

GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR

HANDBOK

Minns att även du
skall skörda vad
rätt du tänkt, fast
det var fel!

(Guldregn, Nils Hasselskog)

Måste du borra
så mycket?



Dokumentets utgivare
VÄGVERKET
Utvecklingssektionen

Dokumentnamn
TITELBLAD
Dokumentets datum
1984-08

Dokumentbeteckning
TU 158

Upphovsman (författare)

Utvecklingssektionen
Kontoret för geoteknik

Dokumentets titel/serietitel och serienummer

GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR

Huvudinnehåll

Riktlinjer för geotekniska undersöknings insatser
vid vägprojektering.

Nyckelord

Geotekniska undersökningar på fältet
Geotekniska undersökningar på laboratoriet

Bibliotekets anteckningar

ISSN och nyckeltitel

ISBN

Mottagarens uppgifter

Distributör (namn, postadress, telefon)
Vägverket, TUG, 781 87

Borlänge

Tel. 0243/75676



VÄGVERKET

Postadress

781n 87 BORLÄNGE

Telefon

0243/75 000

Telegramadress

swenatroad

borlaenge

Telex

74114

tsvcfvv s

FÖRORD

Med geotekniska undersökningar för vägar fastställs jords lämplighet som underlag och användbarhet som byggnadsmaterial för väg. Eftersom egenskaperna hos jord varierar inom vida gränser är det inte möjligt att ge generella regler för undersökningarnas omfattning. Till ledning för planläggning och genomförande av geotekniska undersökningar har riktlinjer för olika undersökningsinsatser upprättats i denna handbok.

Underlaget för riktlinjerna är på uppdrag av geotekniska kontoret utarbetat av överingenjör Göte Lindskog, Statens geotekniska institut. Underlaget till kap 7 -- Geotekniska undersökningar för vägar i berg -- är utarbetat av avdelningsdirektör Håkan Thoren vid kontoret för byggnads- och driftteknik. Dessa underlag har bearbetats och redigerats av byrådirektör Lars-Göran Iwers vid kontoret för geoteknik.

Vägverket

Utvecklingssektionen. Geotekniska kontoret

Håkan Wilhelmson

Ture Olofsson

GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR

	SIDA	
1.	SAMMANFATTNING	4
	Tabell Ia	5
	Tabell Ib	6
	Tabell II	7
2.	INLEDNING	8
3.	PROJEKTERINGSSKEDEN	11
3.1	ALLMÄNT	11
3.2	LOKALISERINGSPLAN	11
3.3	UTREDNINGSPLAN	11
3.4	ARBETSPLAN	11
3.5	BYGGHANDLING	12
4.	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ KOHESSIONSJORD	13
4.1	NYBYGGNAD	13
4.1.1	Inledning	13
4.1.2	Erforderliga undersökningar	14
4.1.2.1	Allmänt	14
4.1.2.2	Bankar	15
4.1.2.3	Skärningar	18
4.1.3	Undersökningarnas omfattning	19
4.1.3.1	Lokaliseringsplan	19
4.1.3.2	Utredningsplan	20
4.1.3.3	Arbetsplan	21
4.1.3.4	Bygghandling	24
4.2	OMBYGGNADS- OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN	25
4.2.1	Inledning	25
4.2.2	Erforderliga undersökningar	26
4.2.3	Undersökningarnas omfattning	26
4.2.3.1	Orienterande undersökning (utredningsplan)	26
4.2.3.2	Arbetsplan	26
4.2.3.3	Bygghandling	28

5.	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ FRIKTIONSJORD	29
5.1	NYBYGGNAD	29
5.1.1	Inledning	29
5.1.2	Erforderliga undersökningar	29
5.1.2.1	Allmänt	29
5.1.2.2	Bankar	31
5.1.2.3	Skärningar	31
5.1.3	Undersökningarnas omfattning	32
5.1.3.1	Lokaliseringsplan	32
5.1.3.2	Utredningsplan	32
5.1.3.3	Arbetsplan	33
5.1.3.4	Bygghandling	34
5.2	OMBYGGNADS- OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN	34
6.	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ MELLANJORDARTER	35
6.1	NYBYGGNAD	35
6.1.1	Inledning	35
6.1.2	Undersökningars omfattning	36
6.2	OMBYGGNADS- OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN	36
7.	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR I BERG	37
7.1	INLEDNING	37
7.2	ERFORDERLIGA UNDERSÖKNINGAR	37
7.3	UNDERSÖKNINGARNAS OMFATTNING	38
8.	GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	39
8.1	INLEDNING	39
8.2	JORDLAGERFÖLJD	39
8.3	GRUNDVATTEN OCH PORTRYCK	43
9.	KORTFATTAD REDOGÖRELSE FÖR GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGSMETODER	46
9.1	INLEDNING	46
9.2	ÖVERSIKTLIGA UNDERSÖKNINGAR	46
9.2.1	Geobildtolkning	46
9.2.2	Seismik	47
9.2.3	Georadar	47

9.3	FÄLTUNDERSÖKNINGAR	48
9.3.1	Sonderingsmetoder	48
9.3.2	Provtagningsmetoder	51
9.3.2.1	Allmänt	51
9.3.2.2	Omrörda prover	52
9.3.2.3	Störda prover	53
9.3.2.4	Ostörda prover	54
9.3.3	Metoder för bestämning av skjuvhållfasthet i fält	54
9.3.4	Metoder för hydrologiska bestämningar	55
9.3.5	Metoder för mätning av rörelser i jord	56
9.3.5.1	Vertikala rörelser	56
9.3.5.2	Horisontala rörelser	57
9.4	UNDERSÖKNINGAR PÅ LABORATORIUM	57

1. SAMMANFATTNING

Generella regler för geotekniska undersökningars omfattning för vägar och broar kan ej anges. Geotekniska förutsättningar är nämligen så varierande i landets olika delar. Här angivna riktlinjer måste i det enskilda fallet anpassas till lokala förutsättningar och kännedom om områdets geologi. Omfattningen beror dessutom på val av grundläggningsmetod och förstärkningsåtgärd.

Geotekniska undersökningars omfattning och innehåll i speciella fall framgår även av

- o TV 106 Vertikaldränering
- o TV 107 Geotekniska undersökningar för broar
- o TV 121 Bankpålning
- o TU 139 Nedpressning av vägbank
- o TB 108 Anvisningar för pålningsarbeten.

Rekommenderad omfattning av geotekniska undersökningar för vägar på kohesionsjord och friktionsjord är sammanfattade i följande tabeller.

Tabell Ia	Geotekniska undersökningar för vägar på kohesionsjord. Nybyggnad.
Ib	Geotekniska undersökningar för vägar på kohesionsjord. Ombyggnads- och förbättringsarbeten.
II	Geotekniska undersökningar för vägar på friktionsjord.

För vägar på mellanjordarter och i berg hänvisas till kapitel 6 och 7.

TABELL 1a

GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ KÖNSTIGSÖRDEN,
HYDROGÅRD (se även kap 4.1)

Projekteringskedje	Geobildtolkning Geologiska kartor Besiktning	Sondering	Provtagning	Vingsondering	Hydrologiska observationer	Laboratorie - undersökningar	Anmärkning
Lokaliseringsplan	Gengång av geol. kartor, flygbilder, tidundersök. samt besiktning av terrängen.	På var 80-100 m.	Kolv på var 100-200 m. Provtagningsnivåer enl. kap. 4.1.3.3.	Enstaka punkter. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3.	V-y i brunnar, vattendrag och provtagningshål.	Rutinundersökning. Enst. Odoseterför-sök.	
Utredningsplan	Enligt ovan.	På var 40-80 m. Tvärsäkt. vid lutande markyta.	Kolv på var 80-120 m. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3. Vid lutande markyta även i tvärsäkt. på var 80-120 m.	På var 80-120 m. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3. Vid lutande markyta även i tvärsäkt. på var 80-120 m.	Enligt ovan.	Rutinundersökning. Enst. Odoseterför-sök.	
Arbetsplan	Vm på var 20-40 m. Tvärsäkt. normalt på var 80 m. Om förstärkningsåtg., vid fastmarkgränser, lutande terräng eller skärning på var 20-40 m. Sondering i sektion. Vm samt H och V 10-20 m. Vid tryckbank och skärning se kap. 4.3.2.2 resp 4.3.2.3	Vm på var 20-40 m. Tvärsäkt. normalt på var 80 m. Om förstärkningsåtg., vid fastmarkgränser, lutande terräng eller skärning på var 20-40 m. Sondering i sektion. Vm samt H och V 10-20 m. Vid tryckbank och skärning se kap. 4.3.2.2 resp 4.3.2.3	Kolv på var 40-80 m. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3. Enst. stödd provtagning enl. kap. 4.1.3.3.	I varje tvärsäkt. samt vid behov i va drömsellan. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3.	Vy i provtagningshål. Portryckmätningar i leran och i bottenlagren i någon eller några sektioner på aktuell sträcka. I skärningar utföra portryckmätningar för bänkfylla, bl.a på olika nivåer i minst en sektion i varje skärning. Jfr. kap. 4.1.3.3.	Rutinundersökning. Odoseterför-sök. (Nivåer enligt kap. 4.1.3.3). Best. av drän-skjuvhärlast-het vid behov. Und. av skärningsmassor för bänkfylla, bl.a m.a.p packningsegenskaper. Und. för dimension. av Svarbyggn. enl. BYA.	Om speciell för-stärkningsmetod överläggs utföras undersökningen här-till. Jfr. kap. 4.1.2.
Bygghandling	Normalt enl. arbetsplan. Ev. kompl. för särskilda arbetsbeskrivningar.	Normalt enl. arbetsplan. Ev. kompl. provt. för särskilda arbetsbeskrivningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särskilda arbetsbeskrivningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särskilda arbetsbeskrivningar.	Fortsetta observationer enl. arbetsplan.	Und. för bedömning av sackbarhet, packningsegenskaper mm.	Def. av bearbetbarhet enl. V:s slutrapport till utredningsprojekt 2.7. Def. av bearbetbarhet för olika typer av jordar med årtal 1976-12. Samråd mellan byggare och geotekniker.

TABELL 1b
 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ KEMESTENSLOHD
 ÖBYCKRANS- OCH FÖRHÄTTINGSHEIEN. (Se även kap 4.2)

Projekterings- skede	Geoteknisk Besiktning	Sondering	Provtagning	Vingsondering	Hydrologiska observationer	Laboratorieunder- sökningar	Anmärkning
Orienterande undersökning (Utrednings- plan)	Bestämning, ge- nomsökning av geo- logiska kartor, flygbilder samt ev. tidigare undersökningar.	På var 40-60 m ut- anför befintl. väg på den sida där em- byggnaden skall ske. Tvåsekt. vid sidan- lutande mark.	Kolv på var 40-100 m under blivande släntfot. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3. Enst. störd prov- tagning.	På var 40-100 m under blivande släntfot. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3.	V. y i brunnar, vattenslag och provtagningshål.	Rutinundersökna. Dömeterrörsk vid behov.	
Arbetsplan	Under blivande väg- slänt normalt på var 20-40 m. Tvåsekt. på var 40-60 m. Enst. kontrollsonderingar genom bef. vägbank. Vid tryckbank och i skärning se kap. 4.1.2.2 resp. 4.1.2.3.	Kolv i varje tvär- sekt. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3. Fm- st. störd prov- tagning. Enst. provtag. i och under bef. bank.	I varje tvärspekt. och efter behov däremellan. Enst. vingsondhål under bef. väg. Nivåer enl. kap. 4.1.3.3.	V. y i provtagning- hål. Fortryckmått- ningar i bottn- lager och på några nivåer i leran om sättningarna i bef. bank har blivit be- svärade. Fortryck- mätningar även i skärningar.	Rutinundersökna. (Ni- våer enl. kap 4.1.3. 3). Beat. av drän. skjuvbäljfabrikat. vid behov. Und. av skärningssador för bankfyllning, bl. a. m. a. p. pack- ningsgenomsökning. Und. för dimension- ering av överbygg- nad enl. B14.	Om speciell förestärk- ningsstad överväga utörens undersökning- en här till. Jfr. kap. 4.1.2. Vid behov bör dömeterrörsk- en avse kompressions- egenskaperna hos ler- den såväl under som utanför den befint- liga vägbanken.	
Bygghandling	Normalt enl. arbetsplan. Ev. kompl. för särsk. arbetsbeskriv- ningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särsk. arbetsbeskriv- ningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särsk. arbetsbeskriv- ningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särsk. arbetsbeskriv- ningar.	Normalt enligt arbetsplan. Ev. kompl. för särsk. arbetsbeskriv- ningar.	Und. för bedöm- ning av saktbar- het, packningsegen- skaper m.m.	Erfarenheterna från den bef. vägbanken bör utnyttjas vid projekteringen. Sam- råd mellan byggare och geotekniker.

TABELL II
 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ ERIKTIONSJORD (Se även kap 5)

Projekterings- skede	Geobildtolkning Geologiska kartor Besiktn. Seismik	Sondering	Provtagning	Hydrologiska observationer	Laboratorieunder- undersökningar	Anmärkning
Lokaliserings- plan	Granskning av till- gängliga flygbilder. Besiktning.		Ytlig provtagning i samband med be- siktning.	Mätning av vattenstånd i ev. brunnar och vattendrag.		
Utredningsplan		Minst ett par son- deringar i vm i varje skärning.	Enstaka provgrup- par eller annan provtagning.	Mätning av vatten- stånd i ev. brunnar och vattendrag, prov- gruppar eller prov- tagningshål.	Benämning av upptagna jordprover.	Om sondering och/eller provgruppsgrävning p.g.a sten- och blockanhop- ning ej är möjlig kan en seismisk und. bli aktuell. (ev. Jord- bergsondering.
Arbetsplan		Vid höga bankar i vm på var 40-80 m. Om sidolutande terräng kan i vissa fall en- staka tvärsekt. erfor- dras t.ex. om inlag- ring av lera misstänks I skärningar i vm på var 20-40 m med tvär- sekt. på minst var 40 m.	Provtagning i prov- gruppar. (Alt. provtag- ning med annan utrust- ning). På bank: prov- grup i vägmitt på var 40-80 m beroende på jordens sammansätt- ning, bankhöjd, tjäl- ning, frågor etc. I skär- ning: Provgrop i väg- mitt på var 40-60 m. Minst en provgrop i varje skärning.	Mätning av v.y i provgropar. Mätning i filterpetsar eller rör för lågtidsobser- vation.	Benämning, siktningssana- lys. Ev. även sedimenta- tionsanalys, vattenkvot i finkornig jord. Tjäl- farlighet. Ev. även best. av densitet samt pack- ningsförsök. Und. för dimensionering av över- byggnad enl. BYÅ.	Provgropar utförs enl. V:s anvisning IV 132. Fotografering av prov- gruppar värdefull. I sten- och blockrik jord eller där sonde- ring av andra skäl är omöjlig kan det vara fördelaktigt med seis- miska profiler. Ev. jord-bergsonderingar.
Bygghand- ling		Ev. kompl. i före- kommande skärningar.	Ev. kompl. provtag- ning för utredning av bearbetbarheten enl VV:s "Definition av bearbetbarhet för olika jordar", date- rad 1976-12.	Fortsatta långtids- observationer. Mät- ning av v.y i nya provgropar.	Und. enligt arbetsplan av kompl. jordprover	Den geotekniska utred- ningen bör ske i samråd mellan byggare och geo- tekniker.

