

Lisa Ledskog
Tom Lundgren

Olje-och kemikalieutsläpp i jord



STATENS RÄDDNINGSVVERK
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

FÖRORD

Varje dag transporteras avsevärda mängder av olika gaser, vätskor och fasta material längs våra vägar och järnvägar. Många av dessa ämnen kan vid en olyckshändelse läcka ut och skada omgivningen. Om en sådan olycka inträffar gäller det att begränsa spridningen av föroreningen och vidta åtgärder inför saneringen av det förorenade området.

Skador kan också begränsas genom förebyggande åtgärder, t ex kartläggning av känsliga områden och planering av åtgärder vid eventuella skador.

Denna handbok syftar till att ge en ökad kunskap om hur föroreningar i jord, berg och grundvatten sker samt ge förslag på åtgärder vid en olycka.

Handboken behandlar förebyggande åtgärder och de insatser som omfattas av ett räddningstjänststämmande. Handboken är avsedd för kommunernas räddningstjänst och bör användas i utbildning av räddningstjänstpersonal.

För snabba råd läs kapitel 4. Detta kapitel ger förslag på åtgärder i ett "normalfall". Lokala förhållanden, tillgång till utrustning med mera kan innebära att andra lösningar behöver vidtas.

Handboken har utvecklats i samarbete mellan Statens Räddningsverk (SRV) och Statens Geotekniska Institut (SGI). Lisa Ledskog och Tom Lundgren, Terratema AB/SGI har svarat för sammanställning av materialet. Peter Rönnlund och Bo Zetterström, SRV, samt Bengt Rydell, SGI, med flera har medverkat under arbetets gång.

Redigering och bearbetning av materialet har utförts av Jan Lindgren, SGI.

Linköping i maj 1989

Lisa Ledskog

Tom Lundgren

Tilltryck 500 ex, juni 1995.

Enda förändring mot ursprungsupplagan är uppdatering av adresser, sidan 39.

INNEHÅLL

FÖRORD	
1.	INLEDNING 2
	Förberedelser 3
2.	FÖRORENINGAR 4
	Förekomst 4
	Upptredande 4
	Olja 5
	Andra förorenande vätskor 7
3.	LATHUND FÖR BEDÖMNING AV EN FÖRORENINGSSITUATION 8
4.	ÅTGÄRDER 10
	Att fråga den som larmar 10
	Vad gör jag på olycksplatsen? 10
	Tid 11
	Åtgärder för att begränsa skador 11
	Avskärmning 11
	Uppsamling 12
	Behandling på plats 16
	Sanering 17
5.	VILKEN BETYDELSE HAR JORDEN OCH GRUNDVATTNET VID SPRIDNING AV FÖRORENINGAR? 18
	Vart tar vattnet vägen? 20
6.	JORD 21
	Klassificering av jord och berg 21
	Sand och grus 21
	Silt 22
	Lera 22
	Morän 24
	Torv 25
	Fyllning 25
	Jordarter i terrängen 26
7.	BERG 27
APPENDIX:	
	- Vatten 30
	- Beräkning av vätskors transporthastighet i den mättade zonen 32
	- Högsta kustlinjen 34
	- Begreppsförklaringar 35
	- Att läsa vidare 38
	- Experter 39

1. INLEDNING

Om det vid en olyckshändelse läcker ut ett farligt ämne är det nödvändigt att veta hur föroreningen sprids i jorden för att skydda grundvattnet och undvika skador på miljön.

Många kemikalier, t ex bensin och eldningsolja, är farliga för vår naturmiljö. Även om flertalet av dem bryts ned till mindre farliga substanser kan de orsaka svåråtkta skador på djur- och växtliv. De ger därmed människan indirekta skador.

Människan kan också drabbas indirekt av föroreningar genom påverkan från vattentäkter. Skyddet av vattentäkter och vår naturmiljö kräver således ett aktivt ingripande för att begränsa spridningen av farliga ämnen.

Den som vid en olycka fattar beslut om åtgärder ställs omedelbart inför frågor som:

- Vad har läckt ut och hur mycket?
- Hur farligt är ämnet?
- Vad måste skyddas och hur?
- Hur ska vi sanera?
- Vilken utrustning ska vi använda?
- Hur bråttom är det? Vad händer om vi väntar 1 timme eller 1 dygn?



Figur 1. Det är många överväganden som skall göras vid en olycksplats innan beslut kan fattas.

FÖRBEREDELSE

Det är nödvändigt att informera sig om känsligheten för föroreningar inom det egna distriktet. Längs vilka vägar, järnvägar och andra platser hanteras det farligt gods? Uppskatta med hjälp av denna handbok vilka som är speciellt känsliga¹ för förorening. Markera dessa på den karta som ska finnas till hands när ett larm går.

Hjälpmedel är ritningar (profiler) över befintliga vägar, där jordarter, deras mäktighet och djup till berg, i allmänhet finns utsatta. Vägverkets länsförvaltning står till tjänst med dessa ritningar.

Utnyttja även geologiska kartor. De mest användbara är jordartskartan och hydrogeologiska kartan med tillhörande kartbeskrivningar. De hydrogeologiska kartorna ges ut i två serier, serie Ag respektive Ah. Serie Ag, som för närvarande omfattar 13 kartblad från södra Sverige, utgår ifrån den topografiska kartbladsindelningen (1:50 000), medan serie Ah är länsvisa översiktsskartor i skala 1:250 000. En av anledningarna till länskartorna, som finns utgivna för 10 län, är att inom 15 - 20 år skall de hydrogeologiska förhållandena i Sveriges södra och mellersta delar samt i norra Sveriges kustland och älvdalar vara kartlagda.

Länkartorna är förenklade. Motsvarande beskrivningar är tillrättalagda för en praktisk användning. Beskrivningen innehåller t ex översiktsskartor över områdestäckning för alla geologiska och hydrogeologiska kartblad, registrerade brunnar, uttagsmöjligheter i olika delar av jord och berg, källor, kommunal vattenförsörjning, grundvattenkvalitet, grundvattenundersökningar (med referenslista!) och i något fall även känslighet för föroreningar.

