

# Jordbundsforholdenes betydning for bygningsstabiliteten.

Af bygningsinspektør, arkitekt P. Bredal Christensen.

Selv det bedst byggede hus vil før eller senere blive skæmmet af grimme sætninger og sætningsrevner, såfremt de jordlag, der skal bære bygningen, ikke har den fornødne bæredygtighed. Mange afskrækkende eksempler har gennem årene medført en stadig øget forståelse af, hvor nødvendigt det er at have sin opmærksomhed henvendt på funderingsforholdene, og spørgsmålene om, hvorledes man bedst kan sikre sig mod ubehagelige overraskelser, fremkommer derfor også i stigende grad.

Der skal derfor i det følgende ganske kort redegøres for nogle praktiske undersøgelser og foranstaltninger, som det hyppigt vil lønne sig at overveje. Det må dog understreges, at der ikke her kan gives råd, der dækker ethvert forekommende tilfælde; hertil er emnet for omfattende og sammensat. Der henvises derfor til den kortfattede litteraturfortegnelse.

## Forundersøgelser.

Undersøgelse af en byggegrund bør altid foretages inden projekteringen påbegyndes, og om muligt inden grundkøbet har fundet sted.

Nyttige oplysninger kan allerede opnås ved omhyggelig iagttagelse af de omliggende arealer og nærliggende bygningers tilstand.

Der kan være småsøer, moser, engdrag eller vandløb i nærheden, og der kan være sætningsrevner i de eksisterende bygninger forårsaget af uheldige jordbundsforhold.

Ældre mennesker, der har boet på egnen i en længere årrække, ved ofte en del om tidligere terrænforhold og kan derved føre een på sporet af eventuelle uheldige egenskaber ved grunden, såsom opfyldte vandhuller eller grusgrave.

Også tidligere lossepladser, der oprindeligt har været placeret nogenlunde afsides og senere er glemt, kan ved den øgede byggevirksomhed komme til at ligge i byggeområdet.

I kystområder kan der være tale om opfyldte strand- og vandarealer, som kan få praktisk indflydelse på et projekt.

Gammelt kortmateriale yder ofte en god hjælp, og desuden vil „Danmarks geologiske undersøgelser“ i mange tilfælde ligge inde med oplysninger, som sikkert med velvilje stilles til rådighed. For Københavns vedkommende er stadsingeniørens direktorat i besiddelse af et betydeligt borearkiv, hvis oplysninger gerne stilles til rådighed for interesserede.

Nogen fast regel for, hvilke undersøgelser man bør underkaste selve jordbunden, inden grund-

udgravningen er udført, kan næppe gives, men

a) for lave bygninger kan man ofte klare sig med *sonderinger* eller *gravning af huller* til indledende undersøgelser.

Til sondeboringer anvendes det såkaldte belastede spidsbor. Boret består af en 20 cm lang, een gang snoet spids, udført af kvadratisk jern med en sidelinie på 20 mm, der fastskrues til en cirkulær borestang med en diameter på 20 mm, foroven forsynet med et fastspændt tværgreb, hvormed boret drejes. Til borestangen fastgøres lodder med en samlet vægt på 100 kg.

Efterhånden, som boret arbejder sig ned i borehullet, forlænges borestangen med 1 m lange stykker. Til registrering af boreresultaterne kan der anvendes to fremgangsmåder.

I det ene tilfælde (fig. 1 I) måles, hvor dybt boret synker for hver 25 halve omdrejninger, og resultaterne indføres i et koordinatsystem, hvor nedsynkningen afsættes i cm som abskisse og den tilsvarende boreddybde i meter som ordinat.

I det andet tilfælde (fig. 1 II) tæller man, hvor mange halve omdrejninger, der skal foretages for hver 20 cm boret synker. Resultaterne indføres også her i et koordinatsystem, idet antallet af halve omdrejninger pr. 20 cm nedsynkning afsættes som abskisse, og den tilsvarende dybde i meter som ordinat.

b) Ved byggeri ud over nogle få etager samt ved vanskelige bundforhold kan det være nødvendigt at foretage *boreprøver*, hvor der optages så kontaktprøver af jordlagene som muligt, så jordens geologiske sammensætning og fugtighedsgrad kan konstateres.

I mange tilfælde bør man tilkalde geoteknisk bistand til undersøgelse af bundforholdene.

Da sondeboringerne kun tildels kan give oplysninger om grundens beskaffenhed, bør man altid, når grundudgravningen er foretaget, se efter, om der optræder variationer i jordbundens geologiske sammensætning, som ikke kunne fastslås ved forundersøgelserne, og som først kan afsløres, når yderligere prøvegravninger eller boringer i byggegrubens bund udføres.

I de senere år har geoteknikerne i stor udstrækning bragt de såkaldte *vingebor* i anvendelse. Boret består af fire korsstillede metalblade befæstet foroven til en borestang, som foroven

