di determinarne la natura, la stratigrafia e le proprietà fisico-meccaniche. In particolare occorre stabilire il carico di sicurezza del terreno, detto "portanza", espresso in  $\text{kg/cm}^2$ .

I parametri che, parallelamente a valutazioni di ordine economico, contribuiscono alla definizione della forma e del tipo di fondazione da adottare sono svariati, ma principalmente sono:

- il sistema costruttivo della struttura di elevazione,
- la tipologia di vincolo che si desidera imporre alla base dell'organismo edilizio,
- la profondità a cui è localizzato lo strato avente portanza adeguata ai carichi che su di esso agiranno.

## 2.2 FONDAZIONI

Le fondazioni costituiscono l'insieme di elementi strutturali di un sistema edilizio aventi la funzione di trasmettere i carichi al terreno. Le variabili che entrano in gioco nello studio e nel dimensionamento delle fondazioni sono molteplici in quanto terreno, fondazioni e struttura di elevazione sono tra loro dipendenti. Nella scelta del tipo di fondazione si devono considerare i sotto indicati parametri:

- carichi agenti sulle fondazioni;
- destinazione d'uso dell'immobile;
- natura e stratigrafia del terreno;
- eventuale presenza e livello di falda;
- quota del piano di fondazione;
- valutazioni economiche;
- presenza e tipologia di manufatti limitrofi;
- attrito e pendenza del terreno di fondazione.

Le forze trasmesse dalle strutture di elevazione alle fondazioni sono una sommatoria di:

- carichi propri della struttura;
- sovraccarichi permanenti;
- sovraccarichi accidentali (in funzione della destinazione d'uso dell'edificio);
- forze orizzontali del vento (generano momenti flettenti);
- forze orizzontali sismiche (applicate al modello di calcolo in maniera dinamica o statica).

Le fondazioni possono essere suddivise in base al meccanismo di trasferimento del carico al terreno o secondo la classificazione di Terzaghi. Nel primo caso le fondazioni possono essere classificate come illustrato in Fig. 2.1.

Nelle fondazioni dirette (o superficiali) gli sforzi vengono trasferiti al terreno mediante un allargamento degli elementi portanti della sovrastruttura

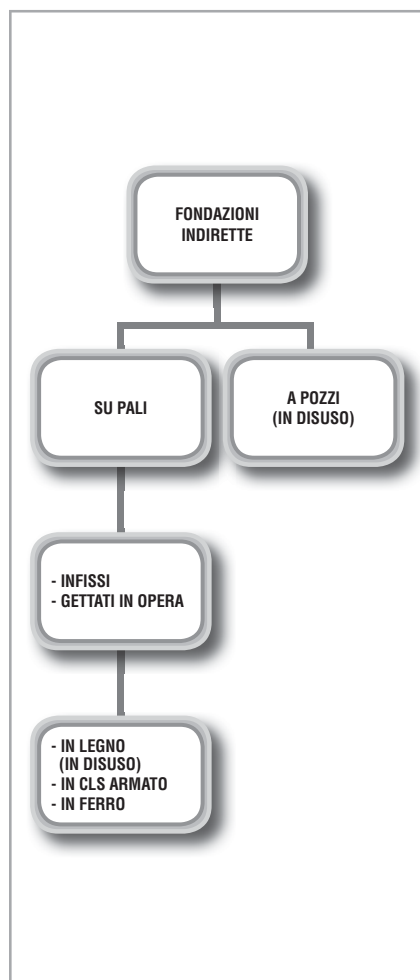
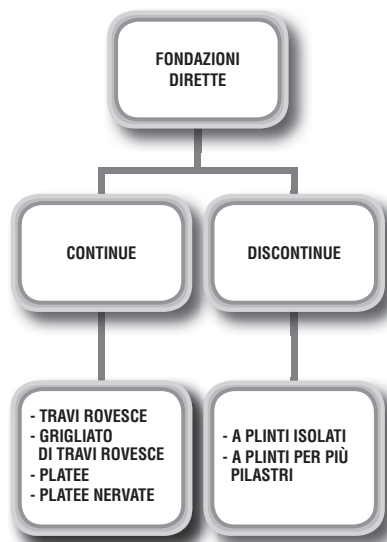


Fig. 2.1 - Classificazione delle fondazioni in base al meccanismo di trasferimento del carico al terreno



mentre nelle fondazioni indirette (o profonde) il trasferimento avviene principalmente per attrito o adesione laterale sull'interfaccia palo-terreno.

Le fondazioni dirette discontinue più semplici sono rappresentate dai plinti, che consistono essenzialmente nell'ampliamento dei pilastri così da ripartire i carichi agenti su una superficie maggiore. Talvolta, a causa delle scarse caratteristiche meccaniche dei terreni o per esigenze derivanti dalla normativa sismica o se i carichi devono essere distribuiti su superfici più ampie e le dimensioni dei plinti diventano più grandi, è conveniente optare per la platea (fondazione diretta continua) che ricopre l'intero sedime occupato dall'edificio.

Altre volte si rende necessario ricorrere a fondazioni indirette come i pali, che permettono di trasferire i carichi prodotti dalla sovrastruttura a terreni più compatti e resistenti, che si trovano a profondità maggiori.

Seguendo, invece, la classificazione di Terzaghi, i diversi tipi di fondazione possono essere suddivisi in funzione del rapporto  $D/B$  (profondità fondazione/larghezza base):

- fondazione diretta o superficiale (plinti, travi continue, platea)  $D/B < 4$ ;
- fondazione semi-profonda (pozzi)  $4 < D/B < 10$ ;
- fondazione profonda (pali)  $D/B > 10$ .

Le fondazioni dirette (o superficiali) possono essere utilizzate quando terreni con buone caratteristiche meccaniche possono essere raggiunti a profondità modeste con scavi normali. In base alla forma e alle dimensioni della base di appoggio, tali strutture possono ulteriormente suddividersi in:

- fondazioni discontinue (o isolate) come i plinti;
- fondazioni continue come travi rovesce e platee.

I plinti (Fig. 2.2) vengono impiegati per la realizzazione di strutture a telaio (in c.a. o acciaio) per sollecitazioni modeste e terreni di buone caratteristiche geotecniche. Sono elementi puntuali, tipicamente a forma

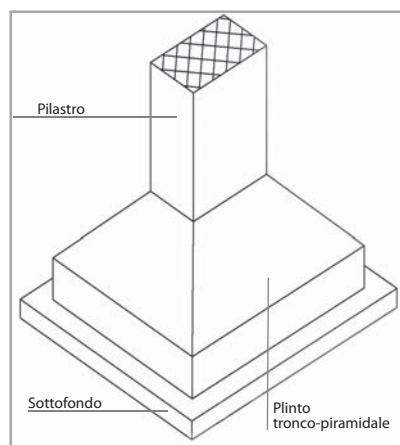


Fig. 2.2 - Plinto tronco-piramidale

tronco-piramidale, a pianta preferibilmente quadrata e costituiscono un allargamento alla base dei pilastri. Se di modesta estensione, costituiscono senza dubbio il tipo di fondazione più economica. Gli sforzi a cui i plinti sono soggetti sono essenzialmente verticali, pertanto nel loro dimensionamento la superficie è data dal binomio carichi verticali - portanza del terreno, mentre la loro altezza è determinata dalla capacità del materiale a resistere alle sollecitazioni di taglio. Se i plinti sono di forma rettangolare, la dimensione maggiore del plinto è parallela alla maggiore dimensione del pilastro. I plinti si possono definire tozzi o snelli in relazione al rapporto altezza-base maggiore. Secondo i parametri della normativa in zona sismica è obbligatorio collegare i plinti con un reticolo di travi e cordoli al fine di assicurare un comportamento più omogeneo della struttura.

Le fondazioni dirette continue, invece, sono costituite da elementi continui come le travi rovesce o le platee e vengono solitamente impiegate nel caso in cui:

- il terreno resistente presenta un carico di sicurezza (portanza) non molto elevato;
- il terreno resistente è situato a poca profondità rispetto al piano di campagna;
- il terreno resistente è situato ad una profondità tale che non è economicamente conveniente raggiungerlo con una fondazione profonda;
- i carichi che gravano sulla fondazione sono elevati.

Le travi rovesce (Fig. 2.3) sono elementi strutturali con prevalente funzionamento longitudinale; vengono così denominate in quanto i carichi verticali agenti, contrariamente allo schema statico delle travi in elevazione, sono diretti dal basso verso l'alto perchè generati dalla reazione del terreno.

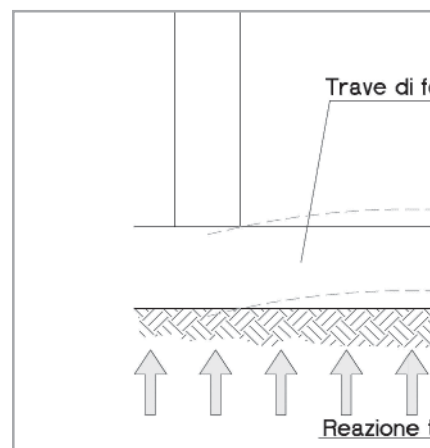
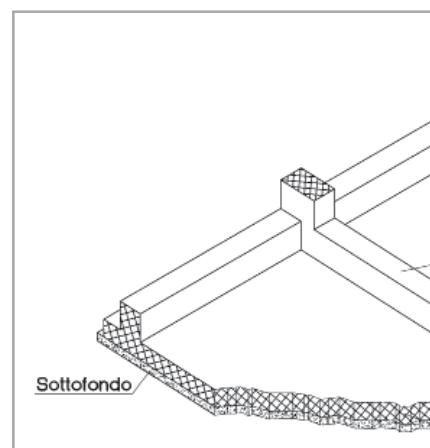
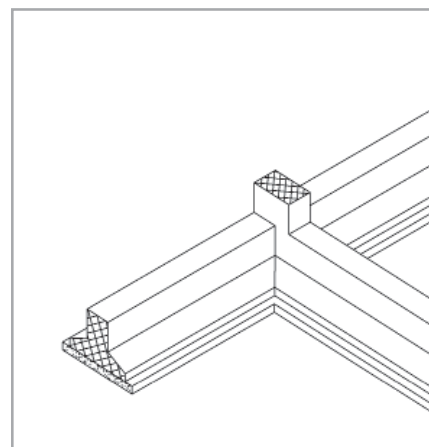


Fig. 2.3 - Rappresentazione schematica delle sollecitazioni agenti su una trave di fondazione



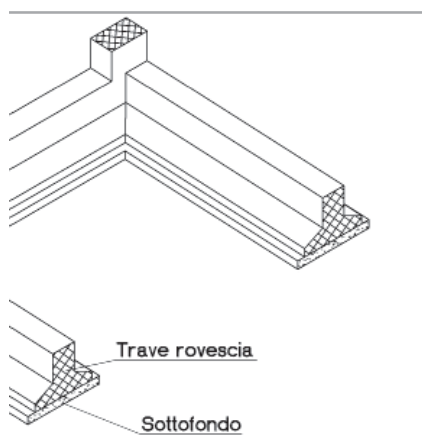
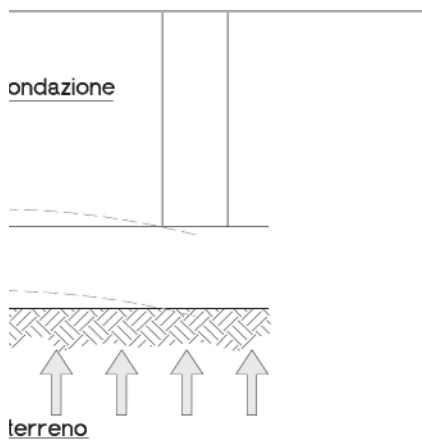


Fig. 2.4 - Reticolo di travi rovesce

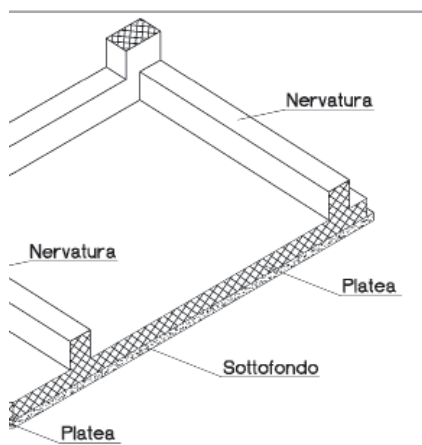


Fig. 2.5 - Platea nervata

Le travi rovesce vengono utilizzate quando la superficie di appoggio necessaria a trasmettere il carico al terreno deve essere ampia o se il terreno presenta notevoli disuniformità di resistenza da punto a punto (con conseguente pericolo di assestamenti differenziali). Nel caso di reticoli di travi rovesce (Fig. 2.4), le travi stesse sono disposte ortogonalmente e si intersecano in corrispondenza dei pilastri.

La platea viene utilizzata quando occorre trasferire carichi molto elevati su terreni con scadenti caratteristiche di portanza oppure nei casi in cui non è possibile realizzare fondazioni profonde. Essa può essere considerata uno sviluppo della fondazione a travi rovesce ed è costituita da un solettone in calcestruzzo armato, che ricopre l'intera area di sedime dell'edificio, su cui si innestano i pilastri.

La platea è una piastra sollecitata da forze verticali concentrate in corrispondenza dei pilastri, da momenti flettenti dovuti all'incastro pilastro/fondazione e da un carico uniformemente distribuito su tutta la superficie generato dalle reazioni del terreno di verso opposto alle prime. Le platee possono essere di due tipi:

- nervate, con un'unica soletta inferiore e con travi principali e secondarie incrociate (Fig. 2.5);
- piene.

La scelta tra i due tipi di platea dipende da un fattore economico, risparmio di materiale e oneri di manodopera, e da un fattore tecnico, in quanto le platee nervate hanno una minor rigidità ed un minor peso rispetto a quelle piene di pari altezza.

Le fondazioni semi-profonde sono quelle a pozzo, impiegate nel XIX secolo ed oggi completamente abbandonate. Questa tecnica consisteva nella realizzazione di uno scavo a sezione obbligata, fino al raggiungimento dello strato resistente profondo, riempito con materiale arido accuratamente costipato o con conglomerato cementizio a basso tenore di cemento, così

da realizzare dei veri e propri piloni murari su cui poggiare la costruzione mediante travi di collegamento o archi di scarico.

Le fondazioni profonde vengono utilizzate quando, a causa delle scadenti caratteristiche meccaniche degli strati di terra superficiali, è necessario raggiungere in profondità strati di terreno con una portanza sufficiente a sopportare il carico della struttura. Le fondazioni profonde si realizzano mediante i pali di fondazione, elementi monodimensionali a sezione circolare. La capacità portante dei pali (Fig. 2.6) è data da due contributi distinti:

- capacità portante di punta,
- capacità portante laterale.

Il primo dipende dalla sezione del palo e dallo strato raggiunto dalla punta (e per tale motivo si cerca di far arrivare la punta dei pali fino agli strati più resistenti); il secondo invece è dovuto a fenomeni attritivi tra la superficie laterale del palo e il terreno circostante e dipende pertanto dal tipo di palo e dal tipo di terreno. Molto spesso è proprio il termine attritivo quello predominante nella capacità portante dei pali; esiste infatti una particolare categoria, i pali sospesi, nei quali la punta non raggiunge strati resistenti e l'intera capacità portante è data dall'attrito laterale.

In funzione della tecnica esecutiva, i pali si suddividono in:

- pali trivellati (Fig. 2.7): si procede dapprima all'asportazione del terreno e successivamente si esegue in opera il getto di conglomerato cementizio di norma armato. La formazione del cavo può avvenire mediante perforazione (utilizzando attrezzature a rotazione o rotopercussione) o mediante scavo (utilizzando attrezzature equipaggiate con benna mordente a sezione circolare). Durante la formazione del cavo la stabilità delle pareti può essere ottenuta, ove necessario, mediante l'ausilio di un fluido stabilizzante o tramite l'installazione di un rivestimento metallico provvisorio (detto camicia). Completata la perforazione si procede

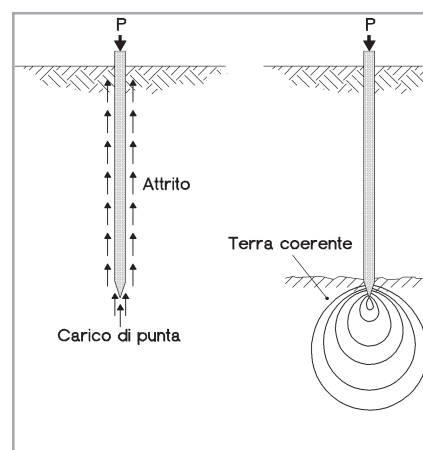


Fig. 2.6 - Rappresentazione schematica delle tensioni agenti su un palo di fondazione

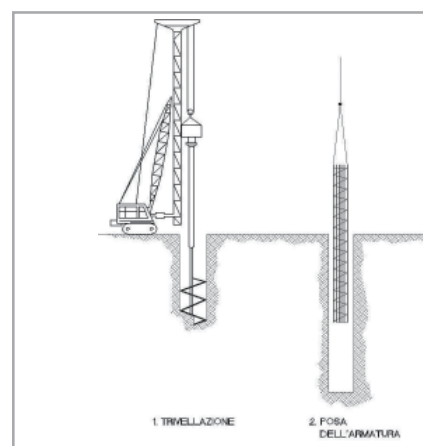


Fig. 2.7 - Fasi del procedimento realizzativo dei pali trivellati



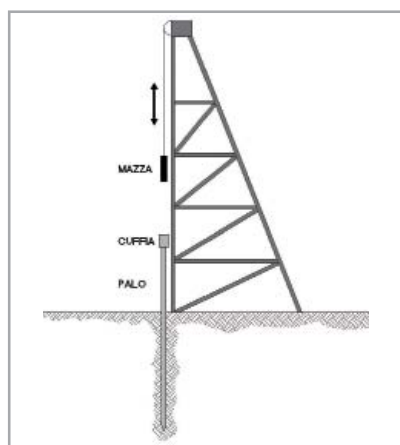
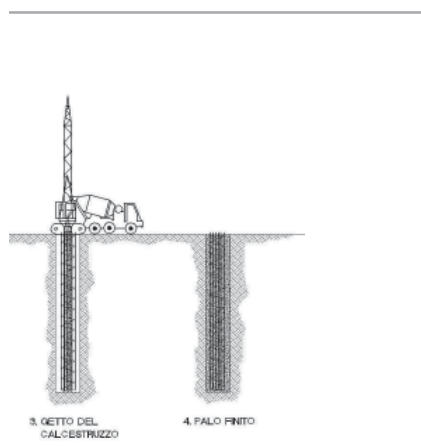
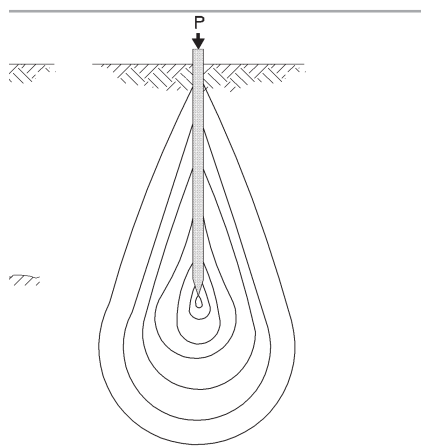


Fig. 2.8 - Rappresentazione schematica dell'innesco dei pali

alla posa in opera della gabbia di armatura, si prosegue immettendo il calcestruzzo a mezzo di tubo e, a completamento del getto, si estrae l'eventuale rivestimento provvisorio.

- **pali infissi** (Fig. 2.8): il terreno non viene asportato e il palo viene infisso nel terreno mediante battitura, vibrazione, spinta, avvitamento o una combinazione dei sistemi precedenti. I pali infissi generano un'azione di costipamento laterale sul terreno che aumenta la resistenza per attrito laterale; di contro essi non possono essere troppo lunghi a causa della notevole energia occorrente per la battitura. I materiali con cui possono essere realizzati i pali infissi sono: acciaio, calcestruzzo armato, legno (ormai in disuso) o una combinazione dei precedenti.

I pali vengono realizzati a sezione circolare con diametro variabile a seconda delle esigenze strutturali; per piccoli diametri, compresi tra 100 - 200 mm, si parla di micropali. Il trasferimento dei carichi dalle strutture in elevazione ai singoli pali, le cui teste vengono livellate alla stessa quota, avviene tramite strutture superficiali di collegamento come plinti, travi rovesce e platee. Nelle analisi e considerazioni da effettuare sulla natura del terreno di fondazione è necessario valutare il suo contenuto in acqua, uno dei fattori variabili più importanti del terreno stesso. Per questo motivo si ritiene opportuno effettuare un breve accenno sull'idrologia e sull'idrogeologia, scienza quest'ultima che si occupa dello studio delle acque freatiche, vale a dire sotterranee e delle loro proprietà.



### 3.IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'idrologia è la scienza che studia le acque che si trovano sulla terra (sia al di sopra sia al di sotto della sua superficie), la loro formazione, circolazione e distribuzione nel tempo e nello spazio, le loro proprietà biologiche, fisiche e chimiche e le loro interazioni con l'ambiente, comprese quelle con gli esseri viventi. In sintesi, l'idrologia studia i flussi d'acqua che costituiscono il cosiddetto ciclo idrologico. L'idrogeologia è quella parte della geologia che si occupa dello studio delle acque freatiche, vale a dire sotterranee e delle loro proprietà.

## 3.1 IL RAPPORTO ACQUA-TERRENO

Il terreno è costituito da materiale solido di diversa origine e tipologia oltre che da spazi vuoti (Fig. 3.1), di varie forme e dimensioni. La quantità di spazi vuoti è variabile e al loro interno è presente aria così come può entrarvi e circolare anche l'acqua.

## 3.2 L'ACQUA E IL SOTTOSUOLO

La capacità di un terreno di farsi attraversare dall'acqua viene definita permeabilità e dipende dalla presenza di vuoti nel materiale solido che costituisce il terreno stesso. Se i vuoti sono costituiti da pori, si parla di permeabilità per porosità; se i vuoti sono costituiti da fratture, si parla, invece, di permeabilità per fratturazione; in entrambi i casi, solo i vuoti che comunicano tra loro possono permettere il movimento dell'acqua.

Un esempio di roccia molto porosa ma poco permeabile è dato dalla pomice, in cui soltanto pochi dei pori presenti sono tra loro collegati. I terreni costituiti da granuli grossolani sono molto permeabili; ciò sta a indicare che l'acqua vi si infiltra facilmente e non tende a rimanere in superficie. Nei terreni costituiti da granuli molto piccoli, come ad esempio i terreni argillosi, l'acqua filtra con molta più difficoltà. Pertanto, dove sono localizzati terreni argillosi è più facile per l'acqua rimanere in superficie. Nei terreni, invece, costituiti da strati di roccia compatta, la permeabilità varia a seconda della quantità e delle dimensioni delle fratture e di quanto queste fratture si intersecano. Quindi, riassumendo, l'acqua passa sia attraverso uno strato di argilla (terra), sia attraverso uno strato di ghiaia (roccia), ma il fenomeno avviene con intensità completamente diverse. Più di un secolo fa Darcy studiò il flusso dell'acqua attraverso strati orizzontali di sabbia e stabilì che la velocità di flusso attraverso mezzi porosi è direttamente proporzionale alla perdita di carico e inversamente proporzionale alla lunghezza del percorso. Darcy legò le diverse grandezze con la ben nota relazione:

$$v = k i$$

nella quale  $v$  è la velocità di scarico,  $k$  il coefficiente di permeabilità o

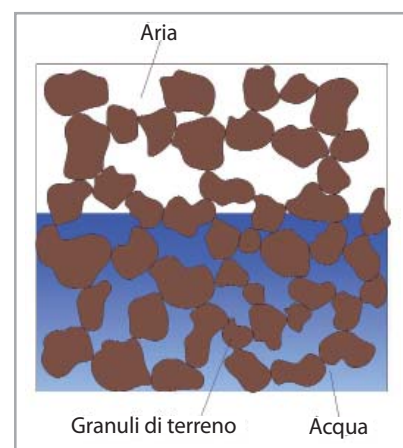
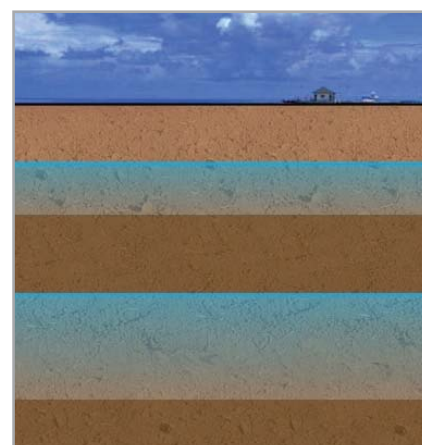
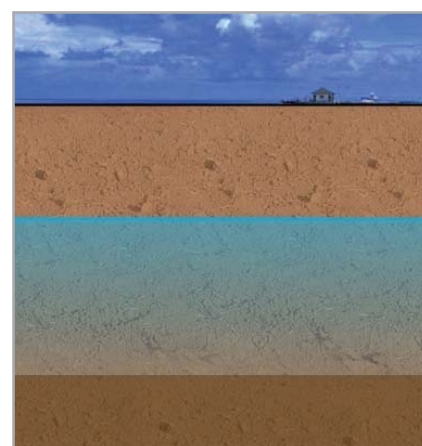


Fig. 3.1 - Sezione schematica di una porzione di terreno



coefficiente di conducibilità idraulica e  $i$  è il gradiente idraulico o pendenza della linea piezometrica. Negli anni 1915-1925 Terzaghi ha dimostrato l'applicabilità della legge di Darcy a tutti i tipi di terreno. Il coefficiente di permeabilità  $k$  ha le dimensioni di una velocità e dipende dal mezzo poroso e dal fluido. Su di esso influiscono numerosi fattori, in particolare  $k$  è direttamente proporzionale alla dimensione dei granuli. Infatti i terreni ghiaiosi risultano avere un grado elevato di permeabilità, mentre i terreni argillosi risultano pressoché impermeabili. Nel seguito del testo si userà più volte il termine "impermeabile", benché in natura non esistano terreni perfettamente impermeabili.

L'acqua che si infiltra nel terreno e si muove nel sottosuolo dà origine alle "falde idriche" sotterranee. Di seguito con il termine "acquifero" si indicherà un terreno (più o meno compatto, stratificato o no) che può immagazzinare acqua, farla circolare e restituirla in quantità apprezzabili. Un acquifero è delimitato, almeno nella parte inferiore, da uno strato di terreno impermeabile; l'acqua si muove all'interno degli acquiferi, anche se molto lentamente.

In generale, si chiamano falde freatiche o libere (Fig. 3.2), gli acquiferi alimentati direttamente dall'acqua piovana che si infiltra dalla superficie e penetra nel terreno permeabile, finché non incontra uno strato di materiale impermeabile (per es. di argilla) che la rallenta (o la ferma quasi del tutto) e le impedisce di spingersi ancora in profondità. Questo strato costituisce la base, o "letto", della falda freatica; il limite superiore della falda freatica è costituito, in pratica, dalla fine della zona satura ("superficie freatica"). L'acqua in essa contenuta ha una pressione uguale a quella atmosferica.

Esistono anche falde dette in pressione, o falde artesiane (Fig. 3.3), che sono delimitate sia nella parte inferiore che in quella superiore da uno strato impermeabile. L'acqua che alimenta queste falde è quella che si infiltra dove il terreno permeabile, che costituisce la falda stessa, viene a trovarsi in superficie e, quindi, può ricevere acqua. Pertanto, la zona "di ricarica" di una falda in pressione può trovarsi anche molto distante dalla falda stessa. Si parla di falda "in pressione" perché l'acqua all'interno della

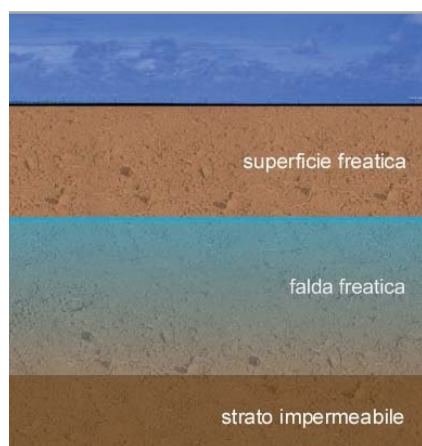


Fig. 3.2 - Sezione di terreno in presenza di falda freatica



Fig. 3.3 - Sezione di terreno in presenza di falda artesiania

falda è sottoposta ad una pressione, superiore a quella atmosferica, grazie alla quale può risalire spontaneamente all'interno di un foro scavato nel terreno. L'acqua contenuta in entrambi i tipi di acquifero può essere estratta tramite pozzi.

L'acqua contenuta in un terreno può essere classificata in modo diverso a seconda del legame esistente con i granuli di terreno:

- acqua di ritenuta, che aderisce ai grani di terreno non prendendo parte al ciclo idrologico;
- acqua libera, che è in grado di filtrare nel terreno per effetto della forza di gravità.

Ai fini della soluzione delle problematiche legate al drenaggio dei terreni, l'acqua libera è quella che riveste maggiore importanza.

L'acqua sotterranea può essere ricondotta a due differenti zone: non satura e satura. La zona non satura si trova immediatamente al di sotto della superficie del suolo e i suoi vuoti contengono sia acqua che aria, mentre la zona satura costituisce la falda vera e propria.

## 3.3 I SISTEMI DI DRENAGGIO

Nel caso in cui un'area di cantiere è interessata dalla presenza di acqua di falda, sarà necessario prevedere un adeguato sistema di emungimento o di drenaggio dell'acqua, al fine di consentire la realizzazione di tutte le opere. La scelta di un adeguato sistema di drenaggio è strettamente legata alla piena conoscenza della natura litologica del terreno interessato e all'abbassamento della falda acquifera.

