



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Kompendium i Fundering**

*Kapitel 10 - Byggegruber*

Jacobsen, Moust

*Publication date:*  
1993

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jacobsen, M. (1993). *Kompendium i Fundering; Kapitel 10 - Byggegruber*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Fundering.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

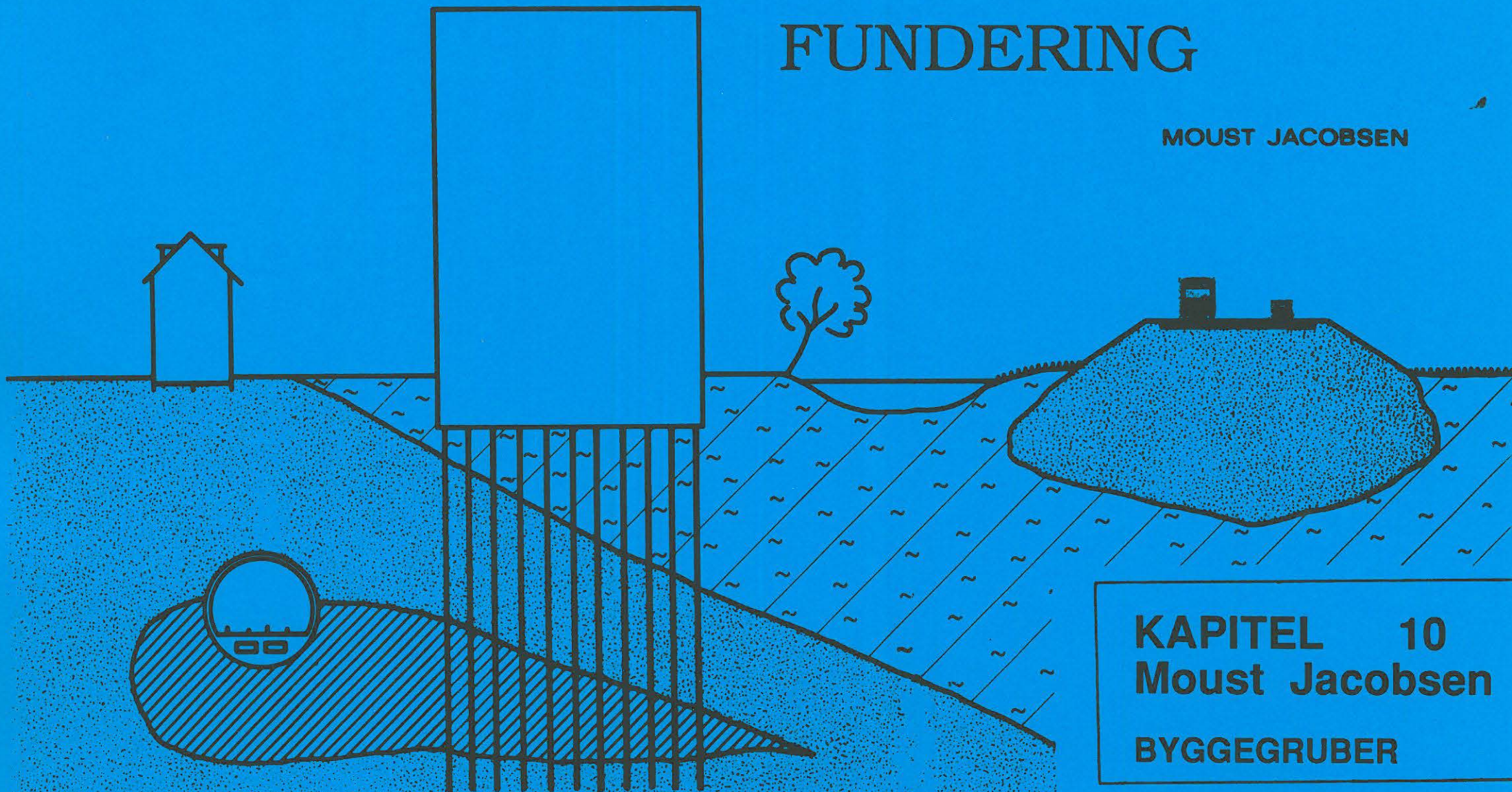


UDDRAG AF

KOMPENDIUM I

# FUNDERING

MOUST JACOBSEN



**KAPITEL 10**  
**Moust Jacobsen**  
**BYGGEGRUBER**



10.	Byggegruber		
10.0	Indledning	side	10.1
	Regler for jordarbejde		10.2
	Formindskelse af gener		10.3
	Vejledning for udførelse af afstivninger af træ ved rendegravning		10.4
10.1	Byggegrubens bund		10.5
	Jordbundsforhold		10.5
	Tilstrømmende vand		10.5
	Løftning		10.6
	Bundbrud		10.6
10.2	Byggegrubeindfatninger		10.7
	Uafstivede skråninger		10.7
	Lodrette indfatningskonstruktioner		10.9
	In situ vægge		10.11
	Undermuring		10.12
10.3	Afstivninger		10.12
10.4	Eksempel på byggegrube		10.17

## 10. BYGGEGRUBER

### 10.0 INDLEDNING

En byggegrube består i sin simpleste form af en gravet rende i jorden, evt. med enkelte afstivninger. Selv i denne simple form volder byggegruben store sikkerhedsmæssige problemer og næsten hvert år omkommer arbejdere ved jordskred på grund af letsindig afstivning eller manglende afstivning. Skylden herfor deles af enhver ingeniør, der har set arbejdet uden at påtale manglende afstivning. Det kan da også være fristende at lade være, alle steder naturlige skrånninger, der kan stå lodret til stor højde (se dog side 10.8), men specielt i forbindelse med højtliggende grundvandsspejl eller regnvejr er der en betydelig risiko for jordskred. Der er derfor af socialministeriet udarbejdet detaljerede "Regler for jordarbejde". De bringes på næste side. Der er som bilag udarbejdet "Vejledning for udførelse af afstivninger af træ ved rendegravning", hvoraf de væsentligste afsnit er anført på side 10.4.

Anlæggelsen af en byggegrube på forsvarlig måde kan være et kompliceret funderingsmæssigt problem ved store og dybe byggegruber i tætbyggede områder eller ved funderingsarbejder på vand.

Sikkerhedsproblemerne kan være meget store. I de simple tilfælde kan man nøjes med at betragte sikkerheden for de folk, der arbejder i byggegruben, i det mest komplicerede tilfælde må der tages specielt hensyn til folk uden for byggegruben. Byggegruben kan således gå meget tæt på eksisterende byggeri eller trafikårer, der ikke må beskadiges.

En anden vigtig faktor er vandproblemerne, der vil blive omtalt i fornødent omfang, idet der dog også må henvises til kapitel 7.

Byggegruber på vand (f.eks. byggegruber for bropiller) omtales ikke nærmere. Men også på landjorden spiller vandproblemer en stor rolle i forbindelse med bundens stabilitet, vandtryk på indfatningerne, skråningers stabilitet i regnvejrperioder og fjernelse af tilstrømmende vand.

Byggegrubens udstrækning og udgravningskoten afgøres af bygværket og af jordbundsforholdene. Her omtales kun de mest realistiske og almindelige indfatningskonstruktioner og forankringer. Der er på dette område mulighed for mange andre løsninger. Mange af disse løsninger kan være improviserede, fordi man ofte undervurderer vanskelighederne ved at etablere en byggegrube, der jo i princip er "bare" er et hul i jorden.

## Bilag.

## Regler for jordarbejde.

1. Gravearbejdet skal ledes og overvåges af personer, som er fortrolige med arbejdet, og som har den fornødne indsigt og erfaring. Dette gælder særligt opførelsen af afstivninger og vurderingen af disses tilstrækkelighed.

Det må såvel fra ledelsens som fra arbejderens side iagttages, at hensynet til sikkerheden ikke tilsværes på grund af akkordarbejde.

2. Arbejderne skal medvirke til at skabe forsvarlige forhold, bl. a. ved at følge givne instrukser om afstivning og andre sikkerhedsforanstaltninger og ved straks at meddele forefundne mangler til deres foresatte, for så vidt de ikke selv har beføjelse til at rette dem.

3. Inden gravearbejdet påbegyndes, skal jordens beskaffenhed om fornødent undersøges. Det bør søges oplyst, om der findes tidligere udgravninger med løsere fyld, og om der findes el-ledninger, gas-, vand- og afløbsledninger, samt hvor de er beliggende.

4. Der skal vises agtpågivenhed over for faren for jordskred, hvorved særlig skal tages i betragtning:

Jordens beskaffenhed, sandårer eller vandførende lag i stivere jord, tilstedende eller nærliggende ældre udgravninger med løsere fyld. — Vejrliget, f. eks. stærke regnskyl, tåbrud, stående vandtryk bag frossen overflade. — Rystelser, f. eks. fra sprængninger, pæleramning, tung trafik. — Særlige belastninger tæt ved udgravningen, f. eks. eksisterende bygninger, tunge vogne eller maskiner, opstablede materialer eller oplagt jord.

5. Udgravningens kant skal i passende bredde holdes fri for materialer og genstande, som ved at falde ned kan være en fare for arbejderne i udgravningen. Hvor der skal ferdes mennesker på kanten, skal denne desuden være passende jævn for at undgå snublen og fald.

6. Hvor udgravningen foretages med fri skrænt, skal denne have en sådan hældning, at farlige skred ikke kan indtræde. Dette skal særligt iagttages ved arbejde i smalle udgravninger, f. eks. ved redegange og ved byggegruber, hvor der arbejdes med vægforskalling, mellem denne og skræntens side. Skrænten må her aldrig have mindre

anlæg end 0,5 (hældning 2 : 1), medmindre det ved undersøgelse af jordbunden på betryggende måde er godtgjort, at en stejlere skrænt er forsvarlig.

Ved arbejde langs foden af frie skrænter skal i videst muligt omfang sørges for, at flugt fra skrænten ikke hindres. I smalle udgravninger skal være anbragt stige i nærheden af arbejdsstedet, medmindre der findes anden passende opgang. Ved maskinudgravning må arbejde omkring gravemaskinen i farlig nærhed af skrænten kun foretages i højst nødvendigt omfang og af en person, som er velinstrueret om faren. Der skal være mulighed for hurtig flugt bort fra skrænten. Hvis man ikke kan undgå at gå ind mellem maskinen og skrænten, må man passe, at dette kun sker, når skrænten har fået en sådan hældning, at der ikke er fare for alvorligt skred. Gravemaskinens fører skal også være instrueret herom. Hvis det af anden tvingende grund, f. eks. maskinskade eller fjernelse af store sten i skrænten, er nødvendigt at opholde sig på eller i farlig nærhed af skrænten, skal denne forinden være afrettet til ufarlig hældning.