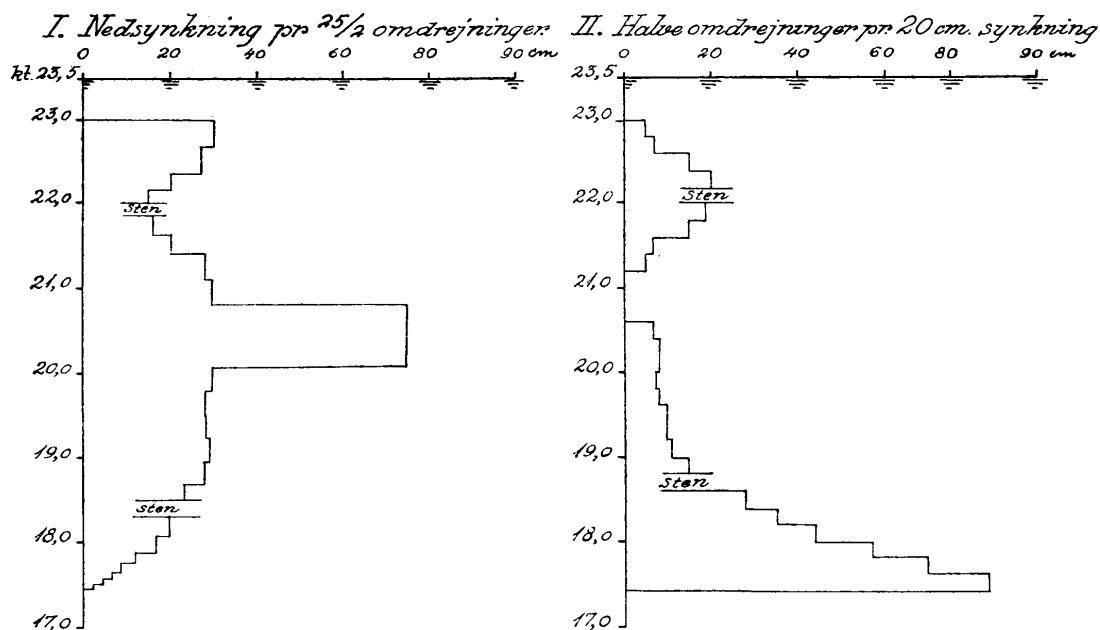


Fig. 1. Eksempler på registrering af sondeboringer. I første tilfælde måles nedsynkningen i cm for hver 25 halve omdrejninger og afsættes som abscisser, og de tilsvarende dybder afsættes i meter som ordinater. I det andet tilfælde tælles antallet af halve omdrejninger for hver 20 cm synkning og afsættes som abscisser og de tilsvarende dybdemål som ordinater.

er forsynet med et fritbevægeligt, tværstillet greb, der ved en fjedervægt er forbundet med en fast arm. Boret, der kan bruges i indtil 1,4 m dybde fra udgangspunktet, bankes ned i jorden på prøvestedet til de jordlag, der ønskes undersøgt. Det drejes derefter langsomt een gang rundt, idet man aflæser den anvendte kraft på fjedervægtens skala; derefter drejes boret ti gange rundt og påny aflæses den anvendte kraft.

Ved vingeborsforsøg vælger man mellem to bortyper, idet man i fast jord anvender „vinger“ med 3 cm bredde, og i blødere jordlag bruger „vinger“ med 4,8 cm bredde.

Man har herefter et udtryk i kg for de kræfter, der skal anvendes for at overvinde den modstand, den intakte aflejring og den æltede jordmasse øver imod brud i den cylinderflade, som beskrives af de fire borevinger, og dermed tilvejebragt de nødvendige oplysninger til at bedømme forskydningsspændingerne i den pågældende jordmasse. Jordens max. forskydningsstyrke  $C_v$  (i t/m<sup>2</sup>) bestemmes ved at dividere den på fjedervægtens max. aflæste kraft (i kg) med omsætningstallet 0,685 ved brug af den smalle vinge og 2,10 ved brug af den brede vinge.

Metoden må dog tages med et vist forbehold, idet jordaflejringerne er af vidt forskellig sammensætning og ikke alle optræder ens i fysisk henseende. Således giver vingeborsforsøg i friktionsjord (sand og grus) og kohæsjord (lerjord) ikke samme resultat, ligesom jordens vand-

indhold øver indflydelse på resultaterne. Yderligere forekommer sammenblandinger af de nævnte jordarter og stenfyldte aflejringer m.m. Det kræver derfor en ikke ringe erfaring at tyde de opnåede boreresultater rigtigt. Navnlig friktionsjord skal man være forsigtig med at bedømme på grundlag af vingeborsforsøg.

Tidligere var anvendelsen af det almindelige *sneglebor* meget brugt, og det anvendes også endnu i ret stor udstrækning.

Normalt bruges det kun i den færdige byggegrube. Boret, der drejes med håndkraft, trækkes op for hver ca. 10–15 cm nedsynken, og den på sneglen afsatte jord studeres med hensyn til farve, sammensætning og fugtighed. Et helt rigtigt billede af jorden får man ganske vist ikke, da de optagne prøver er en del omrørte, men da der kan udledes en del oplysninger til vurdering af forholdene, når borets nedsynkning iagttages, ligesom borelyden giver den erfarne iagttager mange værdifulde oplysninger, får man en del forskellige indtryk, der sammenlagt kan give et antageligt billede af de pågældende jordlags beskaffenhed.

Nogen egentlig værdimåler for det tilladelige fundamentstryk på grunden er denne undersøgelse naturligvis ikke, men med tilstrækkelig øvelse og kendskab til jordbundsforhold vil en nogenlunde rigtig afgørelse kunne træffes, når man holder sig indenfor de i ingeniørforeningens normer angivne maksimalt tilladelige belastninger på jord af forskellig sammensætning.

c) Ved store bygningsværker med store trykpåvirkninger vil det være tilrådeligt at benytte sig af geoteknikkens efterhånden mange såvel tekniske som videnskabelige hjælpemidler.

**Geologiske og topografiske forhold.**

Selv om man har underkastet grunden en omhyggelig undersøgelse efter de skitserede retningslinier, må den indflydelse, som undergrundens geologiske opbygning og eventuelle topografiske forhold øver, ikke overses.