Il drenaggio delle falde acquifere, attraverso il sistema wellpoint, permette di realizzare opere nel sottosuolo, anche in presenza di acqua. Il costo contenuto, rispetto al risultato conseguito, è la peculiarità di tale sistema; infatti, ad oggi, risulta il metodo più rapido ed economico, per il prosciugamento sia temporaneo sia permanente delle falde acquifere. Il sistema wellpoint, già impiegato nei settori edile e industriale, ha avuto

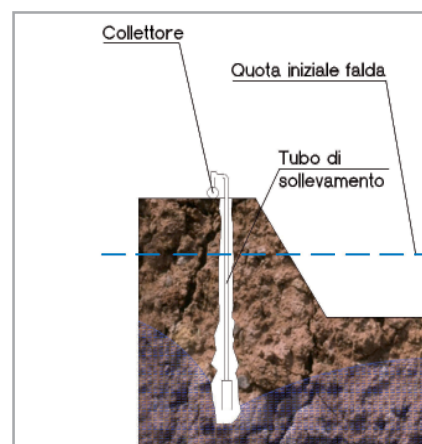






Fig. 3.4 - Raccordi flessibili usati per collegare le punte aspiranti (wellpoint) al collettore di aspirazione

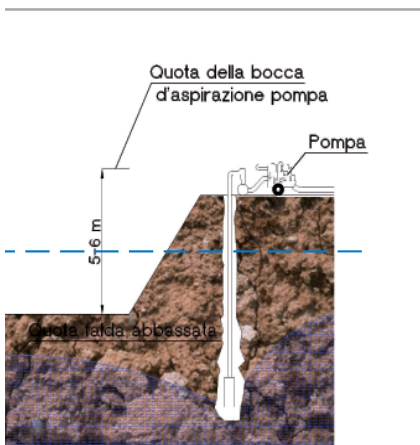


Fig. 3.5 - Schematizzazione dell'abbassamento di falda generato dal sistema wellpoint



Fig. 3.6 - Operazioni di trivellazione per l'inserimento delle punte aspiranti

negli ultimi anni uno sviluppo considerevole anche nei lavori di bonifica ambientale.

L'impianto wellpoint (Fig. 3.4) è solo una delle tecniche di prosciugamento e consiste nella posa in opera di una serie di minipozzi (wellpoint), installati nell'area circostante al terreno in cui si necessita di tale abbassamento; il suo utilizzo prevalente avviene nell'ambito dei terreni sabbiosi. Viene impiegato anche nel prosciugamento di terreni limosi previa la formazione delle camicie drenanti all'interno delle quali vengono alloggiati i wellpoints. E' bene precisare che l'utilizzo di un impianto wellpoint porta ad un abbassamento temporaneo della falda acquifera (Fig. 3.5).

L'impianto wellpoint (Fig. 3.6) è costituito da:

- pompa autoadescante (Fig.3.7) ad alto grado di vuoto, elettrica o diesel, in grado di aspirare l'acqua fino a prevalenze elevate;
  - collettore di aspirazione (raccordi flessibili) usato per collegare i wellpoint alla pompa;
  - punte aspiranti (wellpoint), caratterizzate da una serie di filtri metallici (o di materiale plastico) per aggottare l'acqua senza asportare particelle solide dal terreno;
  - tubazione di scarico per allontanare l'acqua aspirata dallo scavo.
- Nel caso l'acqua debba essere condotta a distanze notevoli dallo scavo, dovranno essere impiegate delle pompe supplementari di "rilancio".

L'altezza massima di aspirazione di un impianto wellpoint, in condizioni ideali, potrebbe essere di circa 8,7 m. Nelle condizioni reali le prestazioni della pompa sono fortemente ridotte quindi, per profondità di scavo elevate, con abbattimenti del livello di falda superiori ai 4 m, si effettua un'installazione a gradoni. Il battente idraulico viene quindi abbattuto in

fasi successive, con installazioni degli impianti wellpoint a quote diverse. La realizzazione di un impianto wellpoint consente il prosciugamento di un'area di cantiere, rendendo possibile la realizzazione di manufatti, in genere, al di sotto del livello della falda acquifera.

E' necessario sottolineare che l'impianto di emungimento deve essere spento solo dopo che la struttura in c.a. realizzata e stagionata sia in grado di resistere alla spinta di Archimede agente nel cantiere in questione.

Si distinguono diversi tipi di terreno che determinano e condizionano la scelta del sistema più idoneo di drenaggio. In funzione delle diverse tipologie di terreno e della loro granulometria vengono utilizzate tecniche di prosciugamento diverse, come illustrato di seguito.

- Ciotoli (diam. > 60 mm): il drenaggio dei terreni costituiti da ciotoli è effettuato con il sistema dei pozzi, che possono essere eseguiti con due tecniche differenti. La prima consiste nella realizzazione al piano campagna di un pozzo, tramite l'utilizzo di una trivella con sistema a carotaggio continuo. La seconda tecnica, molto più economica ma di cui occorre verificarne la fattibilità in cantiere, consiste nella posa in opera a mezzo escavatore di anelli in calcestruzzo forati. In entrambe le soluzioni si adotta la metodologia del pompaggio a cielo aperto, sia con pompa di superficie, sia con pompa sommergibile.

- Ghiaie (20 mm < diam. < 60 mm): nell'ambito delle ghiaie, le soluzioni per un appropriato sistema di drenaggio sono eseguite sia con il sistema dei pozzi, sia con impianto wellpoint per ghiaie. Il sistema dei pozzi è simile a quello sopra citato per i ciotoli, e viene eseguito quando non è possibile infiggere le aste wellpoint. Per quanto concerne la metodologia con impianto wellpoint, la tecnica esecutiva è riconducibile a quella di un impianto classico, cioè infissione delle aste a mezzo di pompa ad alta pressione, con la sostituzione del filtro per sabbie con apposito puntale per ghiaia chiamato "sonda". Il prosciugamento con impianto wellpoint





Fig. 3.7 - Pompa autoadescante utilizzata nel sistema wellpoint

per ghiaia è un sistema che, a differenza dell'aggottamento da pozzo, lavora mettendo in depressione la falda acquifera, per cui richiamando l'acqua dal sottosuolo in modo forzato, la velocità della stessa aumenta. Nella tecnica di emungimento da pozzi non viene messa in depressione la falda, ma l'acqua viene emunta per gravità, cioè a caduta dentro il pozzo stesso, per cui la sua velocità è minore rispetto a quella indotta dall'impianto wellpoint; di conseguenza l'acqua impiega più tempo a raggiungere il pozzo e la sua portata è minore. Infatti, in base alle dimensioni dell'area di cantiere e al livello piezometrico da raggiungere, una corretta interpretazione del sistema drenante di un acquifero a matrice ghiaiosa, può far ridurre il numero di pompe da utilizzare e di conseguenza anche i costi.

- Sabbie con matrice ghiaiosa ( $0,6 \text{ mm} < \text{diam.} < 20 \text{ mm}$ ): le sabbie a matrice ghiaiosa vengono drenate essenzialmente con impianto wellpoint, munito di filtri antisabbia o sonde da ghiaia, in base alle percentuali di quest'ultima presenti nel terreno. Alcune volte, però, può essere necessario installare un sistema misto, per un buon risultato di prosciugamento. L'infissione delle aste wellpoint, sia con filtro per sabbia, sia con sonda per ghiaia, è eseguita con getto in pressione.

- Sabbie pulite ( $0,2 \text{ mm} < \text{diam.} < 0,6 \text{ mm}$ ): le sabbie pulite sono il terreno ideale per l'installazione del sistema wellpoint con filtro microfessurato. Difficilmente il terreno risulta omogeneo, monogranulare ed isotropo in modo uniforme, però, l'impiego dell'impianto wellpoint è quasi sempre una garanzia per il raggiungimento della quota di fondo scavo in condizioni di asciutto, con un giusto equilibrio tra i risultati conseguibili ed i costi contenuti. Risulta semplice anche la sua installazione, in quanto viene messo in opera con il sistema dell'infissione diretta con getto in pressione.

- Sabbie con matrice limosa ( $0,02 \text{ mm} < \text{diam.} < 0,2 \text{ mm}$ ): la tecnica

di drenaggio di una sabbia a matrice limosa può essere eseguita con l'impianto wellpoint classico munito di filtri antisabbia; se la matrice limosa non pregiudica il funzionamento dell'impianto è sufficiente l'infissione con metodo a getto in pressione; se, invece, la matrice limosa può comportare l'intasamento dei filtri, deve essere posto in opera con sistema a prefiltro tramite foratura con apposita trivella.

- Limi ( $0,006 \text{ mm} < \text{diam.} < 0,02 \text{ mm}$ ): per quanto riguarda i limi, la tecnica di drenaggio più appropriata è quella dell'impianto a prefiltro, ossia, foratura del terreno, formazione della camicia drenante, spurgo e lavaggio del wellpoint eseguito con apposita pompa.

- Limi con matrice argillosa ( $0,002 \text{ mm} < \text{diam.} < 0,006 \text{ mm}$ ): nei limi argillosi le soluzioni di drenaggio possono essere le seguenti:

- sistema wellpoint a prefiltro;
- posa in opera, a mezzo escavatore di anelli, in calcestruzzo forati.

La scelta di questo tipo di sistema (molto più economica previa verifica della sua fattibilità in cantiere) dipende dalla stabilità delle scarpate di scavo;

- messa in opera di un tubo dreno, previa formazione dell'apposita trincea drenante.

- Argille ( $\text{diam.} < 0,002$ ): quando la natura del terreno è di tipo argilloso, le tecniche di drenaggio possono essere fondamentalmente di due tipi:

- posa in opera del sistema wellpoint a prefiltro;
- messa in opera di un tubo dreno, previa formazione dell'apposita trincea drenante.

Nei terreni rocciosi, l'acqua circola attraverso vie difficili da individuare in fase preliminare. Diviene, perciò, impossibile impiegare con successo un impianto wellpoint in tali condizioni operative. L'impianto wellpoint può non essere in grado di controllare il livello di falda in terreni a grana grossa e con elevata conducibilità idraulica. In tal caso vengono impiegati dei pozzi di emungimento, in cui posare elettropompe a immersione, la cui



---

progettazione ed esecuzione viene sviluppata in relazione alla geologia del sottosuolo, alle quantità e caratteristiche chimico fisiche dell'acqua da asportare e deve fra l'altro esplicitare:

- il metodo di perforazione (percussione o rotazione);
- il tipo e la lunghezza del filtro da impiegare e la sua profondità di collocazione;
- la granulometria dei drenaggi eventualmente da impiegare.

L' esecuzione di un pozzo è si svolge quindi rispettando le seguenti fasi operative:

- esecuzione di perforazioni verticali mediante sistema a percussione o a rotazione (a circolazione diretta o inversa) con distruzione di nucleo mediante tricono. Il rivestimento è sempre consigliato per proteggere le pareti del perforo. La lunghezza delle perforazioni deve raggiungere la quota di massimo abbattimento teorico della falda, più 3 m per la costituzione della riserva permanente;
- disposizione, all'interno del perforo dei filtri e delle tubazioni drenanti; le fessure dovranno avere ampiezza di 1 mm;
- eventuale riempimento dell'intercapedine fra tubo e foro eseguita con inerte calibrato;
- cementazione e isolamento.

Dopo aver posato i filtri e le tubazioni ed aver effettuato una selezione granulometrica e mineralogica del dreno, si procederà alla cementazione del pozzo per consentire l'isolamento dei livelli acquiferi dalla superficie e

fra di loro. L'ultima operazione da compiere è lo sviluppo del pozzo, che consiste in un insieme di operazioni atte ad ottenere la massima efficienza ed impedire il trascinamento di sabbia o impurità presenti nella falda captata.

Nel caso sia presente una falda freatica superficiale e quando il battente idraulico da controllare è modesto, si possono impiegare i drenaggi orizzontali per gravità (Fig. 3.8). Si tratta di scavi, disposti trasversalmente alla direzione di flusso della falda e aventi l'obiettivo di incanalare l'acqua convogliandola verso punti di raccolta, all'interno dei quali vengono posti dei tubi flessibili in PVC, opportunamente forati e rivestiti di tessuto non tessuto al fine di impedire all'acqua di disperdere nel terreno le particelle a grana fine. Per incrementare la capacità di emungimento del sistema, a intervalli prestabiliti, i tubi in PVC possono essere collegati ad una pompa aspirante. La posa dei tubi drenanti viene effettuata da una macchina che lavora in continuo, per mezzo di un'attrezzatura specifica che può arrivare ad una profondità di posa massima di 5 m. A fine lavoro, i tubi in PVC restano interrati e non recuperabili. Con tale sistema si ottiene una notevole riduzione dei tempi di esecuzione del drenaggio, la completa accessibilità dei vari mezzi nella zona di scavo, ma la sua applicazione richiede grandi spazi di manovra per la macchina di posa e l'assenza totale di sottoservizi.

Dalla panoramica sui diversi sistemi di drenaggio attuabili in funzione della tipologia di terreno presente nell'area interessata dall'abbassamento di una falda acquifera, appare quindi evidente come sia assolutamente necessario, da parte del progettista dell'impianto di drenaggio, effettuare una'adeguata campagna di indagine preventiva, volta a reperire i dati per ricavare gli elementi di calcolo e la scelta della tecnica di prosciugamento più appropriata.

Dopo la necessaria conoscenza della tipologia del terreno, delle sue stratificazioni e della presenza di acquiferi, si passa allo studio del tipo idoneo di scavo.

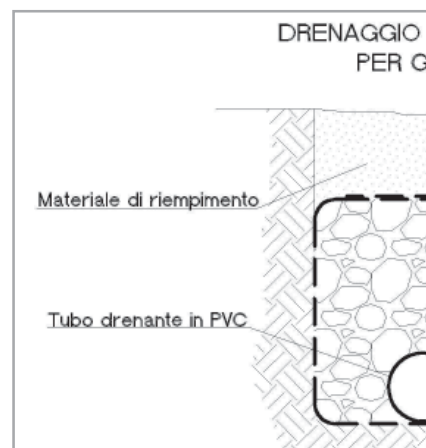
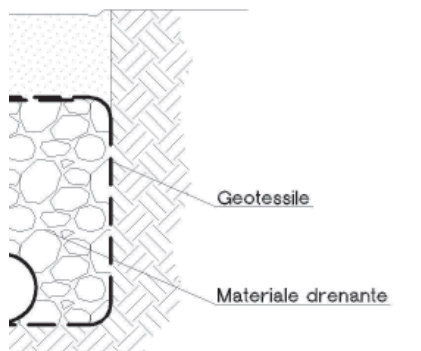


Fig. 3.8 - Schematizzazione di drenaggi orizzontali per gravità, con e senza tubo drenante



ORIZZONTALE  
RAVITA'



## 4.SCAVI

In edilizia si definisce scavo una qualunque asportazione di rocce e/o terra dalla collocazione originaria, necessaria alla creazione di cavità di forme e dimensioni opportune per la realizzazione di opere ingegneristiche.

Gli scavi si distinguono in:

- scavi a cielo aperto,
- scavi in galleria o in cunicolo.

Gli scavi a cielo aperto si suddividono, a loro volta, in scavi a sezione ristretta o obbligata e scavi di sbancamento (o a sezione aperta o sterro). Lo scavo a sezione ristretta o obbligata è uno scavo avente la larghezza uguale o inferiore all'altezza ed è eseguito a partire dalla superficie del terreno naturale o dal fondo di un precedente scavo di sbancamento.

Entrando più nel dettaglio:

- per scavi a sezione obbligata si intendono quelli incassati in cui entrambe le dimensioni orizzontali sono inferiori alla profondità. In genere si ricorre a questo tipo di scavo per la realizzazione dei plinti o delle travi rovesce;
- per scavi a sezione ristretta o in trincea si intendono quelli continui (correnti) di sezione trasversale ristretta. In genere questi tipi di scavo vengono utilizzati per la posa di tubazioni, sottoservizi, ecc.

Lo scavo di sbancamento (o a sezione aperta o sterro) (Fig. 4.1) è quello in cui la superficie orizzontale è preponderante rispetto alla profondità dello scavo e tale sezione è sufficientemente ampia da consentire l'accesso ai mezzi di trasporto sino al fronte di scavo (accesso diretto o a mezzo di rampe provvisorie), in modo che il materiale scavato venga caricato direttamente sui mezzi di trasporto. Lo scavo di sbancamento è il più semplice, economico e naturale per la realizzazione di strutture



Fig. 4.1 - Scavo di sbancamento non confinato

sottoquota e sfrutta sostanzialmente l'angolo di attrito interno del terreno ai fini della stabilità dei pendii dello scavo. In caso di presenza d'acqua o di precipitazioni atmosferiche bisogna però conoscere, oltre all'angolo di attrito interno del terreno, anche le sue caratteristiche di permeabilità, in quanto la stabilità del pendio è pesantemente influenzata da questi parametri che non risultano mediati da alcuna vegetazione, contrariamente a quanto avviene nei pendii naturali. In linea di massima, quanto esposto non risulta essere il vero limite di questo sistema, che trova problematiche spesso insormontabili all'attuazione, a causa degli spazi aggiuntivi richiesti che aumentano drasticamente in funzione della profondità dello scavo e dei sovraccarichi permanenti limitrofi. Infatti, in caso si costruisca in zone parzialmente edificate o in prossimità di sedi viarie, si deve considerare anche il sovraccarico di tali infrastrutture in aggiunta al peso specifico saturo del terreno. In queste situazioni si procede alla realizzazione di uno scavo confinato mediante apposite strutture di sostegno, che hanno un doppio vantaggio: consentono di avere sponde verticali, riducendo notevolmente l'estensione dello scavo a quella strettamente necessaria ai fini costruttivi e sostengono il terreno circostante lo scavo, garantendo la stabilità dei fabbricati limitrofi.

Le strutture di sostegno impiegate per contenere le sponde degli scavi sono generalmente le paratie: strutture verticali, relativamente sottili, ammorsate nel terreno fino ad una certa profondità al di sotto del piano di scavo, in modo da ottenere un supporto sufficientemente robusto per contrastare le spinte del terrapieno, dell'acqua e di eventuali sovraccarichi. Esse possono essere realizzate senza o con ancoraggio. Nel primo caso la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno sulla parte di struttura infissa e la paratia si comporta grosso modo come una mensola. Nel secondo caso la stabilità è assicurata anche da tiranti ammorsati nel terreno mediante l'utilizzo di specifiche malte confezionate con boiacche additivate con CABLEJET, additivo fluidificante ed espansivo. Le paratie possono essere formate da palancole prefabbricate (infisse accostate), da diaframmi in calcestruzzo armato costruiti in opera, da pali trivellati





Fig. 4.2 - Scavo di sbancamento confinato mediante diaframmi



Fig. 4.3 - Scavo di sbancamento confinato mediante pali trivellati

(affiancati o secanti) o da micropali.

Le palancole sono in acciaio e possono avere diversi profili per poter ottenere qualsiasi modulo di resistenza.

I diaframmi (Fig. 4.2) vengono costruiti direttamente in opera, scavando una trincea all'interno della quale verrà effettuato il getto in calcestruzzo. Essi sono costituiti da pannelli di spessore generalmente compreso tra 50 e 120 cm, larghezza non minore di 200 cm e possono raggiungere lunghezze notevoli, maggiori di quelle delle palancole prefabbricate che, di solito, non superano 15-20 m.

I pali (Fig. 4.3) sono elementi monodimensionali in calcestruzzo armato, di dimensioni variabili in funzione della coesione del terreno e della profondità da raggiungere. Il passo fra un palo ed il successivo dipende dalle caratteristiche del terreno, dalla presenza d'acqua nel terreno e dalle dimensioni del palo stesso.

I micropali sono i pali aventi un diametro inferiore a 300 mm se trivellati e 150 mm se infissi. L'armatura dei micropali può essere costituita da un tubo o un profilato in acciaio o da una gabbia di barre in acciaio da c.a.; il materiale di riempimento può essere costituito da malta cementizia o betoncino.

Le paratie di palancole in acciaio sono generalmente più flessibili dei diaframmi; questo fatto deve essere considerato nella progettazione, poiché l'evoluzione, la distribuzione e i valori finali delle azioni del terreno dipendono anche dal modo con cui le strutture di sostegno si deformano e dall'entità degli spostamenti.

Le paratie sono in genere costruite prima dello scavo del terreno fino alla profondità richiesta. Solitamente si realizza la paratia verticale lungo il perimetro dello scavo e successivamente la trave di coronamento (eccetto nel caso dei palancolati). Si esegue poi lo scavo all'interno del perimetro fino ad arrivare alla quota del primo ordine di tiranti (se previsti), si realizzano i tiranti e li si mette in forza. Si procede allo scavo per livelli successivi seguendo quanto appena descritto fino ad arrivare al fondo dello stesso.

Le paratie senza ancoraggio sono in genere accettabili per altezze limitate,



poiché il modulo di resistenza richiesto cresce rapidamente con l'altezza del terreno da contenere e perché sono soggette a flessioni laterali notevoli. Le paratie con ancoraggio sono usate per un ampio campo di altezze e specialmente per superfici di scavo molto ampie. L'uso dell'ancoraggio permette di ridurre gli spostamenti laterali, il momento flettente massimo e la profondità d'infissione. L'ancoraggio (Fig. 4.4) del tirante deve avvenire ad una distanza sufficiente affinché il prisma di spinta attiva (terreno spingente) agente sulla paratia, non interferisca con quello di resistenza passiva dovuto all'azione dell'ancoraggio. I tiranti di ancoraggio vincolati da un bulbo iniettato a pressione sono in genere intestati alla paratia mediante una piastra di ripartizione o altro dispositivo di bloccaggio, che ha il compito di trasmettere la forza di trazione del tirante alla struttura.

Nei casi in cui nelle aree limitrofe allo scavo siano presenti costruzioni interrato, risulterà impossibile la realizzazione dell'ancoraggio delle paratie. Occorrerà quindi procedere secondo il sistema Top-Down (Fig. 4.5), che consente anche di disporre della superficie a piano campagna in tempi molto più brevi del sistema classico. Il sistema Top-Down consiste nel costruire l'opera definitiva, procedendo dall'alto verso il basso, contrariamente al solito. Dopo aver realizzato le opere provvisorie, si può procedere allo scavo per lo spessore del primo solaio che viene gettato direttamente sul terreno (spesso con l'ausilio di teli plastici per migliorarne l'aspetto finale). Dopo aver atteso i tempi canonici per il disarmo del solaio, si procede a scavarvi sotto passando da forature appositamente predisposte o dalla rampa di accesso. In tal modo si riesce a rendere disponibile alla cittadinanza in pochi mesi il piano viario, la piazza e i giardini sulla cui pianta si stanno realizzando i lavori. Da questo momento in poi l'unica area occupata dal cantiere potrà essere quella della rampa di accesso. I solai vengono ancorati alle opere provvisorie laterali e diventano autoportanti senza disporre ancora dei muri sottostanti. I ferri di chiamata sono predisposti e piegati poi verso il basso per i getti successivi dei muri. Dopo la realizzazione di ogni solaio si provvede a scavare ed a gettare i verticali sottostanti, predisponendo nei solai stessi i passaggi per la realizzazione dei getti di calcestruzzo. Ferri di

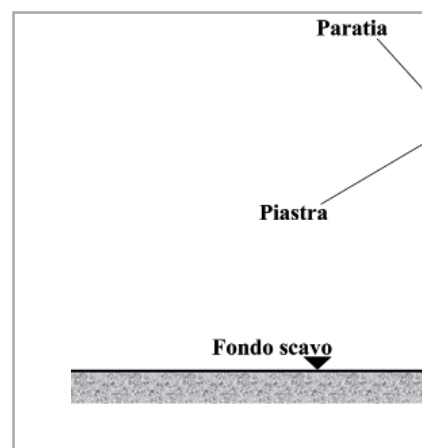
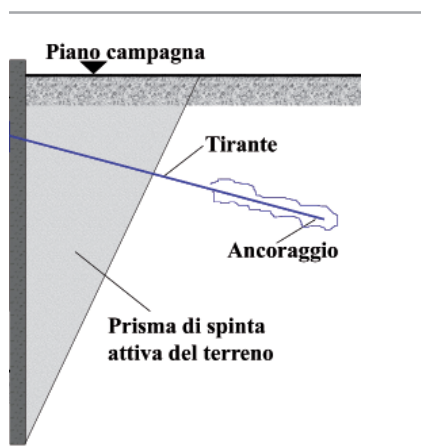


Fig. 4.4 - L'ancoraggio del tirante deve essere realizzato al di là della zona di spinta attiva del terreno



Fig. 4.5 - Esempio di costruzione in Top Down. Scavo eseguito al di sotto della soletta in calcestruzzo armato gettata precedentemente



chiamata e giunti di ripresa sono gestiti al contrario rispetto al solito. In tal modo si proseguirà nella costruzione verso il basso, fino ad arrivare alla fondazione.

In certi casi, la necessità di sfruttare il sottosuolo deriva dalla carenza di nuovi spazi edificabili e dall'elevata densità urbanistica di alcune città. La costruzione sottoquota rappresenta anche un'opportunità da sfruttare per l'edificazione di strutture accessorie e di servizio (parcheggi, unità produttive, ecc.). Le strutture interrato vengono a contatto con l'umidità del terreno, con le acque di percolazione o con la falda e conseguentemente devono essere impermeabilizzate in modo da impedire che le infiltrazioni compromettano la funzionalità degli ambienti interni. L'impermeabilizzazione di una struttura serve anche a proteggere la costruzione dal degrado causato dagli agenti chimici presenti nel terreno o trasportati dall'acqua all'interno dei materiali da costruzione, garantendo una maggior durabilità dell'opera.

## 5. SISTEMI IMPERMEABILIZZANTI MAPEI PER STRUTTURE DI FONDAZIONE

### 5.1 PERCHÉ IMPERMEABILIZZARE

Dal punto di vista teorico, un buon calcestruzzo può avere coefficiente di permeabilità  $k$  (vedi Par. 3.2) molto basso, tale da poter essere considerato pressoché impermeabile anche all'acqua in pressione. La UNI 9858:1991 (sostituita dalla UNI EN 206-1:2001) stabiliva che un calcestruzzo può essere definito impermeabile se il suo rapporto  $a/c < 0,55$ . Nelle condizioni reali, nonostante le moderne tecnologie produttive, è molto difficile realizzare un calcestruzzo che sia perfetto in tutta la sua massa. Infatti anche le più piccole incoerenze (fessure, nidi di ghiaia, ecc.), così come le riprese di getto ed i giunti strutturali, costituiscono un passaggio preferenziale per l'acqua. Esistono diverse cause in grado di generare fenomeni fessurativi all'interno del calcestruzzo, come ad esempio il ritiro

in fase di maturazione, i movimenti sismici, gli assestamenti fondali, le vibrazioni causate dal traffico. E' più che evidente come sia impossibile controllare tutti questi fenomeni ed avere la certezza dell'assenza di fessurazione all'interno del calcestruzzo posto in opera. Inoltre, l'acqua che penetra nel calcestruzzo è di natura acida, quindi aggressiva sia per i componenti di base del calcestruzzo che per le barre d'armatura. Stando a queste considerazioni, l'unica soluzione da adottare per impedire penetrazioni d'acqua nel calcestruzzo e infiltrazioni nei locali interrati, consiste nell'utilizzare un sistema impermeabilizzante.

Quando si deve realizzare l'impermeabilizzazione è bene considerare qual è il livello massimo della falda, se essa è costante o influenzata da eventi temporanei e dalla tipologia del terreno. Infatti i terreni molto drenanti, costituiti principalmente da sabbia e ghiaia, hanno la caratteristica di smaltire velocemente l'acqua, ma di trasferirne altrettanto velocemente grosse quantità intorno alla struttura, generando così importanti pressioni. Nei terreni compatti ed impermeabili, quali quelli argillosi, invece, la velocità di smaltimento è molto bassa con conseguente possibilità di formazione di invasi che portano a generare infiltrazioni nei locali interrati. Anche in assenza di falda, l'infiltrazione delle acque meteoriche provoca uno stato di aggressione alle strutture con possibile permeazione nei locali interrati. Dal punto di vista pratico perciò, l'impermeabilizzazione può essere fatta per risolvere tre tipi di problematiche:

- umidità presente nel terreno drenante che non genera nello scavo di fondazione alcun accumulo di acqua;
- terreno non drenante nello scavo che genera accumulo di acqua;
- terreno con acqua in pressione.

Nel primo caso, l'impermeabilizzazione non è sottoposta a carichi idrostatici rilevanti. Ciò è dovuto sostanzialmente alla costituzione del terreno

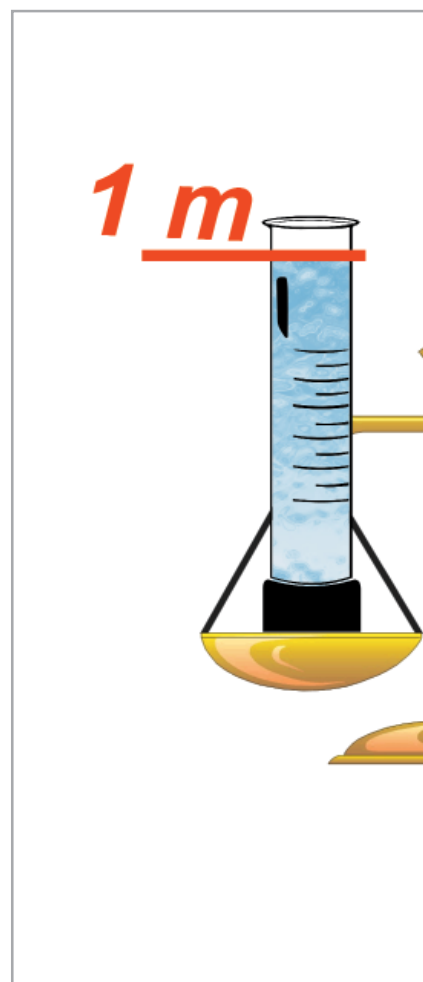


Fig. 5.1 - Un metro di colonna d'acqua genera un carico pari a 1000 kg





generalmente formato da sabbia e ghiaia, che hanno la caratteristica di essere drenanti e perciò sono in grado di smaltire velocemente le acque di percolazione senza creare fenomeni di accumulo. Questa condizione può essere ottenuta anche con terreni non drenanti applicando però al piede della fondazione e su tutta la superficie verticale un idoneo sistema di drenaggio.