2. INLEDNING

Med de krav som idag ställs på att bygga vägar till rätt kvalitet och kostnad med beaktande av bl.a. hänsyn till markanvändning, låg driftkostnad, tillfredsställande bärighet, jämnhet och linjeföring, är det nödvändigt att basera projektering och byggande på kända geotekniska förhållanden. En geoteknisk undersökning bör därför lämna information om förutsättningar för vägens konstruktion och byggande. Bl.a. bör följande därvid kunna utvärderas:

- o jordens bärförmåga
- o sättningars storlek och tidsförlopp
- o erforderliga förstärkningsåtgärder
- o schaktmassors användbarhet som vägbyggnadsmaterial
- o förutsättningar för dimensionering av överbyggnad
- o maskin- och metodval för grundläggnings- och terrasseringsarbetenas bedrivande
- o kostnader för grundläggnings- och terrasseringsarbeten
- o inverkan på omgivande befintliga anläggningar (sättningar, grundvattensänkning, vibrationer)

Undersökningarna skall ha sådan omfattning att hela det markområde som, med hänsyn till stabilitet och sättningar, påverkas av vägen täcks in.

För att ovan angivna mål skall uppfyllas får undersökningarna olika omfattning från fall till fall. Här angivna riktlinjer får ej uppfattas som generella. I det enskilda fallet måste lokala förhållanden och rådande geotekniska förutsättningar beaktas. Geotekniska undersökningars omfattning och innehåll i speciella fall framgår även av

- o TV 106 Vertikaldränering
- o TV 107 Geotekniska undersökningar för broar
- o TV 121 Bankpålning
- o TU 139 Nedpressning av vägbank
- o TB 108 Anvisningar för pålningsarbeten.

Undersökningarna skall även ha sådan omfattning att BYA:s krav på geotekniska undersökningar uppfylls.

Rekommendationerna är indelade efter dominerande jordlagerföljd på följande sätt:

Geotekniska undersökningar för vägar

- o på kohesionsjord
- o på friktionsjord
- o på mellanjord
- o i berg

Omfattning av geotekniska undersökningar skall anpassas till

- o aktuellt projekteringsstadium
- o geologiska och topografiska förhållanden
- o val av grundläggningsmetod och förstärkningsåtgärd

Vid upprättande av program för undersökningarna skall man utnyttja kännedom om det aktuella området som är tillgängligt genom

- o topografiska kartor
- o geologiska beskrivningar och kartor
- o flygbilder
- o tidigare utförda geotekniska undersökningar

Om jorden i terräng med påtagliga nivåskillnader består av kohesionsjord planeras och utförs de geotekniska undersökningarna så att det aktuella områdets totala stabilitet klargörs.

Innan fältarbetena påbörjas skall borrhingsledaren inventera förekomst av kablar och ledningar. Han bör även informeras om undersökningens syfte. Med denna kännedom kan borrhingsledaren säkrare uppmärksamma och rapportera detaljer av betydelse för det aktuella projektet. Vid behov modifieras undersökningsprogrammet med ledning av de underhand erhållna resultaten.

Borrhingsledaren skall alltid uppmärksamma och notera följande detaljer:

- o vegetationsförhållanden
- o sten och block i markytan
- o fastmarksgränser
- o om flera försök erfordrats att nå tillräckligt djup vid samma borrhål
- o grundvattenströmning ur borrhål
- o fria vattenytor i t.ex. vattendrag, diken och sankmarkspartier
- o pågående erosion
- o sjunktimmer eller andra hinder i vattendrag

Iakttagelserna bör sammanställas i en rapport med skisser och inmätningar i plan och profil. Fotografier är också värdefulla för dokumentation av bl a terrängens utseende.

3. PROJEKTERINGSSKEDEN

3.1 ALLMÄNT

Behov och omfattning av den geotekniska undersökningen sammanhänger med aktuellt projekteringsskede. Vägprojektering sker normalt etappvis och redovisas i följande steg.

3.2 LOKALISERINGSPLAN

Denna anger vägens lokalisering i alternativa terrängkorridorer. Tämiligen översiktliga geotekniska undersökningar erfordras.

3.3 UTREDNINGSPLAN

I detta skede anges alternativa sträckningar för vägen inom den i lokaliseringsplanen valda terrängkorridoren. Vidare anges vägens principiella utformning. Inom områden med stora nivå-skillnader kontrolleras områdets stabilitet. I övrigt utförs översiktlig geoteknisk undersökning för bedömning av eventuella förstärkningsåtgärder och andra kostnadspåverkande faktorer så att de olika sträckningarna kan jämföras och värderas.

3.4 ARBETSPLAN

Arbetsplanen är i första hand en juridisk handling för åtkomst av mark. För att erforderligt vägområde skall säkerställas fastställs ofta arbetsplanen innan de detaljerade geotekniska undersökningarna har slutförts. I sådana fall är det lämpligt att de geotekniska undersökningarna bedrivs etappvis i takt med detaljprojekteringen. För den juridiska handlingen räcker det om den geotekniska utredningen får sådan omfattning att följande uppgifter klarläggs:

- o att vägen kan byggas med erforderlig stabilitet
- o att lämpliga grundförstärkningar och dessas omfattning kan bestämmas
- o att markbehov kan fastställas
- o att storleksordningen av kostnaderna för vägen kan bedömas

I dessa riktlinjer angiven omfattning av de geotekniska undersökningarna för arbetsplanen avser detaljprojektering fram till bygghandling. Detaljundersökningen utförs därför ofta i etapper även efter arbetsplanens fastställande.

Bygghandlingen skall innehålla information om förutsättningarna för vägens byggande. De geotekniska undersökningar som utförts för detalj projekteringen kan vanligtvis utgöra underlag för upprättande av byggnadsteknisk beskrivning. I speciella fall kan det dock bli nödvändigt att utföra kompletteringar för arbetsbeskrivningar.

4. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ KOHESIONSJORD

4.1 NYBYGGNAD

4.1.1 Inledning

Utmärkande för kohesionsjordarna (lera, dy, gyttja och torv) är bl.a följande faktorer

- o varierande skjuvhållfasthet, bärförmåga och bärighet
- o sättningsbenägenhet vid belastning
- o känslighet för omrörning (sensivitet)

Det är dessa egenskaper hos kohesionsjordarna som i första hand skall bestämmas.

Eftersom behovet av geoteknisk information varierar med projekteringskedena bör omfattningen av den geotekniska undersökningen anpassas till dessa. Undersökningarna utförs därför etappvis med succesivt ökad detaljeringsgrad i takt med projekterings fortskridande.

En viktig fråga som måste klarläggas på ett tidigt projekteringsstadium är totalstabiliteten. Normalt blir denna fråga aktuell endast om terrängen lutar (medellutning större än 1:10) eller om raviner, vattendrag eller andra nivåskillnader förekommer. Undersökningen bör ha sådan omfattning att den medger en stabilitetsberäkning av det farligaste terrängavsnittet (Fig 4.1). Härvid bör man beakta att en eventuell utglidning ej nödvändigtvis behöver äga rum vinkelrätt mot väglinjen utan även kan ske i sned riktning från densamma.

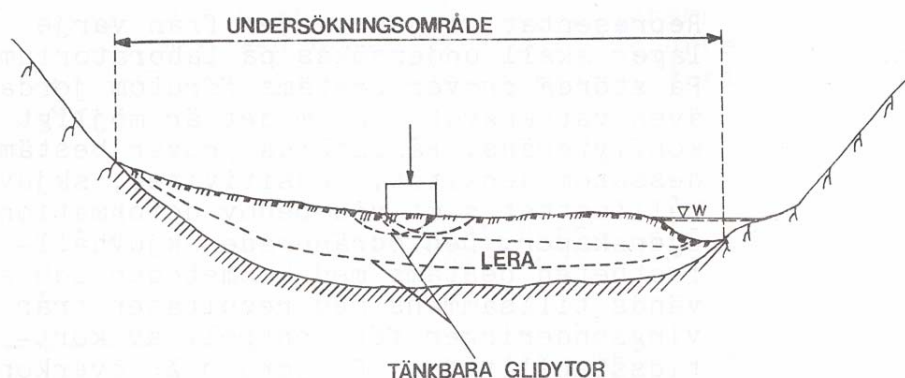
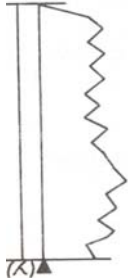


Fig 4.1. Exempel på undersökningsområdets omfattning vid lutande terräng.

4.1.2 Erforderliga undersökningar

4.1.2.1 Allmänt

Sonderingar



Utförs för bestämning av jordens mäktighet och relativa fasthet. Viss uppfattning av eventuella förekommande skikt av friktionsjord i lera kan erhållas. För noggrann kartläggning av sådana skikt utförs provtagning, spetstryck- eller portrycksondering. I torv är kartläggning av mäktighet tillfyllest. Denna kartläggning utförs med sticksondering och utgör underlag för kompletterande undersökningar.

Provtagningar



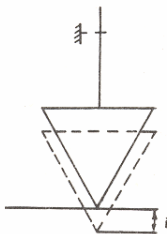
Utförs för bestämning av jordens sammansättning och egenskaper. Kohesionsjords bärförmåga och deformationsegenskaper utvärderas med ledning av resultat från undersökning av ostörda prover. Som regel bör proverna tas med standardkolvprovtagare. Speciell försiktighet bör iakttagas vid provtagning i torv där risken för kompression och därmed sammanhängande vattenutpressning vid provtagning är stor.

Vingsonderingar



Utförs i fält för bestämning av jordens odränerade skjuvhållfasthet

Laboratorieundersökningar



Representativa jordprover från varje lager skall undersökas på laboratorium. På störda prover bestäms förutom jordart även vattenkvot och om det är möjligt konflytgräns. På ostörda prover bestäms dessutom densitet, sensitivitet, skjuvhållfasthet samt vid behov deformationsegenskaper. Den odränerade skjuvhållfastheten bestäms med konmetoden och används tillsammans med resultaten från vingsonderingen för kontroll av korttidsstabiliteten. Om jorden är överkonsoliderad eller om höga portryck råder i det undersökta området baseras stabilitetsberäkningarna ibland också på jordens dränerade skjuvhållfasthet. Denna bestäms genom dränerade skjuvförsök eller treaxliga tryckförsök på ostörda prover.

På torv bestäms förmultningsgraden.

Undersökningar för dimensionering av överbyggnad enligt BYA.

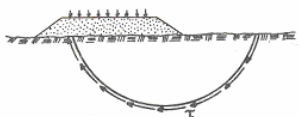
Hydrologiska observationer



Utförs för bestämning av port rycken dels i lera och dels i eventuellt förekommande skikt av friktionsjord. Eftersom portrycken varierar med årstiderna är det ofta nödvändigt att följa variationerna under längre tid (minst 1 år).

4.1.2.2 Bankar

Bärförmåga



För utredning av den belastning som jorden förmår bära, skall jordens sammansättning, mäktighet, skjuvhållfasthet samt hydrologiska förhållanden klarläggas.

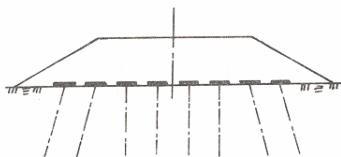
Sättningar



För bedömning av storleken av uppkommande sättningar erfordras kännedom om jordlagerföljd, deformationsegenskaper samt hydrologiska förhållanden.

Erforderliga geotekniska undersökningar beror även på val av grundläggningsmetod och förstärkningsåtgärd. Den härför erforderliga styrningen av undersökningsprogrammet blir aktuell främst i samband med undersökningar för arbetsplan och bygghandling. Som exempel på sådan speciell inriktning kan nämnas följande.

Bankpålning



Vid spetsburna pålar bedöms erforderlig pållängd normalt med hjälp av hejarsondering (metod A). I väglinjens längd- och tvärled väljs avstånden mellan sonderingshålen med hänsyn till de fasta bottenlagrens lutning och nivå. Om leran vilar direkt på berg och om bergytan lutar måste möjligheterna att få fäste för pålspetsen utredas genom förtätad bergnivåbestämning.

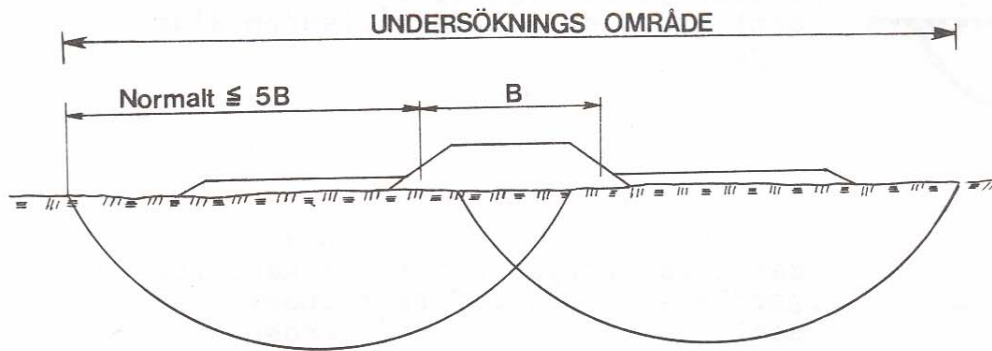
Provtagning utförs genom hela jordprofilen till förväntad pålspetsnivå.

Om kohesionspålning är aktuell skall provtagning med kolvprovtagare utföras i hela jordlagret så att pålarnas bärförmåga och sättningarnas storlek kan beräknas.