Under en tilsyneladende uskyldigt udseende jordoverflade kan der findes en gammel opfyldt mose, et engareal, en tilkastet grusgrav m.m. som man ved sondering af terrænet kan opdage og slippe udenom ved rigtig placering af bebyggelsen og derved undgå kostbare funderingsarbejder, idet man er blevet i stand til at tage fornødent hensyn hertil, så de dele af grunden, som man har opdaget har svagheder, kan anlægges som friarealer, f. eks. til brug for parkeringspladser, beplantninger m.v.

Når man har med jordarbejde at gøre, er det klogt og lærerigt at studere de gennemgravede jordlag, som trods rig afveksling har mange fælles træk og en vis orden i den geologiske opbygning. Dette skyldes, at de jordlag, som danner basis for vort byggeri, består af glaciale og interglaciale aflejringer hidrørende fra de tre - muligvis fire - istidsperioder, der karakteriserede kvartærtidens ældre afsnit.

Den indlandsis, der således flere gange gled hen over Danmark, efterlod sit medførte indhold af jordmateriale, når isen smeltede, hyppigst i form af moræneler (sandet, stenet istidsler), der usorteret blev efterladt, samt en anden gruppe, bestående af lagdelt ler, sand og grus, der blev afsat af isens smeltevand.

Efter-istidens mildere klima skabte grundlag for et rigt organisk liv, og talrige indsøer og vandhuller blev gennem tiderne omdannet til tørve- og dyndfyldte moser.

Også før istiden har der fundet aflejringer af ler sted, således stammer f. eks. Kertemindeler og Lillebæltsler fra den ældste del af tertiærtiden, henholdsvis fra palæocæn og eocæn.

I fastlandstiden, der svarer til den ældste stenalder omkring 7000 år før vor tidsregning skete der betydelige landhævninger og meget tyder på, at de var på mindst 12-13 m i forhold til nutidens terrænhøjder.

Efter fastlandstiden indtrådte litorinasænkningen (stenaldersænkningen,) der begyndte ca.

5500 år før vor tidsregning og som afsluttedes ca. 3500 år senere. Dette tidsafsnit, der har navn efter den lille strandsnegl Litorina Litoria var karakteristisk ved sine betydelige niveauforandringer.

Litorinatiden rummede i hvert fald fire ret lange landhævnings- og sænkingsperioder. Ved den sidste af disse nåede havet op til det oprindelige terræns +3,2 m kurve ved København, medens den laveste vandstand, der forekom ved København, må have ligget omkring kote ÷2. Andre steder i landet var terrænforskydningerne dog betydeligt større, f. eks. ved Frederikshavn.

Fra denne tid stammer strandvoldene, som mange steder kan følges på lange strækninger indenfor de nuværende kystlinier. Det er dog ikke overalt, man finder strandvolde; således findes der ingen på Københavns område. De førnævnte niveauforandringer er årsagen til, at man indenfor de nuværende kystlinier kan støde på marint dynd og tanglag. Tilsvarende svagheder træffes i nærheden af åløb og indsøer, men her drejer det sig oftest om gytje eller tørvelag.

I byområder træffer man hyppigt på betydelige opfyldslag, der som en kappe skjuler det oprindelige terræns konturer; i Københavns gamle bydel er fyldlag på 2-4 m ikke ualmindelige, ligesom de sløjfede fæstningsgrave indeholder store fyldmængder. At de betydelige arealvindinger ud i havet består af opfyld, er naturligvis en selvfølge og nævnes kun for en ordens skyld.

**Jordens inddeling i kornstørrelser.**

Som tidligere omtalt har de forskellige jordarter ikke samme egenskaber.

Det vil være praktisk først at gennemgå jordens bestanddele efter kornstørrelse, idet der dog i denne forbindelse ses bort fra humusjordarterne. Den hidtil almindeligst anvendte inddeling kan udtrykkes som her angivet:

- 2 dm ..... blokke
- 2 dm – 2 cm ..... sten
- 20 mm – 2 mm ..... grus
- 2 mm – 0,2 mm ..... sand
- 0,2 mm – 0,02 mm ..... finsand (mo)
- 0,02 mm – 0,002 mm ..... mjåla (melsand)
- 0,002 mm ..... ler

I den nyere geoteknik har man anset det for praktisk at karakterisere sand, finsand og mjålafraktionerne som nedenfor angivet:

- 2 mm – 0,06 mm ... groft, middel og fint sand
- 0,06 mm – 0,002 mm .. grovsilt og finsilt.

Ser man bort fra blokke og sten, kan skemaet her-efter deles i to hovedgrupper, nemlig:

Friktionsjord, der omfatter *grus og sand*, og kohæsjonsjord, omfattende *lerarterne*, medens siltfraktionen nærmest må placeres som en *overgangsform* mellem de to grupper.

### Jordlagenes rækkefølge og udseende.

Nu kan man naturligvis ikke vente at finde jorden indordnet under så friserede grupper som i et skema opbygget på laboratorieanalyser, selv om der dog som regel er en vis orden i aflejringernes karakter og rækkefølge.

På grund af jordens rigt varierede sammensætning kan man ikke på forhånd vide, hvilke jordlag man kan vente at støde på, medmindre man har særligt kendskab til de lokale jordbundsforhold.

Gennemgang af et enkelt jordprofil kan måske give et fingerpeg om, hvorledes jordlagene kan være opbygget.