Nel secondo caso, la presenza di terreni compatti o di terreni argillosi nei quali non sia stato applicato alcun tipo di drenaggio, favorisce l'accumulo di acqua. L'operazione di scavo genera un'alterazione degli equilibri istituiti tra acqua e terreno. Dopo la realizzazione del fabbricato ed il successivo rinterro, l'area d'intervento avrà un grado di compattazione notevolmente ridotto e quindi un'elevata porosità, rispetto al circondario. Per questo, essa costituirà un vero e proprio drenaggio verso il quale l'acqua della zona limitrofa tenderà a trasmigrare, generando delle pressioni temporanee, ma consistenti, considerato anche il fatto che la velocità di smaltimento dell'acqua è molto bassa. E' utile ricordare che la pressione generata da un metro di colonna d'acqua è pari a  $1000 \text{ kg/m}^2$  (Fig. 5.1).

Nel terzo caso, l'acqua in pressione, dovuta alla presenza della falda, viene a diretto contatto con la struttura condizionando non soltanto la scelta del tipo di impermeabilizzazione, ma anche del tipo di struttura. Quindi, laddove è presente la falda, anche se solo in alcuni periodi dell'anno, è necessario realizzare una struttura di fondazione in grado di contrastare la spinta dell'acqua in pressione. L'unica struttura fondale in grado di assolvere a tale compito è la platea.



## 5.2 MAPEPROOF E BENTONITE

MAPEI offre un'ampia gamma di prodotti per l'impermeabilizzazione di strutture interrate (vedi catalogo Prodotti per Impermeabilizzare), adatti sia agli interventi di nuova costruzione che a quelli di ripristino dell'esistente. Di seguito illustreremo in breve i teli bentonitici MAPEPROOF e MAPEPROOF LW MAPEI, a completamento delle informazioni già disponibili sia nelle schede tecniche dei prodotti che nel catalogo della linea impermeabilizzanti.

MAPEPROOF e MAPEPROOF LW sono composti da due tessuti geotessili in polipropilene, di cui uno non-tessuto superiore ed uno tessuto inferiore, interagugliati, che racchiudono uno strato uniforme di bentonite sodica naturale. Il processo produttivo di interagugliatura (Fig. 5.2) si basa sull'impiego di migliaia di speciali aghi uncinati che fanno passare una parte delle fibre del non tessuto superiore attraverso lo strato centrale di bentonite e le ancorano al geotessile tessuto dello strato inferiore. Grazie a questo particolare sistema produttivo, la bentonite sodica naturale contenuta in MAPEPROOF resta stabilmente confinata anche dopo l'idratazione. La speciale granulometria della bentonite, unitamente al tipo di geotessile non-tessuto, assicurano la saturazione del non-tessuto stesso che viene a contatto con il getto del calcestruzzo, fornendo a questi prodotti un vantaggio tecnico notevole che è la possibilità di essere posati in post-getto (Fig. 5.3). I due teli si differenziano per il quantitativo di bentonite sodica naturale contenuta: nel MAPEPROOF vi sono 5,1 g/m<sup>2</sup>, mentre nel MAPEPROOF LW vi sono 4,1 g/m<sup>2</sup>.

Per tale motivo MAPEPROOF LW è consigliato solo per impermeabilizzazioni di opere in calcestruzzo in sottoquota con battente idraulico inferiore a 5 m. I teli bentonitici MAPEI hanno un coefficiente di permeabilità  $k$  (secondo ASTM D 5887)  $< 1E-11$  m/s. Quindi, in base alla relazione  $v=ki$  (Par. 3.2), la velocità  $v$  con cui l'acqua attraversa il telo è così bassa da essere praticamente nulla.

Alla base della capacità impermeabilizzante dei teli MAPEPROOF vi è la bentonite, minerale argilloso composto per lo più da montmorillonite e sodio. La bentonite ha origine dall'alterazione di ceneri vulcaniche: si tratta di una devetrificazione in ambiente acquoso con allontanamento di una parte della silice, seguita dalla cristallizzazione della montmorillonite, la cui composizione chimica dipende da quella dell'acqua nella quale le ceneri vulcaniche sono cadute.

La bentonite è generalmente suddivisa in due tipologie: bentonite sodica e calcica. La bentonite sodica espande a contatto con l'umidità e per questo è impiegata per sigillare e creare barriere impermeabilizzanti.

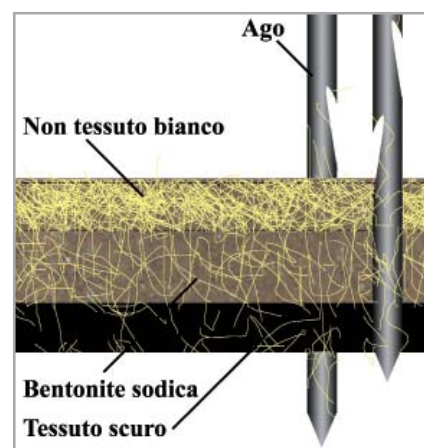
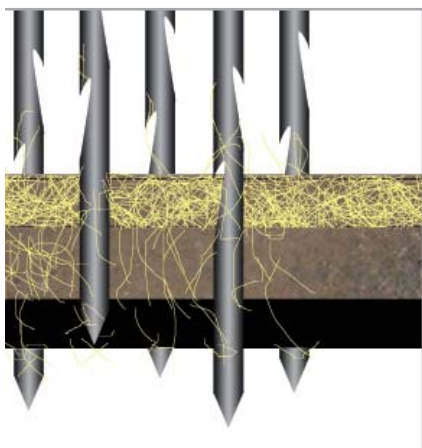


Fig. 5.2 - Illustrazione del processo produttivo di interagugliatura



Fig. 5.3 - Esempio di applicazione di MAPEPROOF in post-getto



La bentonite calcica è funzionale all'assorbimento di ioni in soluzione così come di grassi ed oli e per questo è stato uno dei primi agenti pulenti impiegati a livello industriale.

La bentonite è impiegata in diversi settori. In virtù delle sue proprietà viscosizzanti è utilizzata nel cemento, negli adesivi, negli oggetti ceramici e come agente legante nella produzione di pellet per l'industria dell'acciaio. Inoltre è utilizzata nel campo cosmetico per trattamenti terapeutici contro l'acne e la pelle grassa, in quanto in grado di assorbire il sebo in eccesso nonché di pulire i pori. Essa possiede anche l'interessante proprietà di assorbire grandi quantità di molecole proteiche da soluzioni acquose, per questo è ottimale per la riduzione delle proteine presenti nel vino bianco.

La montmorillonite, di cui la bentonite è costituita, è dotata di una particolare struttura cristallina lamellare, non tossica e chimicamente inerte. L'elevata superficie specifica della bentonite e la carica elettrica negativa delle lamelle che ne costituiscono la struttura, impartiscono a questo minerale delle caratteristiche di assorbimento e adsorbimento di vari elementi.

I meccanismi con cui la bentonite è capace di trattenere l'acqua all'interno della struttura molecolare, si basano sulla capacità di rigonfiamento in presenza dell'acqua stessa o della sola umidità. La bentonite sodica rigonfiata e sottoposta a confinamento impedisce il passaggio dell'acqua tra le particelle (Fig. 5.4). Questo è dovuto sia ad un allungamento del percorso della molecola d'acqua che alla formazione di una struttura stabile la quale mantiene l'energia di legame tra lo ione sodio e l'acqua a un livello elevato. Questo impedisce all'acqua di attraversare la bentonite con un vero e proprio intrappolamento della stessa all'interno della struttura cristallina. Più precisamente, con la presenza dell'acqua o dell'umidità la bentonite si trasforma in un gel impermeabile ed idrorepellente. Tempi e gradi di idratazione variano in relazione ad una serie di fattori tra cui la granulometria del minerale o la temperatura dell'ambiente in cui avviene il fenomeno. Le proprietà impermeabilizzanti della bentonite posta in opera si manifestano quando l'espansione del materiale viene contrastata dalla struttura di fondazione. Il materiale, infatti, si idrata ed aumenta di volume solo nella

quantità consentita dallo spazio disponibile. L'incremento dimensionale, come è facilmente intuibile, consente di bloccare il passaggio dell'acqua attraverso la struttura impedendone anche la trasmigrazione laterale.

La bentonite espansa occlude eventuali cavità e satura fessure ampie sino a 3 mm, dovute al ritiro igrometrico o all'assestamento in fase iniziale del getto di calcestruzzo.

## 6. PRESCRIZIONE DEL CALCESTRUZZO DI FONDAZIONE

Prima di procedere con l'analisi di alcune situazioni e problematiche tipiche di cantiere, illustrando le opportune soluzioni tecniche da adottare, riteniamo utile effettuare una breve ma significativa riflessione sulla struttura di fondazione ed il calcestruzzo in essa impiegato. Come già accennato in precedenza, nel caso di costruzioni interrato in presenza di falda, sia essa costante o influenzata da eventi temporanei, l'unica struttura in grado di opporsi alla spinta idrostatica è una struttura di fondazione continua. Ai fini della durabilità, il calcestruzzo deve essere progettato secondo la normativa UNI 11104:2004 (applicazione italiana della UNI EN 206-1:2001), che definisce le classi di esposizione ambientale (Tab. 1a-b) in base alle quali vengono prescritti i valori limite (Tab. 2) per la composizione e le proprietà del calcestruzzo: il massimo rapporto a/c, la classe di resistenza minima ed il minimo contenuto in cemento.

Il calcestruzzo andrà ben vibrato per evitare eventuali nidi di ghiaia e opportunamente additivato, in modo da consentire il riempimento di tutti gli spazi e di poter scorrere agevolmente attraverso le armature. In questo caso si consiglia l'utilizzo di additivi superfluidificanti della linea DYNAMON della MAPEI S.p.A. Il sistema DYNAMON è basato sulla tecnologia DPP (Designed Performance Polymer), una nuova chimica di processo che permette, attraverso la completa progettazione dei monomeri (know-how esclusivo di MAPEI), di modulare le caratteristiche dell'additivo in relazione

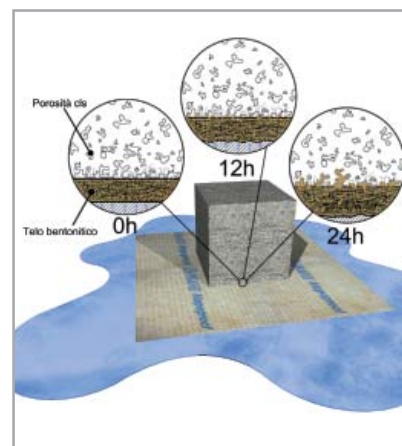


Fig. 5.4 - Processo di idratazione della bentonite sodica contenuta in MAPEPROOF e MAPEPROOF LW. La bentonite, se confinata, rigonfiando occlude le porosità impedendo il passaggio d'acqua

alle specifiche prestazioni richieste per il calcestruzzo. I calcestruzzi confezionati con i prodotti della linea DYNAMON risultano di facile posa in opera allo stato fresco e di elevate prestazioni meccaniche allo stato indurito.

## CLASSI DI ESPOSIZIONE

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b> <small>Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copri ferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.</small>		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinato o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in estremi con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
<b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturati totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni o parcheggi per auto.
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare
<b>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti</b>		
XF1	Modesta saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggette ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure di acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai Sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.



## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
<b>6 Attacco chimico**)</b>		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.

\*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:

- moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

\*\*) Da parte di acque del terreno e acque fluenti

Tab. 1a-b - Prospetto 1 tratto dalla norma UNI EN 206-1:2001 con indicazione delle classi di esposizione ambientale.

	VALORI LIMITI PER LA COMPOSIZIONE E LE PROPRIETÀ DEL CALCESTRUZZO																	
	CLASSI DI ESPOSIZIONE																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Ambiente da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza <sup>1)</sup>	C12/15	C25/30		C28/35	C32/40	C32/40	C35/45		C28/35	C32/40	C35/45	C2/40	25/30		28/35	28,35	32/40	35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)													3,0 <sup>2)</sup>					
Altri requisiti												Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/digelo				È richiesto l'impegno di cementi resistenti ai solfati <sup>3)</sup>		

\*) Nel prospetto 7 della UNI EN 206-1 viene riportata la classe C8/10 che corrisponde a specifici calcestruzzi destinati a sottofondi e ricoprimenti.

Per tale classe dovrebbero essere definite le prescrizioni di durabilità nei riguardi di acque o terreni aggressivi.

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI 7087, per la relativa classe di esposizione.

b) Qualora la presenza di solfati comporti le classi di esposizione XA2 e XA3 è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati secondo UNI 9156

Tab. 2 - Prospetto 4 tratto dalla norma UNI EN 206-1:2001 con indicazione dei valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo.



## 7. IMPERMEABILIZZAZIONE DI STRUTTURE INTERRATE DI NUOVA COSTRUZIONE

In questo capitolo verranno affrontate le problematiche relative all'impermeabilizzazione delle strutture interrato di nuova costruzione, fornendo le opportune soluzioni tecniche da adottare, i prodotti da impiegare e le relative modalità di posa degli stessi. Il tutto opportunamente corredato da specifici particolari tecnici.

Ogni qualvolta si effettua uno scavo in un terreno, si esegue un vaso artificiale all'interno del quale verranno realizzate le strutture interrate del nostro edificio; vengono alterati così gli equilibri idrogeologici del sito e, anche se non vi è presenza di acqua di falda, a seguito delle operazioni di sbancamento, l'acqua meteorica tenderà a raccogliersi in questo vaso, formando un bacino idrico artificiale. In tale situazione le strutture dell'edificio dovranno necessariamente essere rese impermeabili, al fine di proteggerle dalle rilevanti quantità di acqua che si raccoglieranno nel sottosuolo perimetralmente alla costruzione.

Alla luce di quanto sopra esposto appare evidente che una struttura deve essere impermeabilizzata in modo corretto utilizzando il cosiddetto metodo "a vasca" o "a sacchetto", idoneo a contrastare la spinta dell'acqua, soprattutto se in presenza di falda. Il sistema impermeabile viene applicato in totale aderenza alla struttura (fondazione e pareti) senza lasciare alcun punto di discontinuità.

Di seguito si procederà alla descrizione di una serie di interventi di impermeabilizzazione da eseguire in cantiere per garantire la tenuta idraulica delle strutture interrate.

Il primo intervento che potrebbe rendersi necessario in cantiere, ma che molto spesso non viene preso in considerazione è l'impermeabilizzazione del basamento della gru a torre, nel caso questa ricada all'interno della struttura di fondazione, alla quale fa seguito quella della fossa ascensore. L'impermeabilizzazione di quest'ultima, molto spesso non eseguita, deve

essere realizzata prima di quella della platea, in quanto, come vedremo in seguito, potrebbe presentare problematiche legate alla sua quota, che di solito è la più profonda di tutto il fabbricato.

Nel caso di una platea di fondazione poggiante su pali, prima di effettuare le operazioni necessarie alla posa dei teli bentonitici per l'impermeabilizzazione della struttura, sarà necessario procedere alla sigillatura della testa dei pali.

Le modalità di posa di MAPEPROOF differiscono in funzione della tipologia di scavo effettuato. Nel caso di scavo non confinato (vedi Par. 4), i teli bentonitici devono essere risvoltati sui casseri. Nel caso di scavo confinato, i teli devono essere applicati sulle paratie di contenimento delle sponde dello scavo stesso, distinguendo quattro distinte situazioni di posa: su palancolati, su pali, su micropali e su diaframmi.

Nel caso di scavo non confinato, l'impermeabilizzazione delle pareti in calcestruzzo armato controterra viene effettuata in fase di post-getto. MAPEI offre un'ampia gamma di prodotti con caratteristiche e prestazioni differenti per questa tipologia di intervento:

- MAPEPROOF (vedi Par. 5.2);
- MAPEPROOF LW (vedi Par. 5.2);
- MAPELASTIC FOUNDATION, malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione di superfici soggette a spinta idraulica positiva e negativa;
- PLASTIMUL, emulsione bituminosa impermeabilizzante;
- PLASTIMUL 1K SUPER PLUS, emulsione bituminosa monocomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con sfere di polistirolo e granuli di gomma, a basso ritiro, a rapido asciugamento e ad alta resa;
- PLASTIMUL 2K PLUS, emulsione bituminosa bicomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con fibre in cellulosa, a basso ritiro ed a rapido asciugamento;
- PLASTIMUL 2K SUPER, emulsione bituminosa bicomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con sfere







Fig. 7.1 - IDROSTOP B25 messo in opera per sigillare la ripresa di getto orizzontale e verticale



Fig. 7.2 - Indicazione delle distanze minime da rispettare tra IDROSTOP B25 e le lame dei casseri, nonché tra IDROSTOP B25 e la superficie esterna del calcestruzzo, in modo da garantire il corretto confinamento



Fig. 7.3 - Giunzione tra due capi di IDROSTOP B25 per semplice accostamento laterale di almeno 6 cm

di polistirolo, a basso ritiro ed a rapido asciugamento.

Occorre prestare particolare cura nella sigillatura dei giunti strutturali, dei corpi passanti la platea e le pareti verticali, o di eventuali pozzi di emungimento o aghi wellpoint. Inseguito inoltre, verranno illustrati gli interventi di impermeabilizzazione di rampe d'accesso ai livelli interrati e di vasche di depurazione.

## 7.1 SIGILLATURA DELLE RIPRESE DI GETTO

La ripresa di getto rappresenta un elemento di discontinuità nel getto, sia sul piano orizzontale che sul piano verticale, ed è quindi opportuno garantirne la tenuta idraulica al fine di impedire che tale discontinuità possa costituire un passaggio preferenziale per l'acqua. MAPEI offre un prodotto appositamente studiato per la sigillatura delle riprese di getto quale IDROSTOP B25 (Fig. 7.1-2). Si tratta di un giunto idroespandente autosigillante, di dimensioni 20x25 mm, costituito da una miscela di bentonite sodica naturale e polimeri che conferiscono al prodotto eccezionali caratteristiche di compattezza, plasticità e stabilità. Il processo di rigonfiamento del giunto avviene in maniera controllata, uniforme e graduale senza rischi di alterazione dell'equilibrio della miscela. IDROSTOP B25 a seguito dell'espansione, che si realizza quando viene a contatto con l'acqua, si adatta perfettamente al volume definito dal confinamento e grazie a tale peculiarità riesce a sigillare perfettamente sia i giunti di ripresa sia le formazioni localizzate di piccoli vespai e nidi di ghiaia eventualmente presenti all'interno del getto di calcestruzzo. Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia delle superfici, eliminando i residui delle lavorazioni precedenti e soprattutto la boiaccia derivante dal fenomeno di bleeding superficiale che generalmente si crea durante il costipamento del conglomerato cementizio. Quindi fissare il cordolo, mediante semplice chiodatura (1 chiodo ogni 25 cm) nella mezzzeria della sezione delle pareti verticali tra i ferri di chiamata. Le giunzioni dei capi avverranno per semplice accostamento laterale di almeno 6 cm (Fig. 7.3). In alternativa a IDROSTOP B25, può essere utilizzato IDROSTOP, nastro preformato idroespansivo a base di polimeri

acrilici, appositamente studiato per realizzare, nel settore delle costruzioni, giunti di lavoro impermeabili fino ad una pressione idraulica di 5 atm.

Nei paragrafi successivi verranno illustrati i casi specifici nei quali IDROSTOP B25 deve essere impiegato, con le relative modalità di posa.

## 7.2 IMPERMEABILIZZAZIONE DEL BASAMENTO DI UNA GRU A TORRE

Il basamento di una gru a torre (Fig. 7.4) viene realizzato previa esecuzione di uno scavo all'interno del quale, dopo la posa del sistema impermeabile, verrà effettuato il getto di calcestruzzo. Si descrivono di seguito le fasi operative per l'impermeabilizzazione dello scavo suddetto.

- Per la formazione del piano di posa e per facilitare l'applicazione del sistema impermeabile, il fondo dello scavo dovrà essere regolarizzato mediante l'esecuzione di un magrone di calcestruzzo avente uno spessore medio di circa 10 cm.
- Per la posa verticale del sistema impermeabile, realizzare una casseratura sulla quale posare MAPEPROOF, posizionando il geotessile inferiore in polipropilene (tessuto scuro) a ridosso del supporto, con un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati mediante chiodi e rondelle in polietilene MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa.
- Ultimata la posa sulle superfici verticali, procedere alla stesura di MAPEPROOF sulla superficie orizzontale, posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene a ridosso del magrone ed il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che verranno fissati sulla superficie orizzontale ogni 50 cm mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli sul magrone.



Fig. 7.4 - Impermeabilizzazione del basamento di una gru a torre mediante teli bentonitici MAPEPROOF



Fig. 7.5a - Fasi di impermeabilizzazione e getto di una fossa ascensore: applicazione di MAPEPROOF sulle pareti dello scavo



Fig. 7.5b - Fossa ascensore rivestita con MAPEPROOF



Fig. 7.5c - Posizionamento delle armature



Fig. 7.5d - Getto della platea della fossa ascensore



Fig. 7.5e - Posizionamento dei casseri in legno previa sigillatura della ripresa di getto tra platea e pareti con IDROSTOP B25

- Una volta terminata la posa dei teli bentonitici, dovrà essere posizionata l'armatura metallica del basamento opportunamente distanziata da MAPEPROOF, in modo da garantire il deflusso del calcestruzzo tra le armature e il telo bentonitico per la realizzazione di un opportuno copriferro. Quindi viene eseguito il getto del basamento della gru in modo che la sua quota all'estradosso coincida con quella della platea nella quale verrà inglobato.



### 7.3 IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA FOSSA ASCENSORE

La fossa ascensore è senza dubbio quella porzione di fabbricato che più facilmente viene a contatto con la falda acquifera. Capita spesso, infatti, di assistere ad interventi postumi di impermeabilizzazione per far fronte a problemi di infiltrazioni di acqua nel vano dell'ascensore e mettere in sicurezza la centralina elettrica dell'impianto. Si tratta quindi di una parte di struttura che, prima di ogni altra, deve essere oggetto di un intervento mirato di protezione delle strutture dall'aggressione dell'acqua. Le modalità esecutive dello scavo della fossa ascensore possono essere le seguenti:

- a) a sezione obbligata (Fig. 7.5);
- b) con uno sbancamento.

Nel caso di scavo a sezione obbligata l'impermeabilizzazione della fossa ascensore (Fig. 7.6) viene eseguita come descritto in seguito.

- Per la formazione del piano di posa e per facilitare l'applicazione del sistema impermeabile, il fondo dello scavo dovrà essere regolarizzato mediante l'esecuzione di un magrone avente uno spessore medio di circa 10 cm.

- Per la posa verticale del sistema impermeabile, realizzare lungo le pareti dello scavo una regolarizzazione sommaria sulla quale verrà steso MAPEPROOF avendo cura di risvoltarlo sul piano di posa della platea. MAPEPROOF va applicato posizionando il geotessile inferiore in polipropilene (tessuto scuro) a ridosso del supporto con un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati mediante chiodi e



rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa.

- Sulla superficie orizzontale, stendere MAPEPROOF che verrà fissato ogni 50 cm mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli sul magrone.

- Al fine di proteggere i teli durante le operazioni di posa delle armature metalliche per il getto della successiva platea di fondazione della fossa ascensore, può essere necessaria l'esecuzione, al di sopra di MAPEPROOF, di una cappa di protezione in calcestruzzo di pari qualità di quello di fondazione, dello spessore medio di 5-10 cm. Tale operazione non è obbligatoria, in quanto il telo bentonitico è in grado di resistere sia ai distanziatori che ai ferri d'armatura. La gabbia di armatura della fossa ascensore deve essere distanziata dai teli (se non è stata realizzata una cappa di protezione) mediante l'impiego di appositi distanziatori plastici, che permettono il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro.

- Eseguire il getto di calcestruzzo della platea di fondazione della fossa, calcolata per rispondere ai carichi di esercizio e alla spinta idraulica della falda.

- Dopo idonea stagionatura del calcestruzzo, sigillare la ripresa di getto tra la platea della fossa e le pareti verticali, mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente autosigillante, di dimensioni 20x25 mm. Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia delle superfici, eliminando i residui delle lavorazioni precedenti e soprattutto la boiaccia derivante dal fenomeno di bleeding superficiale che generalmente si crea durante il costipamento del conglomerato cementizio. Quindi fissare il cordolo mediante semplice chiodatura (1 chiodo ogni 25 cm) nella mezzeria della sezione delle



Fig. 7.5f - Getto delle pareti verticali



Fig. 7.7 - Impermeabilizzazione di una fossa ascensore realizzata all'interno di uno scavo di sbancamento

pareti verticali tra i ferri di chiamata. Le giunzioni dei capi avverranno per semplice accostamento (mai per sovrapposizione) di almeno 6 cm.

- Dopo aver disposto il cassero negativo (interno), si esegue il getto di calcestruzzo per la realizzazione delle pareti verticali della fossa che, ai fini della durabilità, dovrà essere progettato secondo le prescrizioni riportate al Par. 6.

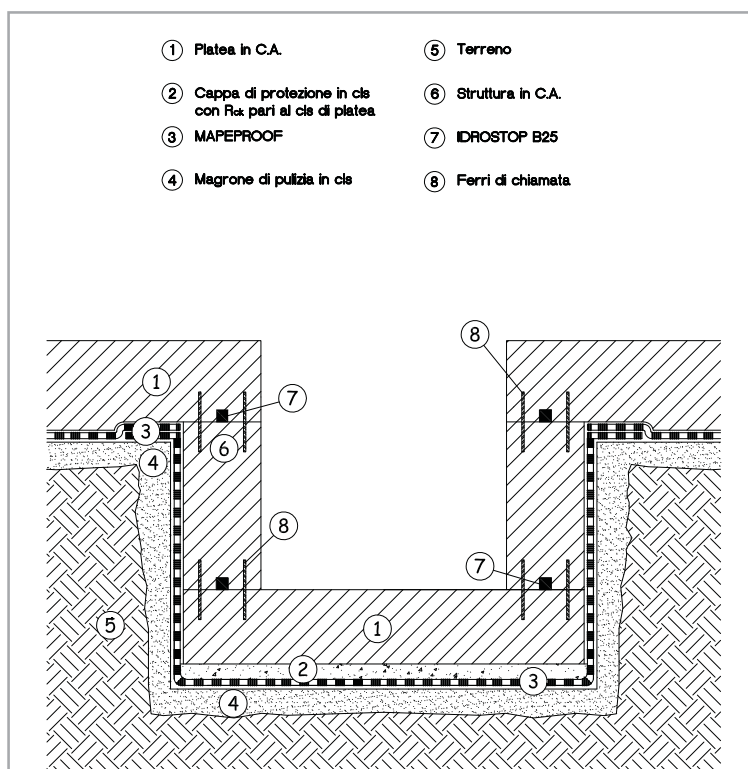


Fig. 7.6 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione della fossa ascensore

Nel caso di realizzazione del vano fossa mediante sbancamento (Fig. 7.7) l'impermeabilizzazione della struttura viene eseguita come di seguito indicato.

- Per la formazione del piano di posa e per facilitare l'applicazione del sistema impermeabile, il fondo dello scavo dovrà essere regolarizzato mediante l'esecuzione di un magrone, avente uno spessore medio di circa 10 cm.

- Realizzare i casseri perimetrali per l'esecuzione del getto della platea. Quindi procedere alla posa di MAPEPROOF posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene sulle sponde interne dei casseri (Fig. 7.8) per poi risvoltarlo sul magrone per una fascia non inferiore a 20 cm; il geotessile superiore (non tessuto bianco) sarà rivolto all'interno e pertanto visibile. Deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati ai casseri mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli sui casseri. Durante la posa in corrispondenza di eventuali tubazioni passanti (vedi Par 7.9) i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi.

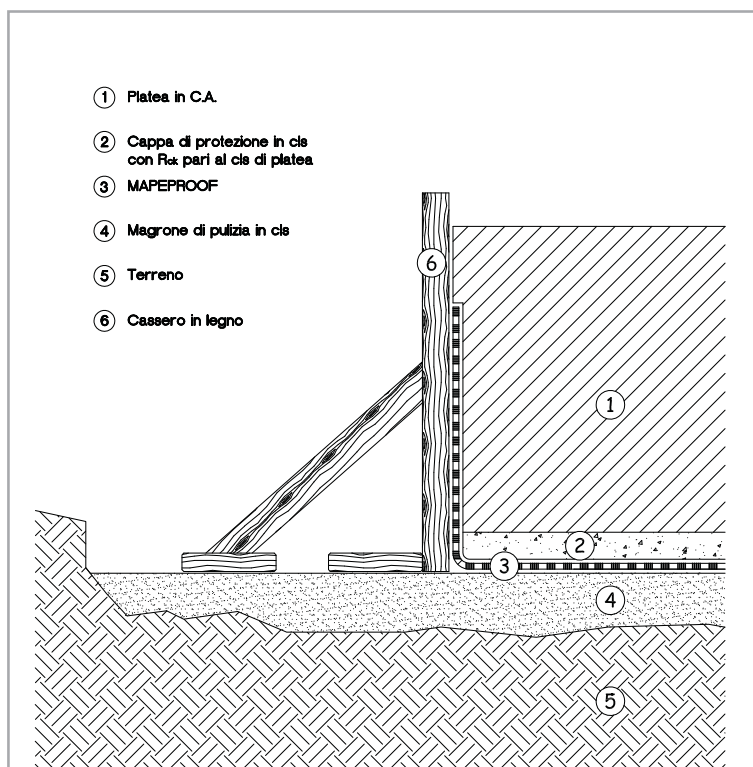


Fig. 7.8 - Particolare tecnico di MAPEPROOF applicato sul cassero in legno



Fig. 7.9 - Fasi di getto, al di sopra di MAPEPROOF, della cappa di protezione realizzata con calcestruzzo di pari Rck di quello di platea





- Sulla superficie orizzontale, stendere MAPEPROOF fissandolo al sottofondo mediante chiodi e rondelle, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli sul magrone. Durante la posa in corrispondenza di eventuali corpi passanti (pozzetti, tubazioni, ecc.) i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi.