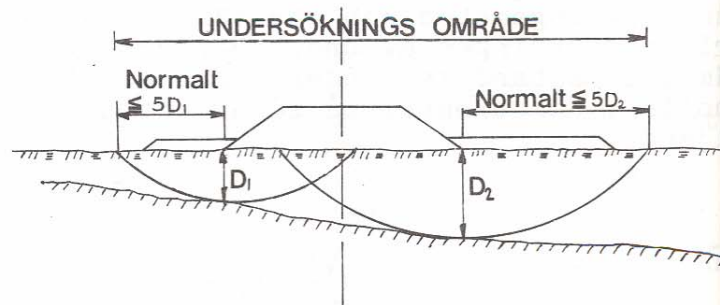
För bedömning av möjligheten att använda separata pålplattor skall ytskiktets sammansättning, tjocklek och fasthet bestämmas.

Tryckbankar

Den geotekniska undersökningen skall täcka minst det område, som omfattas av förstärkningen. Erforderligt undersökningsområde framgår av fig 4.2 a och b. Vid lutande markyta bestäms undersökningsområdets storlek med ledning av stabilitetsberäkningar.



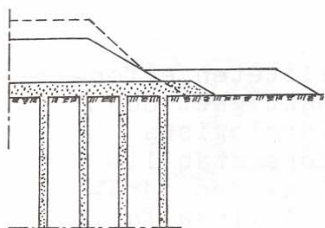
a) Stort djup till fast botten



b) Begränsat djup till fast botten

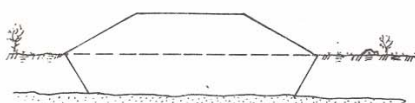
Fig 4.2 Erforderligt undersökningsområde vid tryckbankar

Vertikaldränering



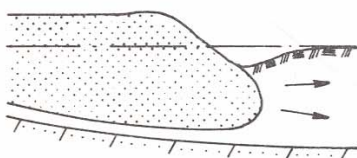
För dimensionering av vertikaldränering erfordras kännedom om jordens mäktighet, jordlagerföljd, deformationsegenskaper, permeabilitet samt portryck i både leran och bottenlagren.

Urgrävning



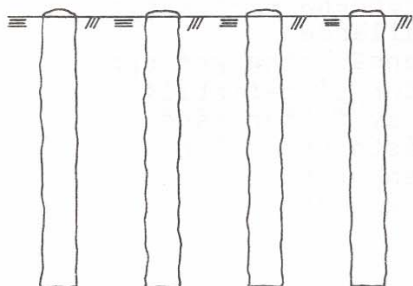
Härför erfordras kännedom om jordlagrens mäktighet och sammansättning inom det blivande vägområdet. Kännedom om jordens bärförmåga erfordras för bestämning av tillåten släntlutning, möjligheterna att lägga upp schaktmassor, placera maskiner och dra fram transportvägar invid schakten. Dessutom skall de hydrologiska förutsättningarna vara klarlagda.

Nedpressning



Härför erfordras kännedom om jordlagrens mäktighet, sammansättning samt hållfasthets- och deformationsegenskaper. Provtagning bör omfatta ostörda prover till fasta bottenlager.

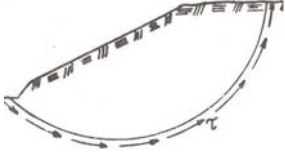
Kalkpelare



Den geotekniska undersökningen skall innehålla bestämning av jordlagerföljden i hela jordprofilen. Utöver rutinmässig undersökning på laboratoriet undersöks hur leran reagerar vid inblandning med kalk, vilken kalkmängd som erfordras och hur hållfastheten ökar med tiden. Vid stora kalkpelarförstärkningar kompletteras laboratorieförsöken vanligen med fältförsök på ett antal kalkpelare varvid pelarnas relativa fasthet och homogenitet kontrolleras. För dimensionering erfordras dessutom att jordens skjuvhållfasthet och sättningsegenskaper klarlagts.

4.1.2.3 Skärningar

Släntstabilitet



För kontroll av släntstabilitet en erfordras kännedom om jordens mäktighet och egenskaper liksom om de hydrologiska förhållandena. Normalt utförs stabilitetskontrollen på grundval av den odränerade skjuvhållfastheten. I vissa fall (ex. vis om leran är överkonsoliderad) utförs kontrollen på basis av den dränerade skjuvhållfastheten.

Undersökningarna utsträcks i sidled i enlighet med fig 4.3. Vid lutande markyta bestäms undersökningsområdets storlek med ledning av stabilitetsberäkningar.

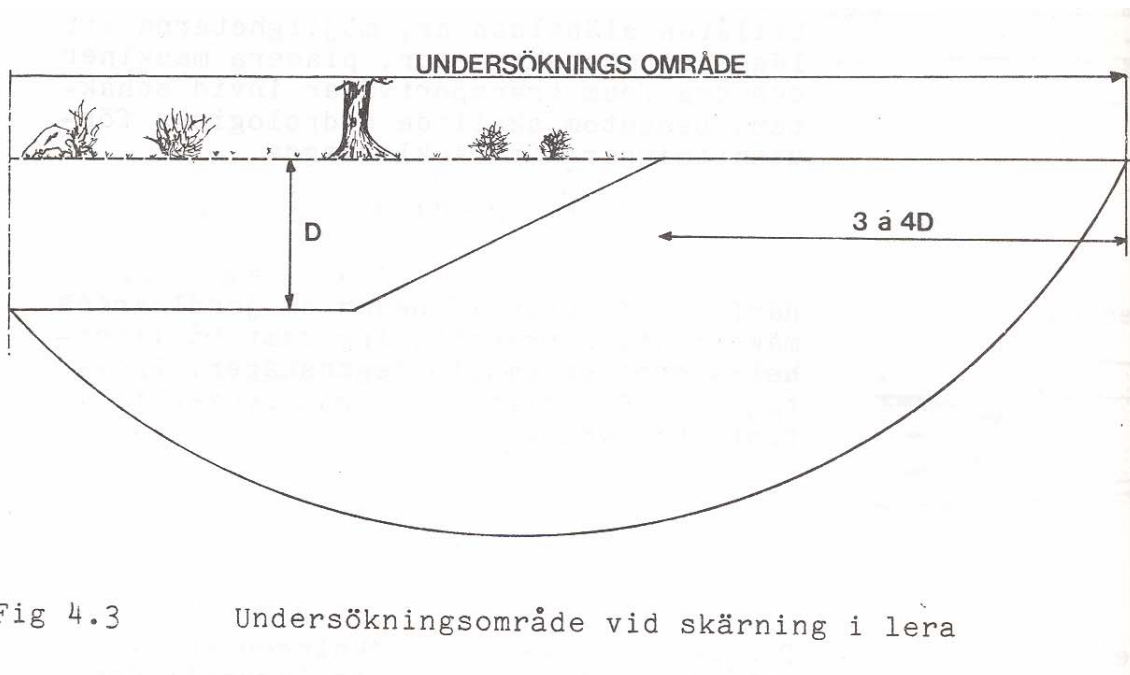


Fig 4.3 Undersökningsområde vid skärning i lera

Erosion
Bottenupp-
tryckning
Grundvatten-
sänkning



Här erfordras, kännedom om jordlagerföljd, vatten förande skikt, jordens egenskaper och hydrologiska förhållanden.

Eftersom en grundvattensänkning ger upphov till sättningsskador på befintlig bebyggelse och sänkning av vattenstånd i närliggande brunnar måste undersökningarna även omfatta inventering och besiktning av brunnar och byggnader.

Bearbetbarhet



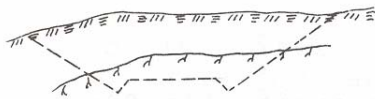
Härmed avses jordens schaktbarhet och bärighet för maskiner. Bedömningen grundas på resultaten från undersökningarna för skärningen. Dessutom kompletteras lämpligen med prov grops grävning. Jordens bearbetbarhet bedöms i samarbete med byggare.

Användbarhet Dimensionering av överbyggnad



Kohesionsjord kan användas som bankfyllning om byggnadstid och geometrisk utformning anpassas till jordens egenskaper, främst vattenkvoten. Förutom kännedom om jordens sammansättning och egenskaper skall möjligheterna att packa leran vara utredda. Även i detta sammanhang utförs lämpligen provgropsgrävning.

Bergnivå



Om bergnivån i skärningen skall bestämmas utförs provgropsgrävning (vid småjorddjup) eller jord- bergsondering eventuellt i förening med seismik. Seismiken förutsätter dock stora jorddjup. Normalt utförs motorslagsondering. Härvid erhålls enbart uppgifter om bergfritt djup.

4.1.3 Undersökningarnas omfattning

4.1.3.1 Lokaliseringsplan

Med hänsyn till att de geotekniska förhållandena i hög grad påverkar byggnadskostnaden skall dessa studeras redan i detta projekteringskede. De geotekniska undersökningarna kan dock göras jämförelsevis översiktliga. Till en början bör man kontrollera om geotekniska undersökningar tidigare har utförts inom det aktuella området, om det finns geologiska kartor samt utföra en geobildtolkning. Med tillräckligt underlag i dessa avseenden kan en besiktning av de aktuella områdena i fält räcka.

Ofta är det nödvändigt att komplettera de översiktliga undersökningarna med enstaka sonderingar och provtagningar för att olika alternativ skall kunna värderas från geoteknisk synpunkt. Mestadels blir det endast fråga om tämligen glesa undersökningar (uppskattningsvis 80 a 100 m mellan sondhålen och 100 a 200 m mellan provtagningshålen). Om lutningsförhållanden och jordbeskaffenhet är sådana att totalstabiliteten inom något av de

aktuella områdena bedöms vara mindre god, bör detta kontrolleras genom en mer detaljerad undersökning. Särskild uppmärksamhet bör ägnas korsningar av dalar och vattendrag.

4.1.3.2 Utredningsplan

I utredningsplanen studeras olika väglinjer inom den i lokaliseringsskedet valda terrängkorridoren. De geotekniska förhållandena skall utredas och beaktas redan i det inledande skedet av utredningen. Den geotekniska undersökningen skall klarläggas

- o genomförbarhet
- o möjlig banklast utan förstärkningsåtgärd
- o storleksordning av eventuella sättningar
- o skärningsslänters stabilitet
- o konsekvenser av eventuell sänkning av grundvattenytan
- o konsekvenser av ändring av väglinjen i plan och profil
- o behov av förstärkningsåtgärder
- o ungefärlig utformning och omfattning av eventuella förstärkningsåtgärder för kostnadsjämförelser mellan olika alternativa väglinjer.

Liksom i lokaliseringsskedet bör man i första hand utnyttja föreliggande uppgifter om de geotekniska förhållandena. Med stöd av denna information samt efter besiktning av de alternativa sträckningarna upprättas ett program för de fortsatta undersökningarna. Vid besiktningen noteras exempelvis förekomst av organisk jord (torv, dy, gyttja), fastmarksgränser, fria vattenytan och liknande företeelser av betydelse för bedömning av de geotekniska förutsättningarna.

De undersökningar som ingår i borrningsprogrammet utförs i första hand i vägmitt om väglinjen är bestämd. I annat fall kan borrningar placeras i ett glest rutnät över området. Vid lutande terräng och om totalstabiliteten är tveksam och ej tidigare har kontrollerats eller vid "kritiska" partier, bör undersökningen även ske i tvärsektioner. De undersökningar som bör göras omfattar bestämning av

- o kohesionsjordens mäktighet genom sondering
- o jordlagerföljd genom störd och ostörd provtagning inklusive undersökningar på laboratorium (jfr kap 4.1.2.1)

- o jordens skjuvhållfasthet i fält
- o hydrologiska förhållanden

Lämpligt avstånd mellan borrhål avpassas med avseende på topografi och variationer i jordlagerföljd och lagermäktighet. Normalt bör man räkna med 40-80 m avstånd mellan sonderingshål och 80-120 m mellan provtagnings- och vingsonderingshål. Vid "kritiska" partier kan borrhålen behöva förtätas och kompletteras med portryckmätningar t.ex vid sidolutande terräng, övergång mellan fastmark och lera och korsning med vattendrag.

I tvärsektioner bör avståndet mellan borrhålen normalt ej överstiga 20 m.

4.1.3.3 Arbetsplan

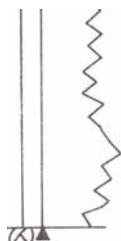
Arbetsplanen skall bl.a utgöra underlag för bedömning av vilket område som behöver avsättas för vägen med hänsyn till erforderliga slänthlutningar och förstärkningsåtgärder. Den geotekniska undersökningen för arbetsplan skall därför

- o innehålla uppgifter om mäktighet och egenskaper hos alla jordlager
- o vara så detaljerad, att det med hänsyn till kvalitetskrav och kostnader går att avgöra vilka förstärkningsåtgärder som är lämpliga och vilket vägområde som erfordras
- o lämna underlag för massdisposition och beräkning av anläggningskostnad
- o lämna underlag för upprättande av tidplan omfattande såväl tidsåtgång för olika aktiviteter före byggstart som uppskattad byggtid.

Med hänsyn till arten av eventuella förstärkningsåtgärder bör undersökningar ges speciell inriktning såsom angivits i kap 4.1.2.2.

Den geotekniska utredningen baseras på de undersökningar som har utförts i tidigare projekteringsskeden. Undersökningarna kompletteras enligt följande riktlinjer (Jfr kap 3.4).

Sonderingar



Utförs i vägmitt på var 20-40m. Vid t.ex övergång mellan fastmark och kohesionsjord, där jorddjup och jordbeskaffenhet vanligen varierar, kan kortare avstånd erfordras. Detta gäller även vid trum-

och bro lägen där särskilda åtgärder kan bli nödvändiga.

Tvärsektioner bör normalt undersökas på var 80:e meter. Om förstärkning av något slag är aktuell, om terrängen lutar i sidled, om vattendrag, raviner eller andra nivåskillnader finns i närheten av väglinjen eller om vägen skall gå i skärning djupare än ett par meter undersöks tvärsektioner på var 20 - 40 meter. Om variationer i jorddjup är stora, kan tvärsektionerna behöva läggas ännu tätare. I trumlägen bör en eller flera tvärsektioner undersökas, beroende på trummans storlek och de geotekniska förutsättningarna.

I tvärsektioner sonderas normalt i vägmitt samt höger och vänster 10 à 20 m. Vid stora variationer i de geotekniska förhållandena kan mindre avstånd mellan sondhålen behövas. Vid tryckbanksförstärkning och vid vägskärningar anpassas sonderingen i tvärsektionerna enligt kap 4.1.2.2 respektive 4.1.2.3.

Vingsondering



Erforderligt avstånd mellan vingsonderingar beror bl.a på blivande bankhöjd eller skärningsdjup samt behov av förstärkningar och bör bestämmas med ledning av sonderingsresultaten.