Den valgte grund ligger i en afstand af ca. 100–150 m fra et naturligt åløb, og den nuværende terrænkote er 8.

Ved gravningens begyndelse konstateredes et lag opfyldt ned til kote ca. 5,5, her stødte man på et tørvelag med undersiden i kote ca. 5,1. Denne naturlige overflade har oprindeligt været et eng eller moseareal, der havde fald ned mod åløbet, og opfyldningen må være udført for at planere hele arealet. Under tørvene fandtes et gråbrunt, næsten stenfrit lerlag ned til kote ca. 4,2. Den grå farve er karakteristisk for lerlag under bunden af mosedrag; men den brunlige farve tyder på begyndende iltning af leret. Der fulgte et gråligt, noget lerholdigt sandlag til kote ca. 3,3, og fra denne kote til kote ca. 0,1 fandtes der gråt, uforvitret ler, der var næsten stenfrit. Derefter fulgte en smal, grå sandrevle til kote c. 0, og herfra til gravningens bund i kote c. -1 fandtes uforvitret, blågråt ler.

Man ser heraf, at disse aflejringer alle må være afsat af vandstrømme, da de er lagdelte og næsten stenfri.

Såvel i København som mange andre steder i landet støder man på betydelige sandaflejringer, der lag på lag er afsat af smeltevand, der er strømmet ud over de lavtliggende arealer. Betragter man et lodret snit gennem disse aflejringer, er det første, man lægger mærke til, de rigt varierede okkerfarver, der kan strække sig over en skala fra den sarteste lysokker tone til mørke terra de sienna-farvede nuancer.

En nøjere iagttagelse af de aflejrede sandlag viser, at disse skiftevis består af grovere og finere sandkorn. De årlige aflejringer består af 2 lag, der betegnes som et varv. Varvenes sammensætning er en følge af de vandstrømme, der har ført sandkornene ned til aflejningsstedet. Når tøbrud indtræffer efter vinterens kulde, vil vandstrømmen være rigelig og hurtig, hvorfor kun de større og tungere sandkorn afsættes, men efterhånden, som efteråret nærmer sig, bliver strømmen aftagende, hvorfor de mindre og lettere sandkorn aflejres.

Et smukt eksempel på sådanne aflejringer blev iagttaget i en byggegrube ved Strandvejen (København) i 1951. (Fig. 2). Varvene var her tydeligt adskilte og meget fast aflejret, de hvilede på et underlag af havgrus og sten, over hvilket der var en mørk ujævn stribe, hvis farve skyldtes et forlængst borttrådt tanglag.

Aflejringerne var iøvrigt dækket af et blandet opfyldslag, der varierede mellem 80 cm og 100 cm tykkelse.

I et stort antal tilfælde vil man under et naturligt muldlag først finde et gulbrunt lerlag indeholdende en del kampesten, flintknolde og kalkpartikler, herunder diluvialt sand varierende i farve fra lys okker til dybt rustrødt ofte underlejret med diluvialt grus eller morænegrus indenfor samme farveskala.

Under de nævnte jordlag er faste aflejringer af uforvitret gråblåt, undertiden næsten skiferagtigt ler almindeligt forekommende, og store kampesten optræder ofte.

Der er mange steder, hvor de yngre forvitrede lerlag helt mangler, og sandaflejringerne når helt op under muldlaget; også næsten stenfrit smeltevandsler forekommer hyppigt i de øvre jordlag,

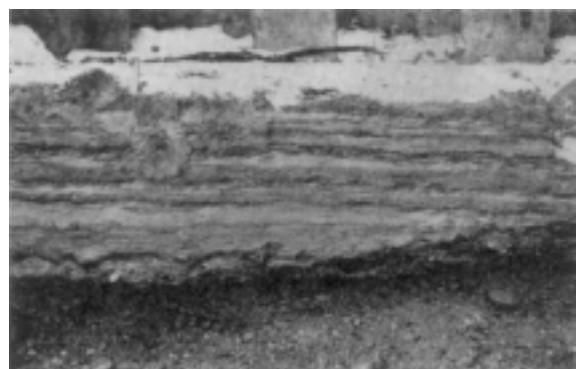


Fig. 2. Jordprofil fra Strandvejen 32. Profilet står parallelt med og vendt mod kystlinien. Nederst ses havgrus og sten, herover en mørk, ujævn stribe, der skyldes forlængst borttrådede tanglag. Derpå meget tæt aflejrede, okkerfarvede sandvarv. For oven er et ca. 80–100 cm tykt opfyldslag bortgravet.