- Al fine di proteggere dagli eventuali danneggiamenti che possono essere causati dalla normale attività di cantiere e permettere lo svolgimento di tutte le operazioni di posa delle armature metalliche per il getto della successiva platea di fondazione, può essere necessaria l'esecuzione al di sopra dei teli MAPEPROOF di una cappa di protezione in calcestruzzo di pari qualità di quello di fondazione dello spessore compreso tra 5 e 10 cm (Fig. 7.9). Tale operazione non è obbligatoria, in quanto il telo bentonitico è in grado di resistere sia ai distanziatori che ai ferri d'armatura. In questo caso la gabbia di armatura della fossa ascensore va distanziata da MAPEPROOF mediante l'utilizzo di appositi distanziatori plastici, che permettano il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura, garantendo la formazione di un opportuno copriferro.

- Eseguire il getto di calcestruzzo della platea di fondazione della fossa, calcolata per rispondere ai carichi di esercizio e alla spinta idraulica della falda.

- Dopo idonea stagionatura del calcestruzzo, sigillare la ripresa di getto tra la platea e le pareti verticali, mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente autosigillante, di dimensioni 20x25 mm. Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia delle superfici e a fissare il giunto bentonitico così come descritto nei paragrafi precedenti.

- Successivamente disporre il doppio cassero per la realizzazione delle

pareti verticali in calcestruzzo, ponendo particolare attenzione nel posizionare la prima fila di distanziatori inferiori dei casseri a 5-10 cm dal giunto IDROSTOP B25.

- Eseguire il getto delle pareti della fossa che dovrà essere progettato secondo le prescrizioni riportate al par. 6.

- Ad avvenuta stagionatura del getto le pareti dovranno essere disarmate ed impermeabilizzate mediante applicazione di MAPEPROOF in post-getto (vedi Par. 7.7.1). Eseguire la sigillatura del raccordo tra le pareti verticali della fossa e la platea di fondazione, mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente autosigillante di dimensioni 20x25 mm.

- Ultimate le opere di impermeabilizzazione della fossa ascensore, si procederà al posizionamento di MAPEPROOF sul magrone di platea come illustrato nel paragrafo successivo. E' assolutamente necessario garantire una totale continuità tra i teli MAPEPROOF provenienti dalle pareti verticali della fossa ascensore e quelli orizzontali da posizionare sotto la platea, con un sormonto mai inferiore a 10 cm.

## 7.4 IMPERMEABILIZZAZIONE ORIZZONTALE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE

Per facilitare l'applicazione del sistema impermeabile, la superficie di posa dovrà essere regolare, priva di protuberanze, grossi vuoti e/o sporgenze acuminate favorendo così la corretta stesura del sistema. Provvedere pertanto alla regolarizzazione del terreno mediante l'esecuzione di un magrone avente uno spessore medio di circa 10 cm. Si consiglia la realizzazione di magroni continui e monolitici.

Nel caso di uno scavo non confinato (vedi Par. 4) procedere all'applicazione del sistema impermeabile come di seguito indicato:

- realizzare i casseri perimetrali per l'esecuzione del getto della platea.

Quindi si proceda alla posa di MAPEPROOF posizionando il geotessile



Fig. 7.10 - Chiodatura di MAPEPROOF su un cassero in legno

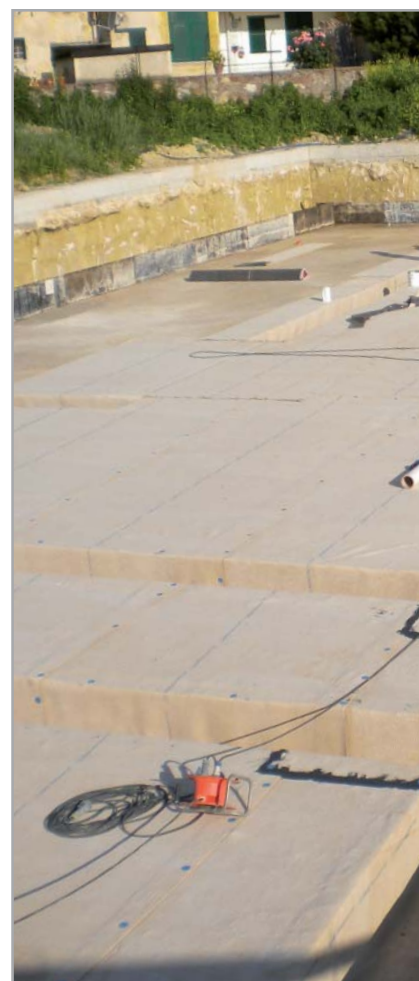


Fig. 7.11 - Impermeabilizzazione della platea nervata mediante applicazione di MAPEPROOF



Fig. 7.12 - Stesura di MAPEPROOF mediante l'impiego di un bilancino metallico



inferiore (tessuto scuro) in polipropilene sulle sponde interne dei casseri (Fig. 7.7 e Fig. 7.10) per poi risvoltarlo sul magrone per una fascia non inferiore a 20 cm; il geotessile superiore (non tessuto bianco) sarà rivolto all'interno e pertanto visibile. Deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati ai casseri mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa.

Nel caso di uno scavo confinato (vedi Par. 4) procedere all'applicazione del sistema impermeabile come di seguito indicato:

- stendere i rotoli di MAPEPROOF posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene a ridosso del magrone e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa.

- Applicare MAPEPROOF nella zona inferiore delle paratie di contenimento delle pareti dello scavo, risvoltandolo sul magrone per una fascia di almeno 20 cm. Il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene deve essere posto a ridosso del supporto e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile.

Dopo aver completato la posa sui casseri o sulla parte bassa delle paratie, si procede a stendere i rotoli di MAPEPROOF sul magrone come descritto in seguito.

- Stendere (Fig. 7.12) i rotoli di MAPEPROOF posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene a ridosso del magrone e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa.

- Al fine di proteggere dagli eventuali danneggiamenti che possono essere causati dalla normale attività di cantiere e permettere lo svolgimento di tutte le operazioni di posa delle armature metalliche per il getto della successiva platea di fondazione, può essere necessaria l'esecuzione al di sopra dei teli MAPEPROOF di una cappa di protezione in calcestruzzo di pari qualità di fondazione, dello spessore compreso tra 5 e 10 cm. Tale operazione non è obbligatoria, in quanto il telo bentonitico è in grado di resistere sia ai distanziatori che ai ferri d'armatura. In questo caso le armature devono essere distanziate da MAPEPROOF mediante l'utilizzo di appositi distanziatori plastici (Fig. 7.13), che permettano il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro.

- Procedere alla posa delle armature metalliche ed alla successiva esecuzione dei getti di calcestruzzo per la platea di fondazione, calcolata per rispondere ai carichi di esercizio ed alla spinta idraulica della falda. Il calcestruzzo, ai fini della durabilità, dovrà essere progettato secondo le prescrizioni riportate al Par. 6.



Fig. 7.13 - Armature metalliche posate su MAPEPROOF e separate da esso mediante distanziatori

## 7.5 IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE TESTE DI PALO

Spesso il progettista si trova a dover progettare strutture di fondazione su terreni con scarsa portanza ed è quindi costretto ad adottare sistemi di fondazioni profonde come i pali in calcestruzzo armato. I pali collaborano con la platea nel consentire il soddisfacimento di tutti i requisiti di progetto. Nel caso di impermeabilizzazione di una platea di fondazione disposta su pali, è necessario distinguere due diverse tipologie applicative, differenziate unicamente dalla metodologia di posa di MAPEPROOF che può essere attraversato o meno dalla testa del palo.

Nel caso di una testa di palo passante il telo bentonitico (Fig. 7.14) , si procederà all'applicazione del sistema impermeabile come di seguito indicato:





Fig. 7.15 - Scapitozzatura della testa del palo



Fig. 7.16 - Cassero cilindrico metallico posizionato per l'esecuzione del getto con MAPEGROUT COLABILE

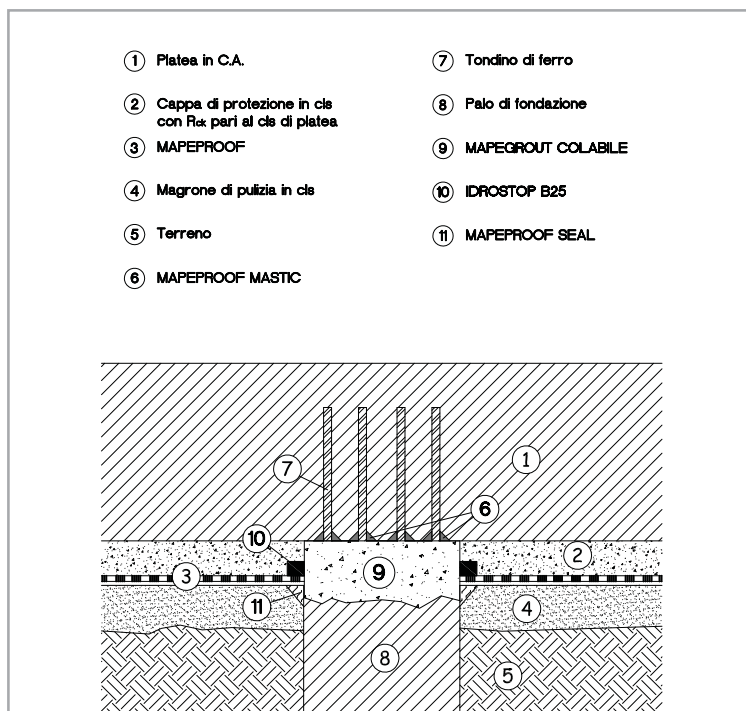


Fig. 7.14 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione della testa del palo collaborante con la platea e passante il telo bentonitico

- asportare la testa del palo (scapitozzatura) per un'altezza tale da garantire che la quota della superficie scarificata sia almeno 10 cm al di sotto della quota di estradosso del magrone.

La demolizione (Fig. 7.15) deve essere eseguita mediante scarifica con attrezzi meccanici (martelletti demolitori leggeri alimentati ad aria compressa), al fine di rendere il sottofondo sufficientemente scabro. Pulire accuratamente delle superfici demolite mediante idrolavaggio a pressione (120-180 atm) al fine di eliminare depositi pulverulenti o eventuali tracce di pellicole o qualsiasi altro materiale che possa compromettere l'adesione del successivo ripristino in malta.

- Posizionare un cassero cilindrico metallico (Fig. 7.16) di altezza 15 cm e di larghezza adeguata alla sezione del palo stesso. In seguito, al fine di garantire un'adesione monolitica tra la testa del palo ed il nuovo getto di ripristino, si consiglia l'applicazione sulle superfici di EPORIP, adesivo epossidico bicomponente, esente da solventi.

Applicare EPORIP su supporto asciutto o leggermente umido, facendo attenzione a farlo penetrare nelle zone particolarmente irregolari o porose al fine di garantire una perfetta adesione alla totalità della superficie.

- Colare (Fig. 7.17-18) all'interno del cassero, su EPORIP ancora fresco, MAPEGROUT COLABILE, malta a ritiro controllato fibrorinforzata per il risanamento del calcestruzzo, additivata con il 30% in peso di ghiaietto avente granulometria compresa tra 5 e 8-10 mm, additivata con lo 0,25% di MAPECURE SRA (additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro igrometrico che quello plastico). MAPEGROUT COLABILE garantisce sia una perfetta tenuta all'acqua sia un'elevata resistenza a compressione della testa del palo.

- Dopo aver rimosso il cassero, sarà necessario sigillare il perimetro della testa del palo (Fig. 7.19) procedendo alla posa di bentonite sodica naturale in polvere, MAPEPROOF SEAL, in ragione di 300 g per metro lineare.

- Stendere MAPEPROOF sagomando il telo intorno alla testa del palo (Fig. 7.20) posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene a ridosso del magrone. Rispettare un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei rotoli sul magrone.

- Intorno alla testa del palo, chiodare IDROSTOP B25 (Fig. 7.21), giunto bentonitico idroespandente autosigillante, di dimensioni 20x25 mm; le giunzioni dei capi avverranno per semplice accostamento di almeno 6 cm.



Fig. 7.17 - Testa del palo ricostruita con MAPEGROUT COLABILE



Fig. 7.18 - Visione d'insieme di una serie di pali nella fase di ricostruzione della testa di ciascuno



Fig. 7.19 - Sigillatura del perimetro della testa del palo con MAPEPROOF SEAL





Fig. 7.20 - MAPEPROOF sagomato intorno alla testa del palo



Fig. 7.21 - Applicazione di IDROSTOP B25 intorno alla testa del palo



Fig. 7.22 - Stuccatura delle armature del palo con MAPEPROOF MASTIC

- La lavorazione viene ultimata con la stuccatura di tutte le armature della testa del palo mediante applicazione a spatola intorno a ciascun ferro di MAPEPROOF MASTIC, stucco bentonitico a base di bentonite sodica naturale e additivi plastificanti (Fig. 7.22).

Nel caso di una testa di palo non passante il telo bentonitico, (Fig. 7.23) procedere all'applicazione del sistema impermeabile come di seguito indicato:

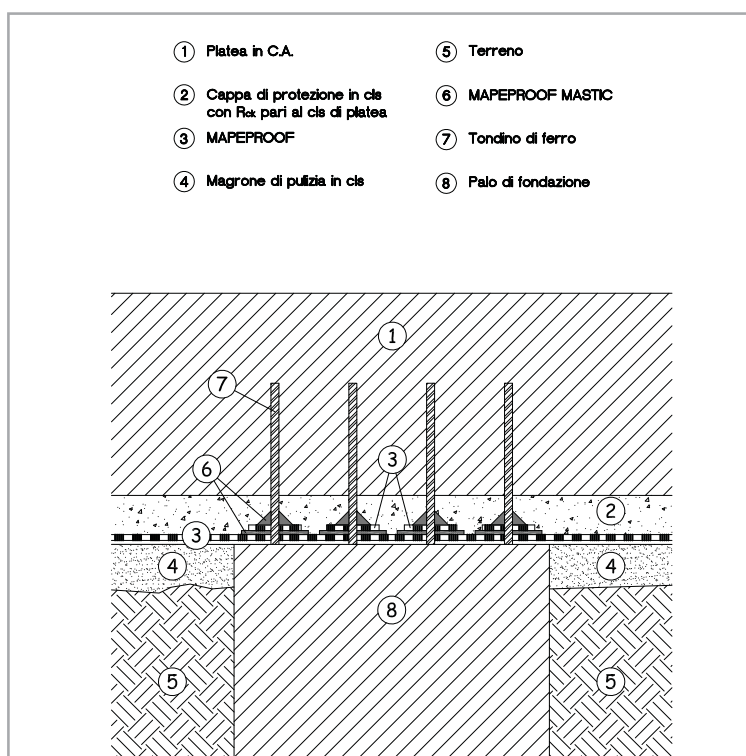


Fig. 7.23 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione della testa del palo collaborante con la platea e non passante il telo bentonitico

- stendere MAPEPROOF forando il telo per consentirne l'attraversamento dei ferri d'armatura della testa del palo (Fig. 7.24) e posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene a ridosso del magrone e con il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile, rispettando un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in ppolietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa.

## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

- Dopo aver stuccato con MAPEPROOF MASTIC tutti i ferri d'armatura, applicare uno spezzone di telo bentonitico su ciascun ferro. Il raccordo tra spezzone e armatura dovrà essere ulteriormente stuccato con MAPEPROOF MASTIC (Fig. 7.25-27).

Per l'impermeabilizzazione della platea, la posa in opera del telo bentonitico non differisce da quanto già illustrato al Par. 7.4.

Al fine di proteggere MAPEPROOF da eventuali danneggiamenti e permettere lo svolgimento di tutte le operazioni di posa delle armature metalliche per il getto della platea di fondazione, può essere necessaria l'esecuzione di una cappa di protezione in calcestruzzo, dello spessore medio di 5-10 cm, avente la stessa qualità del getto di fondazione. Tale operazione non è obbligatoria, in quanto il telo bentonitico è in grado di resistere sia ai distanziatori che ai ferri d'armatura. In questo caso le armature vanno distanziate da MAPEPROOF mediante l'utilizzo di appositi distanziatori plastici, che permettano il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro.

Dopo aver posizionato le armature metalliche, si realizzerà il getto della platea di fondazione nel rispetto delle prescrizioni del calcestruzzo illustrate nel Par. 6. Nel caso in cui fosse necessario eseguire il getto della platea in più riprese, occorre sigillare tali riprese di getto (Fig. 7.28-29) mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, di dimensioni 20x25 mm composto da bentonite sodica naturale e polimeri. Il cordolo deve essere fissato sulla platea nella mezzeria dello spessore dei muri perimetrali mediante semplice chiodatura (1 chiodo ogni 25 cm); le giunzioni dei capi devono avvenire per semplice accostamento (mai per sovrapposizione) di almeno 6 cm. L'accostamento deve essere realizzato anche tra IDROSTOP B25 utilizzato per sigillare la ripresa di getto in platea e quello impiegato per la sigillatura della ripresa di getto delle pareti verticali (Fig. 7.30).



Fig. 7.24 - MAPEPROOF attraversato dalle armature del palo



Fig. 7.25 - Rinforzo localizzato dell'impermeabilizzazione mediante uno spezzone di MAPEPROOF e stuccatura con MAPEPROOF MASTIC



Fig. 7.26 - Spezzone di telo chiodato al supporto



Fig. 7.27 - Visione d'insieme dell'impermeabilizzazione di una serie di teste di pali



Fig. 7.29 - Sigillatura di una ripresa di getto in platea con IDROSTOP B25. E' visibile anche il foglio in PE posto a protezione della fascia di Mapeproof che fuoriesce dalla platea per garantire il sormonto con il telo che verrà posto prima del getto successivo

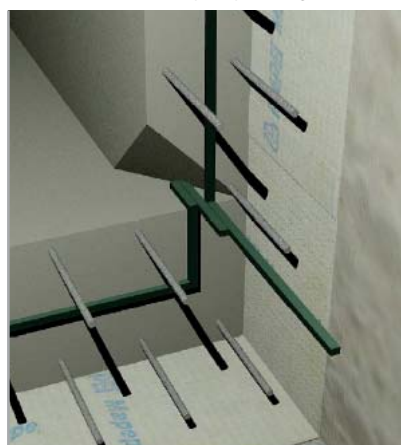


Fig. 7.30 - Accostamento tra IDROSTOP B25 utilizzato per sigillare una ripresa di getto in platea con quello impiegato per sigillare le riprese di getto parete-platea e parete-parete

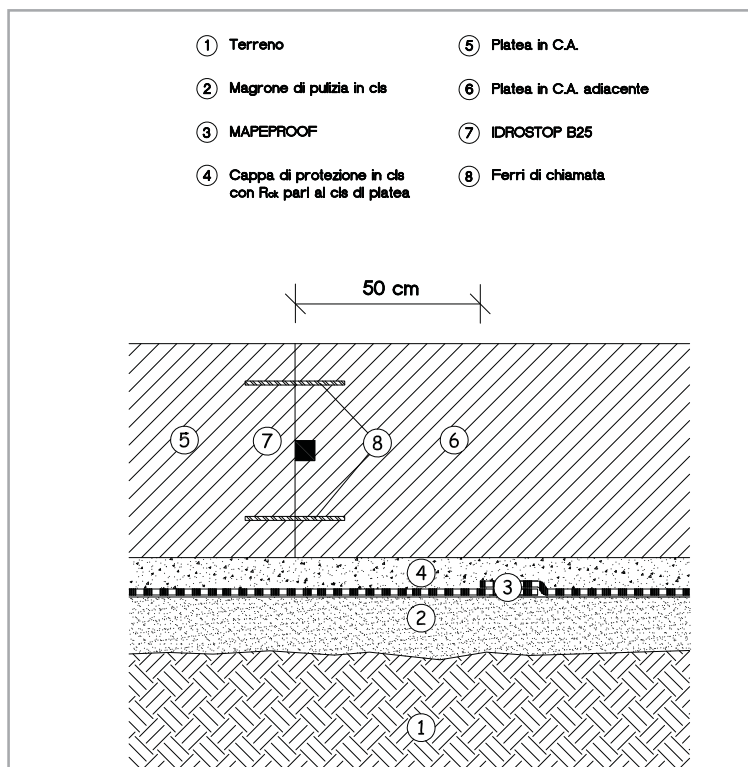


Fig. 7.28 - Particolare tecnico della sigillatura di una ripresa di getto in platea.

Completato il getto della platea, si possono avere due distinte possibilità: se lo scavo realizzato è confinato, si procederà alla posa dell'impermeabilizzazione verticale in fase di pre-getto (Par. 7.6); se lo scavo non è confinato, si realizzeranno le pareti verticali in calcestruzzo armato per poi impermeabilizzarle in fase di post-getto (Par. 7.7).



## 7.6 IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI IN PRE-GETTO

La stesura di MAPEPROOF sulle paratie di contenimento delle pareti dello scavo va distinta in quattro casi differenti, in base al tipo di elemento strutturale impiegato per confinare lo scavo: palancole, pali, micropali e diaframmi.

### Palancole

MAPEPROOF può essere applicato direttamente sulle palancole, nel caso



in cui non sia previsto il loro recupero, oppure su un tavolato continuo in OSB (Oriented Strand Board) in appoggio alle palancole (Fig. 7.31).

Il telo bentonitico è sagomabile, quindi può essere posato direttamente sulle palancole adattandosi perfettamente alle loro forme. La prima operazione da eseguire è l'idrolavaggio a pressione (150-180 atm) di tutte le superfici per eliminare le parti incoerenti. Successivamente viene applicato MAPEPROOF partendo dall'alto e risvoltando i rotoli con il geotessile inferiore in polipropilene (tessuto scuro) a ridosso delle palancole con una sormonta di almeno 10 cm tra i teli. Questi verranno fissati sui supporti mediante sparachiodi, ogni 30 cm circa. Tale soluzione tecnica eviterà l'apertura dei sormonti che potrebbe verificarsi sotto la spinta dei getti di calcestruzzo. Qualora, a completamento lavori, fosse previsto il recupero delle palancole, dovrà essere previsto un tavolato continuo con pannelli OSB (Oriented Strand Board) in appoggio alle palancole. Tale soluzione può essere adottata anche nel caso si ritenesse semplicemente necessario predisporre un piano di posa planare che garantisca un supporto idoneo e adeguato ai teli bentonitici che verranno fissati ai pannelli mediante una fitta graffettatura. Prima di effettuare il getto delle pareti in calcestruzzo sarà necessario riempire con sabbia i vuoti tra i pannelli OSB e le palancole al fine di garantire ai pannelli un supporto solido in ogni punto.

Le modalità di posa in opera di MAPEPROOF su pali, micropali e diaframmi possono essere assimilabili tra loro, ma per chiarezza espositiva verranno trattate in maniera distinta per evidenziare alcune differenze applicative.

## Pali

Nel caso di applicazioni su pali di dimensioni notevoli sarà possibile stendere i teli bentonitici direttamente sui pali stessi (Fig. 7.32), come già illustrato per la posa di MAPEPROOF sulle palancole. Altrimenti si può scegliere di applicare MAPEPROOF su pannelli OSB (Fig. 7.33-34) appoggiati ai pali, allo stesso modo di quanto già detto per le palancole. Se i pali hanno dimensioni ridotte, si procederà dapprima all'idrolavaggio delle superfici ed alla successiva regolarizzazione del piano di posa e delle teste dei



Fig. 7.31 - Applicazione di MAPEPROOF direttamente sulle palancole



Fig. 7.32 - MAPEPROOF applicato direttamente su una paratia composta da pali



Fig. 7.33 - Applicazione di MAPEPROOF su pannelli OSB in appoggio ai pali



tiranti (qualora presenti), mediante l'applicazione di MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati, da additivare con lo 0,25% di MAPECURE SRA, additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro igrometrico che quello plastico.

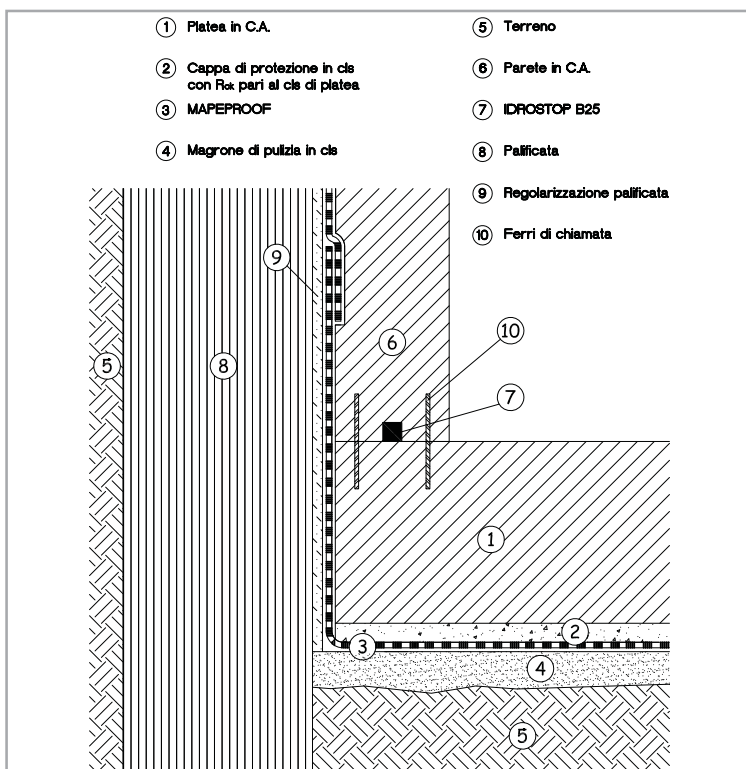


Fig. 7.34 - Particolare tecnico dell'applicazione di Mapeproof contro una paratia di pali regularizzati



Dopo l'indurimento della malta, è buona norma applicare sulle teste dei tiranti uno spezzone di telo MAPEPROOF allo scopo di rinforzare localmente l'impermeabilizzazione. Successivamente si impermeabilizzeranno tutte le superfici verticali mediante applicazione dei teli partendo dall'alto, con una sovrapposizione minima di 10 cm e fissandoli con chiodi e rondelle in polietilene MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa. La trave di coronamento della paratia deve essere anch'essa impermeabilizzata, procedendo ad un idrolavaggio a pressione (180-300 atm) e successiva regularizzazione con PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430,

malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o, ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT. Una volta regolarizzata e rettificata la superficie, si potrà procedere all'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto. MAPELASTIC FOUNDATION deve essere steso su tutta la faccia anteriore della trave di coronamento (Fig. 7.35), sull'intradosso della stessa e sulla fascia superiore della paratia, così da poter essere sormontato con MAPEPROOF per almeno 30 cm, chiudendo ermeticamente il sistema impermeabile. Il raccordo tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION deve essere sigillato mediante applicazione di IDROSTOP B25.

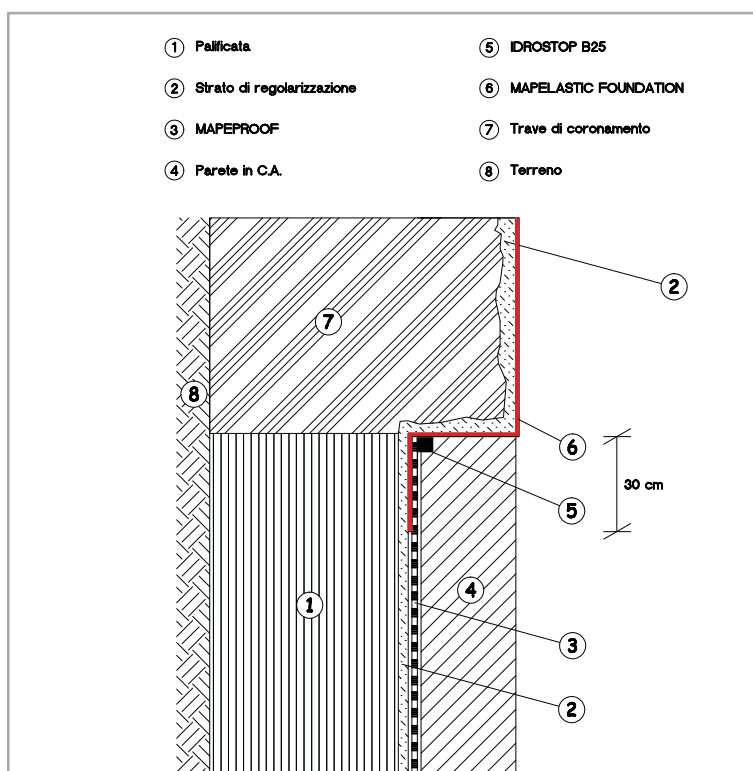


Fig. 7.35 - Impermeabilizzazione della trave di coronamento di una paratia



Fig. 7.36 - Paratia in micropali regolarizzata con MAPEGROUT T60



Fig. 7.37 - Posa di MAPEPROOF contro un diaframma





#### Micropali

Le paratie costituite dai micropali presentano una superficie irregolare e pertanto si rende necessaria la realizzazione di un piano di posa planare idoneo alla stesura di MAPEPROOF; in alternativa si potranno prevedere opportuni presidi che garantiscano un supporto idoneo per il fissaggio in verticale dei sormonti del telo bentonitico. Le modalità operative sono essenzialmente tre:

- posa di un tavolato continuo con pannelli OSB (Oriented Strand Board) in appoggio ai micropali;
- idrolavaggio e successiva regolarizzazione (Fig. 7.36) mediante l'applicazione di MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati, additivata con lo 0,25% di MAPECURE SRA;
- infissione, in aderenza ai micropali, di assi in legno poste ad interasse pari alla larghezza del telo, per il fissaggio in verticale dei sormonti di MAPEPROOF.

Ultimate le operazioni sopra indicate si procede alla posa di MAPEPROOF partendo dall'alto e sovrapponendo i teli per 10 cm, fissandoli con chiodi e rondelle in polietilene MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa.