Vid låga vägbankar och små skärningsdjup (mindre än 3m) utförs vingsondering i vägmitt på var 40 - 60 m om ingen förstärkning erfordras. Vid högre vägbankar eller större skärningsdjup och då förstärkning visar sig bli aktuell förtätas undersökningen till var 20-40 m.

I varje tvärsektion bör minst en, eventuellt flera vingsonderingar utföras. I t.ex trumlägen erfordras minst två vingsonderingar.

Normalt utförs vingsondering på varje meters djup. Om lermäktigheten är större än 10 m kan avståndet ökas till 2-3m under 10 m djup. Vid liten lermäktighet (mindre än 5m) bör med hänsyn till variationerna i jordbeskaffenhet, sonderingen utföras på var 0,5 m.

Provtagningar



Erforderligt inbördes avstånd mellan provtagningarna beror på blivande bankhöjd eller skärningsdjup. Ostörd provtagning (kolvprovtagare) bör utföras på

var 40 - 80 m, varvid det kortare avståndet gäller bankhöjd och skärningsdjup större än 3 m.

I tvärsektioner bör ostörda prover tas i minst ett borrhål.

I djupled tas normalt ett prov på varje meter till ca 10 m djup. Om mäktigheten är större än 10 m kan avstånden ökas till 2 - 3 m under denna nivå.

För att man skall få en tillräckligt nyanserad bild av kohesionsjordens deformationsegenskaper och konsolideringsgrad bör kompressionsförsök utföras på prover från flera nivåer. Normalt bör nivåskillnaden mellan proverna för kompressionsförsöken vara 1-2 m ner till 5 m djup, 2-3 m mellan 5 och 10 m djup och därunder 3-5 m.

Störd provtagning (provgropar och ex. vis skruvprovtagare) utförs som komplement till den ostörda ex. vis vid övergång mellan kohesionsjord och fastmark, för kartering av organisk jords utbredning och mäktighet samt i skärningar. Lämplig täthet kan vara 20-40 m mellan skruvprovtagningpunkter och 40-80 m mellan provgropar.

Vattenytans läge bör mätas i varje provtagningshål sedan vattenståndet stabiliserats.

Hydrologiska observationer



I sådana fall då sättningarna har betydelse för val av förstärkningsmetod, skall portryck mätas i leran och bottenlagren i någon eller några sektioner på den aktuella sträckan. Om lermäktigheten är större än 10 m erfordras minst tre portryckmätare i leran och ett öppet rör med filterspets i bottenlagren. Minst två mätare bör dock alltid installeras i leran.

I blivande vägsärningar skall portrycket i bottenlagren och i ovanför liggande lerlager bestämmas i minst en sektion i varje särning, som far ett sådant djup att portrycken bedöms få inverkan på stabilitetsförhållandena eller på omgivningen. I samband med provgropsgrävning noteras även vattentillrinningen i gropen. Observationer utförs i även närbelägna brunnar

I vissa fall är det önskvärt att mätningarna pågår under flera år så att årstidsvariationerna kan bedömas. Speciellt är fluktuationerna under vår och höst av intresse.

4.1.3.4 Bygghandling

Det geotekniska underlaget för bygghandlingen utgörs av den till arbetsplanen hörande geotekniska utredningen. Denna kompletteras i mån av behov med de ytterligare undersökningar som krävs för

- o utarbetande av arbetsbeskrivningar och detaljerad mängdförteckning
- o planering och upprättande av detaljerad tidplan
- o genomförande av grundläggnings- och schaktningsarbeten
- o val av arbetsmaskiner, lägen för transportvägar och materialupplag
- o spontberäkningar

Information i arbetsplanen, som enbart behövs för projekteringen, utgår lämpligen i den geotekniska utredningen för bygghandling. Upplysningar som bör framgå av denna är bl.a

- o jordens sammansättning, schaktbarhet, flytbenägenhet, packbarhet, fasta bottens eller bergets belägenhet i skärningar
- o erforderlig omfattning av förstärkningsåtgärder
- o torrskorpans tjocklek och bärighet för transportfordon och arbetsmaskiner samt framkomligheten för dessa i övrigt i den aktuella terrängen
- o grundvattenstånd och sprickvattennivåer
- o möjligt schaktdjup utan spont, erforderliga släntlutningar
- o erforderliga uppgifter för spontberäkning, bedömning av pållängder, risken för bottenuppträckning och bottenuppluckring.
- o bedömning av tillgång till massor som är användbara som bankfyllning

- o befintliga anläggningars grundläggning och eventuell påverkan av dessa till följd av arbetena
- o program för kontroll och mätningar

Jordens bearbetbarhet (schaktbarhet och bärighet) bedöms i samarbete med byggare och enligt VV:s slutrapport till Utredningsprojekt 2.7 "Definition av bearbetbarhet för olika jordar", upprättad 1976-12.

Med hänsyn till att många av de uppgifter som skall redovisas i. "Byggnadsteknisk beskrivning, geoteknik" är av arbetsteknisk karaktär upprättas denna i samarbete med byggare.

4.2 OMBYGGNADS- OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN

4.2.1 Inledning

Ombyggnads- och förbättringsarbeten av vägar innebär som regel att vägen rätas ut, breddas och ändras i höjddled. Detta medför att den ombyggda vägen i vissa fall kan komma att ligga dels på tidigare obelastad kohesionsjord, dels på jord som redan är belastad med den befintliga vägbanken. De från geoteknisk synpunkt viktiga frågeställningarna blir i första hand om jorden förmår bära den projekterade ombyggda vägen och hur stora sättningarna blir. Sättningsproblemen blir särskilt viktiga, eftersom risken för ojämna sättningar i vägens tvärled är stor.

I de fall trafiken måste upprätthållas på vägen under byggnadstiden, måste den geotekniska undersökningens omfattning planeras med hänsyn därtill. Valet av eventuell förstärkningsåtgärd kan i vissa fall bli beroende av kravet på framkomligheten för trafiken.

För bedömning av effekten av ombyggnaden bör man i görlig mån utnyttja de erfarenheter som kan erhållas från den befintliga vägen. Därför bör de geotekniska undersökningarna, utöver nytillkommande delar av vägen, även omfatta kontroll av de geotekniska förhållandena under den befintliga vägen, där denna kommer att ingå i den nya. Bl.a är lerans hållfasthets- och deformationsegenskaper under vägen av intresse om vägprofilen kommer att höjas. Sättningarnas storlek hos befintlig väg ger värdefulla upplysningar om jordens kompressionsegenskaper. I vissa fall kan det finnas anledning att kontrollera hastigheten av pågående sättningar i befintlig väg. För dimensionering av överbyggnadstjocklek tas ibland prover av överbyggnaden i den befintliga vägen. Andra metoder för dimensionering av överbyggnad framgår av BYA. Om geotekniska undersökningar har utförts för den gamla vägen, bör resultaten av dessa jämföras med de nya undersökningsresultaten.

Det bör observeras att jorden närmast befintlig vägbank har påverkats av belastningen från denna. Fastheten kan därigenom ha ökat. Provtagning och vingsondering erfordras därför i tvärsektioner från befintlig slänkfot och förbi blivande slänkfot enligt fig 4.2.

4.2.2 Erforderliga undersökningar

Eftersom de metoder för fält- och laboratorieundersökningar som erfordras för ombyggnads- och förbättringsarbeten är desamma som för nybyggnad hänvisas till kap 4.1.2.

4.2.3 Undersökningarnas omfattning

4.2.3.1 Orienterande undersökning (utredningsplan)

Eftersom den ombyggda vägens läge bestäms av den befintliga vägens sträckning, bortfaller åtminstone det första planeringsskedet, lokaliseringsplanen.

För att klarlägga om den tilltänkta ombyggnaden är genomförbar till rimliga kostnader utförs i detta skede den geotekniska undersökningen översiktligt. Programmet för denna baseras i första hand på kännedomen om de geotekniska förhållandena för den befintliga vägen. Normalt bör undersökningen omfatta en gles sondering kompletterad med vingsondering samt störd och ostörd provtagning.

Lämpligt avstånd mellan borrhålen sammanhänger i hög grad med de lokala förhållandena såsom terrängens lutning, djupet till fast botten, jordlagerföljd och bärförmåga samt i viss mån ombyggnadssträckans längd. Avståndet mellan sonderingarna kan vara 40-60 m samt mellan provtagnings- och vingsondhålen 40-100 m. Borrning i tvärsektioner kan vara aktuellt vid sidolutande mark där bl.a. totalstabiliteten måste utredas.

4.2.3.2 Arbetsplan

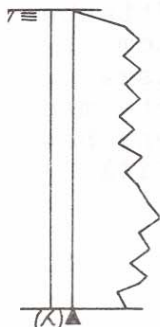
I detta skede skall följande frågor utredas:

- o den ombyggda vägens stabilitet
- o den ombyggda vägens sättningar
- o eventuella förstärkningsåtgärder

För breddade delar av befintlig väg bör undersökningarna utföras i samma omfattning som för nybyggnad. Där befintlig väg kommer att ingå i den ombyggda vägen undersöks även de geotekniska förhållandena under befintlig vägkropp.

Följande omfattning av den geotekniska undersökningen (inkluderande även äldre borrhningar) brukar erfordras.

Sonderingar



I vägens längdled sonderas normalt på var 20 m längs blivande yttre vägkanter vid enkel respektive dubbelsidig breddning. Vid övergång till fastmark förtätas sonderingarna. Tvärsektioner sonderas med 40- 60 m avstånd. Om terrängen lutar i sidled eller om nivåskillnader förekommer i närheten av väglinjen sonderas i tvärsektioner på var 20 m. För trummor utförs sonderingar i tvärsektioner minst omfattande trummans längd. Sonderingarna i tvärsektionerna dras ut så långt som erfordras för stabiliteten. Om befintlig väg ingår i den ombyggda vägen sonderas några hål genom den gamla vägbanken för kontroll av hur mycket den satt sig.

Vingsonderingar



I varje tvärsektion vingsonderas i minst ett hål. Om jordens fasthet varierar i tvärsektionerna, vingsonderas i så många hål att variationerna i jordens skjv- hållfasthet klarläggs även in under befintlig väggkropp. Se även kap 4.1.3.3.

Provtagningar



Vid sättningsbenägen kohesionsjord tas prover med kolvprovtagare på var 40- 60 m. Provtagning bör ske även i och under befintlig bank. I övrigt hänvisas till kap 4.1.3.3

Hydrologiska observationer



Vattenytan mäts i provtagningshål. För sättningsberäkningar placeras portryckmätare på ett par nivåer i leran samt i bottenlagren. Där nya vägs kärningar skall utföras eller om befintliga kärningar skall fördjupas så att risk för bottenuppträckning eller skadliga portrycksänkningar befaras, bör portrycken i jorden kontrolleras. I övrigt hänvisas till kap 4.1.3.3.

4.2.3.3 Bygghandling

Det geotekniska underlaget för bygghandlingen utgörs i huvudsak av den geotekniska utredningen för arbetsplanen. Vissa kompletteringar kan eventuellt behövas för bygghandlingens upprättande (jfr kap 4.1.3.4), medan å andra sidan en del uppgifter som utnyttjats enbart för arbetsplanen kan slopas. Den geotekniska utredningen bör i detta planeringsskede utföras i samarbete med byggare, varvid i mån av behov även en bedömning av jordens bearbetbarhet utförs enligt anvisningarna i slutrapporten till VV:s utvecklingsprojekt 2.7, daterat 1976-12.

5. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ FRIKTIONSJORD

5.1 NYBYGGNAD

5.1.1 Inledning

För vägar på friktionsjord är det främst frågor om stabilitet i skärningsslänter och vägens bärighet som kräver geotekniska undersökningar. Invid vattendrag beaktas stabiliteten med hänsyn till pågående erosion. Dessa frågor sammanhänger med

- o jordens lagringstäthet och kornfördelning
- o tjälningsegenskaper
- o yt- och grundvattenförhållanden

Normalt är jordens bärförmåga tillräcklig och kräver inga undersökningar.

I finkorniga friktionsjordar påverkas släntstabiliteten av erosion och jordflytning. Yt- och grundvatten samt dräneringsförhållandena har betydelse i dessa sammanhang och måste utredas.

Friktionsjordens sammansättning och egenskaper måste också utredas för

- o bedömning av jordens bearbetbarhet (utförs i samarbete med byggare)
- o bedömning av användbarhet som bankfyllnad och överbyggnad
- o dimensionering av erforderlig överbyggnadstjocklek

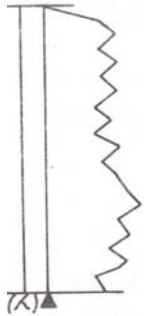
Med bearbetbarhet avses i detta sammanhang de materialegenskaper som påverkar kapaciteten vid massförflyttning, dvs loss- tagning och transport av massorna (schaktbarhet och jordens bärighet för transportredskap) enligt definitioner i Vägverkets publikation "Definition av bearbetbarhet för olika jordar" slutrapport över utvecklingsprojekt 2:7, daterad 1976-12.

5.1.2 Erforderliga undersökningar

5.1.2.1 Allmänt

För klarläggande av de nämnda frågeställningarna krävs i varje särskilt fall att jordlagerföljd och jordens egenskaper kan redovisas. Behovet av detaljkännedom varierar.

Sonderingar



Provtagningar



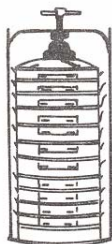
Utförs för bedömning av jordens lagringstäthet och approximativ sten- och blockhalt i den mån sonderingsutrustningen kan drivas tillräckligt djupt.

Utförs i första hand med hjälp av grävmaskin. Då erhålls en relativt säker bedömning av jordens sammansättning och egenskaper samtidigt som inrinnande grundvatten kan dokumenteras. Provgropsundersökningen skall utföras enligt Vägverkets anvisning TV 132 (Ao 110:1 kap 4.8.3). Om tex. grundvatten frågorna härvid inte kan bemästras, om erforderligt provtagningsdjup är för stort eller om provgropsgrävningen på grund av oländig terräng eller andra skäl är svår genomförbar kan provtagning ske med olika typer av provtagare. Med hänsyn till den ringa provmängd som då normalt erhålls blir bedömningen av t.ex. jordens sammansättning eller schaktbarhet inte lika tillförlitlig.

I relativt sten- och blockfri jord kan provtagning utföras med skruvprovtagare över grundvattnenytan och med olika provtagningsspetsar eller kannprovtagare därunder.

För djupare skärningar eller om jorden innehåller sten och block måste grövre utrustning användas, exempelvis tubkärnborr (ej sten och block), moränprovtagare eller något provtagningssystem med foderrörsdrivning typ Duplex, Odex, Lindö, Exler.