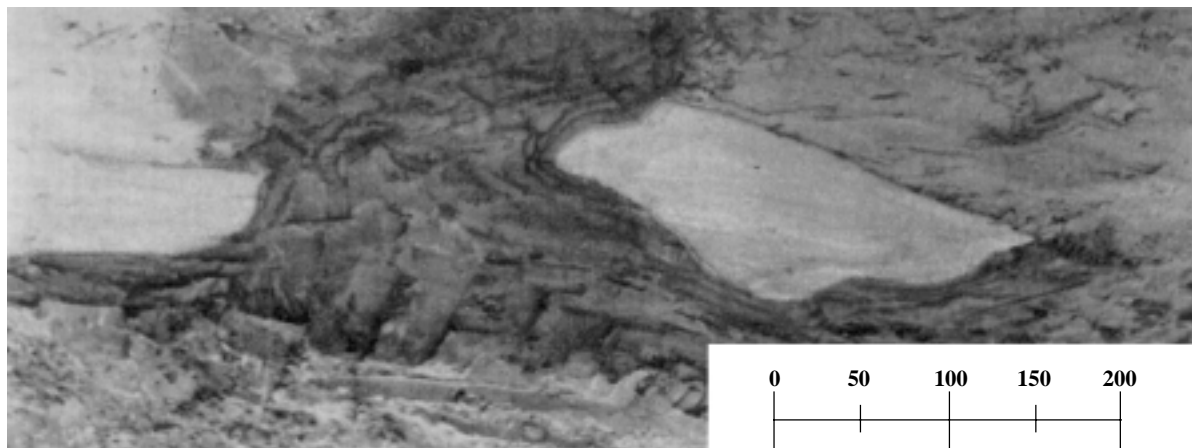


Fig. 3. Ved udgravning til en hospitalsbygning i 1951 på militærhospitalets grund ved Tagensvej kom dette profil til syne i udgravningens nordvestlige væg. Terrænet ligger i kote 12,90, og bunden, der ses for neden på billedet, ligger i kote 9,34. De af bræen transporterede og aflejrede sandlinser ses tydeligt afgrænset, og lerets brokkede struktur viser, hvilke voldsomme påvirkninger aflejringen har været underkastet.

undertiden med indlejrede større eller mindre sandlinser (fig. 3), som i frosset stand er ført med bræen fra sine primære aflejningssteder.

Trods de utallige variationer i jordlagenes sammensætning vil aflejringernes rækkefølge almindeligvis være kendelige, idet f. eks. de dybtliggende aflejringer, der ikke har været udsat for luftens påvirkninger, oftest er i mørke, overvejende gråblå toner, medens de yngre, øvre lag i reglen er lysokkerfarvede eller rødbrune på grund af iltning fra luften.

Husker man dette forhold, vil man derfor have mulighed for hurtigt at opdage, om et jordlag er naturligt aflejret eller består af tilfældigt ler- eller sandfyld. Eksempelvis bør blåler ovenpå gulligt ler straks vække mistanke. Desuden kan opfyld af forvitret ler eller sand være vanskeligt at afsløre uden omhyggelig undersøgelse.

### Grundens bedømmelse.

De fleste naturligt aflejrede lerarter regnes normalt som god byggegrund, når vandindholdet ikke er så stort, at plasticitetsgrænsen er nået; men de plastiske lerarter er altid til ulempe, ligesom den elastiske eller gummiagtige, grå silt (mjåla) giver anledning til bekymring.

Det samme gælder vandførende sand, det såkaldte flydesand. Træffer man disse jordarter, vil særlige funderingsmetoder være nødvendige og må nøje overvejes i hvert enkelt tilfælde.

På havnearealer, hvis terræn ofte er hævet betydeligt med planeret jordfyld, er der i reglen udlejet grundarealer til virksomheder, der har tilknytning til havnefunktionerne, hvilket medfører opførelsen af mange bygninger til forskel-

lige formål. En del af disse bygninger har en ret midlertidig karakter og opføres kun i en enkelt etage. Ejerne vægrer sig derfor ved at bekoste dyre og vidtgående funderinger og vil blot fundere til frostfri dybde. Hvis fyldlagene er nogenlunde fastlejrede, vil man da også, hvor forholdene taler derfor, gå med til en sådan ordning, når trykket på grunden reduceres til ca. 0,5 à 0,75 kg/cm<sup>2</sup>. Man må dog være forberedt på, at der senere kan opstå sætningsrevner, som kan skæmme bygningen, uden at den derfor bliver uanvendelig.

Hvorvidt fyldlagene opfylder de nødvendige betingelser, må for en stor del bero på et skøn, som til en hvis grad kan støttes af en lille, primitiv prøve, der går ud på, at man træder på gravningens bund, og derefter iagttager, om foden har afsat væsentligt aftryk i jorden. En voksen mands vægt overført gennem foden, svarer nemlig til et tryk på ca. 0,5–0,6 kg/cm<sup>2</sup>. Det fodspor, der efterlades giver således et nogenlunde grundlag at gå ud fra.

### Grundvand.

Endnu et forhold, som har stor betydning for bedømmelsen af jordbundens beskaffenhed, er grundvandstandens højde i forhold til funderingsdybden og den eventuelle vandose (vandmættede) zones omfang. Mange steder findes der både et primært og et sekundært grundvandspejl, og det kan ofte være nødvendigt at foretage midlertidig grundvandssænkning, for at en forsvarlig fundering kan gennemføres.

Grundvandssænkninger må dog altid udføres under kyndig ledelse, da risiko for omliggende

ejendomme meget let kan være tilstede og muligvis medføre kostbare erstatningskrav.

**Sikring af byggegruben.**

Når en grund udgraves, er det almindeligt, at jordbrinkerne afstikkes efter næsten lodrette planer, hvad der indebærer en ikke ringe risiko for skred, navnlig i perioder med ustadigt vejr, og hvor opfyld og muld hviler på vekslende aflejringer af ler og sand. Risikoen er desuden altfor ofte betydeligt øget ved tankeløs placering af store jorddynger umiddelbart ved gravningens rand.

Det bør derfor påses, at enhver gravning med større dybde end 1,7 m sikres med forsvarlig afstivning, og at opgravet jord aldrig anbringes langs udgravningens rande.

**Gamle drikkevandsbrønde.**

I København findes der fra ældre tid over 2000 drikkevandsbrønde, som forlængst er fyldt op og desuden dækket af opfyld hidrørende bl. a. fra husaffald, skarn og bygningsrester fra de ved de store brande 1728, 1759 og 1807 udbrændte kvarterer, hvis ruiner ikke blev fjernet, men jævnet ud for at give plads for de nye bygninger.