#### Diaframmi

La superficie dei diaframmi è sufficientemente regolare da consentire di eseguire la posa di MAPEPROOF direttamente su di essi (Fig. 7.37-39). La procedura di applicazione da seguire è identica a quella già descritta per le palancole, pertanto la prima operazione da eseguire è l'idrolavaggio a pressione (150-180 atm) di tutte le superfici per eliminare le parti incoerenti. Si regolarizzano successivamente le teste dei tiranti (qualora presenti), mediante l'applicazione di MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati, da additivare con lo 0,25% di MAPECURE SRA, additivo stagionante in grado di ridurre sia il ritiro igrometrico che quello plastico.

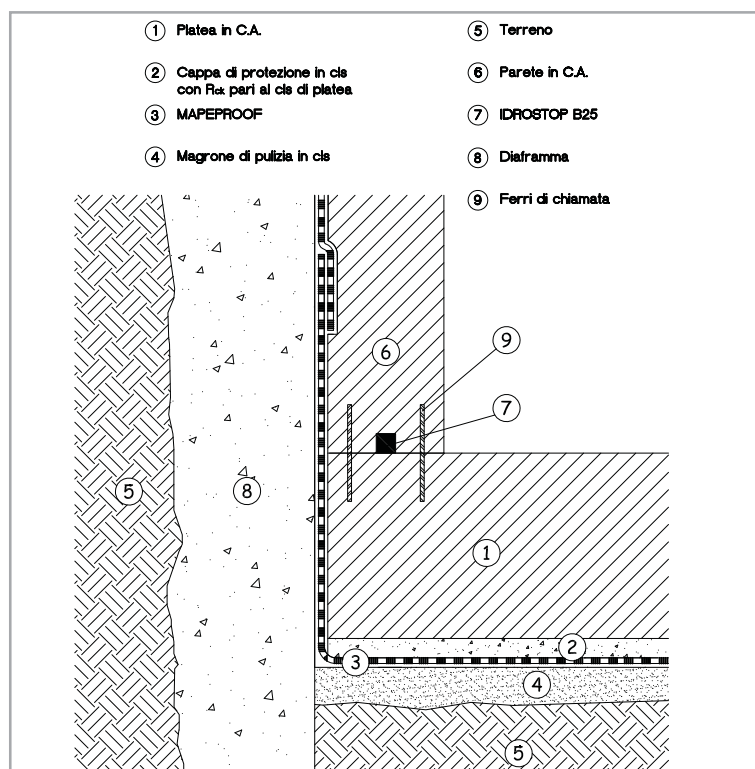


Fig. 7.39 - Particolare tecnico dell'applicazione di MAPEPROOF contro un diaframma.

Dopo l'indurimento della malta, verranno applicati, sulle teste dei tiranti regolarizzati, spezzoni di telo bentonitico allo scopo di rinforzare localmente l'impermeabilizzazione. Quindi dovrà esser posato MAPEPROOF partendo dall'alto e posizionandolo con il geotessile inferiore in polipropilene (tessuto scuro) a ridosso del supporto con una sormonta di almeno 10 cm tra i teli che verranno fissati mediante chiodatura ogni 30 cm circa. Tale soluzione tecnica eviterà l'apertura dei sormonti che potrebbe verificarsi sotto la spinta dei getti di calcestruzzo. Nel caso di venute puntuali d'acqua, anche in pressione, prima della posa di MAPEPROOF si procederà a sigillarle mediante applicazione manuale di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.

In tutti i quattro casi appena descritti, i teli bentonitici applicati in verticale devono essere sormontati a quelli posizionati prima del getto di platea. in tal



Fig. 7.38 - Applicazione di MAPEPROOF sulla parte inferiore dei diaframmi



modo verrà garantita la continuità strutturale tra lo strato impermeabilizzante orizzontale e quello verticale.

In taluni casi, per ridurre lo spessore delle strutture in calcestruzzo armato da realizzare, si applicano delle armature di collegamento (connettori) tra paratia e struttura da gettare, creando una collaborazione statica tra questi due elementi strutturali (Fig. 7.40). In corrispondenza dei ferri di chiamata, MAPEPROOF dovrà essere forato per consentirne l'attraversamento da parte degli stessi che, dopo aver posato MAPEPROOF, verranno sigillati in tre fasi: stuccatura mediante MAPEPROOF MASTIC, stucco bentonitico a base di bentonite sodica naturale e additivi plastificanti; applicazione di spezzoni di telo bentonitico opportunamente chiodati e stuccatura finale nel raccordo tra spessore e ferri con MAPEPROOF MASTIC.

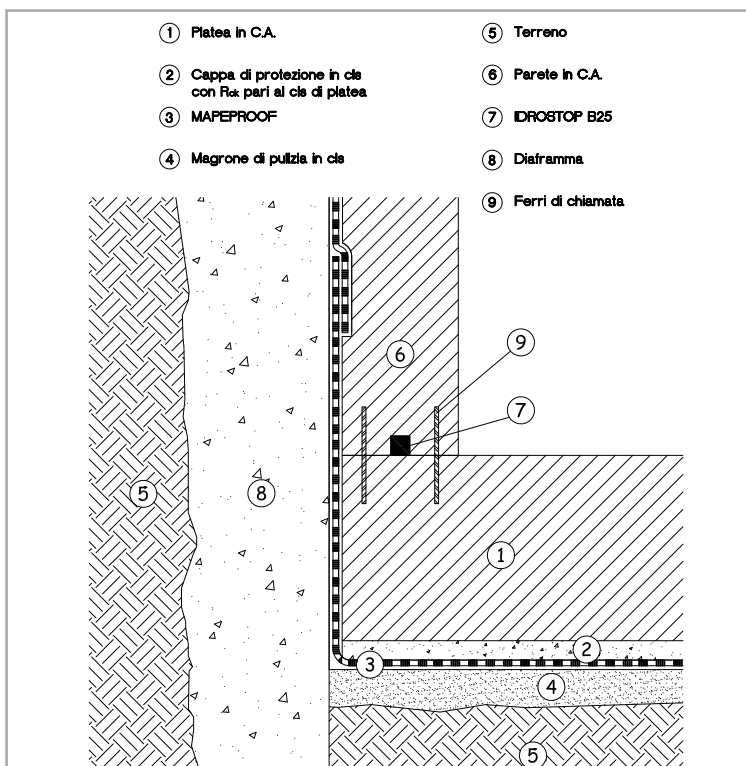


Fig. 7.40 - Particolare tecnico dell'applicazione di MAPEPROOF contro un diaframma reso collaborante alla struttura.

Al termine dell'applicazione di MAPEPROOF si sigilleranno le riprese di getto tra platea e pareti verticali in calcestruzzo armato mediante IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, chiodato ogni 25 cm in mezzeria della sezione delle pareti verticali tra i ferri di chiamata.

Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia della superficie, eliminando i residui delle lavorazioni precedenti e soprattutto la boiaccia derivante dal fenomeno di bleeding superficiale, che generalmente avviene durante il costipamento del conglomerato cementizio. Quindi si procederà alla chiusura dei casseri ed al getto delle pareti in calcestruzzo armato rispettando le prescrizioni del calcestruzzo presentate nel Par. 6. L'operazione di sigillatura mediante IDROSTOP B25 dovrà essere ripetuta su ciascuna ripresa di getto eseguita nelle pareti verticali avendo cura di accostare (per almeno 6 cm) il cordolo posto verticalmente tra le pareti con quello posto sul piano orizzontale (Fig. 7.41).

## 7.7 IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI IN POST-GETTO

Come già precedentemente accennato, se è stato eseguito uno scavo non confinato, è possibile lavorare sul lato esterno delle pareti verticali, realizzando l'impermeabilizzazione in post-getto. In questi casi, una volta completato il getto della platea e ad avvenuta maturazione dello stesso, si sigillano le riprese di getto tra platea e pareti verticali in calcestruzzo armato mediante applicazione di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, chiodato ogni 25 cm nella mezzeria della sezione delle pareti verticali tra i ferri di chiamata. Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia della superficie, eliminando i residui delle lavorazioni precedenti, soprattutto la boiaccia derivante dal fenomeno di bleeding superficiale, che generalmente avviene durante il costipamento del conglomerato cementizio. Quindi si procede alla chiusura dei casseri ed al getto delle pareti in calcestruzzo armato (rispettando le prescrizioni del calcestruzzo illustrate nel Par. 6). L'operazione di sigillatura mediante IDROSTOP B25 va ripetuta in ciascuna ripresa di getto eseguita nelle pareti verticali, avendo cura di accostare (per almeno 6 cm) il cordolo



Fig. 7.41 - Accostamento tra IDROSTOP B25 impiegato per sigillare la ripresa di getto tra platea e parete e quello impiegato per le riprese di getto tra pareti contigue

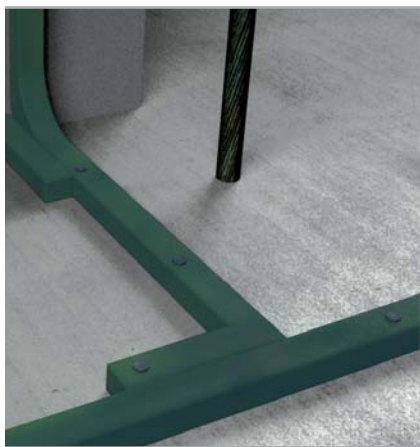


Fig. 7.43 - Lame di cassero sporgenti dalla parete in c.a. prima della rimozione delle stesse



Fig. 7.44 - Regolarizzazione della superficie in calcestruzzo dopo la rimozione delle lame di cassero





posto verticalmente tra le pareti con quello posto sul piano orizzontale. In alternativa a IDROSTOP B25 può essere applicato IDROSTOP come già illustrato nel Par. 7.1.

MAPEI offre un ampio ventaglio di soluzioni tecniche e di prodotti per l'impermeabilizzazione delle superfici verticali in fase di post-getto che verranno di seguito illustrate.

La continuità tra lo strato impermeabilizzante applicato in fase di pre-getto (platea) e quello in post-getto (parete) verrà garantita mediante sovrapposizione di 10 cm, nel caso in cui anche per la superficie verticale venga impiegato MAPEPROOF o MAPEPROOF LW. Se l'impermeabilizzazione delle superfici verticali in post-getto viene realizzata con MAPELASTIC FOUNDATION o con un prodotto della linea PLASTIMUL, questi dovranno essere applicati fino a congiungersi con MAPEPROOF applicato in pre-getto. Quindi per garantire la continuità dello strato impermeabile, applicare una fascia di MAPEPROOF partendo dal raccordo parete-platea, opportunamente stuccato con MAPEPROOF MASTIC, fino a sormontare di almeno 10 cm quello applicato in pre-getto.



#### 7.7.1 IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON MAPEPROOF O MAPEPROOF LW

I teli MAPEPROOF e MAPEPROOF LW possono essere applicati anche in fase di post-getto (Fig. 7.42). Prima di procedere alla posa di MAPEPROOF occorre rimuovere o sigillare i distanziatori (Fig. 7.43-44) a seconda che essi siano rispettivamente metallici (nel caso di casseri lignei) oppure plastici (nel caso di casseri metallici). Successivamente si dovrà procedere all'eliminazione di tutte le irregolarità dei supporti e alla rasatura dei nidi di ghiaia eventualmente presenti mediante l'applicazione di MAPEGROUT RAPIDO, malta a ritiro controllato, fibrorinforzata, a presa ed indurimento rapidi per il risanamento del calcestruzzo, o in alternativa di PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo.

In prossimità dell'angolo retto tra il muro e la fondazione si consiglia di realizzare una sguscia, al fine di costituire un'opportuna base d'appoggio



per il raccordo tra la superficie orizzontale e quella verticale, utilizzando MAPEGROUT RAPIDO o PLANITOP 400 oppure con una malta composta da sabbia e cemento additivato con PLANICRETE, lattice di gomma sintetico per impasti cementizi, nel rapporto di 1 a 3.

La parte sommitale della parete deve essere impermeabilizzata, per una fascia di almeno 50 cm, con MAPELASTIC FOUNDATION applicato in due mani per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Procedere successivamente alla posa di MAPEPROOF partendo dall'alto, avendo cura di sormontare MAPELASTIC FOUNDATION di almeno 20 cm.

Nel raccordo tra i due sistemi applicare MAPEPROOF MASTIC al di sopra di MAPELASTIC FOUNDATION. I teli verranno fissati mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 30 cm. Nell'applicazione in post-getto (Fig. 7.45), i teli bentonitici verranno posati collocando il geotessile superiore (non tessuto bianco) a ridosso della parete in calcestruzzo armato, mentre il geotessile inferiore (tessuto scuro) verrà rivolto all'esterno e pertanto a contatto con il terreno. E' opportuno sottolineare che il non tessuto bianco di MAPEPROOF deve essere posto sempre a contatto con la superficie da impermeabilizzare. Durante la posa in corrispondenza di eventuali tubazioni passanti, i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi che dovranno essere sigillati come illustrato al Par. 7.9.

Al termine della posa di MAPEPROOF, stendere un tessuto non tessuto da 250 g/m<sup>2</sup> a filo continuo a protezione dell'impermeabilizzazione durante le fasi di rinterro, che deve avvenire mediante l'impiego di terreno sciolto omogeneo, fine o misto, ben compattato per strati sovrapposti dello spessore di 40-50 cm, al fine di garantire, a operazione ultimata, l'assenza di vuoti e il migliore confinamento del sistema.

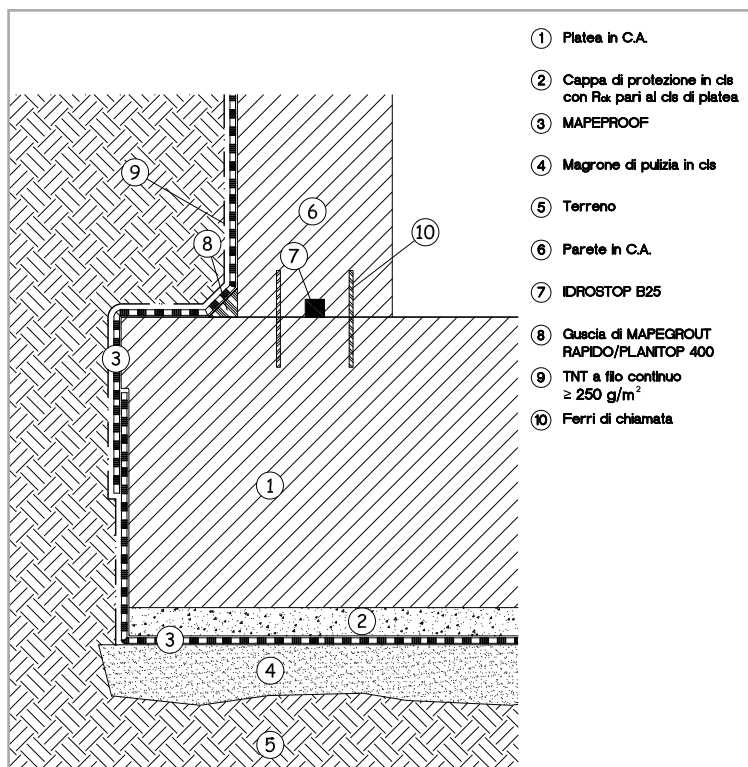


Fig. 7.45a - Chiodatura al supporto di MAPEPROOF in post-getto



Fig. 7.45b - Parete verticale impermeabilizzata con MAPEPROOF in post-getto





### 7.7.2 IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON MAPELASTIC FOUNDATION

MAPELASTIC FOUNDATION è una malta cementizia bicomponente elastica specifica per l'impermeabilizzazione di superfici in calcestruzzo soggette a spinta idraulica positiva (Fig. 7.46) e negativa (fino 1,5 atmosfere pari a 15 metri di colonna d'acqua). La superficie da trattare dovrà presentarsi pulita, priva di disarmanti, grassi, sporco e, in generale, di qualsiasi altro materiale che possa compromettere l'adesione del prodotto impermeabile. Pertanto si dovrà eseguire una pulizia accurata delle superfici mediante l'impiego di sabbiatura a secco a pressione controllata o in alternativa con idrolavaggio a forte pressione (150-180 atm).

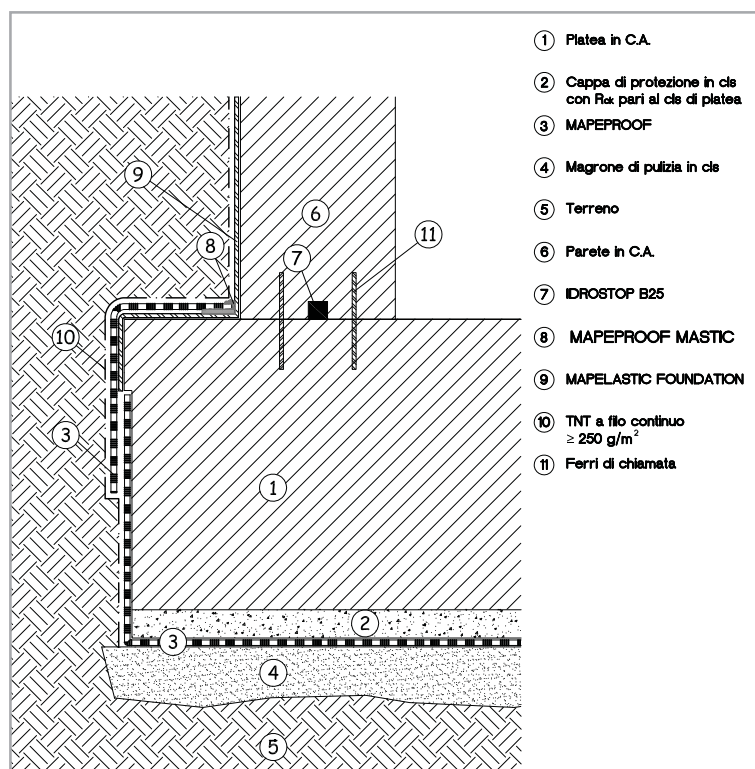


Fig. 7.46 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione di una platea con MAPEPROOF accoppiato al MAPELASTIC FOUNDATION applicato sulla parete.

Tutte le asperità devono essere eliminate e i nidi di ghiaia essere regolarizzati mediante applicazione di MAPEGROUT RAPIDO, malta a ritiro controllato, fibrorinforzata, a presa ed indurimento rapidi per il risanamento del calcestruzzo o, in alternativa, mediante PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo.

MAPELASTIC FOUNDATION deve essere applicato a pennello (Fig. 7.48), a rullo o a spruzzo, per uno spessore finale non inferiore a 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto. In corrispondenza di giunti strutturali applicare MAPEBAND TPE, nastro in TPE (acronimo di Termoplastiche Poliolefine Elastomeriche), impermeabile e ad alta elasticità, indicato per la sigillatura e l'impermeabilizzazione elastica dei



Fig. 7.47 - Applicazione a pennello di MAPELASTIC FOUNDATION sulla parte superiore della parete prima di applicare MAPEPROOF



Fig. 7.48a - Fasi dell'impermeabilizzazione elastica di un giunto di dilatazione, soggetto a movimenti fino a 10 mm, con MAPEBAND TPE: per evitare sbavature laterali dell'adesivo epossidico, stendere del nastro di carta ai lati del giunto



Fig. 7.48b - Stesura a spatola di ADESILEX PG4



Fig. 7.48c - Posizionamento di MAPEBAND TPE



Fig. 7.48d - Stesura a spatola del secondo strato di ADESILEX PG4



Fig. 7.48e - Prima della reticolazione di ADESILEX PG4 eseguire uno spolvero di quarzo a rifiuto e rimuovere il nastro di carta

giunti di dilatazione soggetti a movimenti fino a 10 mm di ampiezza. Il nastro dello spessore di 1 mm e rinforzato ai bordi con un tessuto in poliestere, dovrà essere posto in opera mediante incollaggio con ADESILEX PG4, adesivo epossidico bicomponente a consistenza tissotropica, procedendo nel seguente modo (Fig. 7.48):

- applicare un primo strato uniforme di circa 1-2 mm di ADESILEX PG4, con una spatola liscia, su sottofondo pulito ed asciutto, cercando di non introdurre l'adesivo all'interno del giunto. Posare MAPEBAND TPE esercitando una leggera pressione sui lati, facendo attenzione a non creare delle grinze e a non inglobare delle bolle d'aria.

- Stendere un secondo strato, fresco su fresco, di ADESILEX PG4 cercando di coprire completamente le parti laterali del nastro con il nuovo strato. Lisciare con una spatola piana e sul prodotto ancora fresco effettuare uno spolvero a rifiuto di quarzo sferoidale (con granulometria 0,5) al fine di creare un supporto sufficientemente ruvido per favorire l'adesione di MAPELASTIC FOUNDATION.

- Una volta completata la reticolazione di ADESILEX PG4 rimuovere il quarzo non adeso e procedere alla posa di MAPELASTIC FOUNDATION. A sua completa asciugatura della malta cementizia, stendere un tessuto non tessuto da 250g/m<sup>2</sup> a filo continuo a protezione dell'impermeabilizzazione nelle fasi di rinterro (Fig. 7.49).

### 7.7.3 IMPERMEABILIZZAZIONE VERTICALE IN POST-GETTO CON I PRODOTTI DELLA LINEA PLASTIMUL

L'impermeabilizzazione post-getto delle superfici verticali può essere realizzata utilizzando anche i prodotti della linea PLASTIMUL; si tratta di emulsioni bituminose impermeabilizzanti con differenti caratteristiche tecniche e prestazioni finali.

Prima dell'applicazione di ciascun prodotto della linea PLASTIMUL, la superficie da trattare dovrà presentarsi pulita, priva di sporco e in

generale, di qualsiasi altro materiale che possa compromettere l'adesione del prodotto impermeabile. La superficie del calcestruzzo, inoltre, deve essere priva di sbavature e nidi di ghiaia. Sigillare, quindi eventuali fessure ed imperfezioni presenti nel sottofondo con PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo o in alternativa con i prodotti della linea MAPEGROUT.

PLASTIMUL è un'emulsione bituminosa esente da solventi, che può essere impiegata per la protezione di strutture in muratura di mattoni, purché intonacate, o in calcestruzzo sia quando si è in presenza della sola umidità proveniente dal terreno sia quando si è in presenza di acqua di accumulo. La superficie da trattare deve essere inumidita per poi procedere all'applicazione di PLASTIMUL in due strati successivi, nel seguente modo:

- primo strato (primerizzazione). Diluire PLASTIMUL con circa il 45-50% di acqua e mescolare fino a completa omogeneità. Applicare la soluzione a pennello e a completo asciugamento, che, a seconda della temperatura e delle condizioni di aerazione, avviene in 3-6 ore, si potrà procedere all'applicazione del secondo strato.
- Secondo strato. Applicare PLASTIMUL puro a spatola (Fig. 7.50) o con pennellessa nello spessore minimo di circa 1 mm. Dopo il completo asciugamento, PLASTIMUL forma un rivestimento plastico impermeabile, resistente al riemulsione dopo prolungata immersione in acqua, anche se debolmente acida o alcalina; inoltre, è resistente agli agenti aggressivi provenienti dal terreno.

PLASTIMUL 1K SUPER PLUS è un'emulsione bituminosa monocomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con sfere di polistirolo e granuli di gomma, a basso ritiro, a rapido asciugamento e ad alta resa. L'aggiunta delle sfere di polistirolo garantisce lo spessore minimo, mentre i granuli di gomma aumentano



Fig. 7.49 - Protezione dell'impermeabilizzazione nelle fasi di reinterro, mediante la stesura di tessuto non tessuto da 250 g/m² a filo continuo



Fig. 7.50 - Applicazione a spatola di PLASTIMUL su una parete verticale controterra





le caratteristiche di flessibilità. Grazie a queste componenti il prodotto risulta di facile applicazione a spatola piana odentata e a spruzzo con pompa peristaltica PLASTIMUL 1K SUPER PLUS resiste agli alcali del calcestruzzo e alle sostanze aggressive solitamente presenti nel terreno. Essa viene utilizzata come rivestimento bituminoso impermeabilizzante a spessore sia su superfici orizzontali sia verticali in calcestruzzo o mattoni soggette a forti sollecitazioni dinamiche. Lo spessore dello strato asciutto non deve mai essere inferiore a 3 mm e quando si è in presenza di acqua in pressione lo spessore non deve essere mai inferiore a 4 mm; in tal caso è necessario inserire tra la prima e la seconda mano MAPENET 150, rete in fibra di vetro resistente agli alcali. Prima della posa del prodotto si procede alla preparazione del supporto, e all'applicazione di PLASTIMUL PRIMER (emulsione bituminosa a bassa viscosità pronta all'uso, priva di solventi e a rapida essiccazione) a rullo, a pennello o a spruzzo, in modo da uniformare il supporto (Fig. 7.51).

La posa in opera del PLASTIMUL 1K SUPER PLUS (Fig. 7.52) deve essere eseguita in spessore costante su tutta la superficie. Nel caso di interruzione, stendere PLASTIMUL 1K SUPER PLUS rasando a zero e, a ripresa del lavoro, sovrapporre il materiale per 10 cm.

PLASTIMUL 2K PLUS (Fig. 7.53) è un'emulsione bituminosa bicomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con fibre in cellulosa, a basso ritiro ed a rapido asciugamento, adatta per impermeabilizzare sia superfici in calcestruzzo che in mattoni. PLASTIMUL 2K PLUS, facilmente applicabile a spatola piana o dentata e a spruzzo con pompa peristaltica, resiste agli alcali del calcestruzzo e alle sostanze aggressive solitamente presenti nel terreno. Si tratta di un prodotto particolarmente indicato quando l'impermeabilizzazione viene eseguita in presenza di basse temperature o eccessiva umidità o quando si applica su superfici lisce. Lo spessore dello strato asciutto non deve mai essere inferiore a 3 mm e quando si è in presenza di acqua in pressione lo spessore non deve essere mai inferiore a 4 mm; in tal caso è necessario inserire tra la prima e la seconda mano MAPENET 150,





rete in fibra di vetro resistente agli alcali. Prima della posa del prodotto si procede alla preparazione del supporto e all'applicazione di PLASTIMUL PRIMER (emulsione bituminosa a bassa viscosità pronta all'uso, priva di solventi e a rapida essiccazione) a rullo, a pennello o a spruzzo, al fine di uniformare il supporto. La posa in opera di PLASTIMUL 2K PLUS deve essere eseguita in spessore costante su tutta la superficie. Nel caso di interruzione, stendere PLASTIMUL 2K PLUS rasando a zero e, a ripresa del lavoro, sovrapporre il materiale per 10 cm. PLASTIMUL 2K SUPER (Fig. 7.54) è un'emulsione bituminosa bicomponente impermeabilizzante, esente da solventi, altamente flessibile, con sfere di polistirolo, a basso ritiro ed a rapido asciugamento. Queste caratteristiche rendono il prodotto di facile applicazione sia a spatola piana che dentata su mattoni o su calcestruzzo armato. PLASTIMUL 2K SUPER resiste agli alcali del calcestruzzo ed alle sostanze aggressive solitamente presenti nel terreno. Lo spessore dello strato aciutto non deve mai essere inferiore a 3 mm e, quando si è in presenza di acqua in pressione, non deve essere mai inferiore a 4 mm e, in questo caso, è necessario inserire tra la prima e la seconda mano MAPENET 150, rete in fibra di vetro alcali resistente. Prima della posa del prodotto si procede alla preparazione del supporto e all'applicazione di PLASTIMUL PRIMER (emulsione bituminosa a bassa viscosità pronta all'uso, priva di solventi ed a rapida essiccazione) a rullo, pennello o a spruzzo, in modo da uniformare il supporto. La posa in opera di PLASTIMUL 2K SUPER deve essere eseguita in spessore costante su tutta la superficie.

Nel caso di interruzione, stendere PLASTIMUL 2K SUPER rasando a zero e, alla ripresa del lavoro, sovrapporre il materiale per 10 cm. PLASTIMUL 2K SUPER, ad asciugamento avvenuto, reso più rapido dal legante idraulico fillerizzato, forma un rivestimento impermeabile con elevate caratteristiche di flessibilità.

Il punto di forza di PLASTIMUL 1K SUPER PLUS, PLASTIMUL 2K PLUS, PLASTIMUL 2K SUPER consiste nella loro versatilità di applicazione su molteplici supporti come ad esempio: murature in pietra calcarea,

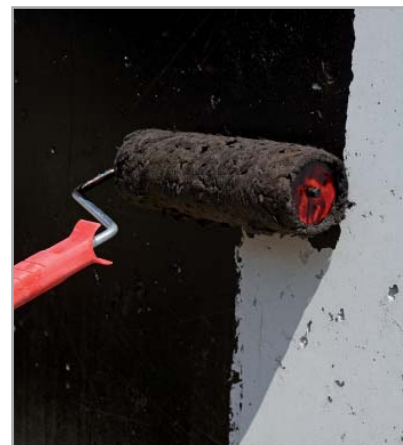


Fig. 7.51 - Applicazione a rullo di PLASTIMUL PRIMER

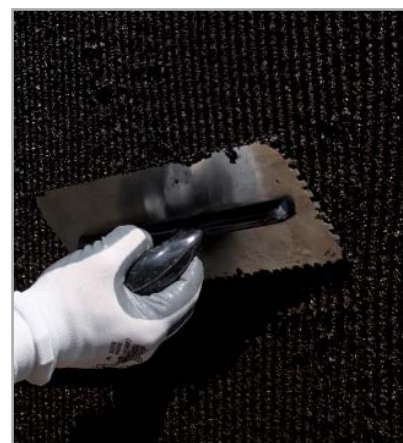


Fig. 7.52 - Applicazione di PLASTIMUL 1K SUPER PLUS



Fig. 7.53 - Applicazione di PLASTIMUL 2K PLUS



Fig. 7.54 - Applicazione di PLASTIMUL 2K SUPER

calcestruzzo cellulare, pietra pomice, mattoni alleggeriti e blocchi forati. Tali supporti non necessitano di una superficie intonacata, bensì basta stuccare le fughe tra i mattoni o i blocchi con PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida, successivamente si applica PLASTIMUL PRIMER a rullo, a pennello o a spruzzo e dopo la sua maturazione si stende PLASTIMUL 1K SUPER PLUS, PLASTIMUL 2K PLUS oppure PLASTIMUL 2K SUPER interponendo MAPENET 150, rete in fibra di vetro resistente agli alcali tra la prima e la seconda mano.