Laboratorieundersökningar.



Utöver benämning bör kornstorleksbestämning utföras på representativt prov från varje lager. Undersökningar för dimensionering av överbyggnaden utförs enligt BYA.

Hydrologiska observationer



Utförs i provgropar och provtagningshål. För långtidsobservationer slås vattenståndsrör eller rör med filterspets ner.

På grundval av den geotekniska utredningen (fält- och laboratorieundersökningar) bedöms jordens bearbetbarhet, definierad enligt ovannämnda slutrapport beträffande VV:s utvecklingsprojekt 2.7. Bedömningen bör ske i samarbete med byggare.

5.1.2.2 Bankar

Då vägen skall gå på bank erfordras normalt endast relativt översiktliga undersökningar av jordlagerföljden. Härvid kontrolleras att inga lerlager förekommer som kan påverka stabiliteten menligt. Vid låga bankar måste dock den ytliga jordens egenskaper specificeras så att tillräckligt underlag för dimensionering av överbyggnaden erhålls och jordens tjälaktivitet klargörs.

5.1.2.3. Skärningar

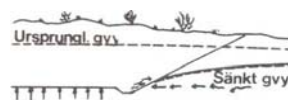
Släntstabilitet



Härför erfordras kännedom om jordens sammansättning och lagringstäthet liksom om de hydrologiska förhållandena.

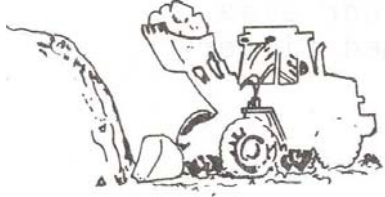
Erosion

Bottenuppluckring Grundvattensänkning



Jordlagerföljd och hydrologiska förhållanden undersöks i detalj. Eftersom en grundvattensänkning kan orsaka skador på befintlig bebyggelse grundlagd på närliggande lerjord och sänkning av vattenstånd i brunnar, måste undersökningarna även omfatta inventering och besiktning av brunnar och byggnader.

Bearbetbarhet



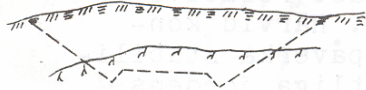
Härmed avses jordens schaktbarhet och bärighet för maskiner. För bedömning av bearbetbarheten måste jordens lagringstäthet, kornfördelning, sten- och blockhalt vara kända. Dessutom skall grundvattennivån vara bestämd. För bedömningen utförs lämpligen provgropar under medverkan av byggare.

Användbarhet
Dimensionering
av överbyggnad

Härför erfordras kännedom om jordens sammansättning och egenskaper.



Bergnivå



Om bergnivån i skärningen skall bestämmas utförs provgropsgrävning (vid småjorddjup) eller jord- bergsondering eventuellt i förening med seismik. Används motorslagsondering erhålls enbart en uppfattning om bergfritt djup.

5.1.3 Undersökningarnas omfattning

5.1.3.1 Lokaliseringsplan

För detta preliminära planeringsskede krävs endast en översiktlig bedömning av de geotekniska förutsättningarna för vägens lokalisering. Erforderligt underlag för en sådan bedömning erhålls normalt genom en granskning av tillgängliga flygbilder över området kombinerad med en besiktning och en geologisk rekognoscering i fält. Vattenstånd i förekommande vattendrag och brunnar kan härvid bestämmas. Eventuella materialtäkter kan också lokaliseras.

5.1.3.2 Utredningsplan

Behovet av ytterligare undersökningar beror bl a på vilken kännedom som finns beträffande friktionsjordens sammansättning och utsträckning i plan, eventuell förekomst av inlagrad kohe-sionsjord samt blivande profillinje. på banksträckor behöver normalt inga ytterligare undersökningar utföras. I varje skärning bör minst ett par sonderingar utföras i vägmitt. Om jorden i blivande skärningar är så sten- och blockrik att vikt- eller

motorslagsondering är omöjlig att utföra, kan seismik eller georadar vara tillämpbara ifall det bedöms vara önskvärt att eventuell förekomst av berg klarläggs redan i detta planerings-skede.

För bedömning av jordens sammansättning och för utredning av dess användbarhet som bankfyllning och som överbyggnad schaktas enstaka provgropar.

Vattenståndet mäts i eventuella borrhål och provgropar. Vid blivande skärningar där risk för skador på grund av grundvattensänkning befaras, bör rör med filterspets slås ned för långtidskontroll av grundvattenståndet. Det är önskvärt att observationstiden blir så lång, att årstidsvariationerna någorlunda säkert kan bedömas.

5.1.3.3 Arbetsplan

Behovet av undersökningar för detta planeringsskede beror på vilken typ av friktionsjord som föreligger samt om vägen skall gå på bank eller i skärning.

Morän: För väg på bank erfordras normalt ingen ytterligare undersökning. Vid låga bankar kan dock ytterligare egenskaper behöva undersökas (jfr kap 5.1.2.2). För väg i skärning behövs komplettering med sådan typ av sondering, att det kan klarläggas om berg förekommer i skärningen och, om så är fallet, i vilken omfattning sprängning behöver utföras. För detta ändamål erfordras eventuellt jord- bergsondering. I mån av behov kompletteras eventuell tidigare provtagning med ytterligare provgropar, bl a för bedömning av erforderlig släntlutning och jordens bearbetbarhet samt för dimensionering av överbyggnadstjocklek. Eftersom morän ofta är flytbenägen i vattenmättat tillstånd är det viktigt att klarlägga grundvattenförhållandena i skärningen. Vattenytan bestäms i provgropar och borrhål eller i nedslagna rör med filterspets. Grundvattensänkningens inverkan på omgivningen bör särskilt utredas.

Sedimenterad friktionsjord (grus och sand): Av dessa jordarter kan de finkornigaste innehålla skikt av lera och silt eller organiska jordar. Förekomst av sådana skikt fastställs genom provtagning.

För väg på bank som skall gå över sandavlagringar utan påtaglig sidolutning erfordras vid låga och måttliga bankhöjder (mindre än 3 å 4 m) normalt ej någon geoteknisk undersökning utöver vad som framförts i kap 5.1.2.2. Vid kraftigt sidolutande terräng bör sondering av något slag utföras. Erforderligt avstånd mellan borrhålen kan vara 40-80 m. Vid sidolutande terräng kan sonderingen behöva utsträckas i sidled om resultatet av tryck- eller viktsondering i vägmitt tyder på förekomst av skikt med kohesionsjord. Vid sådant sonderingsresultat bör om möjligt ostörda jordprover av dessa skikt tas upp för laboratorieundersökning och kontroll av stabilitetsförhållandena.

För väg i skärning utförs sondering i vägmitt på var 20-40 m med tvärsektioner på minst var 40 m. För bedömning av bergets läge i händelse av sonds topp över vägens grundläggningsnivå kan jord- bergsondering bli nödvändig. Om stoppnivån för sonden däremot ligger djupt under blivande skärningsbotten kan det vara motiverat att avbryta sonderingen på högre nivå, förslagsvis på ca 2 m djup under vägens projekterade profilplan. Provgropar upptas i vägmitt på var 40-60 m varvid det kortare avståndet väljs om sonderingsresultatet tyder på förekomst av lösa skikt. Om sådana skikt består av kohesionsjord bestäms dess skjuvhållfasthet. I övrigt upptas jordprover ur provgroparna för undersökningar på laboratorium. Grundvattenförhållandena i skärningen bestäms genom mätning av vattenstånd i provgropar och i nedslagna rör med filterspets. Om en grundvattensänkning kommer att uppstå i skärningen och befaras kunna medföra olägenheter eller skador i omgivningen måste grundvattenförhållandena undersökas inom ett större område.

5.1.3.4 Bygghandling

För bygghandling kan kompletteringar med sonderingar och provgropar i skärningar erfordras för att klarlägga jordens bearbetbarhet och dess användbarhet som byggnadsmaterial. Det är angeläget att bedömningarna sker i samarbete med byggare och att de utförs enligt anvisningarna i VV:s slutrapport till utredningsprojekt 2.7, daterat 1976-12.

5.2 OMBYGGNADS OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN

De geotekniska undersökningarna blir i huvudsak desamma som är aktuella för nybyggnad av väg på friktionsjord. Erfarenheterna från den befintliga vägen bör utnyttjas under projekteringsarbetet. Dessutom erfordras ofta provtagningar i den befintliga vägen för kartläggning av överbyggnadens tjocklek.

6. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR PÅ MELLANJORDARTER

6.1 NYBYGGNAD

6.1.1 Inledning

I en del trakter i Norrland men även inom vissa områden i Svealand, tex delar av Värmland och Dalarna, uppbyggs jordlagerföljden i stor utsträckning av mellanjordarter. Dessa jordarter, som utgör en övergång mellan kohesions- och friktionsjordarna redovisas numera under den samlade benämningen silt, som delas upp i grovsilt (finmo), mellansilt (grovmjåla) och finsilt (finmjåla). Finkorniga moråner har liknande egenskaper. De karakteristiska egenskaperna hos dessa jordar är främst

- o flytbenågenhet vid vattenanrikning
- o erosionskånslighet
- o tjållyftning vid frysning
- o uppmjukning i tjållossning

På grund av jordens flyt benågenhet kan provtagningen erbjuda vissa svårigheter. Det kan tex bli nödvåndigt att förse kolvprovtagaren med slutare eller vidta andra åtgårder för att hindra att jordprovet glider ur provtagaren vid upptagningen.

på laboratoriet bestäms jordens skjuvhållfasthet genom skjuvförsök eller treaxliga tryckförsök. Konmetoden är osåker. Åven vingsonderingsresultat år tveksamma och bör ifrågakomma endast för finsilt som vanligen har relativt hög lerhalt.

Speciell uppmårsamhet bör ågnas beståmning av odrånerad skjuvhållfasthet i varvig mellanjord som innehåller lera. Finkornigare skikt suger upp vatten från grövre under samtidig svållning efter tagningen. De finkorniga skikten förlorar dårigenom en del av sin hållfasthet och laboratorieundersökningen kan ge missvisande resultat betråffande fastheten hos jorden i ostörd lagring. För att få ett så korrekt värde som möjligt kan det vara nödvåndigt att utföra laboratorieundersökningen i fålt omedelbart efter provets upptagning. Resultatet av vingsonderingen kan bli missvisande bl a på grund av dilatans hos de grövre skikten vid provningen, vilket kan ge ett för högt värde på jordens genomsnittliga skjuvhållfasthet.

6.1.2 Undersökningars omfattning

Om jordlagerföljden är relativt enhetlig, är det möjligt att bedöma de geotekniska förutsättningarna för vägen på grundval även något glesare undersökning än vad som är normalt vid kohesionsjord. Detta gäller främst på sådana sträckor där vägen kommer att gå på bank med måttlig bankhöjd och ingen eller relativt liten sidolutning hos terrängen föreligger. Där vägen skall gå i skärning bör den geotekniska undersökningen ha ungefär samma omfattning som vid kohesionsjord.

6.2 OMBYGGNADS- OCH FÖRBÄTTRINGSARBETEN

Undersökningar för ombyggnads- och förbättringsarbeten bör i princip ha samma omfattning som för nybyggnad.

7. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR VÄGAR I BERG

7.1 INLEDNING

Vid vägbyggnad i berg skall berggrunden undersökas med avseende på hållfasthets- och stabilitetsegenskaper. I skärningsslänter och tunnlar skall bergets stabilitetsegenskaper bedömas. Bergundersökningar utförs dessutom för bedömning av materialets användbarhet till överbyggnad och beläggning. För att få användbara resultat av undersökningarna är det nödvändigt att de utförs under ledning av bergtekniskt sakkunniga. Användnings sättet av berg till vägbyggnad bör i de enskilda fallen styra undersökningsinsatserna.

Berg som sprängs ut med flacka slänter behöver endast undersökas om det har sådan storlek att överbyggnadsdimensioneringen påverkas och om bergmaterialet skall användas till överbyggnad och beläggning.

7.2 ERFORDERLIGA UNDERSÖKNINGAR

Följande undersökningsmetoder är tillämpliga:

1. Klassning i bergtyp enligt BYA. Detta görs okulärt.
2. Undersökning av bergmaterialets lämplighet till beläggning. Losssprängda prover eller borrhåror krossas, vanligen i laboratoriekross, till fraktioner 8-11,3 mm varefter analyser utförs enligt BYA.
3. Bedömning av stabilitetsegenskaper. Kartläggning av bergarter. Berggrundens uppsprickning, bergartsstrukturer och svaghetszoner bestäms med hjälp av kompass och lutningsmätare.
4. Geofysiska undersökningar t.ex. seismik eller magnetiska mätningar. Sådana undersökningar används vid jordtäckt berg för att ge en översiktlig bild av bergnivå och svaghetszoner.
5. Borrhåror används för att fastställa bergnivåer och svaghetszoner. För detta utförs jord- bergsondering och kärnprovtagning.
6. Bedömning av vattenföring genom vattenförlustmätningar i borrhål utförs vid projektering av vägtunnlar.

7.3 UNDERSÖKNINGARNAS OMFATTNING

I lokaliserings- och utredningsskedena bör bergundersökningar vara av orienterande karaktär. I de fall projekteringen omfattar bergtunnlar bör dock detaljkartering påbörjas så tidigt som möjligt. De översiktliga undersökningarna utgör underlag för detaljprojekteringen.

Vid detaljprojekteringen undersöks bergmaterialets användbarhet till överbyggnad och beläggning på utsprängda prover eller borrhärdar.

Skärningsslänters stabilitet bedöms i första hand genom översiktliga undersökningar. Om berget innehåller sprickor och slag i ogynnsam lutning kan jord- bergsondering, kärnprovtagning och vattenförlustmätningar erfordras.

För bergtunnlar bör alltid jord- bergsondering, kärnprovtagning och vattenförlustmätningar utföras.

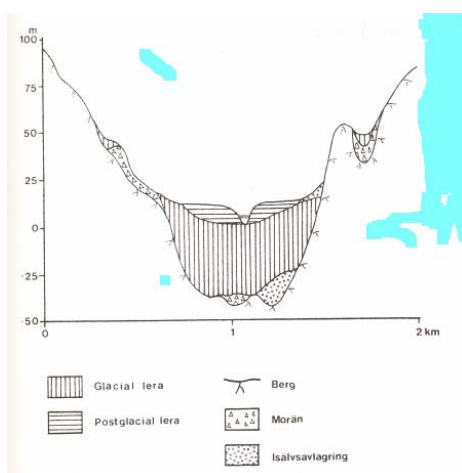
8. GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

8.1 INLEDNING

De geotekniska förhållandena inom ett område betingas främst av de geologiska och hydrologiska förutsättningarna. Det är viktigt att man utnyttjar den kunskap som finns om det aktuella områdets geologi och hydrologi, när programmet för den geotekniska undersökningen utarbetas. I detta kapitel beskrivs vanliga jordlagerföljder och grundvattenförhållanden.