Andra lämpliga kartor är berggrundskartan och topografiska kartan.

¹) Naturskyddade områden skall visas extra hänsyn. Länsstyrelsens naturvårdsenhet kan ge upplysningar om dessa. Vissa länsstyrelser har redovisat en naturvårdsplan, en naturinventering eller en s k Miljöatlas.

Dessa kartor ges ut av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) och kan beställas från Liber Distribution AB, Kundtjänst 162 89 Stockholm. Kostnadsfritt fås en katalog över samtliga kartor som getts ut eller planeras att ges ut. Kartorna är utgivna i olika skalor (från 1:50 000 till 1:250 000), i olika delar av landet. Alla kartor täcker dock inte hela landet.

SGU har numera uppgifter, bl a rörande grundvattnet, datorlagrade. Härmed kan kartor tas fram efter kundens önskemål, med avseende på bl a information och kartskala. För vissa delar av landet är databanken förhållandevis detaljerad, för andra delar översiktlig.

Observera att jordartskartorna redovisar jordarten på 0,5 m nivå.

Jämför kartor och ritningar med verkligheten. Observera topografin och vegetationen på olika jordarter. Vanligtvis måste man gräva minst ett par decimeter för att komma ner till den opåverkade jorden. Träna på att lokalisera vattendelare och avrinningsområden (se kapitel 5 och topografiska kartan över det aktuella området). Vattendelare och avrinningsområden finns normalt inte utsatta på officiella kartor.

Det är viktigt att personal som deltar i fältarbete vid föroreningsolyckor har förståelse för varför olika åtgärder vidtas i olika situationer. Praktisk övning i fält är nödvändig.

2. FÖRORENINGAR

FÖREKOMST

Enligt statistik står oljeprodukter (råolja, diesel, bensin, fotogen etc.) för 3/4 av antalet föroreningsfall. Förekomsten av olika ämnen i ett område varierar dock kraftigt med den lokala industrin.

De vanligaste föroreningsplatserna utgörs av industrimark, väg(ren)ar, hamnar, tätbebyggda områden och järnvägar.

Oljorna uppvisar sinsemellan stora fysikaliska och kemiska likheter och särbehandlas endast vid beräkningar av transporthastigheten. När olja läcker ut är det i allmänhet i större mängder än om det gäller en annan förorening. De vanligaste andra kemikalierna i samband med föroreningsolyckor är ammoniak, klor, saltsyra och svavelsyra.

De ämnen som behandlas nedan är de som på grund av sina fysikaliska egenskaper uppträder som vätskor, och i viss mån som fasta ämnen, när de hamnat utanför sitt emballage. Radioaktiva ämnen behandlas inte.

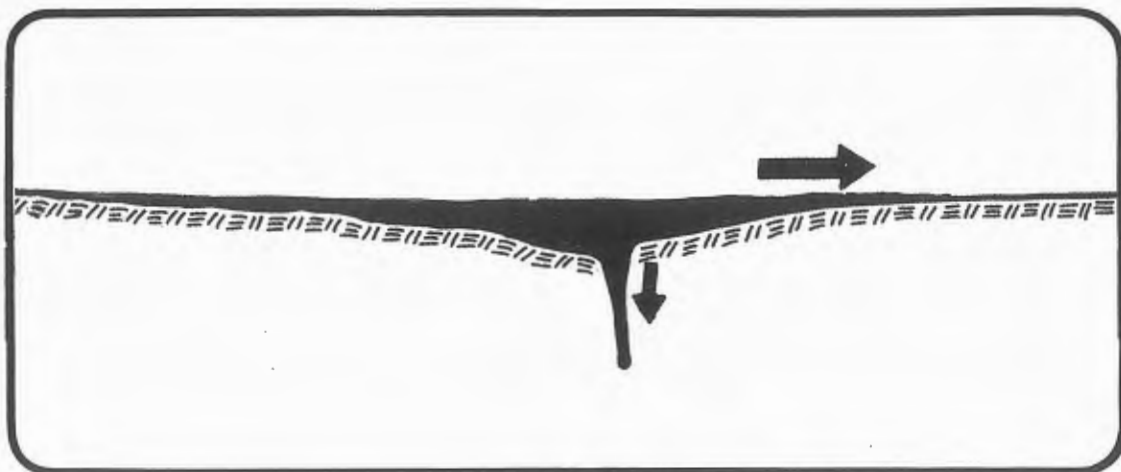
UPPTRÄDANDE

En del av den föroreningsmängd som hamnar på markytan kommer aldrig att nå grundvattnet, på grund av filtrering, fastläggning eller nedbrytning i

jorden. Beroende på jordens och föroreningens egenskaper uppträder föroreningen på olika sätt när den når markytan. Den kan:

- rinna av på markytan, omgående eller långsamt
- ansamlas i pölar, omgående
- tränga ner i (infiltrera) jorden, kan gå långsamt
- blandas eller lösas med markvattnet, omgående eller långsamt
- fastläggas, omgående eller långsamt
- brytas ned, långsamt
- spädas ut, omgående och successivt vid spridning.
- avdunsta, omgående eller långsamt.

En flytande förorening strävar efter att röra sig nedåt på grund av tyngdkraften. Den kan röra sig på markytan, om jorden är tät eller ner genom jorden, om denna är genomtränglig. Hur detta sker beror även på föroreningens egenskaper.



Figur 2. Föroreningen transporteras på eller ner genom markytan.