For arbejde i grus-, ler- og mergelgrave gælder arbejdstilsynets „Forskrifter for gravning i grus-, ler- og mergelgrave“ af november 1959, der er optaget som underbilag I til nærværende regler.

7. Hvor der ikke ved gravning med fri skrænt kan opnås den fornødne sikkerhed mod farlige jordskred, skal foretages forsvarlig afstivning.

8. Ved smalle udgravninger til lægning af rør, ledninger o. lign. skal arbejdstilsynets „Vejledning for udførelse af afstivninger af træ ved redegang“ af marts 1957 med ændringer af juni 1958, der er optaget som underbilag II til nærværende regler, følges, hvorved må bemærkes, at vejforhold og jordbundsforhold skal tages i betragtning, således at en stærkere afstivning end angivet som normal og afstivning ved mindre grave dybder end 1,7 m kan være påkrævet. (Jfr. vejledningens indledende bemærkninger).

9. I bredere udgravninger, hvor afstivningen af spændplanker og stræk ikke kan foretages med spændbomme mellem modstående gravesider, skal afstivningen fore-

tages på anden betryggende måde, f. eks. ved skrå støtteplanker fornødent afsværedede og støttet mod nedrammede pæle, eller ved forankring til plader med jordbelastning uden for udgravningen.

10. Afstivningen skal under hensyn til jordens beskaffenhed være så tæt, at farlig udskridning af løs jord, sand og grus ikke finder sted. Om fornødent skal anvendes spunsplanker, der skal fores så langt ned, at jordbunden (specielt flydesand) ikke kan trykkes op i graven. Hvis udgravningen foretages i fyld eller stoder op til fyldt tidligere udgravning, skal særlige foranstaltninger træffes ved afstivningen.

11. Eksisterende bygninger nær ved udgravningen skal afstives og forstærkes i fornødent omfang.

12. Hvor udgravning med lodrette sider foretages ved hjælp af gravemaskine, skal afstivningen følge umiddelbart efter maskinen, dog kan der på en kort strækning sættes midlertidig afstivning, medens udgravningens sider afrettes og endelig afstivning påsættes. Udgravningen skal foretages så nøjagtigt, at afstivningen kan påsættes med fuld sikkerhed for dens stabilitet. Der må ikke arbejdes på steder, hvor afstivningen endnu ikke er ført frem.

13. Afstivningen skal være forsvarligt dimensioneret under hensyn til det jordtryk, der efter forholdene må antages at komme til at virke, og til den belastning, der hidrører fra eventuelt oplag af jord og materialer, maskiner, vogne, lad og andet i umiddelbar nærhed af udgravningen, og som kan indvirke på jordtrykket.

14. Ved større udgravningsdybder eller vanskelige jordbundsforhold, hvor afstivningens tilstrækkelighed ikke umiddelbart kan bedømmes, skal i forbindelse med projektering af byggeriet m. v. foreslag med tegninger og beregninger over afstivning eller anden beskyttelsesforanstaltning være udarbejdet af kompetent person, forinden gravearbejdet påbegyndes.

Arbejdstilsynet kan forlange sådanne forslag forelagt.

15. Alt træ til afstivning skal være af god og sund kvalitet uden farlige avindrevner og knaster. Stærkt udtorret træ med kort brud må ikke benyttes. Savskåret tømmer må kun i uvæsentligt omfang være skåret over spån.

16. Tømmer og andet materiel til afstivning skal før brugen kontrolleres omhyggeligt. Styrken af brugt tømmer skal om fornødent prøves på passende måde.

17. Al afstivning skal efterses og være under opsyn af en kyndig person. Viser afstivningen tegn på overbelastning, eller der er sket uheld, som bringer afstivningens stabilitet i fare, skal der straks foretages de nødvendige forstærkningsarbejder, ligesom der ved opståede hulheder bag plankerne som følge af lokale udskridninger straks skal træffes foranstaltninger til sikring af afstivningen.

18. Hvor betonringe anvendes ved gravning af sækkebrønde, skal ringene for at hindre forskydning være forsynet med fals og være sammenholdt på passende måde.

19. Stålringe til samme brug skal være forsynet med passende styring og være forsvarligt sammenholdt.

20. Hvor der ved arbejde i trange og dybe skakte, f. eks. sækkebrønde, er fare for skred eller for, at bunden trykkes op (flydesand), skal arbejderne i skakten benytte sikkerhedsbælte med line. Desuden skal der oppe ved skakten være placeret en mand, som stadig skal følge arbejdet og passe på linen.

21. For nedstigning i udgravninger og brønde, hvor giftig eller brændbar gas eller iltmangel må befrygtes, skal luften undersøges og udluftning eller anden passende beskyttelsesforanstaltning om fornødent foretages.

22. Ved udgravningsarbejde, der er forbundet med sammenstyrtningsfare, må der ikke beskæftiges personer under 18 år, (jfr. socialministeriets bekendtgørelse nr. 149 af 30. maj 1956 om unge menneskers farlige arbejde og den dertil knyttede fortegnelse nr. 1 — ulykkesfarer, gruppe 7).



### Hensyn til omgivelserne

Problemerne vedrørende det juridiske ansvar i forbindelse med udførelse af byggegruber er helt sammenfaldende med det i kap. 7 (side 7.23) anførte. I det følgende skal derfor blot omtales nogle af de oftest forekommende gener ved udførelsen af byggegruber samt angives nogle eksempler på, hvorledes disse gener helt eller delvis kan afhjælpes.

Nedramning af spunsjern og pæle giver normalt anledning til såvel støj som vibrationsgener. Ved resonansvibrering (se side 9.32) kan såvel nedføring som optrækning af stålspunsjern eller -pæle i sandet eller siltholdig jordbund normalt gennemføres uden særlige gener. Ved spulning med trykvand eller -luft vil rammemodstanden i sand-gruslag kunne reduceres væsentligt, således at rystelser fra hård ramning kan undgås. Omvendt bør en eventuel grundvandssænkning først iværksættes, når rammearbejdet er afsluttet, idet den opståede spændingstilvækst vil kunne forøge rammemodstanden. Til nedsættelse af støjgenerne ved ramning i bymæssige områder kan anvendes et specielt udstyr, hvor rambukkens mægler, pælen og ramslaget indkapsles i en lyddæmpende kasse under nedramningen. Udførelse af in-situ vægge igennem en ikke alt for fast jordbund sker normalt uden væsentlige gener i form af støj og rystelser.

Grundvandssænkning kan medføre sætninger af omkringliggende bygninger enten som følge af konsolidering af bløde jordlag eller på grund af begyndende forrådnelse i træpæle, som udsættes for luftens adgang.

Overvejelser vedrørende disse risici fører undertiden til, at der må vælges andre løsninger, f.eks. en tæt spuns. Sætninger af omgivende bygninger, vejbelægnings-, forsynings- og kloakledninger kan også fremkaldes af udbøjninger af indfatninger eller ved en skråning af begyndende stabilitetsbrud. Sætninger af vandførende rør og ledninger kan undertiden bevirke utætheder i disse, hvorved uforudsete strømninger eller sekundære vandspejl kan opstå med katastrofale følger for indfatningen. Generelle retningslinier for

imødegåelse af sådanne problemer kan ikke angives, blot at der ved dimensioneringen af indfatningen ofte må lægges afgørende vægt på dennes stivhed.

## Vejledning for udførelse af afstivninger af træ ved reudegravning.

### Indledende bemærkninger.

Hvert år omkommer arbejdere ved jordskred under reudegravning: Vis derfor den største agtpågivenhed over for denne fare og lad sikkerheden gå forud for andre hensyn.

Det påhviler først og fremmest arbejdsgiveren (entreprenøren) at sørge for tilstrækkelig afstivning, og ansvaret herfor bør aldrig overdrages til personer, der ikke har den fornødne indsigt og erfaring.

Arbejderen må på sin side medvirke til at skabe forsvarlige forhold bl. a. ved at følge givne instruksær om afstivning og andre sikkerhedsforskrifter og ved straks at meddele fundne mangler til sin foresatte, for så vidt han ikke selv har beføjelse til at rette dem.

De nedenfor givne retningslinier for afstivning gælder for udgravninger med lodrette sider. Hvis de øverste jordlag afgraves med fri skrænt mod rønden, må skrænten have en sådan hældning, at udskridning ikke kan finde sted. Afstivningen af udgravningens lodrette sider må i så fald forstærkes under hensyn til den overliggende jords vægt, ligesom også anden belastning, f. eks. fra jordlad, altid må tages i betragtning.

Retningslinierne må benyttes med omtanke, idet vejrforhold og jordbundsforhold må tages i betragtning, og en stærkere afstivning end angivet for normale forhold derfor kan være påkrævet.

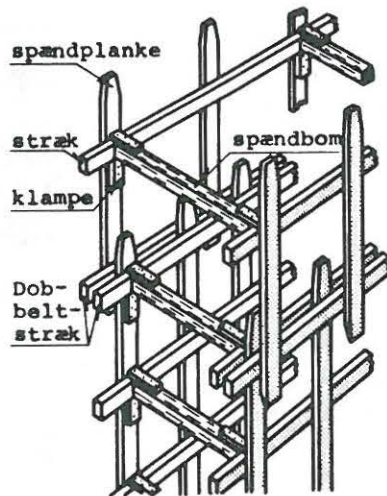
Faren for jordskred er særlig stor efter regnskyl og efter skiftende frost og tø. Efter sådant vejrskifte bør afstivningen derfor efteres og om fornødent forstærkes. Ligeledes bør vises særlig agtpågivenhed, hvor jordlagene skifter, f. eks. hvor stivere jordlag gennembrydes af sandårer eller fyld efter tidligere jordudgravninger, og hvor der er tilstrømning af vand til graven.

### Retningslinier for afstivning.

#### Afstivningens konstruktion.

1) Der skal påsættes afstivning i gravningsdybder af 1,7 m eller derover.

I indtil ca. 2,5 m dybde kan afstivningen i stiv jord udføres som KLEMMER med højst 2 m mellemrum bestående af tilstrækkeligt lange spændplanke med mindst 2 spændbomme. I alle andre tilfælde udføres afstivningen med STRÆK og SPÆND-BOMME.



2) Spændbommene anbringes med en indbyrdes afstand af højst 2 m. Hvis det af særlige grunde er nødvendigt at gøre afstanden større, må strækkenes dimensioner forøges tilsvarende.

Hvor forholdene nødvendiggør det, anbringes klamper eller skræstivere under strækkene for at forhindre, at disse glider ned, og når skræstivere benyttes, er det nødvendigt også at anbringe klamper over strækkene.