8.2 JORDLAGERFÖLJD

Södra och mellersta Sverige. (Fig 8.1)



Den postglaciala leran är ofta organisk och ibland skild från den underliggande ofta mycket mäktiga glaciala leran med ett tunt silt- eller sandskikt. Glacial-leran är vanligen varvig och innehåller ofta tunna skikt av silt eller sand. Den underlagras antingen av morän eller av ett sand- eller siltskikt på morän, som i sin tur vilar på berg. Ibland kan leran vila direkt på berg.

Fig 8.1 Schematisk profil över sydvästsvensk sprickdal

Västssverige

Jordlagerföljden är i princip densamma som beskrivits ovan. Där glacialleran avsatts i saltvatten saknas dock varvigheten helt eller förekommer endast i de undre delarna av lerlagret. på västkusten förekommer även i likhet med södra Sverige dubbla moränbäddar. på västkusten förekommer även transgressions sediment, som har bildats på följande sätt.

1. Havet var relativt djupt och fin-korniga sediment (huvudsakligen lera) avsattes.

2. Havsytan sjönk (regression) och svallning medförde att strandlinjer av grövre material bildades.
3. Havsytan steg (transgression) varvid nya finkorniga sediment (transgressionssediment) avsattes på de grövre.

Eftersom transgressionssedimenten kan ha betydande mäktighet (upp till 10-15 m) kan det underliggande friktionsjordlagret över leran uppfattas som "fast botten".

Norrlands älvdalar
(Fig 8:2)

När isfronten stod vid älvmyningen avsattes grova sediment (grus och sand) på moränen. När isfronten försvann från området avsattes finkorniga sediment (lera och finsilt) i fjorden. Genom landhöjning blev fjorden grund och grövre sediment (huvudsakligen sand) avlagrades på finsedimenten.

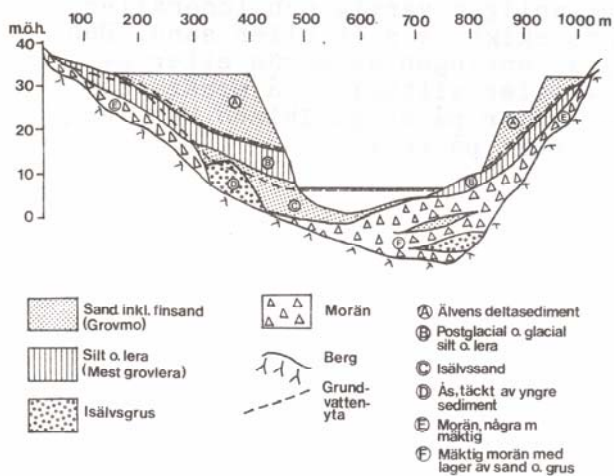


Fig 8:2 Principskiss av lagerföljden i en Norrländsk älvdal under högsta kustlinjen. Moränen på dalbotten är ofta mycket mäktig med inlagring av grus, sand och ibland silt. på moränen har avsatts isälvsgrus (rullstensås) och sand. Därefter avsattes silt och lera och slutligen mäktiga lager deltasand. Den komplicerade lagerföljden med omväxlande täta och genomsläppliga jordarter kan ge upphov till dubbla grundvattenytor och artesiska vattentryck.

Bottenvikens
kusttrakter

De finkorniga sedimenten har ibland så hög halt av järnsulfid och svavelhaltigt ibland organiskt material, att de fått svart färg. Dessa sediment kallas svartmocka. Denna har som regel hög konflyt-

gräns och erfarenheten visar att den bestämda skjuvhållfastheten hos svartmocka bör reduceras i likhet med jordarter med organiskt inslag. på grund av anisotropiska hållfasthetsegenskaper kan skjuvhållfasthetsbestämning med vingsond ge missvisande resultat.

Södra och västra Skåne (Fig 8:3)

Här förekommer liksom på västkusten och i andra delar av landet dubbla moränbäddar. Dessa mellanlagras av sediment såsom sand, silt och lera. Sedimenten som i regel är tämligen fasta har bildats under en tillfällig tillbakaryckning av landisen.

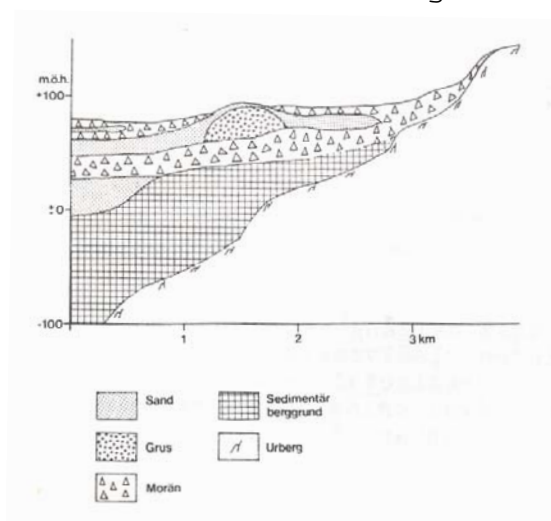


Fig 8:3 Principiell lagerföljd från sydvästra Skåne.

Mälardalskapen

I vissa lägen förekommer oregelbundenheter i jordlagerföljden, som kan innebära problem från grundläggnings- och utförandesynpunkt. Det är sålunda vanligt utmed grusåsar och moränryggar, att sand och grus har svallats ut över tidigare avsatt lera, när området utsattes för bränningar (vågerosion) i samband med att landet höjde sig ur havet. Dessa sand- och grusavlagringar, som kan vara flera meter tjocka, kan vid sondering tolkas vara jord med god bärförmåga medan de i själva verket underlagras av lera. De bör därför ägnas särskild uppmärksamhet vid den geotekniska utredningen. (Fig 8:4 och 8:5)

I Mälardalen men även annorstädes förekommer lokalt begränsade moränbildningar, så kallade moränflottar. Dessa kan vara avsatta på lera eller andra sediment och därigenom medföra felbedömningar av sedimentens mäktighet och bärförmåga.

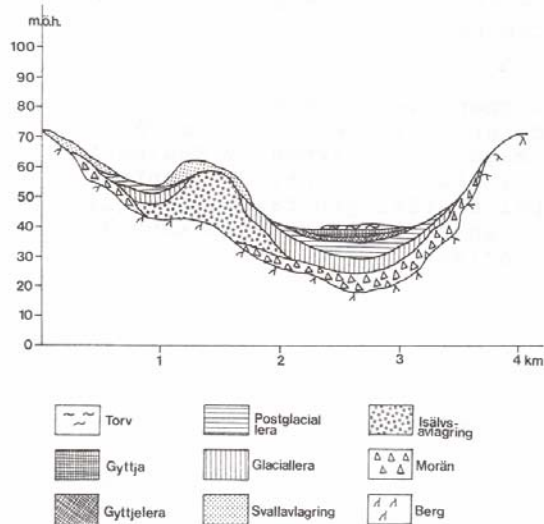


Fig 8:4 Tvärsnitt genom en mellansvensk dalgång med en rullstensås under högsta kustlinjen. Isälvsavlagringen täcks ibland av glacial- och postglacial lera, vilka överlagrats av svallsediment såväl kring åsen som i den anslutande moränslutningen. I sänkan täcks leran av gyttja och torv.

Även inuti grusåsar kan förekomma lerinlagringar i såsom ås gropar (efter inneslutna isblock) som därefter har fyllts med sand och grus av vågorna, när området lyftes över vattenytan. Detta är en försåtlig inlagring som kan orsaka olägenheter speciellt vid sättningskänsliga konstruktioner och påverka massbalans och överbyggnadstjocklek, om den ej har observerats och beaktats i tid.

Dy torv och gyttja förekommer ofta inlagrade som skikt och linsar i svåmavlagringar av silt och sand utmed vattendrag och i deltabildningar. Som exempel kan nämnas områdena kring Klarälv en i Karlstad, där inlagringar av gyttja, dy torv och gyttjig lera i svåmsediment av friktionsjord är vanligt förekommande och kräver speciell uppmärksamhet i geotekniska sammanhang.

Ibland förekommer talrika tunna silt- och sandskikt i de undre lerlagren. Vid provtagning i dessa jordar bör man beakta risken för vattenvandring i jordproverna. Vattenvandringen beror på att lerskikten efter upptagningen har en tendens att svälla på grund av avlastningen. Svällningen möjliggör vattenvandring

från de grövre skikten till leran, som därvid förlorar en del av sin hållfasthet. I extrema fall kan det för en korrekt hållfasthetsbestämning av proverna vara nödvändigt att utföra denna i fält omedelbart efter provtagningen, innan vattenvandringen har fått någon nämnvärd effekt på lerans fasthet.

8.3 GRUNDVATTEN OCH PORTRYCK

Till den geologiska bilden hör även de hydrologiska förhållandena. Vanligen ligger grundvattnets (porvattnets) trycknivå någon meter under markytan. I dalgångar där grövre jordarter går i dagen utmed dalsidorna men täcks av tätare jordar såsom lera och silt i dalbottnarna, förekommer ofta artesiskt vattentryck i bottenlagren. (Fig 8:5)

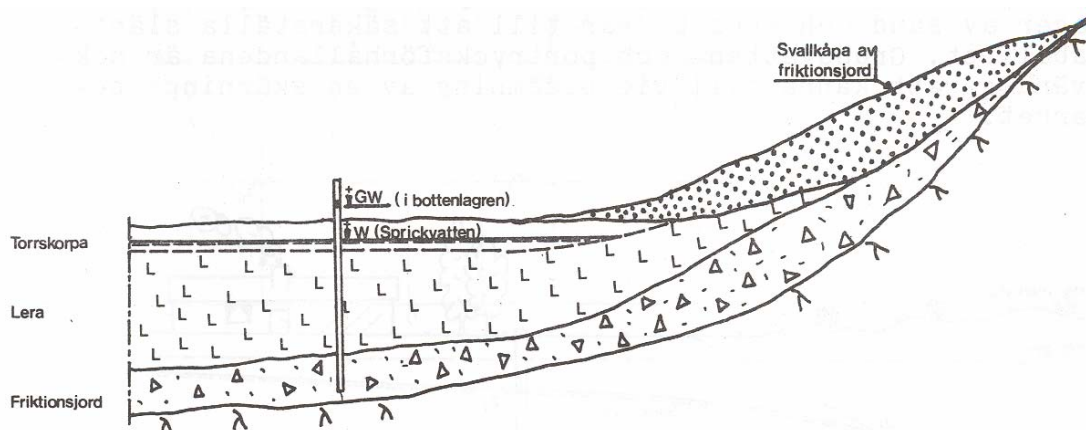


Fig 8:5 Porvattenförhållanden i lerfyllda dalgångar

I lerterräng förekommer som regel ett uttorkat söndersprucket ytskikt, torrskorpan, i vilket nederbörd och ytvatten kan samlas. Vattenståndet i torrskorpan behöver ej ha något samband med vattentrycket i bottenlagren utan regleras främst av nederbörd, avdunstning och växternas vattenuppsugning. Vattentrycket i lerans porer, portrycket, påverkas vanligen främst av vattentrycket i bottenlagren av friktionsjord men kan också påverkas av vattentrycket i eventuella sand- och siltskikt i leran och i någon mån av vattenståndet i torrskorpan. I undre delen av lerlagret är sålunda portrycket i huvudsak detsamma som i bottenlagren. Silt- och sandskikten kan orsaka en reduktion eller en ökning av portrycket beroende på vilka vattenförande lager de har förbindelse med. Slutligen är portrycket i lerlagrets överyta i stort sett lika med vattentrycket i torrskorpan. Portrycksvariationerna i inre delen av lerlagret är som regel mindre än i bottenlagren och i torrskorpan och kan också vara tidsförskjutna i förhållande till variationerna i dessa jord-

lager. Det är således nödvändigt att mäta portrycken på olika nivåer. Det förtjänar att påpekas att grundvattnets trycknivå inte är liktydigt med en fri vattenyta i jorden utan är ett uppmätt tryck i jordens porer på en viss nivå.

Grundvatten- och portrycksförhållandena har en viktig roll vid bedömningen av de geotekniska förutsättningarna för ett vägbyggnadsföretag. (Fig 8:6). Vattentrycket i bottenlagren kan exempelvis vara av betydelse vid beräkning av säkerheten mot lyftning även skärningsbotten och bedömning av eventuellt erforderliga åtgärder häremot, medan vattenståndet i torrskorpan kan vara avgörande för rötrisen hos eventuella träpålar eller för dräneringsbehov. Vattenströmning längs skärningsslänter antingen från ytskikten eller djupare belägna vattenförande skikt måste beaktas och åtgärdas. Vatten som tränger fram i slänterna kan nämligen åstadkomma erosion och underminering av dessa. Andra förekommande skador är svallisbildning vintertid och i samband därmed eller i tjällossningen utflytning av slänten. Dränering och täckning av släntyten av ett genomsläppligt lager av sand och grus bidrar till att säkerställa släntens stabilitet. Grundvatten- och portrycksförhållandena är också nödvändiga att känna till vid bedömning även skärnings bearbetbarhet.