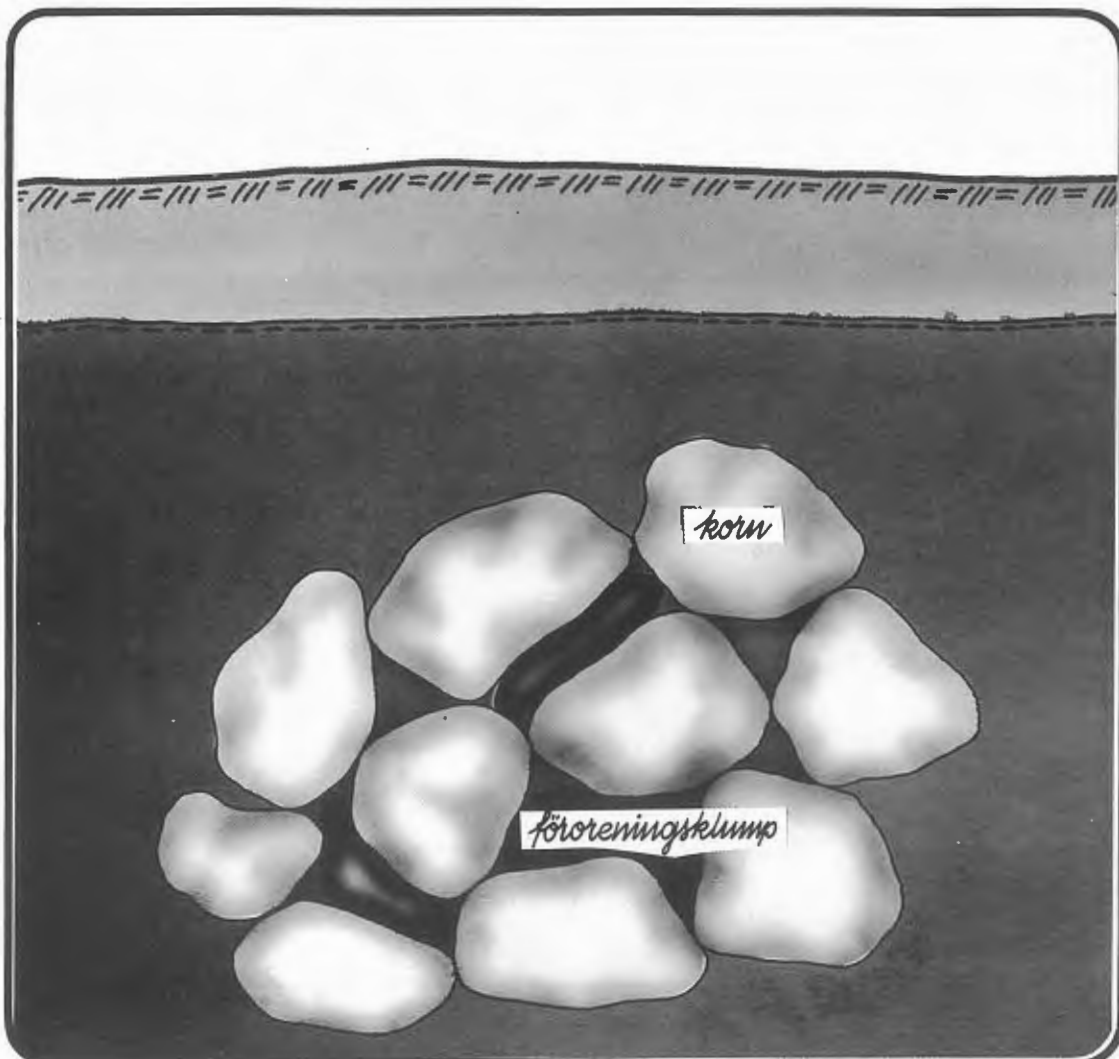
OLJA

Oljeprodukter har följande viktiga gemensamma egenskaper:

- de är relativt svårlösliga i vatten (redan mycket små mängder ger dock smak åt vatten)
- de flesta har lägre densitet än vatten, d v s de flyter på vatten
- de har högre viskositet än vatten, d v s de är mer trögflytande än vatten (undantag finns)
- de består av blandningar av olika kemiska föreningar som nästan enbart är uppbyggda av kol- och väteatomer
- de är ofta hydrofoba (vattenfrånstötande) och sugs ej upp i finkorniga jordar.

När ett ämne kommer i kontakt med vatten kan det få förändrade egenskaper. När olja når grundvattnet bildar den aggregat tillsammans med jord, luft och vatten i ett så kallat fyrfassystem, vilket har lägre rörelseförmåga än ren olja eller rent vatten. Oljans rörelseförmåga begränsas mest vid låga oljehalter och transporten i jord upphör helt vid halter under 10% (90% vatten).

När vätskor som är svårlösliga i vatten (organiska lösningsmedel, bensin och andra petroleumprodukter) spills och transporteras i jorden tenderar de att bli kvar som skilda vätskefaser i form av klumpar och linser. Klumparna kan vara upp till 1 meter långa ovan grundvattenytan och upptill 10 m under grundvattenytan. Ju lägre densitet en förorening har desto större blir klump-