Hvor der er fare for, at spændet kan gå af, er det nødvendigt at påsømme lægte- eller plankestumper på bommene for at forhindre disse i at falde ned.

3) Afstivning med 1 hold planker kan anvendes til ca. 3,5 m dybde. 1. stræk anbringes nær ved jordoverfladen eller befæstelsen, højst 50 cm nede i gravningen, ved befæstelse, som kan bære frit, dog 70 cm. De øvrige stræk fordeles ned gennem gravningen med en indbyrdes afstand af ca. 1 m, dog kan afstanden mellem 1. og 2. stræk gøres noget større, men ikke over 1,5 m. I vanskelige jordbundsforhold må afstanden mellem strækkene eventuelt gøres mindre, og 2 hold planker med dobbeltstræk anvendes for mindre dybder.

4) Hvor flere hold planker benyttes, skal der skabes forbindelse mellem de øvre og nedre hold ved DOBBELTSTRÆK. (Hvor denne regel under særlige omstændigheder fraviges, må der om fornødent træffes anden foranstaltning til sikring af afstivningen). Det første dobbeltstræk sættes i almindelighed i ca. 2 m dybde, de følgende med ca. 3 m mellemrum, således at plankerne så vidt muligt ikke får større længde end 4 m.

5) I store dybder og ved løsere jordarter skal benyttes planker bag strækkene imellem spændplanterne. I sand og grus, der kan skrælle ud, og særlig i flydesand, benyttes hel tæt væg, eventuelt af spunsplanke, og plankerne skal sættes helt til bunden af endelig gravning. I flydesand skal de holdes under gravningens bund, således at indfyldning i graven fra siderne under plankerne forbindes.

Tømmerets kvalitet og dimensioner 6) og 7) er udeladt.

#### Påsætning og eftersyn.

8) Afstivningen skal spændes mod fast jord, og det skal påses, at spændet er tilstrækkeligt. Bomme, der mister spændet, skal straks sættes om, eller spændet om nødvendigt sikres på anden måde.

Hvor spænd mod fast lejret jord ikke kan opnås, skal der træffes særlige foranstaltninger. Særlig omhu skal udvises i nærheden af tidligere gravninger, hvor jordfylden er mindre fast lejret.

9) Når det ved lægning af større rør er nødvendigt at fjerne de nederste bomme under rørlægningen, skal disse hurtigst muligt, efter at rørene er ført forbi, erstattes med afstivninger mod rørene, eller nederste stræk kan erstattes med et plankestræk med tættere afsværtninger mod rørene.

10) Viser bomme eller stræk tendens til farlig overbelastning, må ekstra bomme indskydes, eventuelt ekstra stræk, og det kan blive nødvendigt at afsvæerte bommene i brede gravninger til sikring mod udbojning.

11) Såfremt der under arbejdets udførelse sker uheld, der forårsager, at afstivningens stabilitet er i fare, skal der straks iværksættes de nødvendige forstærkningsarbejder.

12) Såfremt der ved udskridning bliver hulheder bag plankerne, skal der træffes foranstaltninger til sikring af afstivningen. Ved sætning af gravningens ene side, så bommene ikke længere er vandrette, skal der påsættes skræbbomme til sikring imod, at bomme og stræk ikke følger fortsatte sætninger.

#### Udgravning med maskine.

13) Hvor udgravning med lodrette sider foretages ved hjælp af gravemaskine, skal afstivningen følge umiddelbart efter maskinen, dog kan der på en kort strækning sættes midlertidig afstivning, medens gravningens sider afrettes, og endelig afstivning påsættes. Udgravningen skal foretages så nøjagtigt, at afstivningen kan påsættes med fuld sikkerhed for dens stabilitet. Der må ikke arbejdes på steder, hvor afstivningen endnu ikke er ført frem.

Såfremt de øverste jordlag graves med væssende, forsvarligt anlæg og de nedre med lodrette sider, påsættes på disse en i forhold til dybden passende kraftig afstivning.

#### Optagning af afstivningen.

14) Ved tilfyldning må afstivningen ikke fjernes, før det er nødvendigt og kan gøres uden forringelse af sikkerheden for arbejderne ved tilfyldningen og stampningen.



## 10.1 BYGGEGRUBENS BUND

Byggegrubens bundkote bestemmes primært af det valgte funderingsniveau, men hensynet til grundvandsproblemer og jordbundsforhold kan betinge en anden løsning end forudsat. Man får nemlig først under udgravningsarbejdet detailkendskab til jordbundsforholdene, fordi man af økonomiske grunde aldrig eller næsten aldrig får udført så mange boreringer som nødvendigt. Det er derfor af største vigtighed at inspicere byggegruben under udgravning.

### Jordbundsforholdene.

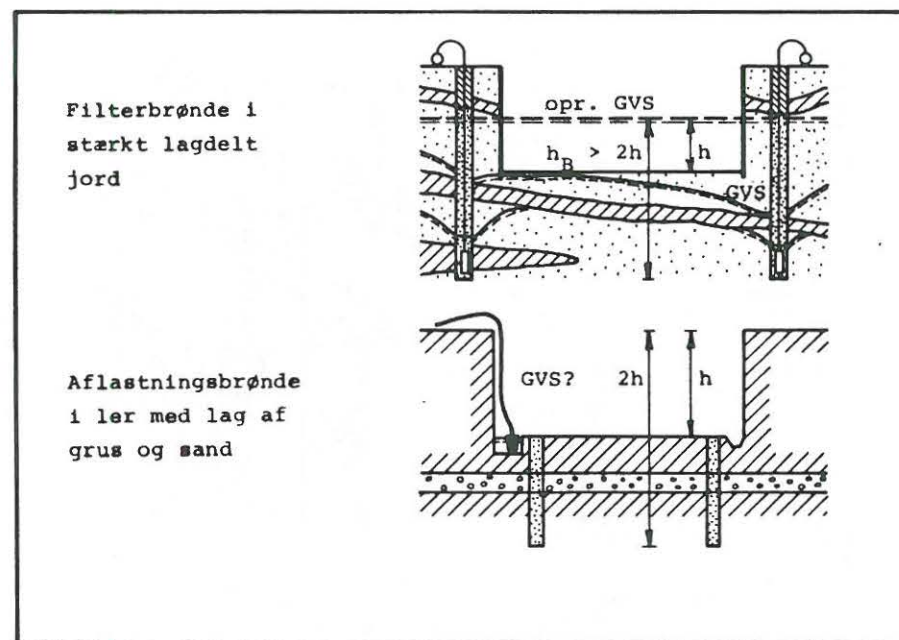
Et bedre kendskab til jordbundsforholdene kan i en række tilfælde ændre fremgangsmåden i byggeriet. Kendskab til områdets geologiske historie kan give et fingerpeg om den omhu, hvormed inspektionen bør foregå, samt hvilke vanskeligheder man kan forvente.

Man kan således opdage tynde vandførende sand- eller gruslag ("vandårer"), der kan begrunde en ændring af et grundvandssænkingsanlæg eller eventuelt en anden indfatningskonstruktion. I værste fald må man eventuelt opgive at sænke grundvandet og udgrave vådt og til sidst støbe ud med undervandsbeton.

Laggrænser kan ligge anderledes end forudsat, hvorved de geologiske forhold eventuelt må omvurderes. Man kan således opdage et større område af bløde aflejringer, der vanskeliggør arbejdet i gruben (tunge maskiner synker i). Ved direkte fundering vil bløde lag forårsage store sætninger, således at man må sænke byggegrubens bund eller udskifte laget med komprimeret sandfyld eller ændre funderingsmetoden.

### TILSTRØMMENDE VAND

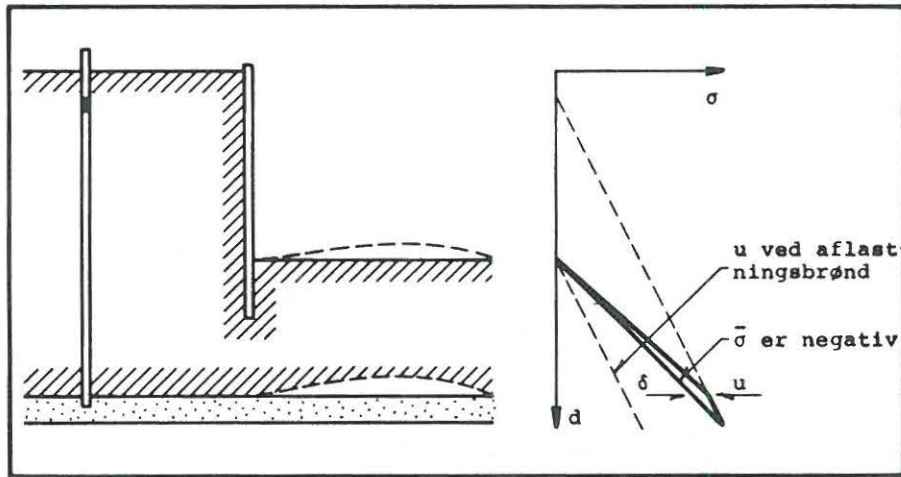
Vandproblemerne er tidligere omtalt (kap. 7) og skal derfor kun kort berøres (se dog også side 10.6 Løftning).



Egentlige grundvandssænkingsanlæg anvendes bedst i homogene sand- eller siltaflejringer, men kan naturligvis også bruges i lagdelte aflejringer. I lagdelte jordarter må man sikre sig, at trykniveauet sænkes til minimum 2 x udgravningsdybde under oprindeligt grundvandsspejl. Hvis der er mulighed for artesisk tryk, da endnu dybere.

Byggegruber i ler kan udføres simplere, da den tilstrømmende vandmængde er ringe. I homogene leraflejringer kan man nøjes med en pumpeump. Er der mulighed for vandførende grus- eller sandlag (f.eks. i moræneler) kan der udføres aflastningsbrønde til en dybde af 2 x udgravningsdybden, med mindre der er mulighed for artesisk tryk. Aflastningsbrøndene sættes i forbindelse med pumpeumpen.