Terminata l'applicazione e verificata l'essiccazione del prodotto, prima di effettuare il riempimento dello scavo, procedere alla protezione del sistema impermeabile applicato mediante la posa di un adeguato sistema protettivo resistente al punzonamento, così da non compromettere l'integrità dello strato di tenuta all'acqua.

## 7.8 IMPERMEABILIZZAZIONE DEI GIUNTI STRUTTURALI

Nell'ambito dell'ingegneria civile il giunto strutturale è l'interruzione della continuità di un'opera. Tale distacco si rivela indispensabile:

- per evitare che una variazione di temperatura provochi stati di coazione; in questi casi, favorire la libera dilatazione di una struttura lunga anche decine di metri evita danneggiamenti e fessurazioni nelle strutture.
- Per evitare un danneggiamento sismico; durante un sisma, due zone adiacenti della stessa struttura, con un comportamento sismico sensibilmente diverso, rischiano di lesinarsi nella zona di collegamento ed urtare fra loro (fenomeno detto di martellamento), se il giunto tra le due strutture non è sufficientemente ampio da consentirne la libera oscillazione.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008, § 7.2.2 Caratteristiche generali delle costruzioni), per ovviare a questo pericoloso fenomeno, stabiliscono che la distanza tra due costruzioni contigue non deve essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi orizzontali

calcolati per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e, in ogni caso, non inferiore a un valore stabilito dalla norma stessa.

Quindi, un giunto strutturale ben progettato consente un movimento sufficiente delle parti oscillanti permettendo alla struttura di rimanere illesa dal sisma ma, ai fini della tenuta idraulica, il giunto rappresenta un punto da trattare con particolare cura. La sua ermeticità e tenuta all'acqua sono garantite mediante l'impiego di speciali waterstop in PVC da inserire nei getti in calcestruzzo: IDROSTOP PVC BE e IDROSTOP PVC BI.

IDROSTOP PVC BE è un waterstop di tipo esterno preformato e flessibile, fabbricato per estrusione di PVC di elevata qualità e progettato per sigillare giunti di costruzione e di espansione in strutture di cemento armato. In corrispondenza del giunto, è opportuno posare un'ulteriore fascia di MAPEPROOF di larghezza pari a 1 m, in modo da avere un doppio strato di telo bentonitico a cavallo del giunto stesso. Al di sopra di tale fascia si applica, mediante chiodatura, l'IDROSTOP PVC BE che verrà annegato all'interno del getto (Fig. 7.55).

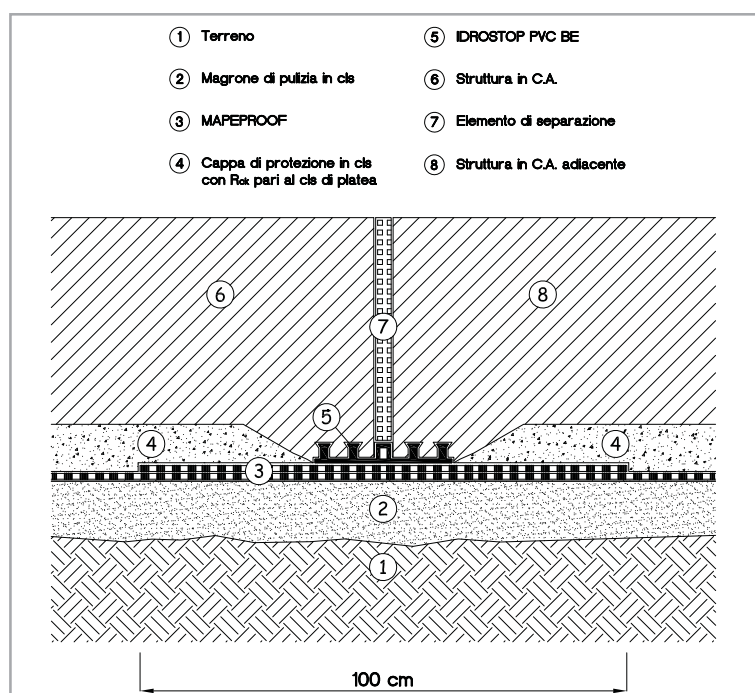


Fig. 7.55 - Particolare tecnico della sigillatura di un giunto strutturale mediante l'impiego di IDROSTOP PVC BE

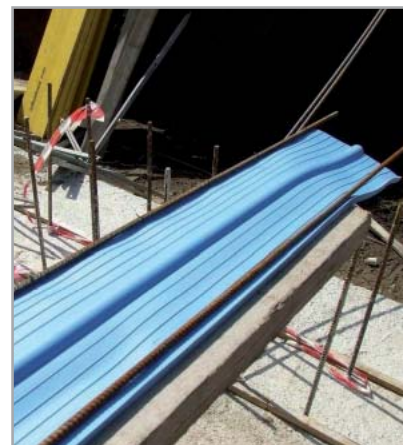


Fig. 7.56a - Esempio di posa di IDROSTOP PVC BI nella mezzera della parete nel caso in cui il waterstop non sia stato preventivamente ammorso nel getto: fissaggio mediante filo metallico di due tondini di ferro alle estremità del waterstop



Fig. 7.56b - Demolizione per una profondità di circa 15 cm della parte superiore della platea



Fig. 7.56c - Posizionamento e fissaggio alle armature di IDROSTOP PVC BI



Fig. 7.56d - Sigillatura con MAPEPROOF SWELL



Fig. 7.56e - Ripristino della fondazione con MAPEGROUT COLABILE

IDROSTOP PVC BI, è un waterstop interno preformato fabbricato per estrusione di composti di PVC ad elevata qualità, progettato per sigillare giunti in strutture di cemento armato. Il giunto viene posizionato a metà spessore della platea o della parete (Fig. 7.56) e viene posto in tensione mediante filo metallico connesso da un lato alle armature della parete e dall'altro al waterstop. Anche in questo caso, è opportuno posare all'estradosso un'ulteriore fascia di telo bentonitico di larghezza pari a 1 m, che deve essere inserita all'interno del giunto e risvoltata ad omega (Fig. 7.57).

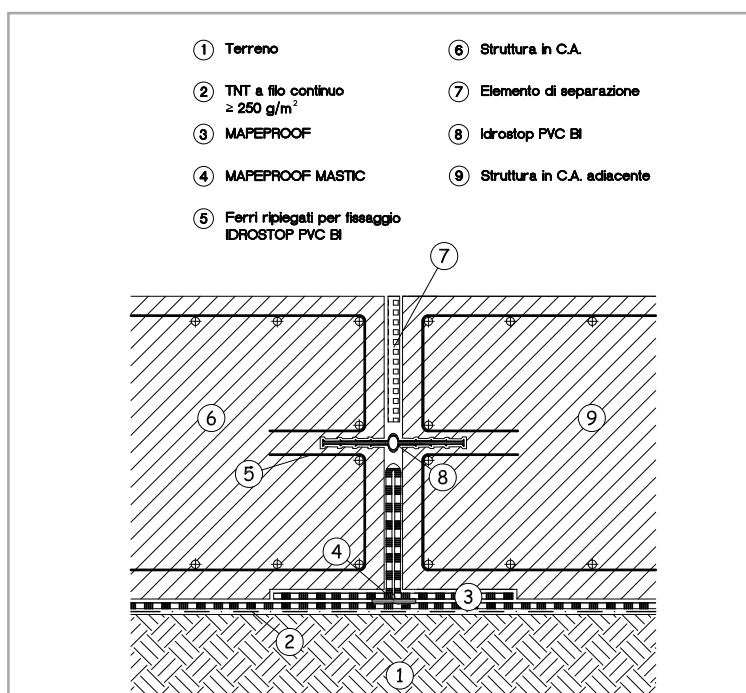


Fig. 7.57 - Particolare tecnico della sigillatura di un giunto strutturale mediante l'impiego di IDROSTOP PVC BI

## 7.9 SIGILLATURA DI TUBAZIONI PASSANTI NELLE PARETI VERTICALI ED IN PLATEA

Come già indicato nella descrizione delle modalità di posa di MAPEPROOF, in corrispondenza di eventuali corpi passanti presenti sulle pareti verticali o in platea, i teli bentonitici devono essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi. L'interfaccia tra materiali diversi costituisce una



via preferenziale per il passaggio dell'acqua ed è per questo che è buona norma prendere opportune precauzioni che ne garantiscano una perfetta tenuta idraulica. Una tubazione passante la parete verticale deve essere sigillata adottando due accorgimenti.

Il primo è l'applicazione, in fase di pre-getto, intorno alla tubazione (in corrispondenza della mezzeria della parete), di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente. Il secondo è l'applicazione di uno spezzone di telo bentonitico MAPEPROOF, in corrispondenza dell'elemento passante, in sovrapposizione a quello già posato, sigillando i bordi dello spezzone di telo mediante stuccatura con MAPEPROOF MASTIC (Fig. 7.58).

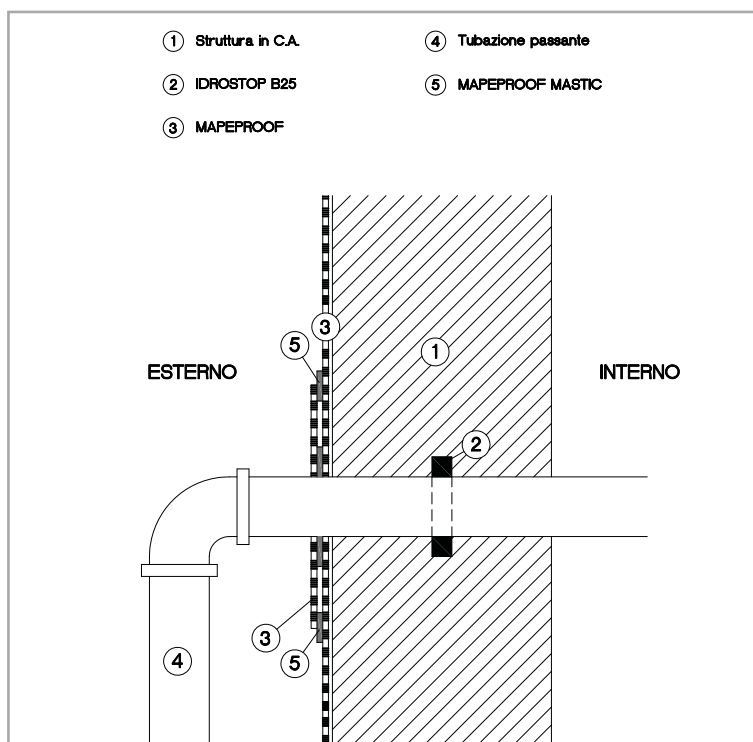


Fig. 7.58 - Particolare tecnico della sigillatura di una tubazione passante la parete controterra



Fig. 7.60a - Fasi della sigillatura di una tubazione passante la platea: applicazione di MAPEPROOF SEAL attorno la tubazione passante



Fig. 7.60b - Applicazione di MAPEPROOF MASTIC al di sopra del telo



Fig. 7.60c - Posa di IDROSTOP B25





Fig. 7.60d - Fissaggio di IDROSTOP B25 mediante filo metallico



Fig. 7.60e - Ulteriore stuccatura mediante MAPEPROOF MASTIC

Nel caso di tubazioni passanti la platea (Fig. 7.59), il telo MAPEPROOF deve essere sagomato intorno alla tubazione stessa e la parte esterna del corpo passante deve essere sigillata procedendo nel seguente modo (Fig. 7.60):

- applicazione di MAPEPROOF SEAL, bentonite sodica naturale in polvere, al di sotto del telo.
- Applicazione di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, intorno al corpo passante e al di sopra di MAPEPROOF.
- Sigillatura, sopra il cordolo bentonitico, con MAPEPROOF MASTIC, stucco bentonitico a base di bentonite sodica naturale e additivi plastificanti.

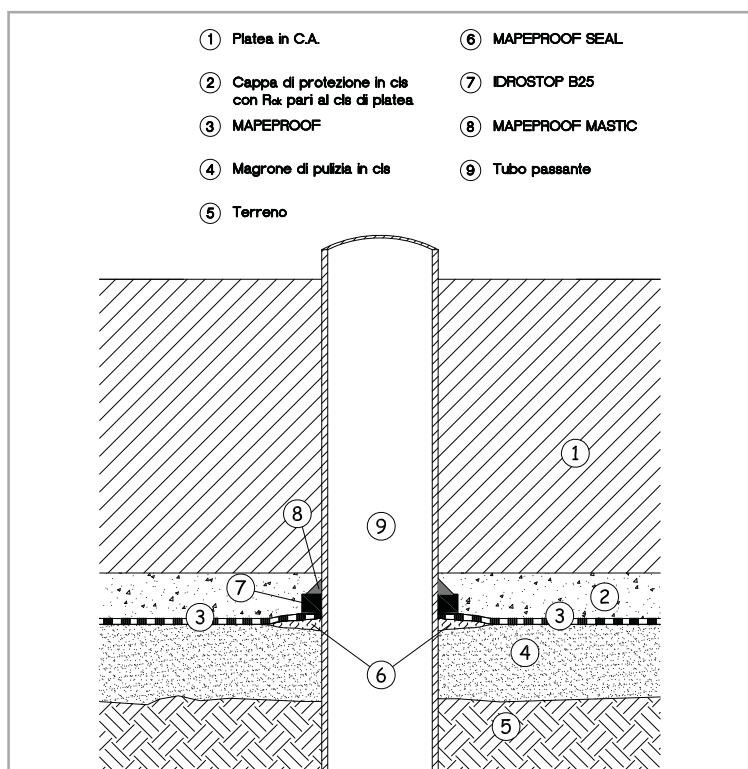


Fig. 7.59 - Particolare tecnico della sigillatura di una tubazione passante la platea

## 7.10 SIGILLATURA DI UN POZZO DI EMUNGIMENTO

Nel caso in cui siano stati impiegati dei pozzi di emungimento ricadenti all'interno del sedime in cui verrà realizzata la platea, sarà necessario provvedere alla loro sigillatura (Fig. 7.61-62). E' opportuno sottolineare che la tubazione deve essere premunita di zanche metalliche antisfilamento collegate strutturalmente alle armature metalliche della platea. Dopo aver steso il telo MAPEPROOF, sagomandolo intorno al pozzo, si provvede alla sigillatura della parte esterna del corpo passante procedendo nel seguente modo:

- applicazione di MAPEPROOF SEAL, bentonite sodica naturale in polvere, al di sotto del telo.
- Applicazione di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, intorno al pozzo e al di sopra di MAPEPROOF.
- Sigillatura, sopra il cordolo bentonitico, con MAPEPROOF MASTIC, stucco bentonitico a base di bentonite sodica naturale e additivi plastificanti.

Successivamente a queste fasi, verranno predisposti dei casseri intorno alla testa del pozzo, al fine di proteggerla dal getto della platea.

A maturazione avvenuta del calcestruzzo di platea, posizionare il cordolo bentonitico IDROSTOP B25 intorno al pozzo e procedere successivamente ad occludere internamente lo stesso con abbondante quantità di MAPEPROOF SEAL, bentonite sodica naturale in polvere, confinata con un getto di calcestruzzo a totale riempimento del pozzo. Prima di chiudere meccanicamente il pozzo mediante un chiusino metallico, fissato alla testa del pozzo per mezzo di prigionieri, sigillare la connessione tra chiusino e pozzo mediante MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva. Il vuoto lasciato nella platea per effettuare le lavorazioni sopra indicate verrà riempito mediante colaggio di MAPEGROUT COLABILE, malta a ritiro compensato fibrorinforzata per il risanamento del calcestruzzo additivata con lo 0,25% di MAPECURE SRA e con il 30% in peso di ghiaietto avente granulometria compresa tra 5 e 8-10 mm.



Fig. 7.61 - Estrusione di MAPEPROOF SWELL per sigillare la connessione tra chiusino e pozzo

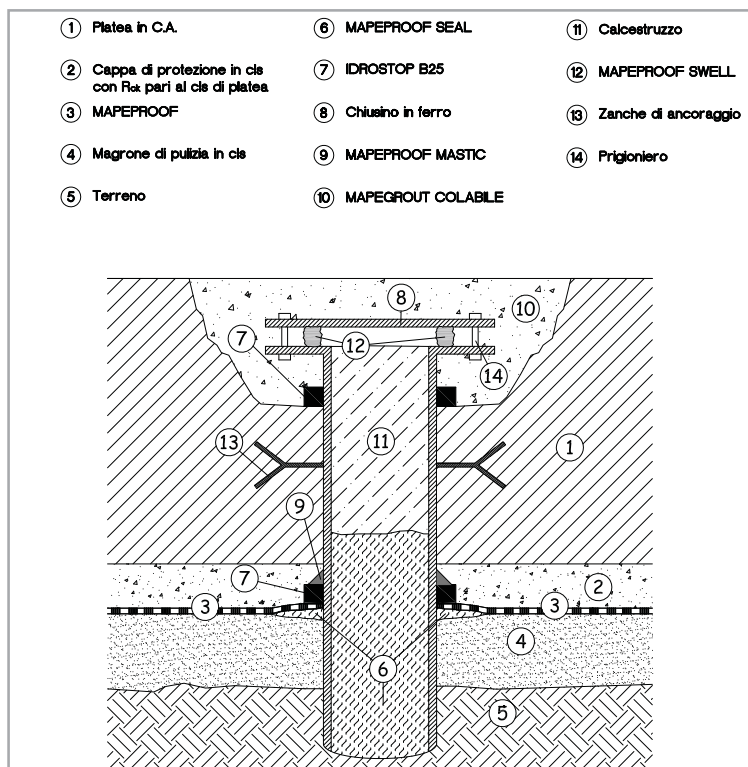


Fig. 7.62 - Particolare tecnico della sigillatura di un pozzo di emungimento ricadente nel sedime della platea



## 7.11 IMPERMEABILIZZAZIONE DELLA RAMPA D'ACCESSO AI SOTTERRANEI

La rampa di accesso ai sotterranei può essere realizzata, dal punto di vista strutturale, in due modi distinti:

- a) con una soletta in calcestruzzo armato strutturalmente indipendente dal resto del fabbricato, poggiata direttamente sul terreno;
- b) con una platea di fondazione e relative pareti verticali a formare una struttura scatolare che si prolunga in parte al di sotto della rampa e su cui appoggia la soletta in c.a. della rampa stessa.

Nel primo caso, l'impermeabilizzazione (Fig. 7.63) viene realizzata in più fasi, in quanto i piani di posa della rampa e della platea differiscono tra loro. Nella giunzione tra le due strutture è necessario applicare un doppio strato di telo bentonitico. La procedura da seguire consiste nel:

## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

- posare due strati di telo MAPEPROOF posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene sulle sponde interne del cassero stesso con un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al magrone mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli sul magrone.
- Proteggere, durante il getto, la fascia terminale dei due strati di MAPEPROOF con un foglio in polietilene.

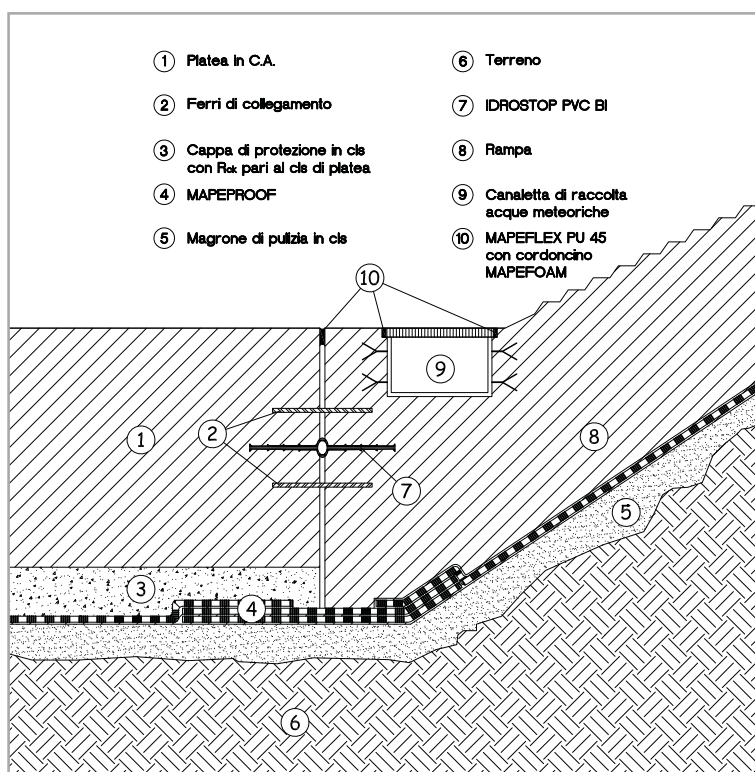


Fig. 7.63 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione di una rampa, di accesso ai garage sotterranei, strutturalmente indipendente dal resto del fabbricato

- Porre in opera IDROSTOP PVC BI, waterstop interno preformato fabbricato per estrusione di composti di PVC ad elevata qualità, a metà spessore della platea mettendolo in tensione mediante filo metallico connesso da un lato alle armature della parete e dall'altro al waterstop stesso.

- 
- Eseguire il getto di platea .
  - Posare MAPEPROOF sul magrone della rampa e sovrapporlo, previa rimozione del foglio in polietilene, ai due strati precedentemente posati. Prima di procedere al getto della rampa, bisognerà posizionare la canaletta metallica di raccolta delle acque meteoriche fissandola alle armature della rampa mediante le apposite zanche di ancoraggio.

Nel secondo caso, l'impermeabilizzazione della struttura scatolare va eseguita come già illustrato per l'impermeabilizzazione verticale in post-getto (Par. 7.7.1), risvoltando poi MAPEPROOF al di sotto della rampa, che verrà impermeabilizzata come di seguito indicato:

- la superficie da trattare dovrà presentarsi pulita, priva di oli, disarmanti, grassi, sporco e, in generale, di qualsiasi altro materiale che possa compromettere l'adesione del prodotto cementizio impermeabile. Pertanto prevedere una pulizia accurata delle superfici mediante l'impiego di sabbiatura a secco a pressione controllata o in alternativa con idrolavaggio a forte pressione (150-180 atm).
- Eventuali asperità dei supporti o nidi di ghiaia dovranno essere eliminati e regolarizzati mediante l'impiego di MAPEGROUT RAPIDO, malta a ritiro controllato, fibrorinforzata, a presa ed indurimento rapidi per il risanamento del calcestruzzo o, in alternativa, mediante PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo.
- Applicare MAPELASTIC FOUNDATION, malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione di superfici in calcestruzzo soggette a spinta idraulica positiva e negativa (fino ad 1,5 atmosfere pari a 15 metri di colonna d'acqua). Il prodotto può essere applicato a pennello, a rullo o a spruzzo, per uno spessore finale non inferiore a 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si



potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

## 7.12 IMPERMEABILIZZAZIONE DI VASCHE DI DEPURAZIONE

Nel caso di vasche per il contenimento di acque reflue (Fig. 7.64) occorre eseguire preliminarmente alcune lavorazioni necessarie all'applicazione del sistema impermeabile come di seguito indicato:

- le superfici interne della vasca (fondo e pareti) dovranno presentarsi pulite, prive di disarmanti, grassi, sporco e, in generale, di qualsiasi altro materiale che possa compromettere l'adesione del successivo ciclo impermeabile. Pertanto prevedere una pulizia accurata delle superfici mediante l'impiego di sabbiatura a secco a pressione controllata o, in alternativa, con idrolavaggio a forte pressione (150-180 atm).
- Realizzazione di gusci triangolari di raccordo, lato 5 x 5 cm, tra il fondo vasca e le pareti verticali così come tra pareti contigue, mediante stesura a spatola o a pennello di EPORIP, adesivo epossidico bicomponente esente da solventi, e successiva applicazione fresco su fresco di PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine, a ritiro controllato e a media resistenza meccanica (30 MPa) per il risanamento del calcestruzzo.
- Eventuali asperità dei supporti dovranno essere eliminate e regolarizzate mediante l'impiego di MAPEFINISH, malta cementizia bicomponente per la finitura del calcestruzzo da stendere con spatola sulla superficie preparata in uno spessore massimo per strato di 2-3 mm. Dopo adeguata stagionatura di MAPEFINISH, si applicherà sulle superfici della vasca (fondo e pareti) TRIBLOCK P, primer epossicementizio tricomponente in grado di reticolare su superfici umide, anche molto lisce (come piastrelle ceramiche, gres, marmettoni, marmo, ecc.) e di creare un'efficace barriera nei confronti dell'umidità di risalita per garantire un'ottima adesione anche in contropinta del



Fig. 7.64 - Vasca di sedimentazione in avanzato stato di degrado



successivo rivestimento impermeabile. TRIBLOCK P, opportunamente diluito, sarà applicato in due mani a pennello, a rullo, o a spruzzo con airless sulla superficie da trattare. L'applicazione sarà eseguita in due mani incrociate, curando l'omogeneità degli strati applicati; la seconda mano potrà essere applicata dopo 4-6 ore.

- Dopo circa 24 ore dall'applicazione della seconda mano di TRIBLOCK P si potrà applicare su tutte le superfici della vasca (fondo e pareti) DURESIL EB, trattamento protettivo antiacido a base di vernice epossidica bicomponente, modificata con resine idrocarburiche e additivi speciali, resistente all'azione del gelo e ai raggi solari. Il prodotto si applica con le tecniche convenzionali, a pennello, rullo o spruzzo airless in almeno 2 mani. Tra una mano e l'altra attendere da 6 a 24 ore, in funzione delle condizioni ambientali.

- Dopo il completo indurimento, DURESIL EB può venire a contatto con acque nere e quindi può essere utilizzato per la protezione di vasche di depurazione e condotte fognarie; è in grado di resistere all'azione procurata da acidi, alcali diluiti, basi, sali, oli minerali e idrocarburi oltre che dai principali aggressivi chimici veicolati dalle acque reflue quali cloruri, solfati, solfuri, proteggendo la struttura dall'azione aggressiva della carbonatazione e dei cicli di gelo e disgelo.



### 7.13 IMPERMEABILIZZAZIONE DI UNA BOCCA DI LUPO GETTATA IN OPERA

L'impermeabilizzazione di una bocca di lupo da gettare in opera va realizzata ponendo attenzione a risvoltare MAPEPROOF (posato sulla parete verticale) nella forometria realizzata nella parete per l'esecuzione dell'infisso. Anche il tessuto non tessuto da 250 g/m<sup>2</sup> a filo continuo posto a protezione dell'impermeabilizzazione va risvoltato momentaneamente, così da consentire il reinterro della struttura fino alla quota di posa della platea della bocca di lupo. Il reinterro deve avvenire mediante l'impiego di terreno sciolto omogeneo, fine o misto, ben compattato per strati

sovrapposti dello spessore di 40-50 cm, al fine di garantire, a operazione ultimata, l'assenza di vuoti e il migliore confinamento del sistema. Quindi si realizza un magrone di circa 10 cm per regolarizzare il piano orizzontale di posa, sul quale viene risvoltato MAPEPROOF, precedentemente ripiegato all'interno della forometria dell'infisso, poi si procede alla sigillatura della ripresa di getto tra la parete dell'edificio, e la fondazione della bocca di lupo applicando IDROSTOP B25 in mezzeria dei ferri di chiamata. MAPEPROOF va poi messo in opera sui casseri predisposti per il getto della platea della bocca di lupo per poi risvoltarlo sul magrone garantendo il sormonto con quello posto sul piano orizzontale. I rotoli di MAPEPROOF vanno posizionati ponendo il geotessile inferiore (tessuto scuro) in polipropilene sui casseri perimetrali, mentre il geotessile superiore (non tessuto bianco) è rivolto all'interno ed è pertanto visibile. Deve essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che vanno fissati mediante chiodi e rondelle in polietilene MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa sui casseri e ogni 50 cm sul magrone. Le armature della platea vanno posizionate su appositi distanziatori plastici, che permettono il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro. Dopo aver posizionato le armature metalliche, si esegue il getto della platea della bocca di lupo nel rispetto delle prescrizioni del calcestruzzo illustrate nel Par. 6. Una volta completato il getto della platea e ad avvenuta maturazione dello stesso, si sigillano le riprese di getto tra platea e pareti verticali della bocca di lupo mediante IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, chiodato ogni 25 cm in mezzeria della sezione delle pareti verticali tra i ferri di chiamata. Quindi si procede alla chiusura dei casseri ed al getto delle pareti in calcestruzzo armato (rispettando le prescrizioni del calcestruzzo presentate nel Par. 6). L'operazione di sigillatura mediante IDROSTOP B25 va ripetuta in ciascuna ripresa di getto, eseguita nelle pareti verticali, avendo cura di accostare (per almeno 6 cm) il cordolo posto verticalmente tra le pareti con quello posto sul piano orizzontale. In alternativa è possibile impiegare IDROSTOP, profilo di gomma idrofila espandente per giunti di lavoro impermeabili fino ad una pressione idraulica di 5 atm. Ad avvenuta maturazione del

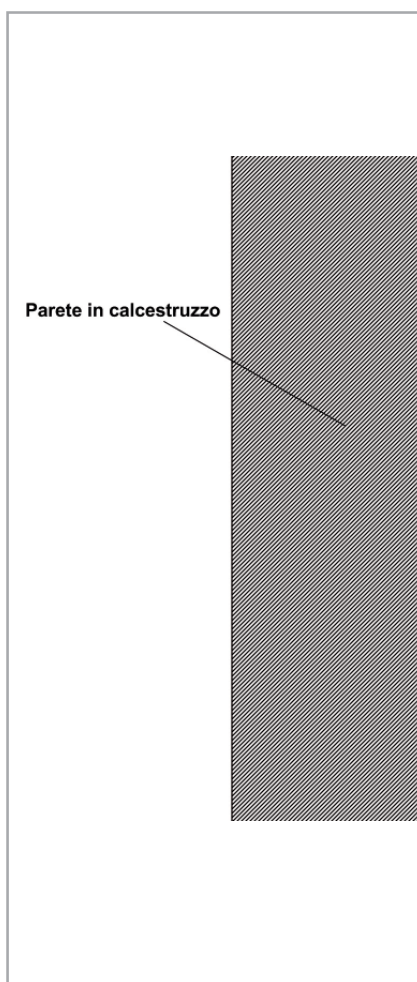
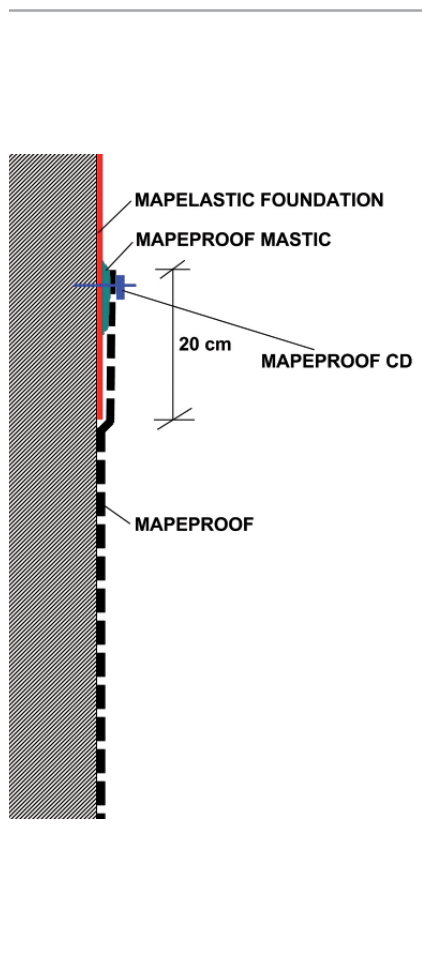


Fig. 7.65 - Schema di sigillatura del raccordo tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION utilizzando MAPEPROOF MASTIC



getto della parete, è necessario regolarizzare la superficie in c.a. nel modo seguente: rimuovere i distanziatori per una profondità di 1-2 cm, eliminare tutte le asperità e rasare i nidi di ghiaia impiegando PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o, ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT.