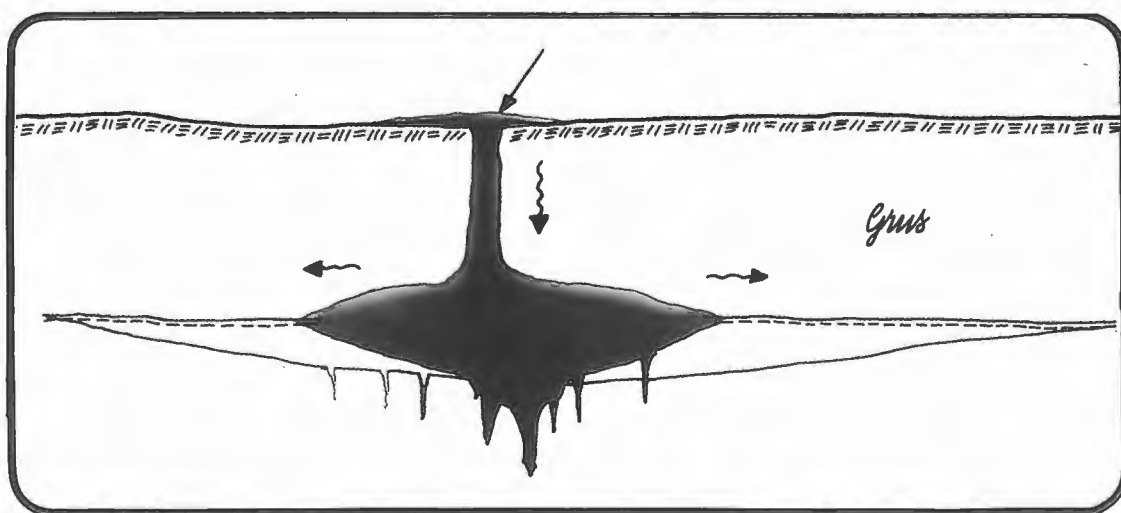
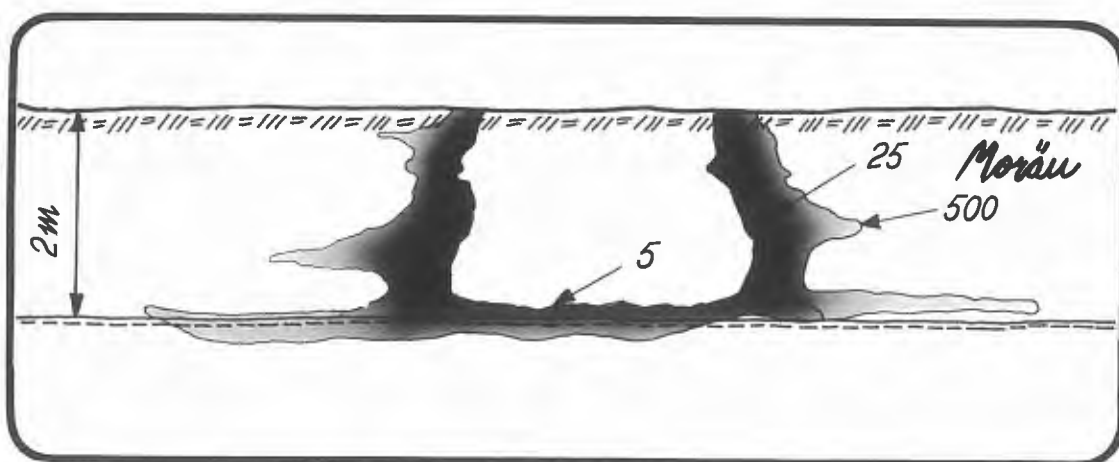
Figur 3. Schematisk framställning av föroreningsklumpar i jord under grundvattenytan (Efter Sitar et al, 1987).

Ju mindre genomtränglig jorden är och ju långsammare den förorenande vätskan transporteras, desto mer breder föroreningen ut sig på markytan innan den sjunker ned i jorden. Spillytan blir således större. För att reducera den mängd jord som sedan måste grävas bort ska denna yta begränsas.

Vätskor som är lättare än vatten (t ex bensin och eldningsolja) tenderar att spridas lokalt i den omättade zonen¹. Horisontell spridning kan också orsakas i jordar som har skikt med olika genomtränglighet. I övergångar mellan olika skikt ökar ansamlingen av föroreningar. Se figur 4.

Spilld olja i moränmark transporteras huvudsakligen rakt ned till grundvattenytan innan horisontell transport sker. På väg ned mot grundvattenytan påverkas dock oljan av skikt i moränen. När oljan når ett tätare skikt minskar den vertikala transporten och oljan breder ut sig i sidled. Ett sådant skikt i t ex morän kan hindra olja att nå grundvattnet.

Oljespill i grus kan få mycket stora konsekvenser, eftersom olja, liksom de flesta vätskor, transporteras snabbt i grus. Ofta är djupet till grundvattenytan också stort i grus,



Figur 5. Spridning av olja i grus (Efter Schwille, 1967).

1) Se Kap 5 och Begreppsförklaringar.

vilket försvårar urgrävning och upp-
dämning av oljeföroreningar som sprids
strax ovan eller i grundvattenytan.
Oftast hinner man inte gräva tillräck-
ligt snabbt i grus för att hindra
spridning, även om man sätter igång
omedelbart efter en olycka.

Oljespill i jordarter som är mindre
genomträngliga än sand, t ex morän bör
grävas ur helt. Spillytans area är
sannolikt relativt stor i morän, var-
för urgrävningen ändå kan bli tämligen
omfattande. Startar grävningen snabbt
finns goda förutsättningar att hinna
genomföra operationen under första
dagen.

Urgrävning av förorenad jord bör ske
åtminstone ner till (och en bit under)
grundvattenytan.

ANDRA FÖRORENANDE VÄTSKOR

Övriga farliga ämnen uppvisar stora
olikheter när de når markytan. En del
ämnen, t ex vattenblandning av ammon-
iak och flera syror, löser sig i, och
transporteras med, markvattnet. Andra
vätskor, t ex flytande, kondenserad
klor reagerar med markvattnet, vilket
fryser till is.

Vätskor som är tyngre än vatten,
t ex svavelsyra och salpetersyra, ten-
derar inte att påverkas lika mycket av
grundvattenytans lutning som lättare
vätskor gör. De rör sig genom den
omättade zonen¹ och samlas eventuellt
ovan ett skikt med liten genomträng-
lighet under grundvattenytan. Ansam-
lingar av sådana tunga, men samtidigt
svårlösliga, vätskor kan vara mycket
svåra att lokalisera och kan tjäna som
källor för låggradig förorening av
grundvattnet under lång tid.

Vätskors transporthastighet i vatten-
mättad jord beräknas med hjälp av
kapitel 3.

1) Se Kap 5 och Begreppsförklaringar.

3. LATHUND FÖR BEDÖMNING AV EN FÖRORENINGSSITUATION

Med hjälp av en enkel diagrammetod uppskattas hur allvarlig situationen är, med hänsyn till det spillda ämnet och platsens känslighet:

- I. Bedöm parametrarna 1-4 nedan och summera de fyra delpoäng som erhålls.
- II. Gå till diagrammet (Fig. 6). Den sammanlagda poängen markeras på diagrammets y-axel och en vågrät linje dras genom denna punkt.

III. På diagrammets x-axel finns de vanligaste föroreningarna markerade. En lodrät linje dras genom den aktuella föroreningen och diagrammet. Ta hänsyn till spilld volym genom att föskjuta den lodräta linjen i sidled längs den markerade föroreningen.