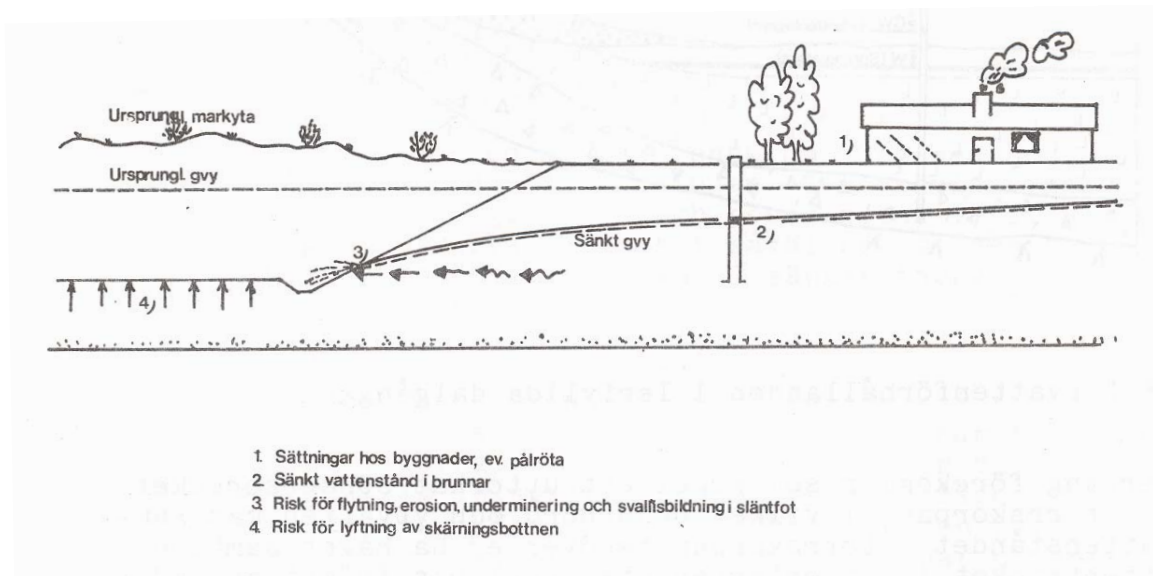


Fig 8:6

Vägskäringar kan sänka grundvattenståndet i omgivningen. För bedömning av risken för eventuella skador på grund härav, t ex sänkt vattenstånd i närliggande brunnar och sättningar i byggnader i omgivningen, skall grundvattenförhållandena utredas.

Uppgift om porvattentryck i lera fordras bl a vid stabilitetsberäkningar som baseras på lerans effektiva hållfasthetsparametrar. För en korrekt sättningsberäkning krävs också kännedom

om grundvattentryck och dess variationer så att rådande effektivtryck i jorden med någorlunda säkerhet kan bedömas.

Såsom framgår av Fig 8:7 varierar grundvattentrycket som regel med årstiderna, varför det i många fall är nödvändigt att mätning av detta får pågå under en längre tid.

Med hänsyn till den betydelse grundvatten förhållandena har i olika geotekniska sammanhang skall en geoteknisk undersökning alltid omfatta bestämning av grundvattennivåer eller portryck. Mätmetoder härför redovisas i kapitel 9.

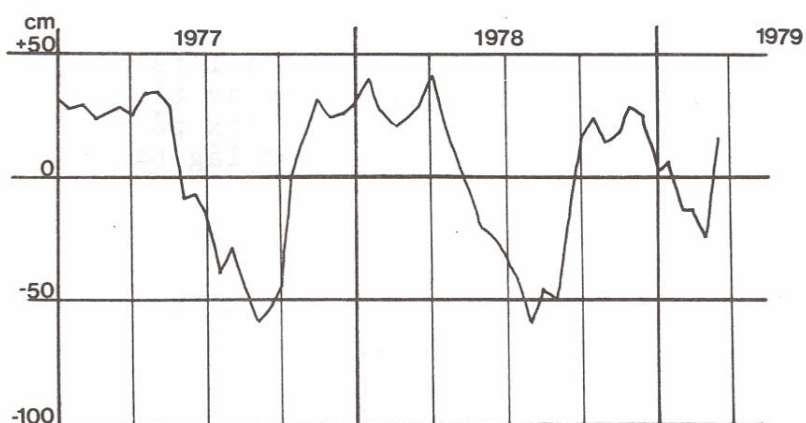


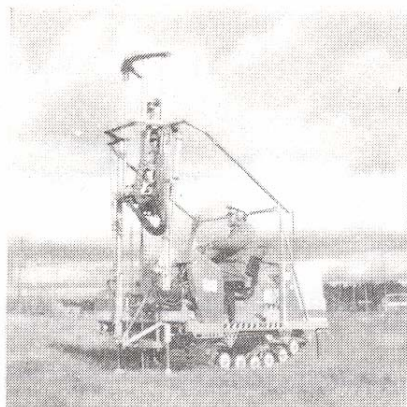
Fig 8.7 Grundvattentryckets variationer i Harestadsområdet, Göteborg

9. KORTFATTAD REDOGÖRELSE FÖR GEOTEKNISK UNDERSÖKNINGSMETODER

9.1 INLEDNING

Utrustningens utformning och användningssätt för de olika undersökningsmetoderna förutsätts vara kända. I följande sammanställning anges främst användningsområden samt speciella synpunkter på och tolkningen av undersökningsresultatet. I detta sammanhang hänvisas till SGF:s standard för vikt- hejar- och spetstrycksondering, SGF:s beteckningar vid geotekniska undersökningar samt till SGI:s rapport nr 16 Geotekniska fältundersökningar.

Utvecklingen av de geotekniska undersökningsmetoderna i fält har i stor utsträckning inriktats på en mekanisering av tidigare handdrivna utrustningar. Utrustningen placeras t ex på lätta borrhbandvagnar som kan ta sig fram på mark med låg bärighet. (Fig 9.1)



a)



b)

Fig 9.1 a)borrbandvagn BORROS
 b) " GEOTECH

9.2 ÖVERSIKTLIGA UNDERSÖKNINGAR

9.2.1 Geobild tolkning

En geobildtolkning bör inleda de geotekniska undersökningarna i lokaliserings- och utredningsskedena. Geobildtolkningen ger snabbt och billigt en översiktlig geologisk- geoteknisk planbild.

Geobildtolkningen utgår alltid från eventuella tidigare gjorda geotekniska undersökningar och tillgängligt geologiskt kartmaterial.

Flygbilder över det aktuella området studeras sedan i spegelstereoskop. Genom att granska bl.a ytformer, färg- eller gråtonskiftningar, vegetation och erosionsföreteelser kan man särskilja jordarter i markytan och även i vissa fall få en uppfattning om dessas relativa mäktighet. Vidare får man en god bild av områdets geologiska uppbyggnad och en uppfattning om geohydrologiska förhållanden. För en tillförlitlig tolkning och avgränsning av olika jordlager krävs kontroll i fält. Denna bör omfatta stickprovsvisa enkla sonderingar och provtagningar samt hydrologiska iakttagelser.

Genom seismiska undersökningar erhålls vissa upplysningar om

9.2.2 Seismik



- jordlagrens ungefärliga mäktighet

- trolig beskaffenhet

Dessa upplysningar erhålls genom mätning och bearbetning av alstrade tryckvågors gångtid mellan olika mätpunkter. Resultatet av utvärderingen skall alltid verifieras genom kontroll i fält.

Metoden används främst för bedömning av bergytans ungefärliga nivå. Den kan också under vissa omständigheter ge en grov översiktsbild av jordlagerföljden och grundvattenytans läge.

Med georadar kan alstrade elektromagnetiska vågor penetrera jorden. Vågorna reflekteras och kan utnyttjas för att lokalisera och avståndsbestämma föremål eller jordlager.

9.2.3 Georadar

Vågornas utbredning sker från markytan under förflyttning av sändare och mottagare varvid avståndet i djupled registreras kontinuerligt.

Metoden används främst för bedömning av bergytans läge vid begränsade jorddjup.

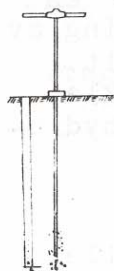
9.3 FÄLTUNDERSÖKNINGAR

9.3.1 Sonderingsmetoder

Dessa metoder används för ungefärlig och översiktlig bedömning av jordlagerföljd, jordens relativa fasthet samt djup till fastare bottenlager.

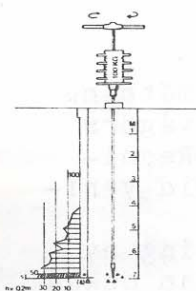
Vikt-, hejar- och spetstrycksonderingsmetoderna är standardiserade i Sverige.

Sticksondering



Används främst i lös jord i samband med besiktningar och för översiktliga undersökningar, ex. vis för att klarlägga möjligheterna att dra fram ledningar utan sprängning. Kan även användas för bedömning av torvtäckets tjocklek på mossar, då denna underlagras av fastare jord.

Viktsondering



Är den vanligaste metoden vid geotekniska undersökningar för vägar. I friktionsjord betraktas antalet erforderliga halvvarvs manuell vridning för 0,2 m sjunkning av sonden som ett mått på jordens fasthet och används för klassificering av jorden från bärighetssynpunkt med avseende på tillåten påkänning. Bedömningen måste dock göras med urskillning. I dilatant silt och i stenig jord kan fastheten överskattas. I sistnämnda fall bör även hejarsondering utföras. Tillrinnande vatten i borrhål och varvtalet vid maskinell sondering kan också påverka sonderingsmotståndet.

Vid sondering i lera beror sondens sjunkningshastighet förutom på belastningen även på lerans sensitivitet. I kvicklera (hög sensitivitet) sjunker sonden till stort djup för måttliga belastningar. Stor försiktighet är därför tillrådlig vid bedömning av fastheten hos lera med stöd av enbart viktsondering.

Trycksondering

TRYCKSONDSPETS
med glappkoppling



Denna metod är ej standardiserad. Den mekaniska trycksonden används för bestämning av lösa jordlagars mäktighet. Metoden möjliggör en säkrare bedömning av eventuell förekomst av fasta skikt än vid viktsondering. Ur sonderingsdiagrammet kan vissa slutsatser dras om jordens relativa fasthet och beskaffenhet (Fig 9.3)

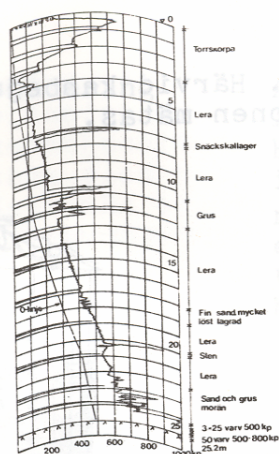


Fig 9.3 Trycksonderingsdiagram

Spetsstrycksondering



Används främst för bestämning av förekomst av tunna skikt av lera, silt eller sand i lösa sediment. Förutom spetsmotståndet kan även den lokala mantelfriktionen ovanför spetsen mätas. Förhållandet mellan mantelfriktion och spetsmotstånd (friction ratio) anses ge en indikation på vilken jord som undersöks. Erfarenheterna härav är dock begränsade. Försök pågår även för att utreda möjligheterna att använda spetsstrycksonderingens resultat för sättningsberäkning i friktionsjord.

Beroende på att utrustningen är dyr och på att erfarenheterna hittills är begränsade kommer metoden att utgöra ett komplement till andra sonderingsmetoder.

Portrycksondering



Är en relativt ny utrustning för tolkning av jordlagerföljder. Metoden bygger på att ett port ryck genereras när en sond drivs ned i jorden. I täta jordar (t.ex. lera) alstras ett högre portryck än i genomsläppliga jordar (t.ex. sand). Den uppmätta portrycksfördelningen underlättar lokalisering av homogen lera och permeabla skikt i lera (Fig 9.4)

på senare tid har spets- och portrycksondering kombinerats i en mätspets, varvid spetsmotstånd och port ryck regi

streras var för sig. Härvid kan ej den lokala mantelfriktionen mätas.

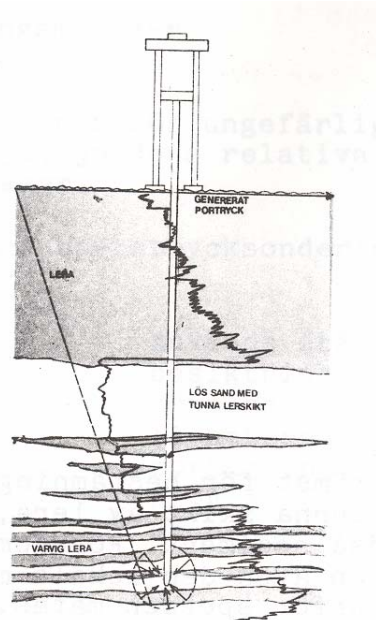
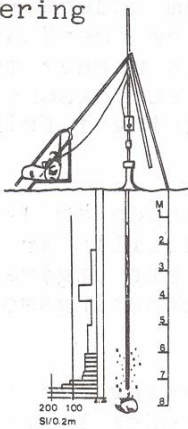


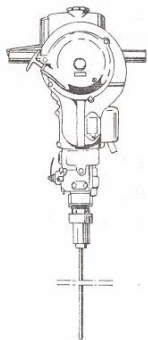
Fig 9.4

Hejarsondering



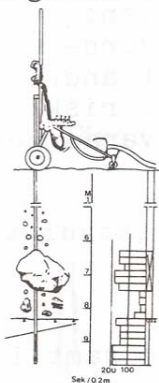
Används främst för bestämning av djupet till fasta bottenlager vid bedömning av erforderlig; pållängd hos stödpålar. Neddrivningsmotståndet ger också en viss ledning vid bedömning av jordens fasthet.

Motorslagssondering



Används som komplement till vikt- tryck- och sticksondering då nedträngningsförmågan begränsas av jordens fasthet eller stenbundenhet. Det är inte möjligt att dra några säkra slutsatser om jordens beskaffenhet med utgångspunkt från neddrivningsmotståndet (sek/0,2 m), eftersom detta sammanhänger med jordart, lagringstäthet, stenförekomst samt inte minst typ av slagmaskin och dess kondition.

Jordbergsondering



Används då det är angeläget att klarlägga på vilken nivå berg förekommer. För att försäkra sig om att sonderingen inte avbrutits i ett block eller i vitt-rat eller sprucket berg skall sonderingen utföras 3-5 m under förmodad bergyta. Vid sonderingen skall sjunkningshastighet (sek/0,2 m) och matningstryck mätas.

9.3.2 Provtagningsmetoder

9.3.2.1 Allmänt

För säker bestämning av jordlagerföljd och för undersökning av jordens sammansättning och egenskaper fordras provtagning. För detta ändamål har utvecklats olika utrustningar, vilka har anpassats till i vårt land förekommande jordar och till de olika krav som ställs på kvaliteten av de upptagna jordproverna för olika ändamål.

Beroende på provtagnings tekniken erhålls omrörda, störda och ostörda jordprover.

I omrörda prover är jordens naturliga struktur helt nedbruten så att skikt eller olika lager ej kan identifieras. Omrörda prover erhålls med prov tagare där provet tas in från sidan.

I störda prover är skikt och lager deformerade men man erhåller en bild av jordens uppbyggnad. Proverna tas med provtagare som stansar ut provet.

Ostörda prover tas med standardkolvprovtagare i kohesionsjord.

För en del undersökningar, t ex bestämning av jords sammansättning, vattenkvot eller konsistensgränser, behöver jordprovet inte vara ostört. (Gäller ej torv). I andra fall, t ex vid bestämning av skjuvhållfasthet och deformationsegenskaper hos kohesionsjord, är det nödvändigt att undersökningen utförs på ostörda jordprover.