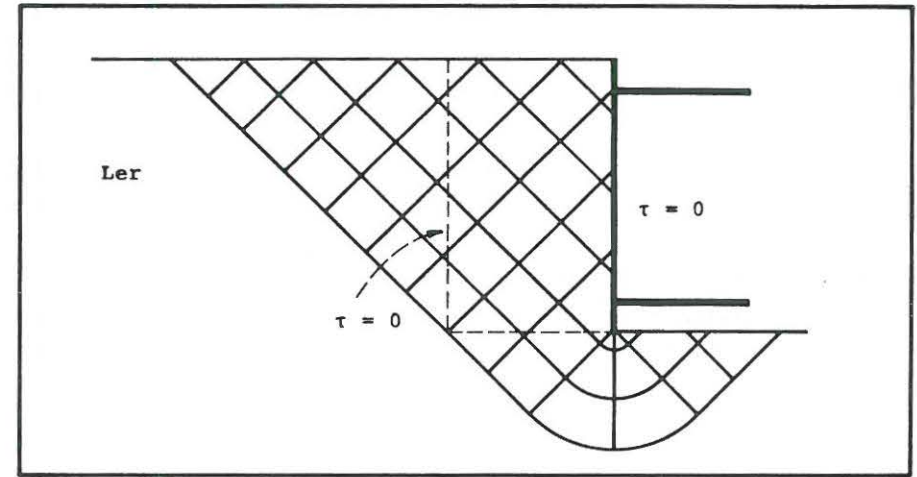


## LØFTNING

Såfremt vandtrykkene et sted i jorden bliver større end det totale tryk, der jo formindskes ved afgravningen, vil der være fare for gener fremkaldt af løftningsfænomener. Sagt på en anden måde må de effektive spændinger aldrig blive mindre end eller lig med nul noget sted i jorden. På figuren er vist et eksempel, hvor et vandtryk er i stand til at løfte bunden i byggegruben.

Da jordens rumvægt er omkring  $2 \text{ t/m}^3$ , kan løftning undgås, hvis man sikrer sig, at trykniveauet til en dybde af  $2 \times$  udgravningsdybden svarer til byggegrubens bund eller derunder. Løftning afhænger således alene af trykforholdene, medens løftningshastigheden bestemmes af tilstrømningshastigheden. Leret vil aflastes og eventuelt udvide sig og give større sætninger ved genbelastning. Er der opstået en vandlomme, vil den trykkes flad ved genbelastning af byggegrubens bund og give ekstra sætninger, hvis størrelse ikke umiddelbart kan beregnes.

I sand opstår der erosions- og flydesandsfænomener. Herunder lejres sandet løsere og bliver uanvendelig til direkte fundering.



Flydesand har ingen bæreevne, og mennesker og maskiner vil synke ned i flydesandet. Såfremt der er konstateret flydesand, må det udskiftes før støbning af fundament ved direkte fundering.

## BUNDBRUD

Ved dybe byggegruber i ler kan man tænke sig, at jorden bag spunsvæggen glider ned langs denne uden at den flytter sig, samtidig med at bunden trykkes op. Som det fremgår af figuren er  $\tau = 0$  langs spunsvæggen samt i den punkterede linie, der er en hovedspændingsretning. Bruddet kan derfor behandles som et omvendt bæreevneproblem i korttidstilstanden, hvor aktive og passive brudfigurer er ens. Hvis de lodrette totale spændinger i niveau med spunsvægsspidsen overstiger  $5.14 c_u$ , vil der være risiko for bundbrud.

Bruddet ligner i praksis løftningsproblemet, men er altså et andet fænomen.

## 10.2 BYGGEGRUBEINDFATNINGER

En byggegrubes begrænsning kaldes i det følgende for en indfatning, også selv om den består af en skråning.

Skråningen er en billig form for indfatning, men kræver til gengæld meget plads, og anvendes derfor sjældent inde i byerne.

Den lodrette indfatningskonstruktion kan udformes på mange måder afhængigt af de krav, der skal opfyldes af hensyn til bygværket og de omliggende bygninger. Konstruktionen kan blive så dyr, at det bør overvejes at lade den indgå i det færdige bygværk.

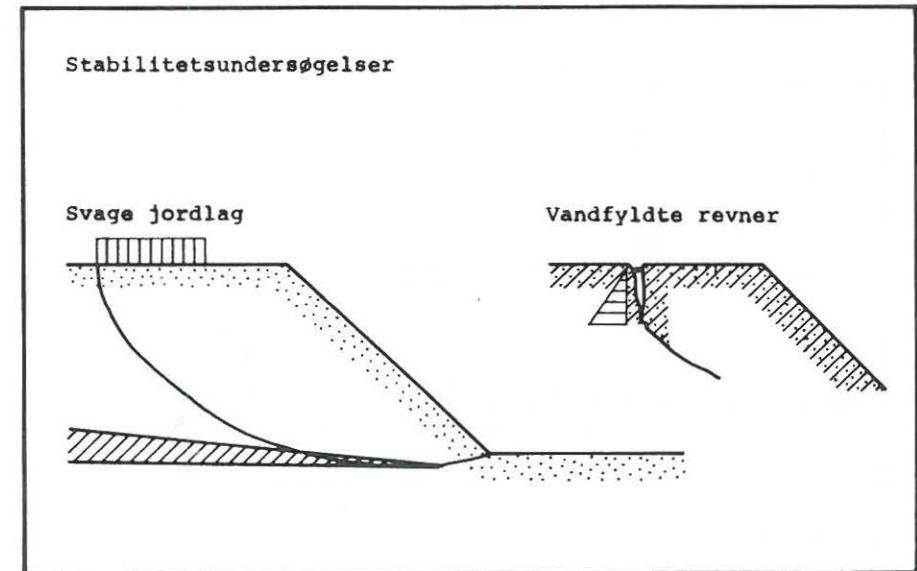
En kombination af en lodret indfatningskonstruktion og en skråning vil ofte udgøre et realistisk alternativ til de før nævnte metoder.

### Skråninger uden afstivning

Skråninger i naturen kan være meget stejle, og det kan derfor være vanskeligt for ingeniøren at argumentere for at gøre skråningen så flad, at den er stabil under alle forhold eller at opnå en hensigtsmæssig afstivning. I det følgende gennemgås en skråning uden afstivninger.

Skråninger i ler vil i den udrænedede tilstand kunne stå lodret indtil en højde på  $2c_u/\gamma_m$ , hvad der i mange tilfælde er nok. Hvorvidt den udrænedede tilstand kan vare i byggegrubens levetid afhænger imidlertid ikke alene af lerets permeabilitet, men også i høj grad af vejret. Tørt vejr giver større stabilitet af skråningen, men forårsager også revner i leroverfladen. Regnvejr vil kunne give lokale vandtryk i revnerne foruden en opblødning af leret og kan derved forårsage større eller mindre sammenstyrtninger. Man vil derfor kun yderst sjældent tillade lodrette skråninger og kun såfremt en sammenstyrtning ikke betyder forringet sikkerhed.

Skråninger i både sand og ler skal derfor normalt have en hældning, der er mindre end jordens effektive, nominelle friktionsvinkel.

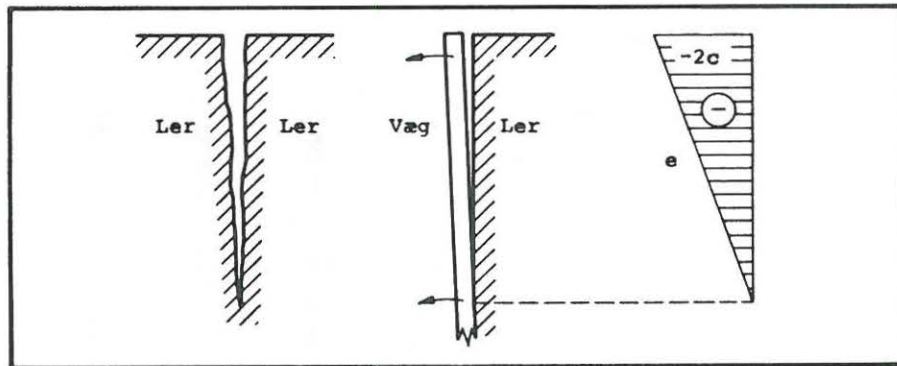


kel. Hyppigt afgøres skråningens stabilitet imidlertid af andre ting som f.eks. huse i nærheden, kørsel til byggegruben, svagere jordlag, muligheden for vandtilstrømning eller nærliggende vandfyldte sprækker.

Stabiliteten kan undersøges, således som det er gennemgået i Lærebog i Geoteknik kap. 10. Som det fremgår af tegningen, betyder tilstedeværelsen af bløde jordlag at en mulig brudflade afviger kraftigt fra en logaritmisk spiral, og at det derfor kan være nødvendigt at anvende strimmelmetoden.

Ved begyndende brud i kohæsive jordarter vil man ovenfor skråningen få en revne, der kan blive vandfyldt. Man kan overveje at udføre en tætning, men det er vanskeligt. Man kan således se revner opstå i asfalterede veje nær byggegruber. På den sikre side regnes derfor i visse tilfælde med at der opstår en vandfyldt revne af dybden  $2c_u/\gamma_m$ .





### Revnedannelse

Der betragtes først muligheden for revnedannelse bag en væg, hvis jordtrykspåvirkning udøves af ler.

Betragtes et aktivt brud i korttidstilstanden fås følgende totale enhedsjordtryk i dybden  $d$ :

$$e = \gamma_m d K_\gamma + c_u K_c + p K_p = \gamma_m d - 2c_u + p$$

idet  $K_p = K_\gamma = 1$ ,  $K_c = -2$ , og der i korttidstilstanden principielt skal regnes med totale spændinger, idet poretrykkene er ukendte.

Er jordoverfladen ubelastet, vil jordtrykket være negativt indtil en dybde  $d_r = 2c_u/\gamma_m$ . Man må forestille sig at der opstår en revne af denne dybde bag væggen, og at den kan blive vandfyldt.

Også dybden af naturlige revner i forbindelse med skråningsbrud i ler antages at kunne bestemmes af samme udtryk.

Også i langtidstilstanden kan der i ler beregnes en revnedybde  $d_r$ , når  $\bar{c}$  og  $\bar{\phi}$  kendes eller i finsand eller silt, selvom  $\bar{c} = 0$ , idet der kan være kapillaritet.  $d_r$  beregnes igen som den dybde, hvori det totale enhedsjordtryk er nul.



### Naturlige skråninger

I naturen kan skråninger stå meget stejlt, ofte til store højder, således som fotografiet af Lønstrup klint viser. Skrånterne består af lerlag i sand.

Skrånterne er stabile af flere årsager. Foruden lerlagene der kan stå lodrette, fordi de er kohæsive, kan sandet stå meget stejlt i tørre perioder, enten fordi der er undertryk i porevandet fra fordamning, eller fordi porevinkelvand (i halvtørt sand) har stor sammenbindende virkning.

Regn vil dog kunne udligne disse virkninger, og i regnfulde perioder vil der da også ske brud i skråningerne. Hvis kystlinien var stabil, ville landskabet udjævnes; nu fjerner havet de nedstyrte jordmasser.