Ju högre upp till höger i diagrammet de två inritade linjerna skär varandra desto allvarligare är situationen.

- 1. Avstånd till närmaste brunn, sjö eller vattendrag:

Poäng	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Meter	0-10	10-20	20-35	35-50	50-75	75-150	150-300	300-1000	1000-2000	>2000

- 2. Djup till grundvattenytan:

Poäng	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Meter	0-0,2	0,2-1	1-3	3-5	5-7	7-12	12-20	20-30	30-60	>60

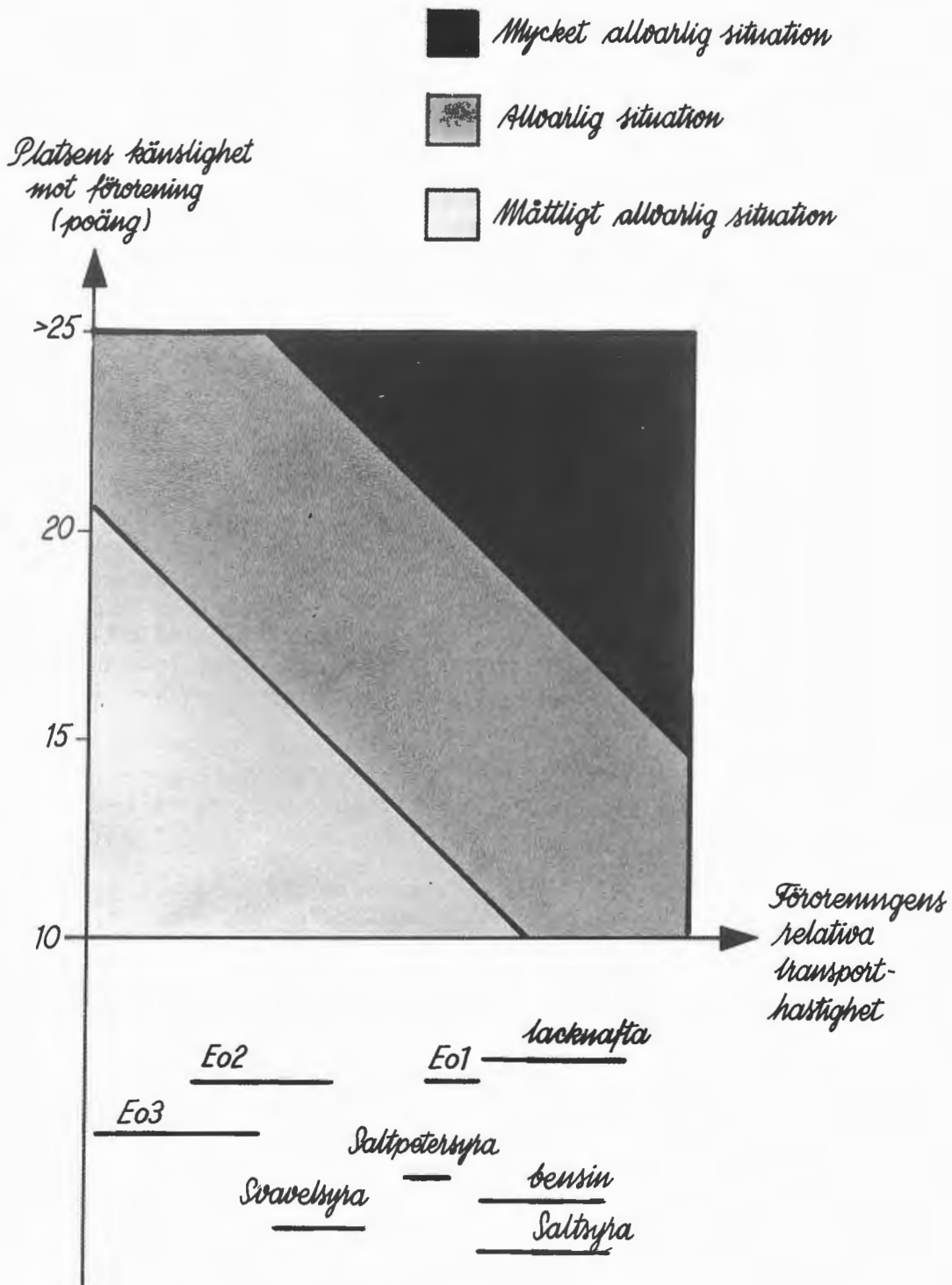
- 3. Grundvattenytans lutning och flödets riktning:

Poäng	5	1	0
	Grundvattenytan lutar mot en brunn, sjö eller vattendrag	Horisontell grundvattenyta	Ingen brunn, sjö eller vattendrag ligger inom 1 km i den riktning som grundvattenytan lutar

- 4. Jordens genomtränglighet:

Jordtäckets tjocklek	Poäng					
	Grus	Sand	Morän	Silt	Lera	Tjälad jord
>30	9	8	6	4	0	0
25-30	9	7-8	5-6	3-5	0-1	0
20-25	9	7-8	5-6	3-5	0-2	0
15-20	9	7-8	5-7	3-6	0-3	0
10-15	9	7-9	5-8	3-7	0-4	0
3-10	9	7-9	6-8	4-8	1-6	0
<3	9	7-9	6-9	4-8	2-8	0

- Välj den högst angivna poängen i intervallet om berget under jorden är sprickrikt.
- Välj den lägsta poängen i intervallet om berget är tätt.



Figur 6. Diagram för bedömning av en förorenings-situation.

4. ÅTGÄRDER

ATT FRÅGA DEN SOM LARMAR:

För att få grepp om situationen när en olycka inträffar krävs kännedom om:

- Vad har spillts? (ev märkning eller ADR-kod)
- Hur stor mängd har spillts?
- Läcker det fortfarande?
- Hur uppför sig föroreningen? (Rinner iväg på ytan? Infiltrerar ner i jorden? Ansamlas i pölar? Utvecklar gas?)
- Föroreningens tekniska data; densitet, viskositet, löslighet, stelningspunkt och brännbarhetsområde.
- Var exakt är olycksplatsen? T ex vilken sida av vägen?
- Diken, bebyggelse, skyddsområde för vattentäkter?
- Jordart eller kännetecknen för bestämning av jordart; vegetation, berg, block eller vatten i ytan, se kapitel 6.