Flere af disse brønde har haft en betydelig dybde, og det har derfor ofte vist sig nødvendigt helt at fjerne brøndresterne og plumbere de derved opståede huller med mager beton for at forhindre forskydninger i jordlagene, når de nye bygninger belaster grunden.

På grundlag af professor, stadsinspektør Rarwerts brandkort fra 1797-99, og major, stadsinspektør v. Schlegels kort fra 1827-29 med indmålte og protokollerede drikkevandsbrønde, har forfatteren på planer i 1:1000 samlet samtlige registrerede brønde således, at der nu foreligger et let tilgængeligt materiale, hvis oplysninger gerne stilles til rådighed.

**Forholdet til naboejendomme og gader.**

Hvor nybygninger opføres i skel mod naboejendomme, rejser spørgsmålet sig om disses sikring mod ulemper forårsaget af bygningsarbejderne.

I *byggeloven for København af 29. marts 1939* er der i § 58 angivet retningslinier for, hvorledes man skal forholde sig, jævnt desuden bestemmelserne i *bygningsvedtægten af 18. december 1939* § 3, og i *Byggelov for købstæderne og landet* (Lov nr. 246 af 10. juni 1960) findes tilsvarende bestemmelser i kapitel 8, § 42. Det fremgår bl. a. af disse bestemmelser, at man, forinden der udføres gravearbejder i nærheden af

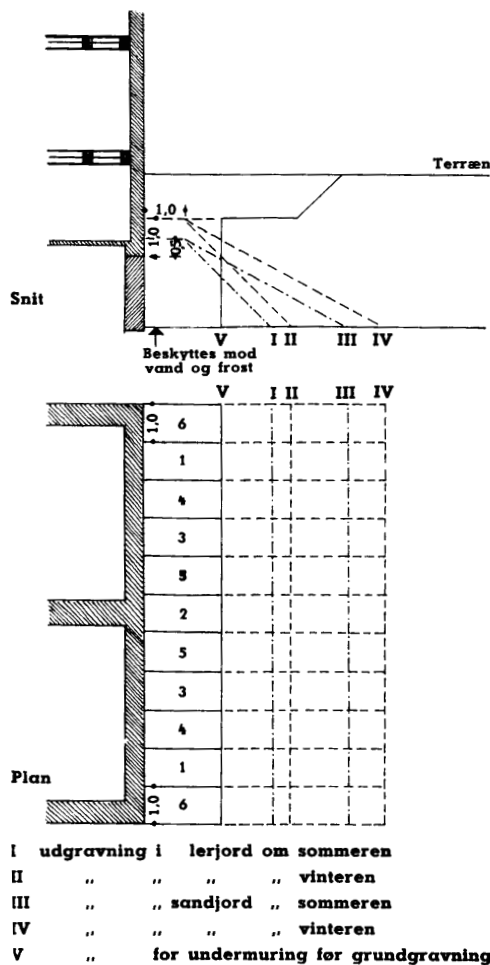


Fig. 4. Principskitse for undermuring eller -støbning.

en naboejendom, må give dennes ejer mindst 14 dages varsel.

Udførelsen af udgravninger mod offentlig gade eller vej kræver almindeligvis særlige sikkerhedsforanstaltninger mod jordskred, der kan medføre ødelæggelse af ledninger og elektriske kabler m. m. med alvorlige og til tider uoverskuelige følger.

Udgravning med gravemaskine bør aldrig tillades nærmere naboskel end 1 m og med en anlægsvinkel for lerjord på højst 45° for fast aflejret sand højst 30-35°. Den resterende jordmængde må derefter bortgraves med håndværktøj. Der må udvises særlig agtpågivenhed, hvor den nye udgravning er dybere nede end de tilstødende bygningsfundamenter, som i sådanne tilfælde må undermures eller understøbes. Arbejdet skal udføres i sektioner, idet man først inddeler den pågældende murflugt i afsnit på højst 1 m's udstrækning. Der graves derefter ind til og under muren til den nye fundamentsdybde, først i c. 1 m afstand fra murhjørnerne, som ikke må underfan-

ges, forinden hele den øvrige del af arbejdet er udført, da hjørnepillerne kan betragtes som en naturlig afstivning af den pågældende mur. (Fig. 4).

Når de første undermuringer eller understøbninger er udført, kan man f.eks. udføre tilsvarende arbejder midt for bygningen og efterhånden på stadigt vekslende steder underfange muren, idet man nøje fastholder den planlagte inddeling, indtil det nye fundament er fuldendt.

**Faren for udblødning af jorden.**

Det må frarådes at blotlægge en ydermur til fundamentsunderkant uden at sikre sig mod udblødning eller frostpåvirkning af jordlagene, da en svækkelse af jordens bæreevne kan afstedkomme alvorlige sætninger i murværket eller muligvis endogså sammenstyrtning af dette.

Ustadigt vejr er jo almindeligt her i landet, hvorfor man ofte med fordel kan dække færdiggravede fundamentshuller og -render ved udstøbning af et ca. 10 cm tykt betonrenselag.

Man opnår herved at beskytte jorden mod udblødning, når regnen eller sneen indfinder sig, og kan uden risiko fortsætte støbearbejderne.

Ved udførelsen af undermurationsarbejder kan man ofte med fordel overdække gravningerne med et intermistisk halvtæg, så jorden beskyttes mod regn eller sne, der kan være til ulempe for arbejdets forsvarlige gennemførelse. Udføres arbejderne i vintertiden, må der naturligvis træffes de nødvendige foranstaltninger mod frostdannelser i udgravningerne.