## LODRETTE INDFATNINGSKONSTRUKTIONER

De lodrette indfatningskonstruktioner kan have mange forskellige udformninger, som i hvert enkelt tilfælde må tilpasses de lokale forhold, individuelle krav og hensyn til omgivelserne.

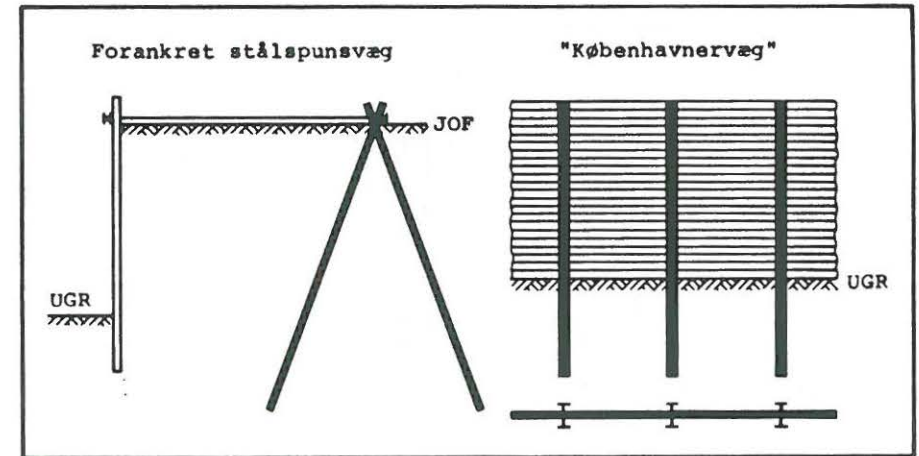
I den følgende gennemgang af en række typiske indfatninger vil der blive skelnet mellem præfabrikerede indfatninger - udført af spunsjern - eller planker, pæle m.v. - og in-situ vægge, d.v.s. på-stedet-støbte indfatninger. Mens de præfabrikerede indfatningskonstruktioner som oftest genvindes efter byggegrubens tilfyldning, vil in-situ vægge i reglen indgå i de bygværker, der udføres i byggegruberne.

### Præfabrikerede indfatningsvægge

Ved mindre opgaver kan man etablere indfatningen successivt og afstive væggene mod hinanden eller ved afstivninger til byggegrubens bund. Væggen kan dannes af vandrette eller lodrette planker understøttet af stræk på tværs. Metoden lider naturligvis af den svagheit, at det er vanskeligt at opnå den fornødne sikkerhed under udgravningsarbejdet og i det hele taget at få etableret den nødvendige afstivning ("det går jo meget godt"). Der kan desuden opstå vanskeligheder med at udføre arbejdet i byggegruben på grund af de mange afstivninger.

God sikkerhed opnås ved at etablere indfatningen - helt eller delvis - før udgravningen begynder. De enkelte elementer må da placeres ved ramning, vibrering, boring eller gravning. Afstivninger kan udføres før eller under arbejdet.

Anvendelsen af spunsvægge som indfatning har den store fordel, at være uafhængig af grundvandsspejlets beliggenhed. Om fornødent kan spunsvæggen rammes på vand. Spunsvæggen kan endvidere gøres tæt, hvis det er nødvendigt. Ved byggegruber i ler kan spunsjernene rammes med mellemrum. Man kan naturligvis også anvende spunspæle i træ eller jernbeton, men disse metoder anvendes sjældent idag. En spuns-

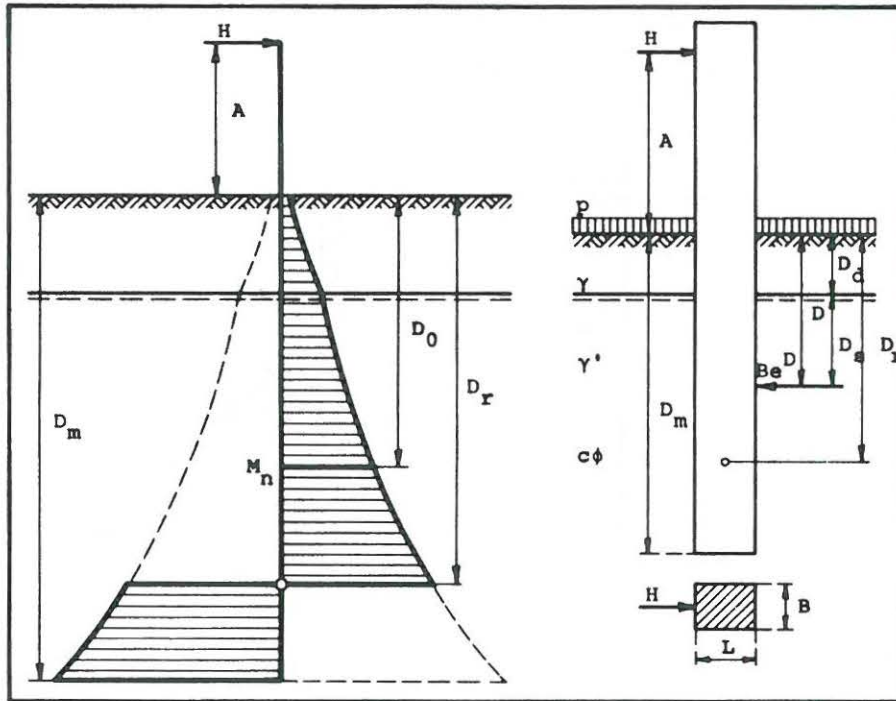


væg i stål er en dyr konstruktion og bør derfor kunne indgå i den færdige konstruktion eller trækkes for genanvendelse. En permanent væg i stål må beskyttes mod rust. Beregningen af spunsvæggen afhænger naturligvis i høj grad af forankringsmetoden. Ofte kan Brinch Hansens metode ikke anvendes, fordi afstivningernes antal er så stort, at der ikke kan angives en brudmåde i jorden bag væggen. (Plasticitetsteorien kan ikke anvendes). Se L.G. kap. 12.

Såfremt grundvandsspejlet ligger i eller kan sænkes til et niveau under byggegrubens bund, kan anvendelsen af såkaldte "Københavnervægge" komme på tale. Indfatningen består som vist på figuren af en række pæle - oftest i form af profiljern - der nedrammes eller -vibreres, før udgravningen påbegyndes. I takt med udgravningsarbejdet anbringes planker eller træflager mellem pælene. Når væggen er ført til fuld dybde foretages tilfyldning bag denne. "Københavnervæggen" anvendes med fordel ved meget fast og stenet jordbund, hvor nedramning af spunsjern vil være vanskelig. Væggen udføres som regel uden forankring, idet jordtrykket optages ved "indspænding" af pælene. (se siden overfor).



## Beregning af indspændte pæle

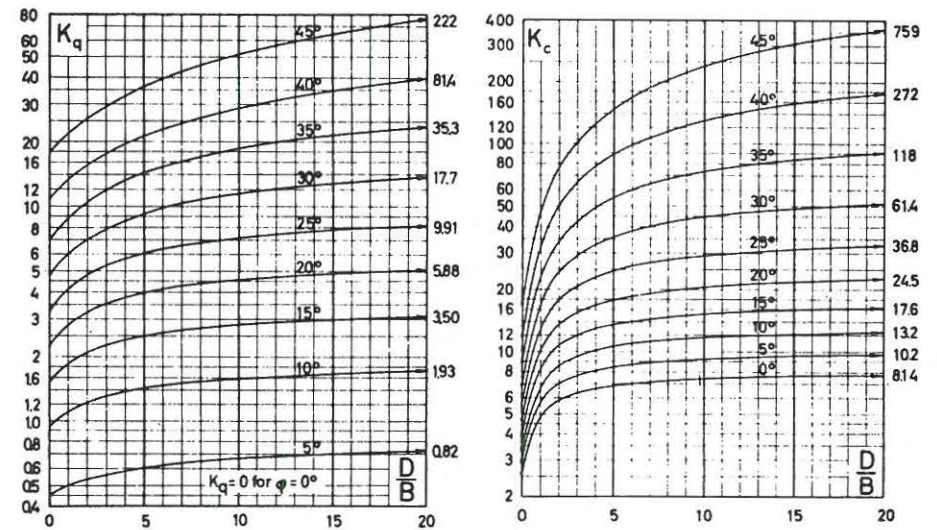


Tværbelastede pæle kan f.eks. anvendes ved forankring af spunsvægge og indgår som den bærende del i de foran omtalte "Københavnervægge".

Beregningen af den til en given horisontalkraft,  $H$  (jordtryk eller ankerkraft) svarende nødvendige rammedybde kan i henhold til GIB no 12 bestemmes således:

Beregningen udføres enten i det nominelle brudstadium eller ved anvendelse af en totalsikkerhed på horisontalkraften,  $H$ . Det resulterende jordtryk pr. arealenhed af pælens forside i dybden  $D$  kan generelt udtrykkes ved:

$$e^D = \bar{q} \cdot K_q^D + cK_c^D$$



Det tilsvarende tryk pr. længdeenhed af pælen bliver  $B \cdot e^D$ . Jordtrykskoefficienterne  $K_q$  og  $K_c$  bestemmes af ovenstående diagrammer som funktion af friktionsvinklen og forholdet  $D/B$ .

Jordtrykket (pr. længdeenhed) kan nu bestemmes i en række punkter og fordelingen optegnes, hvorefter beregningen fortsætter på følgende måde:

Først bestemmes dybden  $D_0$ , i hvilken transversalkraften er nul, d.v.s. hvor det maximale moment i pælen optræder. Det samlede jordtryk over punkt  $M_n$  er altså lig med  $H_n$ . Momentet  $M_n$  beregnes, og pæletværsnittet dimensioneres for dette moment. Endelig bestemmes rammedybden,  $D_m$  og omdrejningspunktets beliggenhed,  $D_r$ . Denne beregning må gennemføres ved skøn, idet der regnes om, indtil summen af jordtrykkene på den nedre del er lig med nul og giver et moment, der er lig med  $M_n$ .