VAD GÖR JAG PÅ OLYCKSPLATSEN?

Det är viktigt att åtgärderna sätts in så tidigt som möjligt.

- Överväg evakuering och andra skyddsåtgärder.
- Stoppa läckage om det inte redan är gjort!
- Begränsa vidare spridning!
- Om inte alla frågor ovan är besvarade, tag reda på svaren!
- Har föroreningen spridits utom synhåll (t ex under markytan)?
- Med vilken hastighet sprider sig föroreningen i jorden?

Nedan anges vattens transporthastighet i vattenmättad jord (beräkning se Appendix):

grus	1 m/tim - 100 m/tim
sand	0,1 mm/tim - 1 m/tim
silt	1 cm/år - 1 m/år
lera	1 mm/år - 1 cm/år
morän	3 mm/år - 300 m/år
torv	1 m/år - 100 m/år
berg	Utanför sprickzonerna kan berget vara praktiskt taget tätt. I sprickzonerna når föroreningen grundvattnet "snabbt". Bergborrade brunnar kan "suga till sig" närliggande föroreningar relativt "snabbt".

Hastigheterna gäller i den mättade zonen (under grundvattenytan). I den omättade zonen är vattenhastigheterna lägre.

Observera att i störda jordar, dvs där packningsförhållandena är ändrade, är transporthastigheten normalt större än i orörda jordar.

De flesta naturliga jordar är en blandning av olika kornstorlekar, t ex "sandig silt" eller "siltig sand". Transporthastigheten kan grovt sett uppskattas efter den finaste kornstorleken (i detta fall silt). Klassificering av jord sker med hjälp av kapitel 6, Appendix, jordartskarta och vägprofiler.

Hastigheterna ovan kan korrigeras med hjälp av Appendix för att gälla andra vätskor än vatten. Den aktuella vätskans viskositet (cSt) måste då vara känd, se Appendix eller "Farligt godspärmen".

TID

Liksom vid all annan räddningstjänst är det bråttom med att sätta in de första åtgärderna. Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen gäller det att stoppa läckage och hindra vidare spridning. När det gäller sanering kan man dock ofta invänta expertis och diskutera åtgärder. Hur lång tid man har på sig beror på bland annat:

- föroreningsens egenskaper: - viskositet
- densitet
- löslighet i vatten
- markens genomtränglighet (grovkornig jordart, sprickrikt berg, uppsprucken torrskorpelera, tjäle som kan hindra infiltrationen),
- grundvattnets strömningshastighet, djupet till grundvattenytan,
- markytans och grundvattnets lutning,
- ytvatten i närheten (bäckar, diken, större vattendrag och sjöar),
- närhet till känsliga objekt: - vattentäkt, t ex grävd eller borrarbrunn
- ledningsgrav, diken
- byggnader som kan få grunden skadad
- naturskyddsområden

ÅTGÄRDER FÖR ATT BEGRÄNSA SKADOR

För att begränsa skador vid läckage utförs olika typer av avskärmning, följt av uppsamling och eventuellt annan behandling på platsen.

Om en förorening spillts i närheten av en befintlig brunn eller ytvattenintag ska tillhörande pumpar stängas av för att inte påverka grundvattenströmningen. (Pumpning av grundvatten i genomträngliga jordar kan påverka grundvattnets strömning flera hundra meter bort).

AVSKÄRMNING

Avskärmning används för att hindra vidare spridning av föroreningen. Avskärmning utförs med vallar, tätning, injektering, diken, tätskärmar eller länsor. Observera att föroreningen snabbt kan rinna bort i befintliga diken eller andra dräneringssystem.

- Av jord eller snö från platsen byggs vallar för att hindra spridning i oönskad riktning. Spridning av förorening i t ex befintliga diken hindras genom tätning med jord eller sandsäckar. Avloppsbrunnar och dylikt tätas med tätningsplatta, (ev oljebeständig plastfolie, plastmattor, bentonitmattor eller liknande). Tätning kan även åstadkommas genom injektering med tätande material, t ex betong eller bentonitblandning.

- Diken grävs i mindre genomträngliga jordar för att samla upp en förorening som är på väg i oönskad riktning. Befintliga täckdiken utnyttjas, titta efter täckdiksbrunnar och svackor. Observera flödesriktningen.

Tabell 1. Åtgärder för att begränsa skador i olika jordar.

Möjlig åtgärd	Sand/Grus	Silt	Lera	Morän	Org. jord
Vallar	Ja	Ja	Ja	Ja	Kan vara svårt
Diken och gropar	ev gropar	--Ja för ytvatten--			Kan vara svårt
Injektering	Ja ibland	Ja ibland	Nej	Oftast inte	Nej
Tätskärmar	Oftast inte	Ja ibland	Ja	Oftast inte	Ja
Pumpning	Ja	Ja ibland	Endast i torrskorpelera	Ja	Ja ibland
Urgrävning	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

● **Tätskärmar** sätts i jordar som har relativt låg genomtränglighet och som behöver tätas ytterligare. Denna åtgärd tar i allmänhet relativt lång tid att genomföra, men å andra sidan transporteras föroreningen långsamt i dessa jordar. Använd tätspont av stål eller plast. Erforderligt skärmdjup bestäms så att föroreningen inte kan rinna under densamma. Skärmdjupet beror alltså på föroreningens transporthastighet, se Appendix.

● **Länsor.** Då en förorening som är lättare än vatten, t ex olja, nått ytvatten är länsor det bästa sättet att hindra spridning.