När det gäller friktionsjord, i synnerhet grövre sådan, är det inte möjligt att ta ostörda prover utan speciella metoder. I dessa jordar är man därför nödsakad att arbeta med störda eller omrörda jordprover.

De upptagna jordproverna måste skyddas mot frysning. Detta gäller i synnerhet de med kolvprovtagare upptagna kohesionsjordproverna. Vid frysningen förstörs nämligen kohesionsjordens ursprungliga struktur och den upptinade jorden får helt andra egenskaper än den hade före frysningen. Vintertid när risk för frysning föreligger, måste därför ostörda prover förvaras och transporteras frostskyddade.

9.3.2.2 Omrörda prover

Skruvprovtagare
Spadprovtagare



Används främst i kohesionsjord samt i friktionsjord med liten eller ingen stenhalt och till det djup provtagningshållet står öppet. Under grundvattenytan är det svårt att ta representativa jordprover vid provtagning i friktionsjord och lös lera.

Kannprovtagare



Används som regel för provtagning såväl över som under grundvattenytan. De grövre kannprovtagarna typ gruskanna, används främst för friktionsjord medan den s k mosskannprovtagaren, huvudsakligen används för torv och ibland också lera.

Provgropar

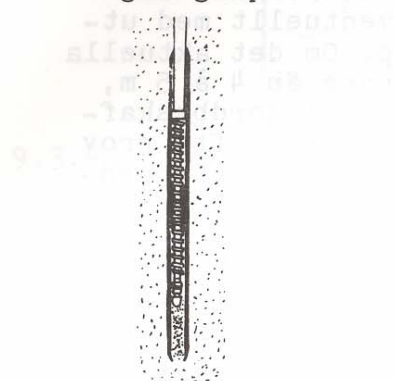


Upptas främst för undersökning av schaktbarhet, sten- och blockhalt samt vattenförhållanden. Vidare upptas provgropar för bestämning av bergnivå, om denna ligger på åtkomligt djup, samt för bedömning av jordens användbarhet. I provgropens kanter kan mer eller mindre ostörda prover utstansas för särskilda undersökningar på laboratoriet. Arbetet bör ske enligt VV:s anvisning TV 132 (1976-10) på grund av att provgropsgrävning ger så mycket in

formation om jordens egenskaper utgör den en av de bästa provtagningsmetoderna och bör i första hand utföras såvida inte ostörd provtagning erfordras.

9.3.2.3 Störda prover

Provtagningsspetsar



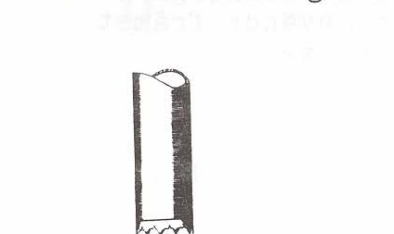
Används främst i fast, ej alltför stenig friktionsjord. Kan förses med slutare och kan därför som regel användas oberoende av grundvattenytans läge. I strid sand eller grus kan dock urspolning ske.

Tubkärnprovtagare



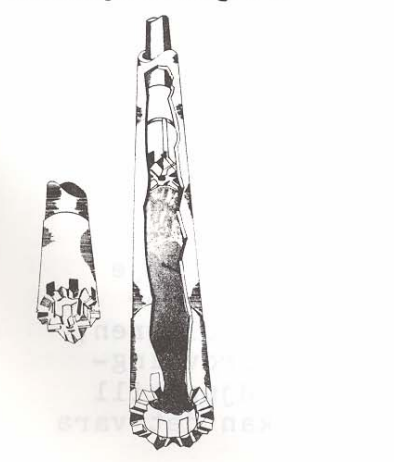
Används främst för kontinuerlig provtagning i huvudsakligen stenfri friktionsjord.

Foderrörsdrivning



För provtagning i stenig och blockig friktionsjord används vanligen någon typ av utrustning för foderrörsdrivning kombinerad med provtagningsutrustning. Härvid har olika system utvecklats, varav följande kan nämnas: Lindömetoden och system Exler samt Duplex- och Odexmetoderna.

Moränprovtagare



Används som alternativ till foderrörsdrivning. Provtagaren är försedd med dubbla borrhävar och drivs ned med borrhävarvagn under slag och rotation. Spolning sker företrädesvis med vatten. Provtagaren har god nedträngningsförmåga i både grus, morän och t.o.m i berg.

9.3.2.4 Ostörda prover

Standardkolv-
provtagare

Standardkolvprovtagare är i första hand avsedd för upptagning av prover av kohe-sionsjord såsom lera men kan även an-vändas i stenfri friktionsjord. Avstån-det i höjddled mellan de upptagna jord-proverna kan variera bl a beroende på syftet med provtagningen. Normalt tas prov på varje meter, eventuellt med ut-glesning på större djup. Om det aktuella jordlagret är tunt, mindre än 4 á 5 m, är vanligen variationerna i jordbeskaf-fenheten betydande och då tas ofta prov på varje halvmeters djup, för att jord-lagrets karaktär tillfredsställande skall kunna kartläggas. I sistnämnda fall utförs provtagning på varje meter i två borrhål intill varandra och med en halv meters förskjutning mellan provtag-ningsnivåerna i borrhålen.

Folieprovtagaren

Provtagaren, som medger provlängder av upptill 10 m, finns i två utförande som ger 44 respektive 67 mm provdiameter. Den grövre diametern skall användas, om jordprovet skall vara i görlig mån ostört för laboratorieundersökningar. Den klenare provtagaren används främst för noggrann kartläggning av jordlagerföljden.

9.3.3 Metoder för bestämning av skjuvhållfasthet i fält.

Vingsond

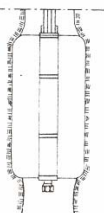


Vingsond används för bestämning av kohe-sionsjordens odränerade skjuvhållfast-het. Vid användning av vingsond utan skyddshylsa för vingdonet bör man vara uppmärksam på att jord från fastare jordlager eller torrskorpa kan fastna i vingdonet vid nedpressningen och ge upp-hov till för låga mätvärden. För att i görlig mån undvika detta bör man vid an-vändning även sådan vingsond alltid förborra genom torrskorpan.

Normalt utförs vingsondering på varje meters djup. Om det är fråga om stor mäktighet hos de undersökta jordlagren, ökas ibland avståndet mellan provning-arna på större djup. Vid små djup till fast botten (mindre än 5 m) kan det var

Lämpligt att minska det inbördes avståndet mellan provningarna till 0.5 m med hänsyn till variationerna i jord beskaffenheten.

Pressometer



För mätning av deformationsegenskaper hos friktionsjord och fast kohesionsjord används ibland pressometern. Från de tryck- och volymändringar som uppmäts hos tryckcellen i pressometern kan jordens deformationsegenskaper utvärderas.

Perforerade rör
Rör med filterspets



9.3.4 Metoder för hydrologiska bestämningar.

I sand och grus kan vattenståndsmätning ske i nedslagna, upptill öppna rör som nertill har försetts med spets och perforerats på några dm längd. Röret fylls med grus eller sand upp över den perforerade delen före nedslagningen. För vattenståndsmätning i silt och morän, där vattentillrinningen sker långsamt, bör filterspets användas. Till spetsen kan en klenare plastslang vara ansluten i vilken vattenståndet mäts, varigenom en snabbare inställning av vattenståndet ernås. Flera olika mätanordningar har utvecklats varav någon förutsätter att filterspetsen och den klena plastslangen betraktas som engångsartiklar och lämnas kvar i jorden, sedan mätningarna har avslutats.

Portryckmätare

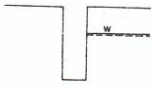


För mätning av grundvattentryck (portryck) i täta jordar såsom lera, dy, eller gyttja används vanligen portryckmätare.

Om jorden innehåller skikt av silt och/eller sand bör portryckmätarna i första hand placeras i något av dessa. För lokalisering av sådana skikt kan portrycksondering användas.

Vid mätning i grov lera och varvig lera kan mätning även utföras med klena öppna system med filterspets. Inställningstiden kan dock bli relativt lång, upp till ett par veckor.

Provtagningshål



Vattenståndet i jordens sönderspruckna ytskikt (sprickvatten) kan vanligen mätas direkt i ett provtagningshål. Alternativt kan ett perforerat rör användas. Detta vattenstånd varierar under året och kan under torrperioden försvinna helt. Det skall därför inte betecknas som grundvatten.

9.3.5 Metoder för mätning av rörelser i jord

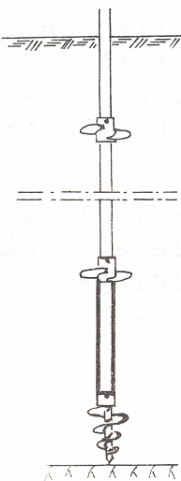
9.3.5.1 Vertikala rörelser

Precisionsavvägning Mätur



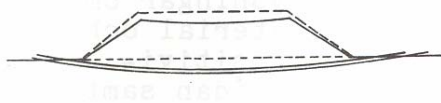
Vertikala rörelser mäts i första hand genom precisionsavvägning av i marken nedsatta peglar. För att på kort tid klarlägga ett sättningförlopp med relativt små rörelser kan det ibland vara nödvändigt att använda noggrannare mätmetoder. I så fall kan man med ett mätur med stor precision mäta rörelsen mellan en till fast botten nedförd sonderingsstång och en jordskruv eller platta som nedförts till den nivå under vilken man avser att mäta vertikalarörelsen. Om man vill undvika årstidsberoende rörelser måste skruven (resp. plattan) placeras på frostfri nivå, dock minst under sprickvattenytans lägsta nivå, om jorden består av lera eller silt. Vid mätningar vintertid måste tillses att sondstången och skruven (resp plattan) ej fryser samman. Om risk härför föreligger skall de aktuella delarna fettas in.

Bälgsättningsmätare Magneteringar



För att närmare klarlägga sättningarnas storlek på olika nivåer eller kompressionen i vissa skikt kan man använda en bälgsättningsmätare. Denna utgörs i princip även hoptryckbar armerad slang invändigt försedd med metallringar vars inbördes lägen mäts med härför utvecklad utrustning.

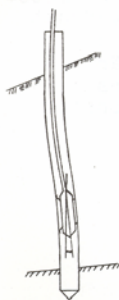
På liknande sätt kan kontroll av sättningarna ske genom inmätning av magnetringar, monterade på skruvar som har placerats rörliga på utsidan av ett plaströr som nedförs i jorden med hjälp av ett foderrör. Magnetringarna lokaliseras med ett tungelement som fastsatt i ett måttband nedsänks i plaströret.

Slangsättnings-
mätare

Markytans sättning under en vägbank kan bestämmas med slangsettningsmätare, varmed sättningarna mäts i ett plaströr som placerats tvärs vägen på marken under banken.

9.3.5.2 Horisontala rörelser

Inklinometer



Sidorörelser i jord på olika nivåer mäts med en inklinometer i ett plaströr som nedförs vertikalt i jorden. Ur lutningsändringen kan den horisontala rörelsen i jorden beräknas. Sådana mätningar kan vara aktuella för kontroll av rörelser i slänter, rörelser vid foten av en vägbank etc.

9.4. UNDERSÖKNINGAR PÅ LABORATORIUM

Laboratorieundersökning av upptagna jordprover är ett nödvändigt komplement till fältundersökningen. Förutom benämning av jorden utförs de specialundersökningar som i det aktuella fallet är nödvändiga.

För klassificeringen bör utöver den okulära granskningen alltid följande undersökningar utföras på representativa prover.

9.4. UNDERSÖKNINGAR PÅ LABORATORIUM

Laboratorieundersökning av upptagna jordprover är ett nödvändigt komplement till fältundersökningen. Förutom benämning av jorden utförs de specialundersökningar som i det aktuella fallet är nödvändiga.

För klassificeringen bör utöver den okulära granskningen alltid följande undersökningar utföras på representativa prover.

Typ av undersökning Kohesionsjord Friktionsjord Mellanjord

Benämning	X	X	X
Vattenkvot	X		X
Densitet	(X)	(X)	(X)
Konflytgräns	X		(X)
Sensitivitet	(X)		
Halt av organisk jord	X		
Kornfördelning	X ¹⁾	X	X
Odränerad skjuvhållfasthet	X		
Torvs förmultningsgrad	X		

(X) Avser om det med hänsyn till provtagningstekniken är möjligt.

1) Erfordras ibland för bedömning av tjälfarlighet.

Det bör framhållas att vattenkvoten rutinmässigt alltid bör bestämmas för kohesions- och mellanjordar, även om de upptagna jordproverna är omrörda. Vattenkvoten ger vissa upplysningar om jordens konsolideringstillstånd, halt av organiskt material och tillsammans med flytgränsen ibland även om jordens sensitivitet. Även i friktionsjord, främst relativt finkornig sådan samt i morän, är bestämning av vattenkvoten ofta motiverad. Bland andra laboratorieundersökningar som kan vara aktuella kan nämnas bestämning av kapillaritet, permeabilitet och packningsegenskaper.

Den odränerade skjuvhållfastheten bestäms normalt med konmetoden. på samma sätt som vingsondresultatet, bör konprovvärdet korrigeras för eventuell halt av organiskt material i det undersökta provet. När konflytgränsen (W_F) är större än 80% reduceras skjuvhållfastheten med faktorn $80/W_F$. Statens geotekniska institut tillämpar följande stegvisa reduktionsfaktorer.

Flytgräns %	Reduktionsfaktor
80	1,0
80-100	0,9
100-120	0,8
120-150	0,7
150-180	0,6
180	0,5

För beräkning av sättningar utförs ödometerförsök och för bedömning av släntstabilitet utförs ofta bestämning av jordens effektiva hållfasthetsparametrar c' och o' med hjälp av skjuvförsök eller 3-axliga tryckförsök. För bedömning av jordmaterialets lämplighet som bankfyllning är det i vissa fall nödvändigt att utföra packningsförsök. Genom att utföra försöken med varierande vattenkvot kan den för packning lämpliga vattenkvoten bestämmas.

Som tidigare nämnts måste jordproverna vara i görlig mån ostörda, om de skall undersökas med avseende på hållfasthets- eller deformationsegenskaper. De måste därför tas med kolvprovtagare och såsom nämnts hanteras försiktigt, så att de ej skadas vid tagning eller transport till laboratoriet.

på laboratoriet bör proverna förvaras i kylrum (+7°C) med hög luftfuktighet, så att proverna ej torkar ut. Det är viktigt att lerproverna undersöks så snart som möjligt, för att deras egenskaper ej skall ändras.