### In situ vægge

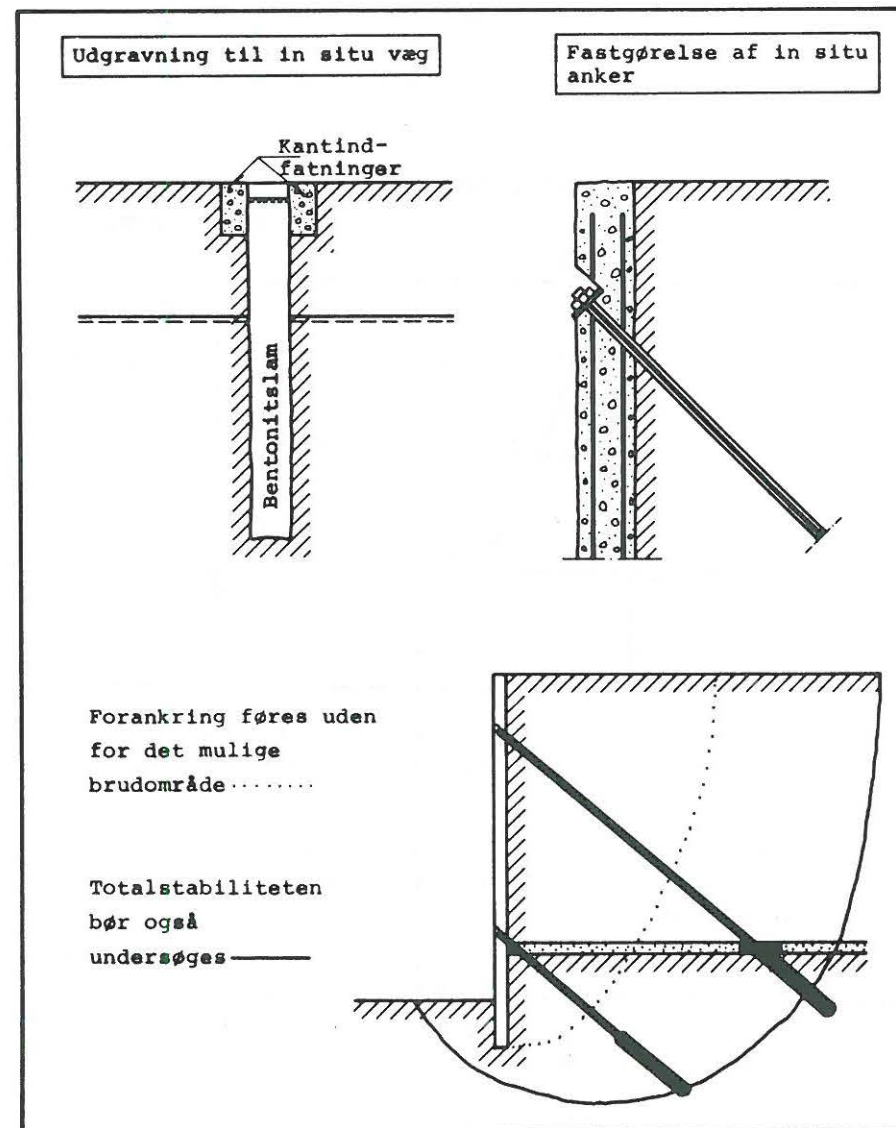
I byerne stiger kravene til byggegrubens indfatning stærkt i disse år, fordi grundpriserne er stærkt stigende og teknisk mere komplicerede løsninger økonomisk overkommelige. Nye huse ønskes ofte udført med dybe kældre nær andre huse, der ikke må beskadiges. I de senere år har man derfor mange steder i verden udviklet de såkaldte in-situ vægge, der er jernbetonvægge udstøbt sektionvis på stedet i render, der udgraves med specialmaskiner.

Til stabilisering af render benyttes boreslam (bentonit), hvis stabiliserende virkning består i, at jorden tætnes af slammet, hvorved det er muligt at hæve vædskestanden i renden til langt over grundvandsspejlet. Slammet har iøvrigt også større rumvægt end vand. Der støbes først to parallelløbende ledevægge til ca. 1 m dybde til at indfatte renden med, for at forstærke rendens kant. Afstanden mellem væggene svarer til bredden af grabben på gravemaskinen (f.eks. 60 cm). Grabben fastholdes på en mægler, hvorved det er muligt at styre den nøjagtig ned mellem indfatningsvæggene til stor dybde. Ved arbejde i hård jord kan grabben anvendes som mejsel ved en huggende bevægelse. Efter at en passende sektion er udgravet, anbringes armeringen og sektionen udstøbes efter Contractor-metoden. Væggen vil normalt kunne udføres med en nøjagtighed på  $\pm 20-30$  cm i form af ujævnheder hidrørende fra sten o.lign. i jorden. Der vil desuden kunne opstå hældninger fra lodret på  $0,5-1\%$ .

In-situ vægge er dyre at lave men kan indgå i den endelige konstruktion. Væggen vil med passende afstivning kunne hindre selv små bevægelser af nabohusenes fundamenter.

En anden type in-situ vægge frembringes ved at støbe in-situ pæle så tæt, at de tilsammen udgør en væg. Man må da først udstøbe hver anden pæl, for derefter at udbore og udstøbe mellempælene inden betonen i de første pæle er afbundet. (Benotovægge).

Foruden afstivningen af byggegrubeindfatningen må man lige som ved byggegrubens bund sikre sig, at totalstabiliteten er i orden. Dette gøres normalt ved anvendelse af ekstremetoden.



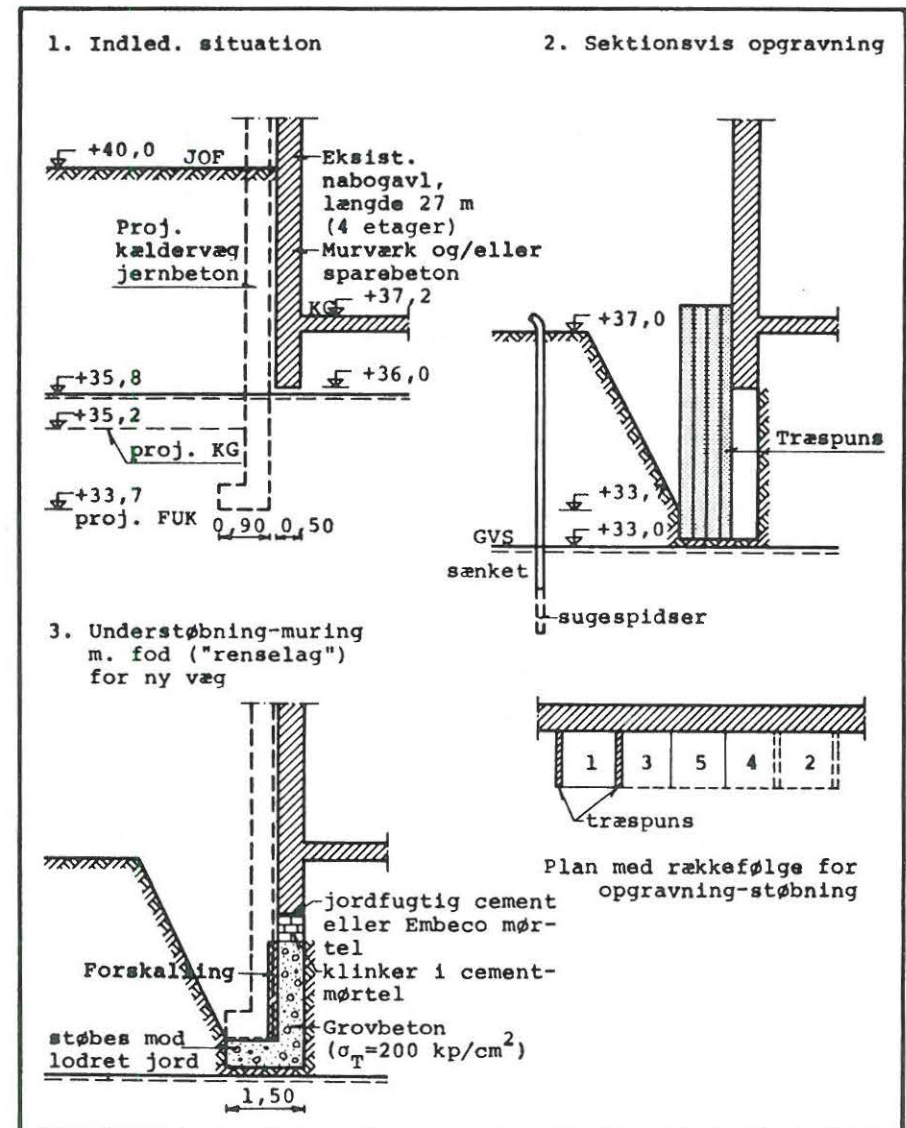


### Undermuring

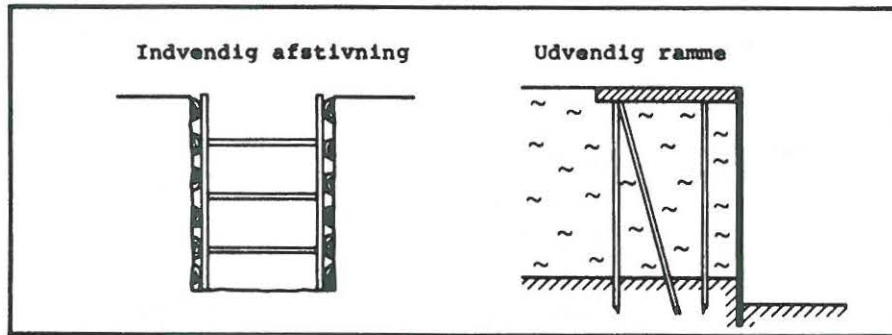
En speciel form for byggegrubeindfatning kan komme på tale i tilfælde, hvor byggegruben skal grænse umiddelbart op til en eksisterende bygning, der er funderet i et højere niveau end byggegrubens bund. Ved understøbning og undermuring må nabobygningens fundament føres ned til eller under udgravningsniveauet, hvorefter fundamentet kan danne byggegrubeindfatning.

Undermuringen må foregå i passende små etaper. Der foretages opgravning, der afstives i fornødent omfang, af en sektion. Herefter støbes et vægstykke mellem jord og en udvendig forskalling. Støbningen føres så højt op under det eksisterende fundament som praktisk muligt. Efter at betonen er bundet af, udfyldes mellemrummet med hårdt brændte mursten i cementmørtel. I den sidste fuge under fundamentet indstampes jordfugtig beton, der eventuelt tilsættes et "udvidelsesmiddel" for at modvirke betonens svind. Et eksempel på arbejdsgangen ved en undermuringsopgave ses på figuren.

I kohæsiv jord forløber en undermuring normalt uden særlige problemer. I sand og grus kan der ofte opstå særlige vanskeligheder dels med stabiliteten af udgravningen under fundamentet og dels med at opnå fornøden bæreevne af fundamentet, når byggegruben er udgravet. Fundamentet må i denne situation betragtes som en støttemur, og det kan som i det på figuren viste eksempel blive nødvendigt at udføre en tå på denne.