**Andre farer.**

Betingelsen for at en bygning kommer til at stå godt, afhænger naturligvis af mange faktorer, bl. a. af kvaliteten i sin helhed og funderingen. Med hensyn til det sidste forhold spiller den bærende jords sammensætning og vandindhold en afgørende rolle, og navnlig er den størst mulige ensartethed i jordlagene af stor betydning for, at de naturnødvendige sætninger, der opstår på grund af bygværkets vægt, kan blive så lidt afvigende som muligt.

Sætningerne, der sker meget langsomt, kan strække sig over lange tidsrum, og vil først opføre sig, når reaktionen i den sammenpressede jord svarer til bygningens vægt, men der opstår kun en relativ balance, idet jordens egenskaber i forbindelse med skiftende vandpåvirkninger ikke tillader en absolut stationær tilstand.

De nævnte sætninger vil normalt kunne optages af en bygning, uden at der opstår nogen skader; men hvis der på grund af uensartede

funderingsforhold fremkommer differentssætninger, vil revnedannelser før eller senere være uundgåelige i huset, hvad man har utallige eksempler på.

Forekommer der større eller mindre kampesten i de dele af udgravningerne, der skal bære fundamenter, bør det være en fast regel, at disse sten fjernes.

**Tilfyldning.**

Hvor en bygnings fundament er støbt mellem dobbelt forskalling, er det tilrådeligt og undertiden absolut påkrævet, at tilfyldningen omkring fundamentmurene sker med groft sand eller grus, da lerjord er tilbøjelig til at sætte sig i lange tider, og derved hindre en forsvarlig planering af det endelige terræn.

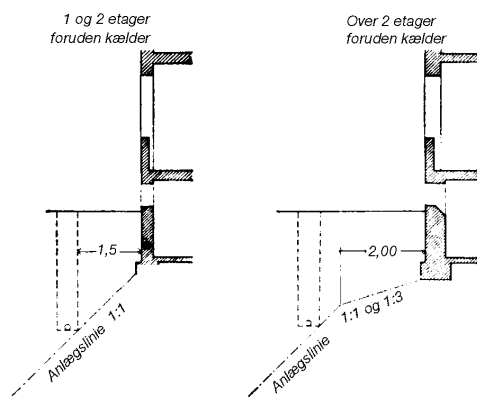


Fig. 5. Skematisk angivelse af rendegravninger i forhold til bygningsfundamenter.

**Rendegravning.**

De ofte lange og dybe rendegravninger, der navnlig for nedlægning af kloakledninger er nødvendige i tilslutning til et byggeprojekt, må anbringes og udføres med tilbørlig hensyntagen til bygningernes funderingsdybder.

For København er der udarbejdet et regulativ vedrørende *Ledningers anbringelse i forhold til fundamenter* (1948). Dette regulativ angiver nogle retningslinier for de almindeligste krav, der må stilles, men hjemler også ret til, hvor forholdene nødvendiggør det, yderligere at skærpe kravene.

For udgravninger langs fundamenter til bygninger med 1–2 etager foruden kælder kan det under forudsætning af tilstedeværelsen af fastlejret, god kohæsionsjord (lerjord) forsvares at grave ned til et anlægsplan på 45° i forhold til fundamentsunderkanten, når ledningen anbringes i en afstand af mindst 1,5 m fra bygningen. (Fig. 5).

For friktionsjord (sand) bør det anførte anlægsplan ikke overskride en vinkel i forhold til vandret plan på over 30–35°.

I forhold til bygninger med mere end 2 etager foruden kælder bør udgravningens bund intet sted ligge dybere end et plan fra fundamentets underside med et fald på 1:3 indtil 2 m fra fundamentene og derefter med et fald på 1:1, idet der dog også her forudsættes fastlejret, god byggegrund.

Yderligere sikkerhedsforanstaltninger kan blive nødvendige, f.eks. hvor store fundamentstryk på grunden er blevet tilladt, så svækkelse af de omkringværende jordlag kan indebære risiko for jordforskydninger, hvis skadelige virkninger kan blive af uoverskueligt omfang.

Ved eksisterende bygninger er det nødvendigt først at undersøge, i hvilken dybde fundamenternes underkant findes. Såfremt denne er utilstrækkelig i forhold til rendegravningens dybde og de fornødne sikkerhedskrav ikke på anden måde kan opfyldes, må undermuring eller støbning udføres i fornødent omfang ved anvendelse af den foran angivne fremgangsmåde.

I tilslutning til foranstående henledes opmærksomheden på *socialministeriets bekendtgørelse om regler for jordarbejder* af 26. april 1960, hvoraf det bl. a. fremgår, at afstivning af rendegravninger, der har en dybde på 1,7 m og derover skal udføres med forsvarlige stræk og klemmer af planker og tømmer. Selv små jordskred kan alvorligt kvæste de mennesker, der arbejder i gravningerne, hvorfor anbringelse af afstivning i gravninger med mindre dybde end foran anført også til tider må anses for påkrævet.

### Kuldepåvirkning.

Temperaturforholdene spiller ofte en afgørende rolle, navnlig når kulden sætter ind i kortere eller længere tid og omdanner jordens vandindhold til is, der – ved stadig dannelse af nye islinser – kan få tilstrækkelige kræfter til totalt at skille en bygning ad, såfremt den ikke er rigtigt konstrueret og omhyggeligt isoleret mod kulden.