La parte sommitale della parete della bocca di lupo deve essere impermeabilizzata, per una fascia di almeno 50 cm, con MAPELASTIC FOUNDATION applicato in due mani non inferiori a 2 mm.

Successivamente procedere alla posa dei rotoli MAPEPROOF partendo dall'alto, avendo cura di sormontare di almeno 20 cm MAPELASTIC FOUNDATION. Il raccordo tra i due sistemi va stuccato mediante applicazione di MAPEPROOF MASTIC, al di sopra di MAPELASTIC FOUNDATION (Fig. 7.65). Nell'applicazione in post-getto, i teli bentonitici vanno posati collocando il geotessile superiore (non tessuto bianco) a ridosso della parete in c.a., mentre il geotessile inferiore (tessuto scuro) è rivolto all'esterno. E' opportuno sottolineare che il non tessuto bianco di MAPEPROOF deve essere posto sempre a contatto con la superficie da impermeabilizzare. Evitare la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli MAPEPROOF. Durante la posa in corrispondenza di eventuali tubazioni passanti, i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi, sigillando il tutto come illustrato al Par. 7.9. Al termine della posa di MAPEPROOF, stendere un tessuto non tessuto da 250 g/m<sup>2</sup> a filo continuo a protezione dell'impermeabilizzazione nelle fasi di reinterro, che deve avvenire mediante l'impiego di terreno sciolto omogeneo, fine o misto, ben compattato per strati sovrapposti dello spessore di 40-50 cm, al fine di garantire, a operazione ultimata, l'assenza di vuoti e il migliore confinamento del sistema. La bocca di lupo va impermeabilizzata (Fig. 7.64) anche internamente per evitare che l'acqua piovana possa infiltrarsi nella struttura in c.a. provocando un degrado della stessa e riducendone in maniera considerevole il ciclo di vita utile. La superficie da trattare deve essere solida e perfettamente pulita. Perciò



## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

è necessario procedere alla rimozione del lattime di cemento, delle parti friabili e delle eventuali tracce di polvere, grassi e oli disarmanti mediante sabbiatura o lavaggio con acqua in pressione. La superficie va regolarizzata così come illustrato in precedenza per la superficie esterna della parete della bocca di lupo, mentre l'impermeabilizzazione va realizzata con MAPELASTIC FOUNDATION, malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione di superfici in calcestruzzo soggette a spinta idraulica positiva e negativa. In corrispondenza del foro per la piletta di scarico a pavimento, applicare il pezzo speciale apposito di MAPEBAND, nastro gommato con feltro resistente agli alcali, incollato al supporto con MAPELASTIC FOUNDATION. L'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION deve essere effettuata a pennello o a rullo, per uno spessore finale mai inferiore a 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si può procedere alla stesura della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

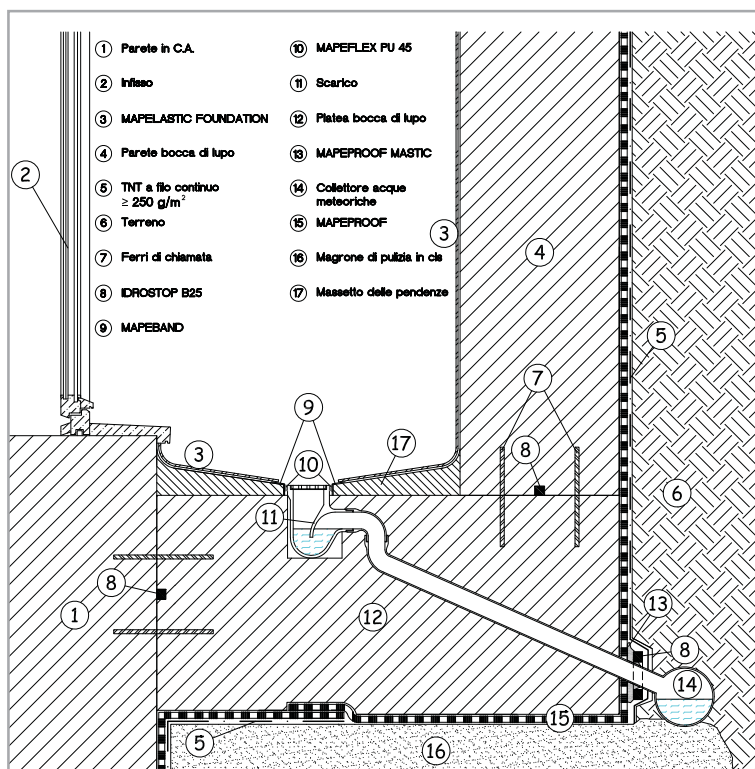


Fig. 7.64 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione di una bocca di lupo gettata in opera.



Fig. 7.66 - Applicazione di un foglio in PE per eseguire una soletta con intradosso regolare



Fig. 7.67 - Misurazioni per definire le dimensioni per il taglio del telo MAPEPROOF, che dovrà partire da almeno 1 m dall'attuale fondo scavo



Fig. 7.68 - Telo bentonitico posato sulla superficie verticale e poi risvoltato su quella orizzontale





Fig. 7.69 - Stuccatura dei connettori metallici con MAPEPROOF MASTIC



Fig. 7.70 - Applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION sulla trave di coronamento della paratia



Fig. 7.71 - Sigillatura del raccordo tra MAPELASTIC FOUNDATION e MAPEPROOF utilizzando MAPEPROOF MASTIC e successiva chiodatura di IDROSTOP B25



## 7.14 IMPERMEABILIZZAZIONE DI COSTRUZIONI REALIZZATE CON IL METODO TOPDOWN

Il metodo topdown è stato illustrato in maniera sintetica a chiusura del Par. 4. L'impermeabilizzazione (Fig. 7.65) di una costruzione eseguita in tal modo deve essere posta in opera dall'alto verso il basso così come l'intera costruzione viene realizzata. Infatti, dopo aver realizzato le opere provvisorie, si procede allo scavo per lo spessore del primo solaio, che viene gettato sul terreno dove sono state posizionate lamiere grecate o fogli di polietilene (Fig. 7.66) per migliorarne l'aspetto finale. Alla fine della maturazione si esegue lo scavo sottostante il solaio attraverso appositi passaggi o accessi alla futura rampa. Particolare attenzione deve essere posta nel garantire la continuità del manto impermeabile in corrispondenza dell'ancoraggio delle testate dei solai alla paratia di contenimento dello scavo, infatti la cura di questi dettagli costruttivi garantisce la creazione di un catino impermeabile. Nella realizzazione dei solai intermedi, una volta eseguito lo scavo fino alla quota di intradosso del solaio stesso, si procede all'idrolavaggio a pressione (180-300 atm) della superficie della paratia di contenimento dello scavo e ad una successiva regolarizzazione mediante l'applicazione di MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrinforzata resistente ai solfati, additivata con lo 0,25% di MAPECURE SRA.

Quindi si posa in opera MAPEPROOF a partire da un'altezza di almeno 1 m (Fig. 7.67) dall'attuale fondo scavo, sovrapponendo i teli per 10 cm e fissandoli con chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 30 cm circa. MAPEPROOF va risvoltato (Fig. 7.68) sul terreno prestando attenzione a proteggerlo con un foglio di polietilene, in modo da garantire che il calcestruzzo non si agganci a MAPEPROOF e che lo stesso rimanga protetto e inalterato fino alle successive lavorazioni. Il telo bentonitico e le paratie vengono poi forati per consentire l'inghisaggio di connettori metallici necessari all'ancoraggio del solaio. I suddetti ferri di collegamento vanno sigillati applicando MAPEPROOF MASTIC (Fig. 7.69); stucco bentonitico a base di bentonite sodica naturale e additivi plastificanti. Quanto appena descritto va ripetuto per ciascun solaio interpiano fino al raggiungimento

della quota di imposta della platea, dove a differenza degli altri solai, il risvolto di MAPEPROOF non va protetto da un foglio in polietilene, ma sormontato dal telo bentonitico applicato su tutta la superficie del magrone. Sulle superfici, per garantire la continuità dello strato impermeabile, MAPEPROOF verrà sormontato con quello posato precedentemente al getto dei solai.

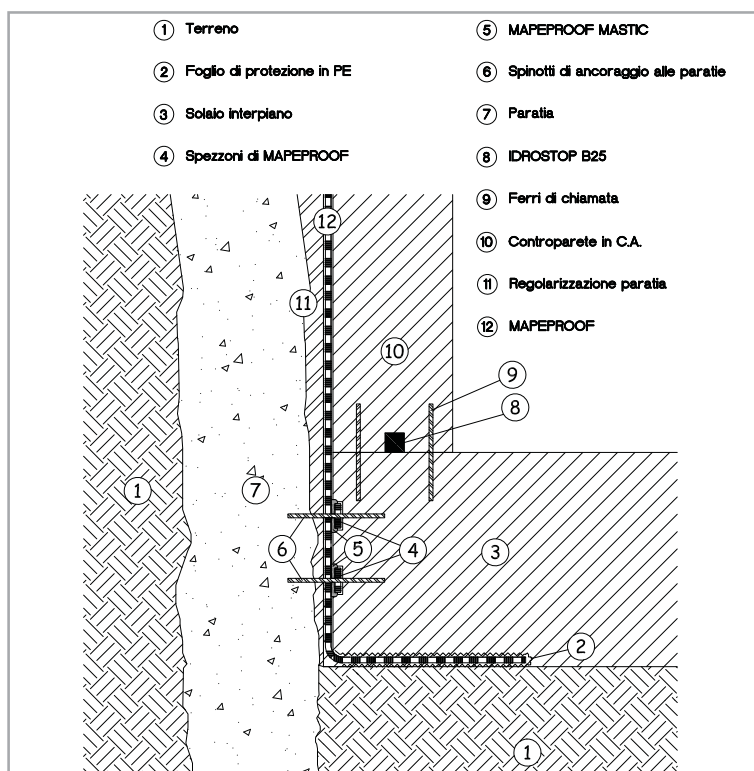


Fig. 7.65 - Particolare tecnico dell'impermeabilizzazione della testata di un solaio intermedio di costruzioni in topdown

La trave di coronamento della paratia deve essere anch'essa impermeabilizzata, procedendo ad un idrolavaggio a pressione (180-300 atm) e successiva regolarizzazione con PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o, ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT. Una volta regolarizzata e rettificata la superficie, si potrà procedere all'applicazione di MAPELASTIC



Fig. 7.72 - Estrusione di MAPEPROOF SWELL su IDROSTOP B25 nel raccordo tra MAPELASTIC FOUNDATION e MAPEPROOF



Fig. 7.74 - MAPEPROOF, applicato prima del getto del solaio, viene risvoltato per garantire il sormonto con quello che verrà successivamente posato sulla superficie verticale



Fig. 7.73 - Scavo eseguito al di sotto della soletta gettata precedentemente



Fig. 7.75 - Foro lasciato nella soletta per consentire l'esecuzione dei getti delle pareti verticali

FOUNDATION (Fig. 7.70) in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto. MAPELASTIC FOUNDATION deve essere steso su tutta la faccia anteriore della trave di coronamento, sull'intradosso della stessa e sulla fascia superiore della paratia, così da poter essere sormontato con MAPEPROOF per almeno 30 cm, chiudendo ermeticamente il sistema impermeabile. Il raccordo tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION deve essere sigillato mediante applicazione di IDROSTOP B25.

In taluni casi questa sigillatura può essere rinforzata mediante stuccatura con MAPEPROOF MASTIC (Fig. 7.71) tra MAPELASTIC e MAPELASTIC FOUNDATION prima di applicare IDROSTOP B25 al di sopra del quale si può estrarre MAPEPROOF SWELL (Fig. 7.72)

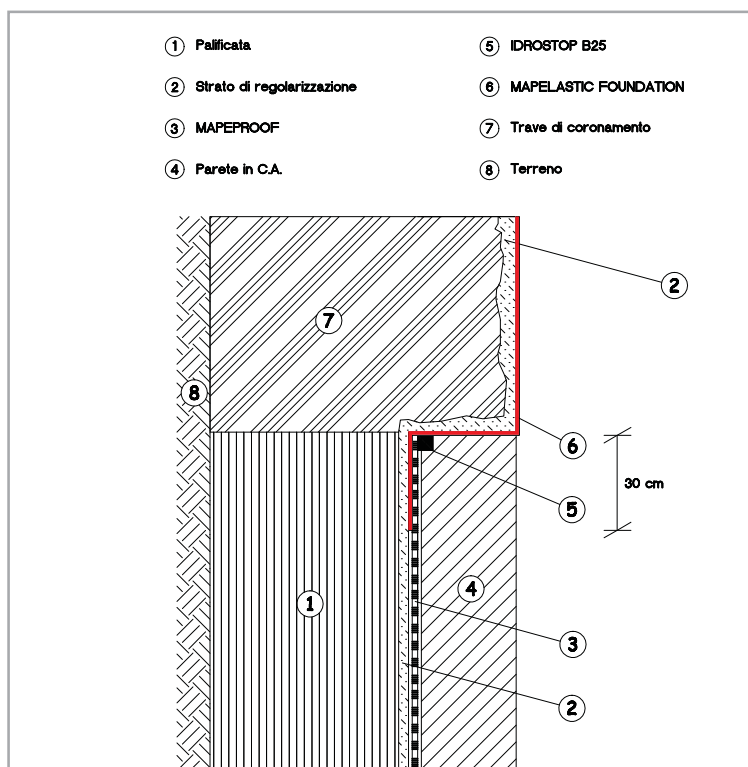


Fig. 7.76 - Impermeabilizzazione della trave di coronamento di una paratia

## 8. IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE STRUTTURE INTERRATE ESISTENTI

Finora abbiamo affrontato e trattato argomenti relativi ad interventi di impermeabilizzazione da eseguire su nuove costruzioni. Molto spesso, però, occorre garantire la tenuta idraulica di strutture e costruzioni già realizzate e per le quali non era stato previsto in fase di progettazione ed esecuzione alcun tipo di sistema impermeabile.

Inoltre, capita spesso di dover intervenire su sistemi impermeabili già applicati che non sono più in grado di assolvere la propria funzione.

Di seguito ci soffermeremo su alcune situazioni che possono verificarsi nelle strutture esistenti, fornendo allo stesso tempo le opportune soluzioni tecniche da adottare, i prodotti da impiegare e le relative modalità di posa degli stessi. Il tutto opportunamente corredato da specifici particolari tecnici.

### 8.1 RIFODERA INTERNA DI UN VANO INTERRATO

Nel caso di infiltrazioni d'acqua in un vano interrato si possono distinguere diverse modalità di intervento:

- impermeabilizzazione di superfici verticali (MAPELASTIC FOUNDATION);
- impermeabilizzazione di superfici orizzontali e verticali (MAPEPROOF oppure MAPEPROOF in abbinamento al MAPELASTIC FOUNDATION).

Di seguito per ciascun tipo di intervento sopra indicato verrà fornita la descrizione del ciclo di applicazione ed esecuzione delle opere di impermeabilizzazione.



Fig. 8.1a - Fasi della sigillatura di una ripresa di getto: demolizione meccanica intorno alla ripresa di getto per una profondità di circa 6 cm



Fig. 8.1b - Estrusione di MAPEPROOF SWELL



Fig. 8.1c - Ripresa di getto sigillata con MAPEPROOF SWELL





Fig. 8.1d - Confinamento di MAPEPROOF SWELL mediante applicazione di MAPEGROUT T40



Fig. 8.1e - Riprese di getto sigillate e ripristinate



Fig. 8.2 - Sigillatura di una tubazione passante mediante l'estrusione di MAPEPROOF SWELL ed il successivo confinamento dello stesso mediante MAPEGROUT BM

## 8.1.1 IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI VERTICALI

Questo tipo di intervento viene eseguito in tutti quei casi in cui vengono rilevate infiltrazioni d'acqua, provenienti dalle pareti verticali controterra, dovute principalmente ad acqua di percolazione presente nel terreno. In questo caso l'intervento interesserà solo le pareti controterra e consisterà nell'applicazione sulle superfici di MAPELASTIC FOUNDATION, malta cementizia bicomponente elastica specifica per l'impermeabilizzazione di superfici soggette a spinta idraulica negativa (e anche positiva). Di seguito verranno illustrate le diverse fasi operative.

Pareti in calcestruzzo

- Rimozione dell'intonaco fino al raggiungimento della muratura sottostante.
- Rimozione degli eventuali nidi di ghiaia e regolarizzazione delle superfici verticali mediante applicazione di PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o, ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT.
- Le riprese di getto (Fig. 8.1), le fessurazioni, eventualmente presenti sui supporti, le tubazioni (Fig. 8.2) e i corpi passanti le pareti in calcestruzzo dovranno essere sigillate con MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante o in corrispondenza della fessurazione o della ripresa di getto una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Per sigillare le riprese di getto tra vecchio supporto e ripristino si procede con l'estrusione di MAPEPROOF SWELL e successivamente si ripristina il supporto con malta MAPEGROUT T40 o MAPEGROUT BM.



Nel caso in cui durante le fasi di demolizione ci fossero venute di acqua continua bloccarne preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua (Fig. 8.3).

- Una volta regolarizzata e rettificata la superficie, si potrà procedere all'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto. Solo dopo la perfetta maturazione di MAPELASTIC FOUNDATION, potrà essere realizzato al di sopra del nuovo sistema impermeabile uno strato di POROMAP INTONACO (seguendo il ciclo indicato in scheda tecnica), intonaco macroporoso deumidificante che avrà la funzione di "polmone" anticondensa.

### Pareti in muratura di mattoni

- Rimozione dell'intonaco ammalorato fino al raggiungimento della muratura sottostante in mattoni.
- Le tubazioni e i corpi passanti la muratura dovranno essere sigillati con MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Estrudere quindi MAPEPROOF SWELL intorno al corpo passante e successivamente ripristinare il supporto con malta MAPEGROUT BM. Nel caso in cui durante le fasi di demolizione ci fossero venute di acqua continua bloccarne preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.



Fig. 8.3 - Estrusione di MAPEPROOF SWELL su di una zona interessata da una venuta d'acqua preventivamente bloccata mediante LAMPOSILEX



- Regularizzazione delle superfici mediante esecuzione di un nuovo intonaco dello spessore di 2 cm, armato con rete metallica tassellata al supporto, realizzata con MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati oppure con MAPEGROUT BM, malta bicomponente a basso modulo elastico. In alternativa all'esecuzione dell'intonaco armato sarà possibile regolarizzare le superfici mediante l'impiego di PLANITOP HDM MAXI, malta bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità, a base di leganti a reattività pozzolanica, in abbinamento con MAPEGRID G 120 o MAPEGRID G 220, speciale rete apprettata in fibra di vetro resistente agli alcali.

- Sull'intonaco stagionato, si potrà procedere all'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto. Solo dopo la perfetta maturazione di MAPELASTIC FOUNDATION, potrà essere realizzato al di sopra del nuovo sistema impermeabile uno strato di POROMAP INTONACO (seguendo il ciclo indicato in scheda tecnica), intonaco macroporoso deumidificante che avrà funzione di "polmone" anticondensa.



### 8.1.2 IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI ORIZZONTALI E VERTICALI CON MAPEPROOF

Questo tipo di intervento viene eseguito in tutti quei casi in cui il piano interrato presenta infiltrazioni d'acqua dal pavimento e dalle pareti verticali controterra, dovute alla presenza di acqua di falda in pressione. In questi casi è possibile operare con metodologie e prodotti diversi a seconda delle caratteristiche costruttive della struttura oltre che della pressione idrostatica che grava sui supporti. Di seguito elenchiamo le procedure esecutive.

- Demolizione di eventuali rampe di scale presenti al piano interrato per

## IMPERMEABILIZZAZIONI IN SOTTOQUOTA

un'altezza pari almeno a 3 o 4 gradini. La rimozione interesserà anche tutte le tramezzature e le pavimentazioni con i relativi substrati.

- Regolarizzazione delle pareti verticali mediante applicazione di PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo, o ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT.

- Le riprese di getto, le fessurazioni, eventualmente presenti sui supporti, le tubazioni e i corpi passanti dovranno essere sigillati con MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante o in corrispondenza della fessurazione o della ripresa di getto una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Per sigillare le riprese di getto tra vecchio supporto e ripristino si procede con l'estrusione di MAPEPROOF SWELL e successivamente si ripristina il supporto con malta MAPEGROUT T40 o MAPEGROUT BM. Nel caso in cui durante le fasi di demolizione, ci fossero venute di acqua continua, bloccarne preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.

- Rifodera interna del vano mediante applicazione di teli MAPEPROOF sulle superfici orizzontali e verticali (Fig. 8.4-5) posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) verso il magrone e verso le pareti verticali e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; dovrà essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa in orizzontale e ogni 30 cm circa in verticale. Durante la posa in corrispondenza di eventuali



Fig. 8.5a - Fasi di realizzazione di una rifodera interna realizzata con MAPEPROOF su orizzontale e verticale: applicazione MAPEPROOF sulla parte bassa delle pareti verticali risvoltando il telo sul magrone



Fig. 8.5b - Dopo aver posato il telo anche sull'orizzontale, vengono posate le armature per il getto della soletta e delle contropareti in c.a.



corpi passanti (pilastri, tubazioni, ecc.) i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi, che verranno opportunamente sigillati con l'applicazione di IDROSTOP B25 (in alcuni casi potrebbe essere opportuna l'estrusione di MAPEPROOF SWELL superiormente a IDROSTOP B25). Evitare assolutamente la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli.



- Qualora sia presente una struttura orizzontale alla quale poter ancorare la nuova fondazione, si dovrà procedere alla foratura di MAPEPROOF per l'inghisaggio di connettori metallici. Tale operazione permetterà di ridurre lo spessore della nuova fondazione, in quanto la vecchia struttura lavorerà a zavorra sulla nuova. MAPEPROOF verrà forato secondo uno schema derivante da un adeguato calcolo strutturale. Tale verifica strutturale dovrà indicare oltre allo spessore della nuova soletta e delle pareti verticali anche la quantità a metro quadrato e il diametro dei connettori metallici che dovranno essere realizzati sulle superfici orizzontali (platea) e verticali (pareti). L'inghisaggio dei connettori alle superfici orizzontali deve essere effettuato mediante EPOJET, resina epossidica superfluida, mentre l'inghisaggio alle superfici verticali deve essere effettuato con ADESILEX PG1, adesivo epossidico bicomponente tissotropico. I punti in cui i connettori metallici attraversano i teli, devono essere stuccati con MAPEPROOF MASTIC.

- Eseguito quanto sopra descritto, si provvederà alla predisposizione sulle superfici orizzontali dell'armatura metallica della nuova soletta in calcestruzzo armato opportunamente distaccata dai teli MAPEPROOF con idonei distanziatori plastici, che permettono il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro. Quindi si eseguirà il getto in calcestruzzo armato di spessore adeguato a resistere alla controspinta idraulica della falda.



- Una volta completato il getto della nuova platea e dopo idonea maturazione dello stesso, si provvederà al posizionamento, tra i ferri di attesa delle pareti, del cordolo bentonitico idroespandente IDROSTOP B25, composto da bentonite sodica naturale, e al successivo getto delle strutture verticali, anch'esse collegate alle pareti preesistenti della struttura interrata mediante i nuovi connettori metallici ancorati e sigillati; il giunto, di dimensioni 20x25 mm, deve essere chiodato ogni 25 cm. L'operazione di sigillatura con IDROSTOP B25 andrà realizzata su ciascuna ripresa di getto nelle pareti verticali avendo cura di far accostare (per almeno 6 cm) il cordolo posto verticalmente tra le pareti con quello posizionato sul piano orizzontale. In alternativa sarà possibile utilizzare il profilo di gomma idrofila espandente IDROSTOP, specifico per giunti di lavoro impermeabili fino ad una pressione idraulica di 5 atm. Prima di applicare IDROSTOP B25, procedere ad un'accurata pulizia della superficie, eliminando i residui delle lavorazioni precedenti e soprattutto la boiaccia derivante dal fenomeno di bleeding superficiale che generalmente avviene durante il costipamento del getto del conglomerato cementizio della platea.

- Quindi si procederà alla chiusura dei casseri ed alla realizzazione del getto delle contropareti in calcestruzzo armato di spessore opportunamente calcolato per resistere alla controspinta idraulica della falda. Anche le contropareti in calcestruzzo possono essere rese collaboranti alla struttura esistente seguendo quanto già illustrato in precedenza.



Fig. 8.5c - Soletta in c.a. gettata in opera al di sopra di MAPEPROOF avente spessore calcolato per contrastare la spinta dell'acqua di falda



Fig. 8.5d - Sigillatura del raccordo tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION mediante l'impiego di IDROSTOP B25



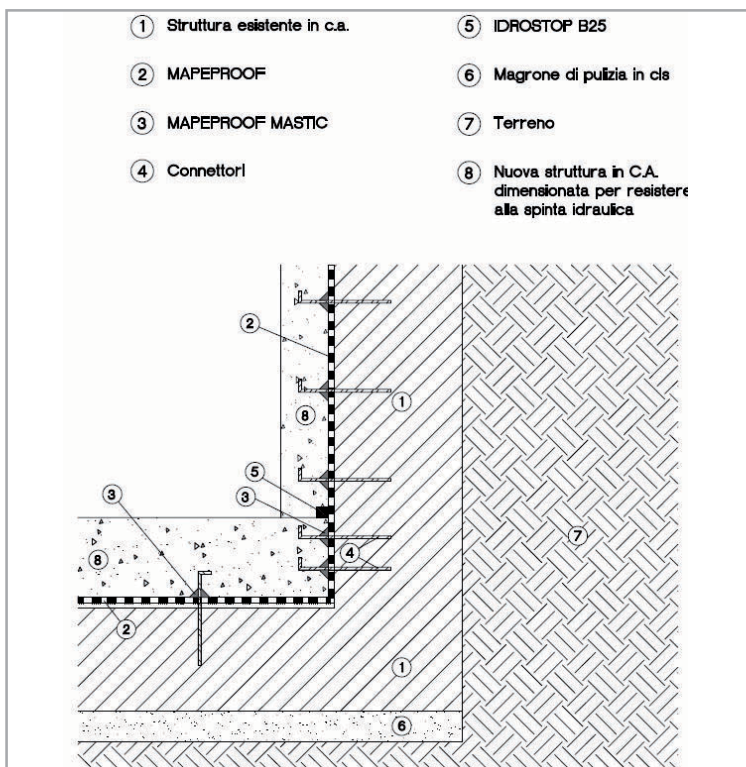


Fig. 8.4 - Particolare tecnico di una rifodera interna eseguita applicando Mapeproof sia sulla superficie orizzontale che su quelle verticali e gettando poi una soletta e le contropareti in c.a.

### 8.1.3 IMPERMEABILIZZAZIONE DI SUPERFICI ORIZZONTALI E VERTICALI CON SISTEMA COMBINATO BENTONITICO-CEMENTIZIO

La scelta di sistema da utilizzare per questa tipologia di intervento non viene effettuata in funzione delle pressioni idrostatiche agenti sulla struttura (occorre ricordare che MAPELASTIC FOUNDATION ha un'elevata resistenza alla spinta negativa, con valori fino a 1,5 bar pari a 15 metri di colonna d'acqua), bensì dipende da due principali fattori: lo spazio disponibile nel vano interrato e i tempi di esecuzione dei lavori. E' palese come l'intervento di rifodera interna con MAPEPROOF riduca la superficie calpestabile del vano interrato, in quanto prevede la realizzazione di una controparete di spessore idoneo a resistere alla controspinta idraulica della falda; invece, l'impiego di un sistema cementizio non riduce gli spazi ma può comportare un ritardo nei tempi di esecuzione se deve essere

applicato su un intonaco armato di regolarizzazione. Pertanto la scelta del ciclo più idoneo da impiegare in un ambiente interrato avviene su un'analisi tecnico-tempistica oltre che economica.

### Pareti in calcestruzzo

- Demolizione di eventuali rampe di scale presenti al piano interrato per un'altezza pari almeno a 3 o 4 gradini. La rimozione interesserà anche tutte le tramezzature e le pavimentazioni con i relativi substrati.