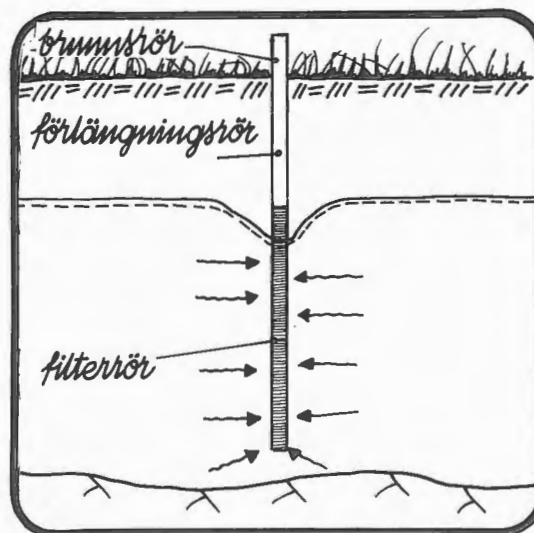
● Om det regnar bör man **täcka** föroreningen med tätt material, t ex plastmatta.

UPPSAMLING

Huvudregeln är att föroreningen skall tas bort. Från fall till fall bestäms hur noggrant detta skall göras. Uppsamling görs med pumpning, urgrävning eller med sorptionsmedel.

● **Sorptionsmedel.** Olika typer av sorptionsmedel används för att suga upp olja och andra kemikalier. Sorptionsmedlet måste väljas med hänsyn till den spillda vätskans egenskaper. För att suga upp olja från hårdgjorda ytor används t ex sågspån, vilket inte är lämpligt t ex för vissa syror, då brand och giftig gas kan utvecklas, eller för diesel.

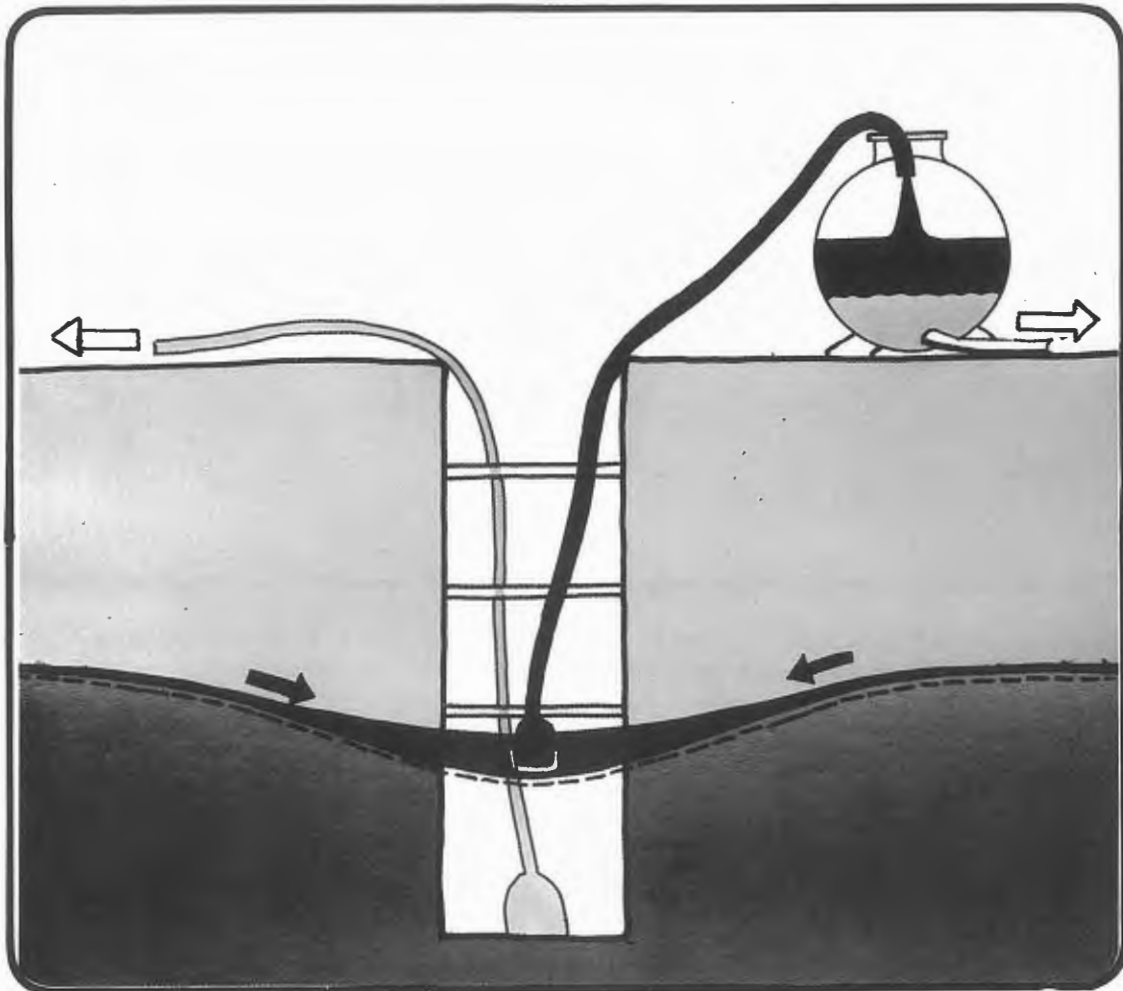
● **Pumpning.** En förorening som blandats med eller lösts i grundvattnet i genomtränglig jord kan med fördel pumpas upp. En grop grävs till vilken föroreningen rinner och pumpas upp. Angående slänthlutning se avsnittet "Urgrävning" nedan. Vid pumpning på större djup är en så kallad rörbrunn lämplig (ingen grop behöver då göras).



Figur 7. Rörbrunnen består av ett förlängningsrör ned till grundvattenytan och ett filterrör i den mättade zonen. Genom filterröret strömmar vattnet in horisontellt. På marknaden finns brunnsfilter för olika jordar.

Rörbrunnar av stål slås eller grävs ned, medan plaströr grävs eller spolas ned.