## 10.3 AFSTIVNINGER



Der findes mange muligheder for at afstive en indfatningsvæg. Valget af afstivning afgøres af økonomi, hensynet til det arbejde, der skal foregå i gruben og hensynet til omkringliggende bygværker. Ved større byggegruber kan de forskellige metoder kombineres.

Indvendig afstivning fra væg til væg.

Denne metode benyttes mest ved rendegravning, hvis denne er dybere end 1,75 m eller udgravningsarbejdet bliver for stort. (F.eks. ved mindre kloakeringer). Ved større gruber bliver metoden uhensigtsmæssig og arbejdsgangen kompliceres. (Se side 10.14).

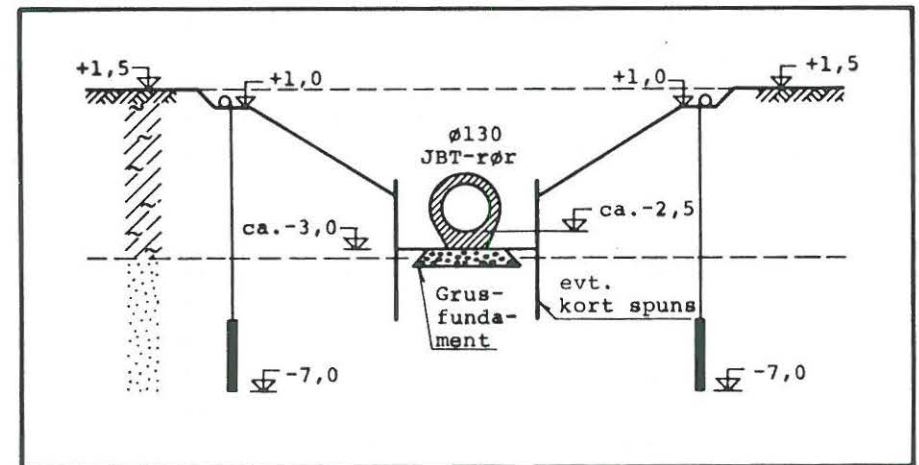
Rammeafstivninger.

Rammeafstivninger kan udføres på mange måder. Her kan nævnes en udvendig ramme af jernbeton, der er udstøbt på jordoverfladen og eventuelt pælefunderet. Der kan også anvendes indvendige rammer af jernbeton, mest hensigtsmæssigt i cirkulære byggegruber, således som foto side 10.14 viser. Anvendes indvendige rammer i rektangulære byggegruber må de forstærkes i hjørnerne.

Byggegruben kan også afstives af en indvendig plade i udgravningsniveau. Bundpladen udstøbes i takt med udgravningsarbejdet.

Vægge uden afstivning.

For fuldstændighedens skyld bør nævnes, at spunsvægge kan rammes



så dybt, at påvirkning kan optages ved indspænding i jorden.

Vandrette ankre.

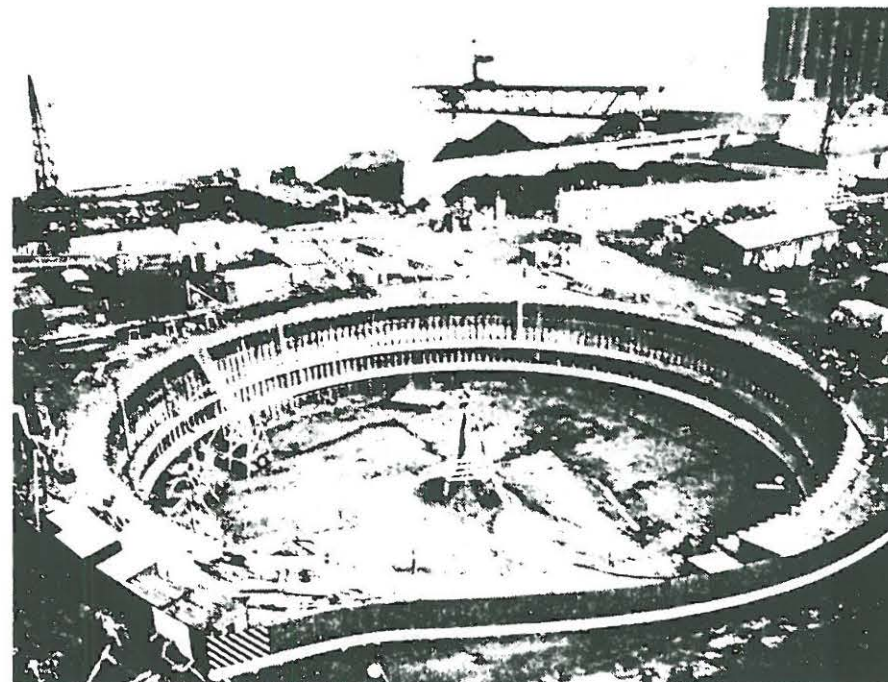
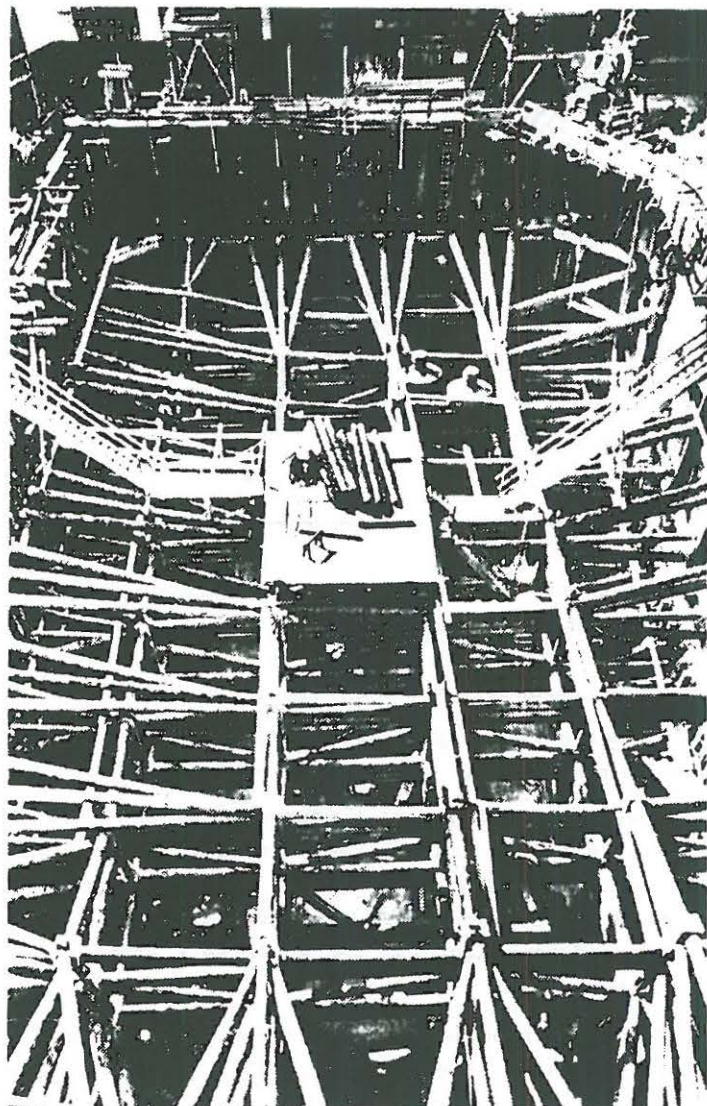
Vandrette ankre udføres på samme måde som for permanente konstruktioner, f.eks. kajanlæg, med ankerplader eller pælebukke, men forudsætter naturligvis at der er fornøden plads til montage.

Skråafstivninger.

Skråafstivninger kan udføres som indvendige skråafstivninger, der støttes af på fundamenter i byggegrubens bund. Midten af byggegruben må da føres ned til udgravningsniveau og afstivningsfundamenterne støbes, inden der udgraves ved indfatningen eller byggegruben må udgraves sektionvis.

Skråafstivningerne kan også udføres som udvendige afstivninger enten i form af skråpæle (de såkaldte kaj søm) eller som insitu støbte jordankre (se side 10.15). Udvendige forankringer muliggør en smidigere arbejdsgang under udgravningsarbejdet og kan iøvrigt anbringes i flere niveauer efterhånden som arbejdet skrider frem. Specielt ved dybe byggegruber er metoden meget hensigtsmæssig.





Byggegrube (Aalborg) med indvendige afstivningsringe

Førrige spalte:  
Indvendigt afstivet byggegrube

### In situ jordankre.

En speciel type forankring har i de seneste år vundet en vis udbredelse i forbindelse med forankringer af meget store indfatningskonstruktioner. Den er oprindelig udviklet til brug i meget hårde jordarter, men har også vist sig brugbar i de danske sand- og morænelersaflejringer.

Jordankrene placeres i huller, der er udboret gennem væggen. Efter boringen indsættes en manchete i borehullets nedre del, der muliggør indstøbning af en kort pæl under stort tryk. I grove sandaflejringer bliver jorden på denne måde injiceret med beton omkring ankeret. I leraflejringer betyder et stort udstøbningsstryk, at der opstår vandrette forspændinger i jorden og dermed forøget friktion på jordankret.

Kombination af in situ vægge og in situ jordankre må antages at blive meget brugt i fremtiden i forbindelse med byggeri i større byer.

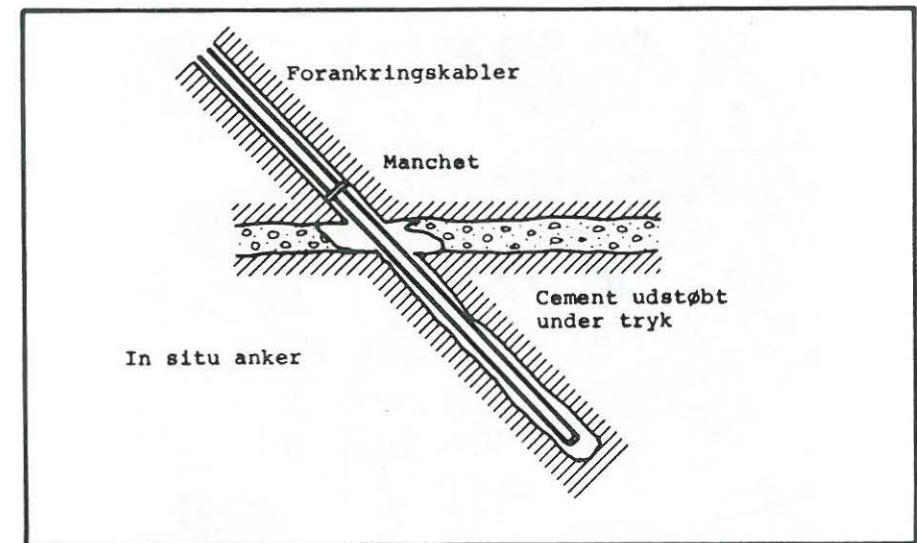
### Indvendige vægge.