- Regolarizzazione delle pareti verticali mediante applicazione di PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o, ancora, i prodotti della linea MAPEGROUT.

- Le riprese di getto, le fessurazioni, eventualmente presenti, le tubazioni e i corpi passanti devono essere sigillati con MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante o in corrispondenza della fessurazione o della ripresa di getto una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Per sigillare le riprese di getto tra vecchio supporto e ripristino si procede con l'estrusione di MAPEPROOF SWELL e successivamente si ripristina il supporto con malta MAPEGROUT T40 o MAPEGROUT BM. Nel caso in cui durante le fasi di demolizione ci fossero venute di acqua continua bloccare preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.

- Sulle pareti verticali (Fig. 8.6-7) e sulla superficie orizzontale, per una fascia di almeno 50 cm, si dovrà procedere all'applicazione di



Fig. 8.6a - Fasi di realizzazione di una rifoderia interna realizzata con MAPELASTIC FOUNDATION sulle pareti verticali e MAPEPROOF sull'orizzontale: applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION sulle pareti verticali e sul nuovo magrone di pulizia per una fascia di 50 cm almeno



Fig. 8.6b - Applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION anche sui pilastri



Fig. 8.6c - A seguito della posa di MAPEPROOF sul magrone, si realizzano i fori per l'inserimento dei connettori metallici



Fig. 8.6d - Connettori metallici necessari a rendere la nuova struttura collaborante con quella esistente



Fig. 8.6e - Posa di IDROSTOP B25 in corrispondenza della giunzione tra MAPELASTIC FOUNDATION e MAPEPROOF



Fig. 8.6f - Stuccatura dei connettori metallici mediante MAPEPROOF MASTIC

MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

- Per l'applicazione del sistema impermeabile sulla superficie orizzontale, vedere quando scritto al termine del paragrafo.

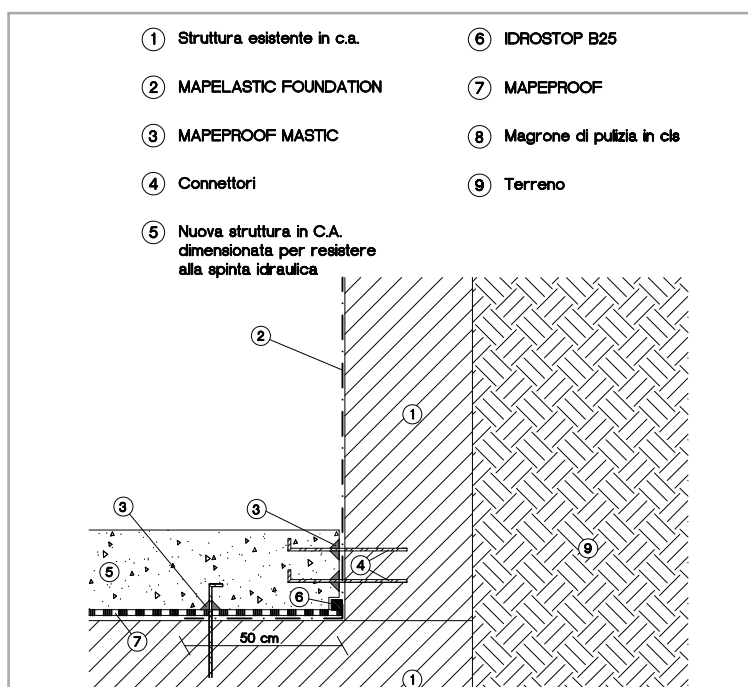


Fig. 8.7a - Particolare tecnico di una rifoderia interna eseguita applicando MAPEPROOF sulla superficie orizzontale e MAPELASTIC FOUNDATION sulle verticali: raccordo tra soletta e parete controterra

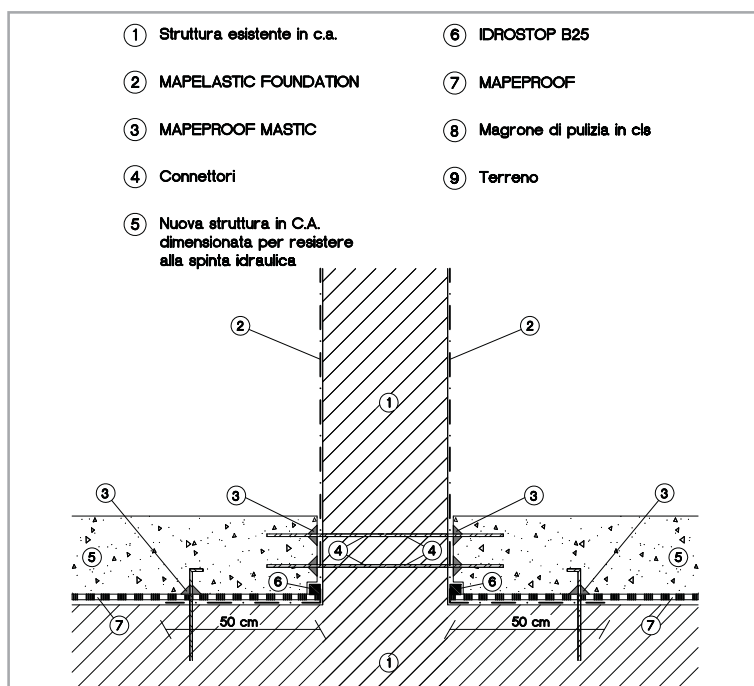


Fig. 8.7b - Particolare tecnico di una rifoderatura interna eseguita applicando MAPEPROOF sulla superficie orizzontale e MAPELASTIC FOUNDATION sulle verticali: raccordo tra soletta e pilastro o setto.

## Pareti in muratura di mattoni

- Demolizione di eventuali rampe di scale presenti al piano interrato per un'altezza pari almeno a 3 o 4 gradini. La rimozione interesserà anche tutte le tramezzature e le pavimentazioni con i relativi substrati.
- Rimozione dell'intonaco ammalorato fino al raggiungimento della muratura sottostante in mattoni.
- Regolarizzazione delle pareti verticali mediante esecuzione di un nuovo intonaco dello spessore di 4 cm, armato con rete metallica tassellata al supporto, realizzato con MAPEGROUT T60, malta tissotropica fibrorinforzata resistente ai solfati oppure utilizzando MAPEGROUT BM, malta bicomponente a basso modulo elastico. In alternativa all'esecuzione dell'intonaco armato sarà possibile regolarizzare le superfici mediante l'impiego di PLANITOP HDM MAXI, malta bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità, a base di leganti



Fig. 8.6g - Connettori metallici stuccati prima del posizionamento delle armature della nuova soletta da realizzare



Fig. 8.6h - Esecuzione del getto della soletta in c.a. calcolata per contrastare la spinta dell'acqua di falda





a reattività pozzolanica, in abbinamento con MAPEGRID G 120 o MAPEGRID G 220, speciale rete apprettata in fibra di vetro resistente agli alcali.

- Le tubazioni e i corpi passanti dovranno essere sigillati con MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Per sigillare le riprese di getto tra vecchio supporto e ripristino si procede con l'estrusione di MAPEPROOF SWELL intorno al corpo passante e successivamente si ripristina il supporto con malta MAPEGROUT BM. Nel caso in cui durante le fasi di demolizione ci fossero venute di acqua continua bloccare preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.

- Sulle pareti verticali e sulla superficie orizzontale, per una fascia di 50 cm almeno, si dovrà procedere all'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive, mediante rullo, pennello o a spruzzo con uno spessore totale non inferiore ai 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere all'applicazione della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

#### Superficie orizzontale

A maturazione avvenuta di MAPELASTIC FOUNDATION si procederà all'applicazione di MAPEPROOF sulle superfici orizzontali posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) verso il supporto e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; dovrà essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa. Durante la posa



in corrispondenza di eventuali corpi passanti (pilastri, tubazioni, ecc.) i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi, che verranno opportunamente sigillati con l'applicazione di IDROSTOP B25 (in alcuni casi potrebbe essere opportuna l'estrusione di MAPEPROOF SWELL superiormente a IDROSTOP B25). Evitare assolutamente la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli.

- La giunzione tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION dovrà essere sigillata mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, fissato mediante chiodatura ogni 25 cm. In alternativa è possibile impiegare IDROSTOP, profilo di gomma idrofila espandente per giunti di lavoro impermeabili fino ad una pressione idraulica di 5 atm.

- Qualora sia presente una struttura orizzontale alla quale poter ancorare la nuova fondazione, si dovrà procedere alla foratura di MAPEPROOF per l'inghisaggio di connettori metallici. Tale operazione permetterà di ridurre lo spessore della nuova fondazione, in quanto la vecchia struttura lavorerà a zavorra sulla nuova. MAPEPROOF verrà forato secondo uno schema derivante da un adeguato calcolo strutturale. Tale verifica strutturale dovrà indicare oltre allo spessore della nuova soletta e delle pareti verticali anche la quantità a metro quadrato e il diametro dei connettori metallici che dovranno essere realizzati sulle superfici orizzontali (platea) e verticali (pareti). L'inghisaggio dei connettori alle superfici orizzontali deve essere effettuato mediante EPOJET, resina epossidica superfluida, mentre l'inghisaggio alle superfici verticali deve essere effettuato con ADESILEX PG1, adesivo epossidico bicomponente tissotropico. I punti in cui i connettori metallici attraversano i teli, devono essere stuccati con MAPEPROOF MASTIC.

- Eseguito quanto appena descritto, si provvederà alla predisposizione



Fig. 8.7 - Infiltrazioni in corrispondenza delle riprese di getto delle strutture in calcestruzzo armato di una fossa ascensore



sulle superfici orizzontali dell'armatura metallica della nuova soletta in calcestruzzo armato opportunamente distaccata dai teli MAPEPROOF con idonei distanziatori plastici, che permettono il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro. Quindi si dovrà eseguire il getto in calcestruzzo armato di spessore adeguato a resistere alla contropinta idraulica della falda.



## 8.2 IMPERMEABILIZZAZIONE IN CONTROSPINTA DELLA FOSSA ASCENSORE

L'intervento di impermeabilizzazione in contropinta di una fossa ascensore (Fig. 8.7) può essere realizzato in tre diverse modalità:

1. esecuzione sulla superficie orizzontale di un battuto di malta idrofugata con IDROSILEX in abbinamento con IDROSILEX PRONTO sulle pareti verticali;
2. realizzazione di un rivestimento impermeabile con malta idrofugata a base di IDROSILEX sul piano orizzontale e MAPELASTIC FOUNDATION sulle superfici verticali e sul piano orizzontale;
3. applicazione di MAPEPROOF sulla superficie orizzontale in abbinamento con MAPELASTIC FOUNDATION sulle superfici verticali.

In tutte le tre soluzioni è necessario dapprima eseguire la sigillatura delle riprese di getto, delle fessurazioni, eventualmente presenti, delle tubazioni e dei corpi passanti il calcestruzzo mediante applicazione di MAPEPROOF SWELL, pasta monocomponente idroespansiva per la sigillatura impermeabile. Eseguire preventivamente intorno all'elemento passante o in corrispondenza della fessurazione o della ripresa di getto una demolizione accurata mediante idonei attrezzi meccanici per una profondità di almeno 6 cm. Estrudere quindi MAPEPROOF SWELL e successivamente ripristinare il supporto con malta MAPEGROUT T40 o MAPEGROUT BM. Nel caso in cui durante le fasi di demolizione ci fossero venute di acqua continua bloccarne preventivamente il flusso mediante l'utilizzo di LAMPOSILEX, legante idraulico a presa ed indurimento rapidissimi per il bloccaggio di infiltrazioni d'acqua.

Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere perfettamente pulite e solide. E' necessario rimuovere gli eventuali nidi di ghiaia e regolarizzare i supporti verticali mediante applicazione di PLANITOP 400, malta tissotropica a ritiro compensato a presa rapida per il ripristino corticale del calcestruzzo, oppure PLANITOP 430, malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro controllato per il risanamento del calcestruzzo o ancora, prodotti della linea MAPEGROUT. Quindi bisogna rimuovere la polvere e i resti delle lavorazioni precedenti mediante spazzolatura meccanica, sabbiatura o lavaggio con acqua in pressione.

Dopo aver eseguito la preparazione del supporto, come appena descritto, può essere applicato il prodotto impermeabilizzante come di seguito illustrato.

## 8.2.1 IMPERMEABILIZZAZIONE CON MALTA OSMOTICA

- Dopo aver preparato il supporto come precedentemente descritto, procedere alla bagnatura fino a saturazione del sottofondo e sulla superficie satura asciutta applicare IDROSILEX PRONTO, malta cementizia osmotica impermeabile mediante pennello, spatola o a spruzzo. Prestare particolare attenzione nell'applicazione del prodotto nel raccordo tra pareti e piano orizzontale e tra pareti contigue avendo cura di farlo penetrare nel sottofondo. IDROSILEX PRONTO va steso sulle superfici verticali e risvoltato sul piano orizzontale per una fascia di circa 30 cm. Lo spessore minimo di applicazione del prodotto dovrà essere di circa 2-3 mm e le caratteristiche dello strato indurito saranno tali da permettere il suo impiego esclusivamente per impermeabilizzazioni rigide.

- Completare il sistema impermeabile realizzando sul supporto orizzontale un battuto in più strati di malta idrofugata con IDROSILEX in polvere o liquido, procedendo come di seguito descritto. Stendere sul piano pulito una boiaccia di adesione realizzata con PLANICRETE, lattice di gomma sintetico per impasti cementizi, e acqua in parti uguali, miscelati al cemento in parti 1:3. Con la tecnica del fresco su fresco stendere uno strato di malta, dello spessore di 7-8 mm a consistenza



Fig. 8.8a - Fasi di realizzazione di un rivestimento impermeabile con malta idrofugata a base di IDROSILEX sul piano orizzontale e MAPELASTIC FOUNDATION sulle superfici verticali e sul piano orizzontale: stesura di una boiaccia di adesione



Fig. 8.8b - Massetto composto di sabbia-cemento e IDROSILEX



Fig. 8.8c - Applicazione di EPORIP nei raccordi tra piano orizzontale e superfici verticali e tra pareti contigue



Fig. 8.8d - Realizzazione, su EPORIP ancora fresco, delle sgusce con MAPEGROUT BM



Fig. 8.8e - Pareti verticali e superficie orizzontale impermeabilizzate con MAPELASTIC FOUNDATION



Fig. 8.8e - Applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION

plastica, composto da sabbia-cemento e IDROSILEX in proporzione come da scheda tecnica. Dopo circa un'ora, a supporto non ancora totalmente indurito, si realizzerà un massetto dello spessore di circa 40 mm composto da sabbia-cemento e IDROSILEX in proporzione come da scheda tecnica.

- Il massetto, ben compattato e lisciato, dovrà stagionare almeno due giorni; procedere quindi alla stesura di EPORIP, adesivo epossidico bicomponente esente da solventi, applicando il prodotto nei raccordi tra piano orizzontale e superfici verticali nonché tra parete e parete. Su EPORIP ancora fresco dovranno essere realizzati delle sgusce di raccordo con MAPEGROUT BM, malta bicomponente a basso modulo elastico.

## 8.2.2 IMPERMEABILIZZAZIONE COMBINATA CON MALTA OSMOTICA E MALTA CEMENTIZIA ELASTICA

- Sul supporto preparato come suddetto, eseguire un battuto in più strati di malta idrofugata con IDROSILEX in polvere o liquido, procedendo come di seguito descritto. Stendere sul piano pulito una boiacca di ripresa (Fig. 8.8) di getto realizzata con PLANICRETE, lattice di gomma sintetico per impasti cementizi, e acqua in parti uguali, miscelati al cemento in parti 1:3. Con la tecnica del fresco su fresco stendere uno strato di malta, dello spessore di 7-8 mm a consistenza plastica, composto da sabbia-cemento e IDROSILEX in proporzione come da scheda tecnica. Dopo circa un'ora, a supporto non ancora totalmente indurito, si realizzerà un massetto dello spessore di circa 40 mm composto da sabbia-cemento e IDROSILEX in proporzione come da scheda tecnica.

- Il massetto, ben compattato e lisciato, dovrà stagionare almeno due giorni; procedere quindi alla stesura di EPORIP, adesivo epossidico bicomponente esente da solventi, applicando il prodotto nei raccordi tra piano orizzontale e superfici verticali nonché tra parete e parete. Su EPORIP ancora fresco dovranno essere realizzati dei gusci di raccordo

con MAPEGROUT BM, malta bicomponente a basso modulo elastico. A completamento del ciclo procedere alla stesura, su tutte le superfici verticali e sul piano orizzontale, MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive a pennello o a rullo, per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere alla stesura della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

## 8.2.3 IMPERMEABILIZZAZIONE CON SISTEMI A BENTONITICO E MALTA CEMENTIZIA ELASTICA

- Dopo aver preparato il supporto come precedentemente descritto, sul piano orizzontale per una larghezza di circa 30 cm e sulle superfici verticali, si dovrà applicare il MAPELASTIC FOUNDATION in due mani successive a pennello o a rullo, per uno spessore totale non inferiore a 2 mm. Dopo circa 4 ore dall'applicazione della prima mano si potrà procedere alla stesura della seconda mano e comunque mai prima che il primo strato non risulti perfettamente asciutto.

- Rifodera interna delle superfici orizzontali mediante applicazione di MAPEPROOF posizionando il geotessile inferiore (tessuto scuro) verso il supporto e verso le pareti verticali e il geotessile superiore (non tessuto bianco) rivolto verso l'alto e pertanto visibile; dovrà essere rispettato un sormonto minimo di 10 cm tra i teli che dovranno essere fissati al sottofondo mediante chiodi e rondelle in polietilene, MAPEPROOF CD, ogni 50 cm circa in orizzontale e ogni 30 cm circa in verticale. Durante la posa in corrispondenza di eventuali corpi passanti i teli dovranno essere ritagliati fino a sagomare perfettamente tali elementi, che verranno opportunamente sigillati con l'applicazione di IDROSTOP B25 (in alcuni casi potrebbe essere opportuna l'estrusione di MAPEPROOF SWELL superiormente a IDROSTOP B25). Evitare assolutamente la formazione di pieghe causate da una non corretta stesura dei teli.

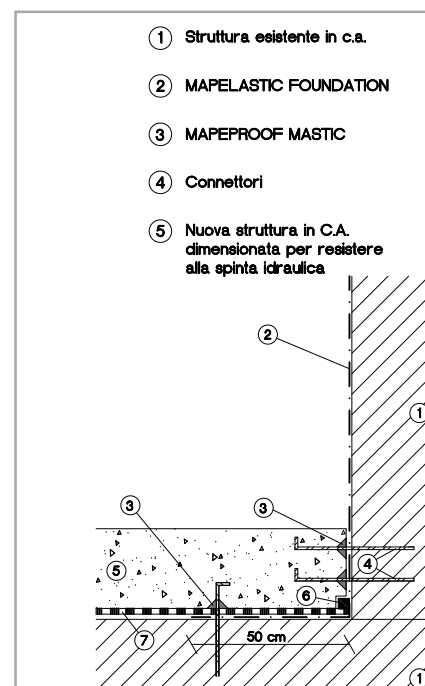


Fig. 8.9 - Particolare tecnico di una rifodera interna di una fossa ascensore eseguita applicando MAPEPROOF sulla superficie orizzontale e MAPELASTIC FOUNDATION sulle verticali: raccordo tra soletta e parete controterra

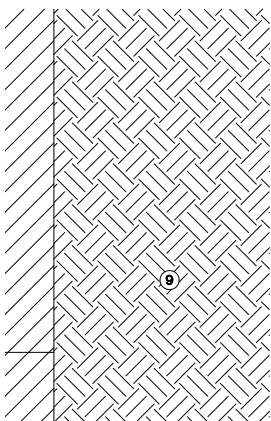


⑥ IDROSTOP B25

⑦ MAPEPROOF

⑧ Magrone di pulizia in cls

⑨ Terreno



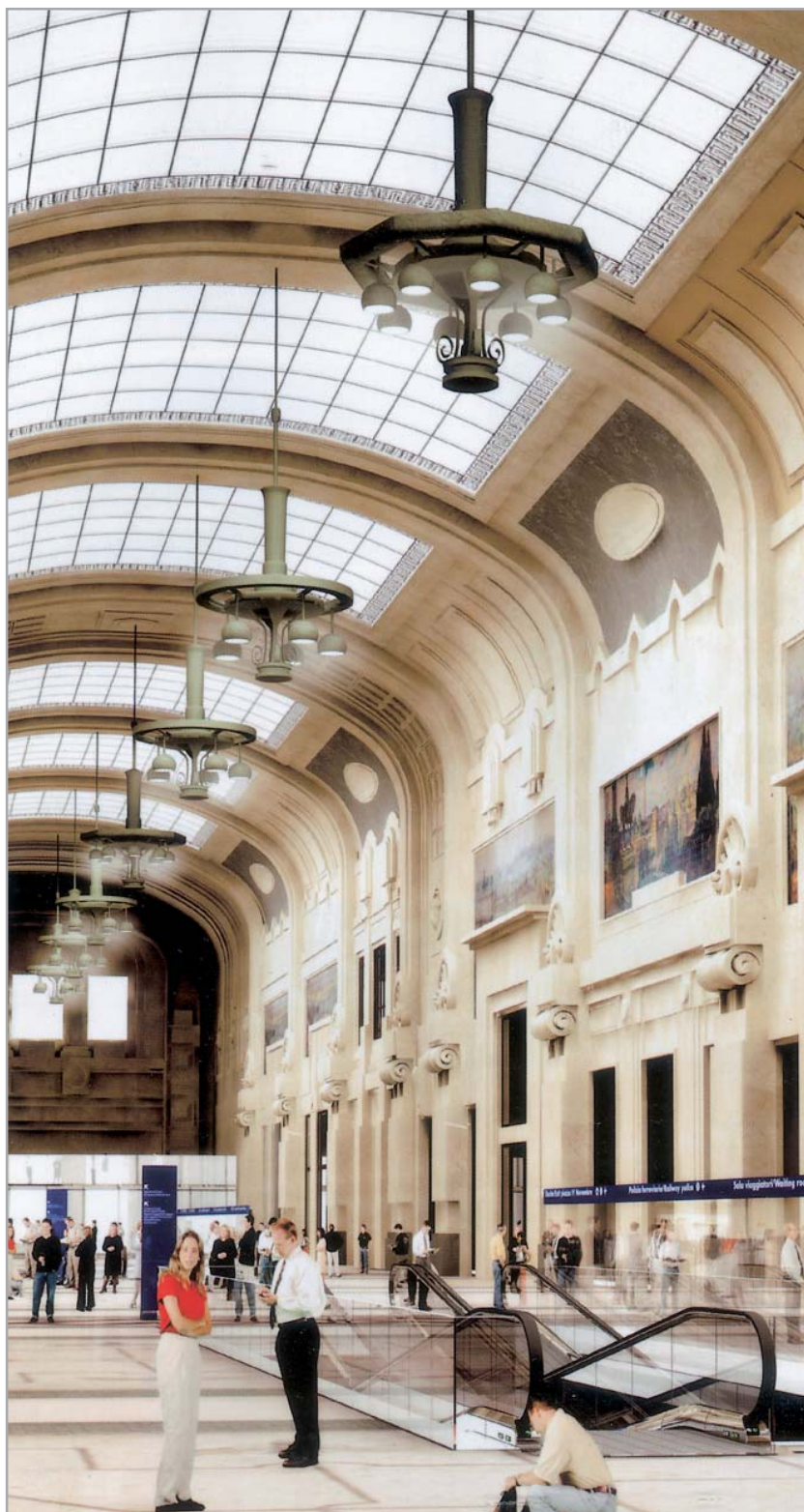
- La giunzione tra MAPEPROOF e MAPELASTIC FOUNDATION dovrà essere sigillata mediante l'impiego di IDROSTOP B25, giunto bentonitico idroespandente, fissato mediante chiodatura ogni 25 cm. In alternativa è possibile impiegare IDROSTOP, profilo di gomma idrofila espandente per giunti di lavoro impermeabili fino ad una pressione idraulica di 5 atm.

- Per consentire il collegamento dell'armatura della nuova soletta in calcestruzzo armato con quella esistente, i teli MAPEPROOF verranno forati secondo uno schema derivante da un adeguato calcolo strutturale. Tale verifica strutturale dovrà indicare oltre allo spessore della nuova soletta anche il numero a metro quadrato e il diametro dei connettori metallici che dovranno essere realizzati sulle superfici orizzontali. L'inghisaggio dei connettori deve essere effettuato mediante EPOJET, resina epossidica superfluida. I punti in cui i connettori metallici attraversano i teli, devono essere stuccati con MAPEPROOF MASTIC.

- Eseguito quanto appena descritto, si provvederà alla predisposizione sulle superfici orizzontali dell'armatura metallica della nuova soletta, opportunamente distaccata dai teli MAPEPROOF con idonei distanziatori plastici, che permettono il corretto scorrimento del calcestruzzo al di sotto dei ferri d'armatura garantendo la formazione di un opportuno copriferro. Quindi si eseguirà il getto in calcestruzzo armato di spessore adeguato a resistere alla contropinta idraulica della falda.

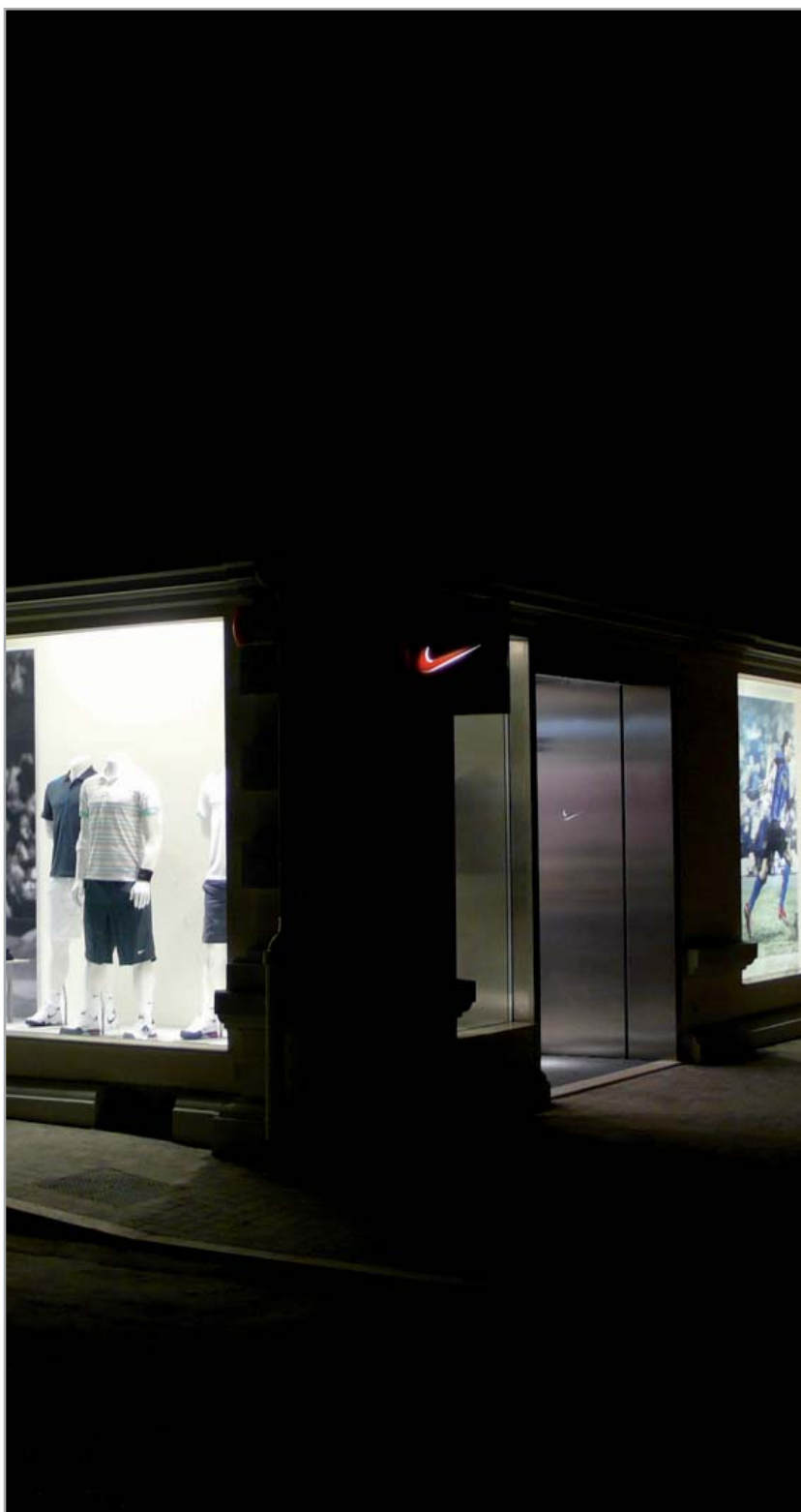
#### Riferimenti bibliografici

1. Colombo P., Colleselli F., "Elementi di geotecnica". Terza edizione. 2004. Ed. Zanichelli.
2. Varisco Wellpoint, "Il sistema wellpoint e il drenaggio dei terreni".



STAZIONE CENTRALE  
Milano - Italia

Impermeabilizzazione dell'ex  
area parcheggio sotterraneo,  
ora destinata ad archivio con  
MAPEPROOF e IDROSTOP B25



NIKE STORE  
San Benedetto del Tronto  
Italia

Impermeabilizzazione  
delle strutture interrato con  
MAPEPROOF,  
MAPELASTIC FOUNDATION,  
IDROSTOP B25,  
MAPEPROOF SWELL e  
LAMPOSILEX

# Quaderno Tecnico

# IMPERMEABILIZZAZIONE

# DI STRUTTURE INTERRATE

C.P. MK 838710 - (I) 10/09

## SEDE

**MAPEI Spa**

Via Cafiero, 22 - 20158 Milano

Tel. +39-02-37673.1

Fax +39-02-37673.214

Internet: [www.mapei.com](http://www.mapei.com)

E-mail: [mapei@mapei.it](mailto:mapei@mapei.it)