Nybygninger og ubeboede huse er naturligvis særlig udsatte, idet kulden her kan trænge forholdsvis let ind. (Fig. 6).

Fundamenterne må derfor altid føres ned til frostfri dybde, der her i landet almindeligvis sættes til 90 cm under jordens overflade, en dybde der dog i de strenge isvintre viste sig utilstrækkelig flere steder, hvor frosten trængte endnu dybere ned.



Fig. 6. Frostskalet facade i en bygning med bærende tværskillerum. Nederste del af facademurene er skudt ud af frosten, der er trængt ind i bygningen gennem ubeskyttede dør- og vinduesåbninger og har løftet fundamentene indefra.

Kulden angriber lige så gerne udefra som indefra, idet den kolde luft trænger ind gennem alle åbninger og sprækker, baner sig vej gennem kældergulvene og derfra ned under fundamentene og løfter disse, der sjældent har foden væsentligt dybere end gulvene.

Det er derfor tilrådeligt at tildække alle vindueshuller, dørhuller og lign., særlig ud for kældrene, når kulden indtræffer. Udvendige kældergange og kælderøre er meget udsat for frostskafer, hvorfor frostfri fundering her er nødvendig for at afværge frostpåvirkninger, som kan medføre mange grimme revner og løftede betongulve, der hindrer åbningen af kælderørene.

### Støttemure.

Støttemure med ensidigt jordtryk kan ikke hindre kulden i at trænge ind i de bagved liggende jordlag, og det fra overfladen nedsivende vand fryser derfor samtidig med, at det i jordens porer opstigende kapillarevand nærer og forøger islinsernes antal, der derfor kræver mere og mere plads. Den stivfrosne jord kan ikke sammenpreses, hvorfor muren bliver skubbet ud af stilling.

Hverken udbredte fundamenter eller lignende foranstaltninger kan i det lange løb hindre denne udvikling.

Skal man sikre sin mur, må man derfor søge at modvirke isdannelse bag denne. Dette kan f. eks. gøres ved at grave en rende lige bag muren, i



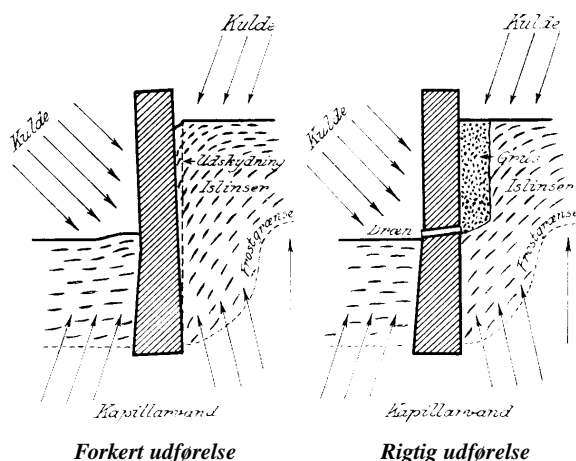


Fig. 7. Skematisk angivelse af frostpåvirkede støttemure med ensidigt jordtryk.

den udstrækning denne modtager ensidigt jordtryk, og derefter fylde renden med groft grus eller slagter, som næsten uhindret lader overfladevandet løbe igennem.

Det nedsivende vand ledes derefter fra rendens bund gennem et passende antal små drænrør i muren til det lavere liggende terræn langs denne. (Fig. 7).

Påvirkning af muren ved opfrysning er således afværget, hvorfor den vil have gode betingelser for at kunne blive stående.

**Maskinelt materiel.**

Det er nødvendigt at sørge for forsvarlig sikring af maskinelt materiel som f. eks. gravemaskiner, betonblandemaskiner, kørekraner m.v., der fungerer i nærheden af byggegrubens brinker, og de i tilknytning hertil udlagte svellebroer. Også tilkørselsforholdene for betonbiler og lastvogne må sikres på behørig måde mod risikoen for nedskridning i udgravningerne.

*P. Bredal Christensen.*

**Litteratur:**

H. N. Rosenkjær: Fra det underjordiske København.  
 H. U. Ramsing: Københavns historie.  
 A. Noe-Nygaard: Geologi.  
 V. Milthers: Nordsjællands geologi.  
 H. Lundgren og J. Brinch Hansen: Geoteknik.  
 J. Troels-Schmidt: Danmarks geologiske forening 1936-40. Stenalderpladser og strandlinier på Amager.  
 Ellen Louise Mertz: Danmarks geologiske undersøgelser II række nr. 44. Metoder til undersøgelse af lerets fysiske egenskaber.  
 Sigfred Vang: Byggeindustrien nr. 4. 25. februar 1954, Ekstrafunderings- og piloteringsudgifter for byggeriet.  
 K. C. Rockstroh: Historiske meddelelser om København 1923, II række I. Gamle drikkevandsbrønde.  
 Københavns vandværk 1859-1909.  
 C. L. Feilberg: H.F.B. 5, Jordskråninger.  
 P. Bredal Christensen: Byplan, Vore byer og deres planlægning, 5. nummer, 8. årgang 1956. Bør jordbundsforholdene registreres og hvorledes?  
 E. Mansa: Håndbog for byggefagene, bind 2, Grundudgravning og undermuring.  
 P. Bredal Christensen: Håndbog for byggefagene, bind 3, Jordbundsforhold og jordbundsundersøgelser.  
 P. Bredal Christensen: Meddelelse fra Københavns bygningsvæsen nr.1-1963. Undersøgelse og kortlægning af Københavns undergrund.