Såfremt et byggeris kælder er indrettet således, at nogle af de indvendige vægge når ud til de udvendige vægge med regelmæssige mellemrum, kan disse vægge også støbes som in situ vægge, således at indfatningen under udgravning støttes af tværvægge. Muligheden er realistisk ved dybe byggegruber, hvor det er umuligt at udføre in situ jordankre (fordi man ikke kan få lov).

En speciel anvendelse af in situ støbte tværvægge finder sted under udgravningen til Oslos undergrundsbane, hvor tværvæggene skal forhindre opskydning af byggegrubens bund.

### Ueftergivelige afstivninger.

Kan selv små bevægelser af indfatningen ikke tolereres, må der være mulighed for for- eller efterspænding af afstivningerne. Det vil normalt blive udført med hydrauliske donkrafte. Ved forspæn-



ding af in situ ankre må man dog være opmærksom på, at relaxation nedsætter forspændingen.

### Vurdering af de forskellige afstivninger

Ofte kan en opgave klares på flere af de her angivne metoder og ofte vil økonomien pege på en bestemt løsning.

Afstivningsmetoder bør dog også vurderes på anden måde. Således er det afgørende om der kan tolereres deformationer i den omgivende jord. Det kan eksempelvis nævnes, at en fri spunsvæg giver relativt store bevægelser og sandsynligvis sprækker i jorden. Også andre typer afstivninger kan ved en forkert etableringsproces give sådanne bevægelser i jorden.

Ledninger i jorden er normalt sætningsfølsomme. Knækkede vand- og kloakrør vil fremkalde ekstra vandtryk på konstruktionerne med brud af indfatningen til følge.



### Beregning af væg med skråafstivning.

Ved beregning af væg med flere skråafstivninger kan der ikke angives en brudmåde, og jordtryksfordelingen må derfor indtil videre beregnes på empirisk grundlag (Lærebog i Geoteknik kap. 12).

Har væggen kun een afstivning, kan der angives en brudmåde og beregnes et jordtryk på væggen. Man vil dog normalt udføre en tilnærmet beregning, hvorved det i nogen grad er muligt at anvende de velkendte jordtryksdiagrammer. Den første tilnærmelse består i at antage normalrotation af væggen i stedet for at søge at finde den rigtige brudmåde, altså at antage at rotationspunktet ligger på væggen eller dennes forlængelse.

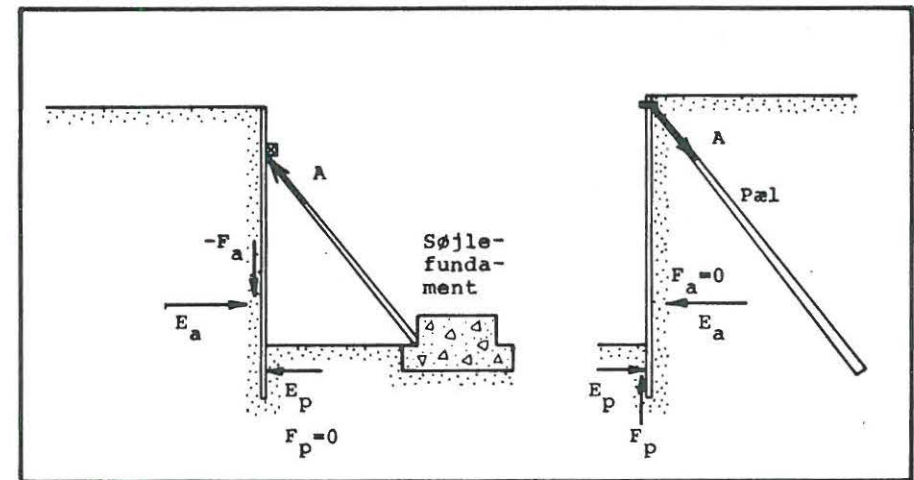
Antages rotation om f.eks. ankerpunktet kan jordtrykket beregnes, men da forankringen er skrå, påføres væggen en lodret kraft. Ved udvendig afstivning vil den søge at trykke væggen ned, og det må da undersøges, om spunsvæggen kan overføre den lodrette kraft som spidsmodstand  $Q_p$  (se VFN side 16). Ved indvendig forankring vil den søge at løfte spunsvæggen. For at denne påvirkning kan optages, må væggen eventuelt antages glat på den ene side og måske delvis ru på den anden. Da denne forudsætning har betydning for jordtrykskoefficienterne, kan det blive nødvendigt at regne om.

### Beregning af ueftergivelige vægge.

Væggen må beregnes for hviletryk ved elasticitetsteoretiske metoder. Bortset fra udregningen af hviletrykskoefficienten  $K^0$  (L.G. kap. 3), ligger det uden for det her givne pensum at redegøre nøjere for denne beregning. Blot skal anføres, at Boussinesq også har opstillet formler for beregning af vandrette spændingstilvækster i jorden.

### Vandtryk i korttidstilstanden i ler

Ved beregning af korttidstilstanden kendes poretrykvariationen ikke, fordi udviklingen af brudtilstanden omlejrer alle tryk, og



det netop ikke er muligt at opnå en udligning af overtrykkene, fordi det tager tid. Derimod kan man beregne det totale jordtryk ved at benytte de totale lodrette spændinger for brud.

Det er berørt tidligere (side 10.8), at der eventuelt opstår en sprække, hvis det totale jordtryk bliver negativt. En sådan revne kan fyldes med vand, hvorved væggen påvirkes med det fulde hydrostatisk vandtryk. Jorden langs spunsvæggen kan være blevet porøs (f.eks. opblandet med sand), således at man også her bør regne med, at det fulde vandtryk overføres til væggen. Vandtrykket reducerer samtidig det totale jordtryk på væggen til et restjordtryk, der i nogen henseender minder om et effektivt jordtryk. Ved drænforanstaltninger reduceres den samlede påvirkning på væggen således ikke. Drænforanstaltninger har ingen hensigt i korttidstilstanden.

Den del af restjordtrykket, der er negativt, kan eventuelt ikke overføres til væggen, og på den sikre side ses der bort fra dette bidrag.

## 10.4 EKSEMPEL PÅ BYGGEGRUBE

På modstående side er vist plan og detailler af indfatningen for byggegruben til det i 1971-72 opførte varehus (ANVA) ved Nytorvs Forlængelse i Aalborg. Byggegruben var indfattet med stålspunsvægge mod øst, syd og vest, mens der var fri skråning mod nord.

Jordbundsforholdene blev forud undersøgt ved et stort antal geotekniske boringer af op til ca. 20 meters dybde. Undersøgelserne viste, at der under terræn i kote +4 (mod syd) å +2 (mod nord) fandtes fyld og postglaciale dyndholdige aflejringer af op til 5 meters mægtighed afløst af sen-glaciale sand- og lerlag (yoldialer). Yoldialerets overside falder fra kote ca. -3 mod vest og nord til kote ca. -13 ved byggegrubens sydøstlige hjørne. Grundvandsspejlet blev over en længere periode forud for byggeriet registreret i pejlerør nedsat i de geotekniske boringer, ligesom der udførtes et pumpeforsøg på de post- og sen-glaciale sandlag. Grundvandsspejlet blev i gennemsnit indmålt i kote ca. 1,0 mod nord stigende til kote ca. +1,5 mod syd.

Byggegruben skulle føres ned til kote ca. -2. Gaderne øst og vest for byggegruben skulle være farbare i byggeperioden. Særlige hensyn skulle tages til den eksisterende, ældre bebyggelse mod syd og tildels vest. De her beliggende ejendomme er hovedsagelig funderet direkte i eller over dyndholdige og stærkt sætningsgivende aflejringer. Der måtte således i byggeperioden ske mindst mulig sænkning af grundvandsspejlet mod syd og vest. Der skulle endvidere udvises særlig forsigtighed omkring den fredede bygning ("Blindes Arbejde") umiddelbart syd for gruben.

Som det fremgår af planen blev det valgt at indfatte byggegruben med tætte stålspunsvægge langs de tre sider. For at opnå rimelige dimensioner af spunsvæggen og dennes forankringer forudsattes grundvandsspejlet "maximeret" i kote +1,0 ved hjælp af sugespidses umiddelbart uden for indfatningen. Ved den fri skråning mod nord etableredes ved hjælp af sugespidses en midlertidig grundvandssænkning til kote ca. -2,5.

De enkelte afsnit af indfatningen omtales kort i det følgende.

Snit A. På denne strækning nedrammedes en 10 m lang spunsvæg for at reducere vandtilstrømningen til byggegruben. Totalstabiliteten med vandspejl 0,5 m under udgravningsniveau er undersøgt. Spunsvæggsdimensionen ( $w = 1250 \text{ m}^3$ ) er valgt af udførelsesmæssige grunde.

Snit B. Indfatningen er 1,5-4 m fra den direkte funderede bygning. Væggen forankres via en jernbetonplade, støbt mod jord til nabovæggene. Spunsvæggen indgår permanent i en støttemur.

Snit C. For at reducere spunsvæggens udbøjninger er denne placeret så langt mod vest, at der kunne graves med anlæg 1:1. Herudover er væggen gensidig afstivet mod sydvæggen såvel foroven som ved udgravningens bund.

Snit D. Spunsvæggen er via stræk og ankerbolte forankret til træpælebukke pr. 3-5 m placeret i gadens midterrabat.

Snit E. Indfatningen er her en fri spunsvæg. Efter udgravningen indtraf på denne strækning brud i væggen som følge af et brud i en vandledning i gadearealet. Ledningen var forudsat afbrudt, men blev fejlagtigt sat under tryk.

Snit F. På denne strækning anvendtes også en fri spunsvæg. For at reducere væggens deformationer blev der i takt med, at udgravningen blev ført til fuld dybde, udstøbt en jernbetonplade langs væggen afstivet mod den nærmeststående række af funderingspæle.

Snit G. Indfatningsvæggen er her forankret til en mindre spunsvæg nedrammet i det modsatte fortov. Ankerboltene blev nedlagt i riller i vejbelægningen, der derefter blev udbedret.

Spunsvæggene blev nedbragt ved ramning med faldhammer, uden at forvolde skade på omkringliggende ejendomme. Efter arbejdets afslutning blev samtlige spunsvægge - excl. snit B - trukket op ved hjælp af et vibrationsudstyr, hvis effektivitet viste sig at være ret begrænset for spunsjern nedrammet i yoldialer.