Med pumpning kan grundvattenytans strömningsriktning tillfälligt "vändas" mot pumpstället och därmed temporärt begränsa spridning i annan riktning. Det uppumpade förorenade vattnet bör samlas i tät container, tankvagn eller dylikt för senare omhändertagande. Saknas färdig behållare kan dammar snabbt byggas med hjälp av grävmaskin, i form av gropar som kläs med plast-, gummi- eller bentonitmatta (-duk).



Figur 8. Förorening som sprids ovan grundvattenytan uppsamlas genom pumpning i ett schakt. Olja kan t ex samlas i en tank, vilken fungerar som oljeavskiljare. Grundvattenytan sänks temporärt vid pumpningen.

Lämplig pump i Räddningstjänsten skall kunna användas till olika vätskor under begränsad tid, vilket ställer speciella krav:

- Pumpen bör vara självvakuerande för att kunna ta upp spillda vätskor då luft kommer in i sugslangen. Den vakuometriska sughöjden skall vara minst 5 m vid ångtrycket 100 kPa och densiteten 1000 kg/m^3 . Ett alternativ till självvakuerande pump är dränkbar pump.

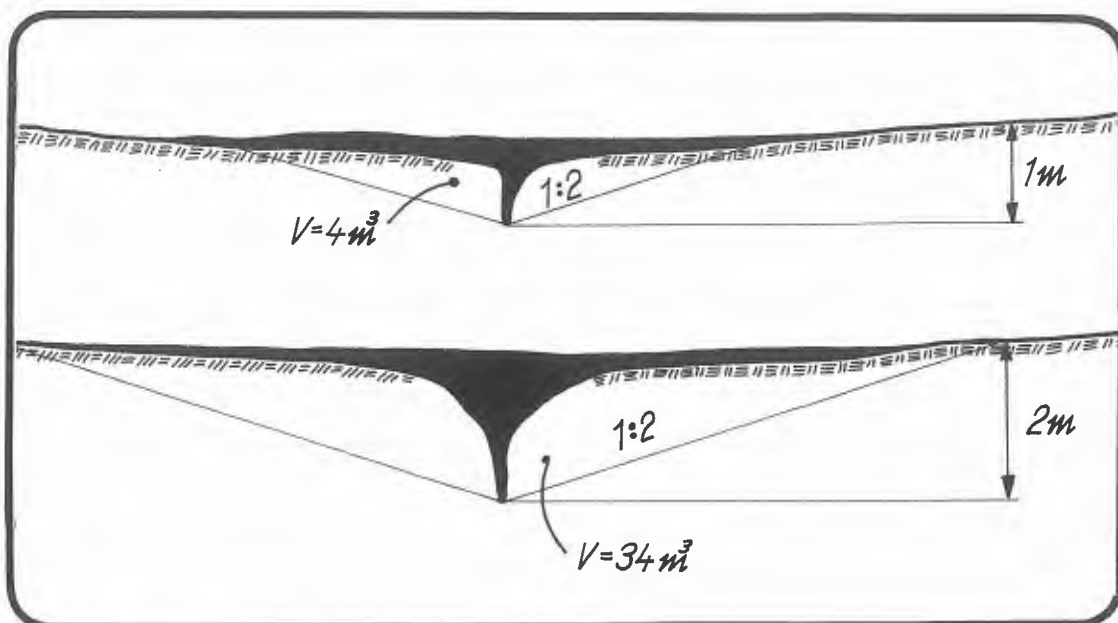
- Kapaciteten bör vara 300 l/min. Den maximala tryckhöjden bör inte understiga 10 m. Kapaciteten skall vara lätt att reglera, från inget till fullt flöde.

- Angående den kemiska resistansen skall den klara att pumpa 7 olika "dimensionerande" kemikalier vid flöden upp till 300 l/min vid 20°C i 3 timmar. Vätskorna är:

- svavelsyra 96-98 %
- salpetersyra 65 %
- tinner
- triklöretylen
- xylen
- ammoniak 25 % i vatten
- natriumhydroxid 45 %

- Pumpen ska vara explosionsskyddad.

- Pumpen skall klara vätskor med en viskositet $1000 \text{ mm}^2/\text{s}$ vilket motsvarar olja SAE 30 vid $+7^\circ\text{C}$.



Figur 9. Ju längre ned i jorden en förorening sprids desto större blir jordvolymen som ska grävas bort. Om schaktdjupet ökar från 1 till 2 meter, (vid släntlutning 1:2), ökar schaktningsvolymen från 4 m³ till 34 m³ !!

● Urgrävning. Om föroreningen sprids i jorden och åtgärderna ovan inte kan tillämpas, återstår urgrävning. Då föroreningen runnit ned i marken kan man försöka genskjuta den med hjälp av en uppsamlingsgrop. Beroende av jordart och massornas storlek, används grävskopa eller spade.

Gropens (schaktens) släntlutningen har stor betydelse för stabiliteten. Man bör vara uppmärksam på att ett schakt plötsligt kan kollapsa genom ras eller skred. Följ därför rekommendationerna nedan!

Rekommenderade maximala släntlutningar:

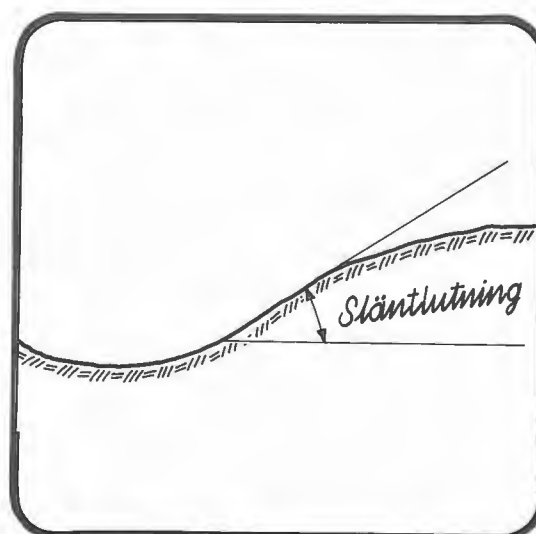
Torr sand, torrt grus: 30 - 40°
(1:1,5)

I jordfuktig sand eller grus kan brantare slänter grävas:

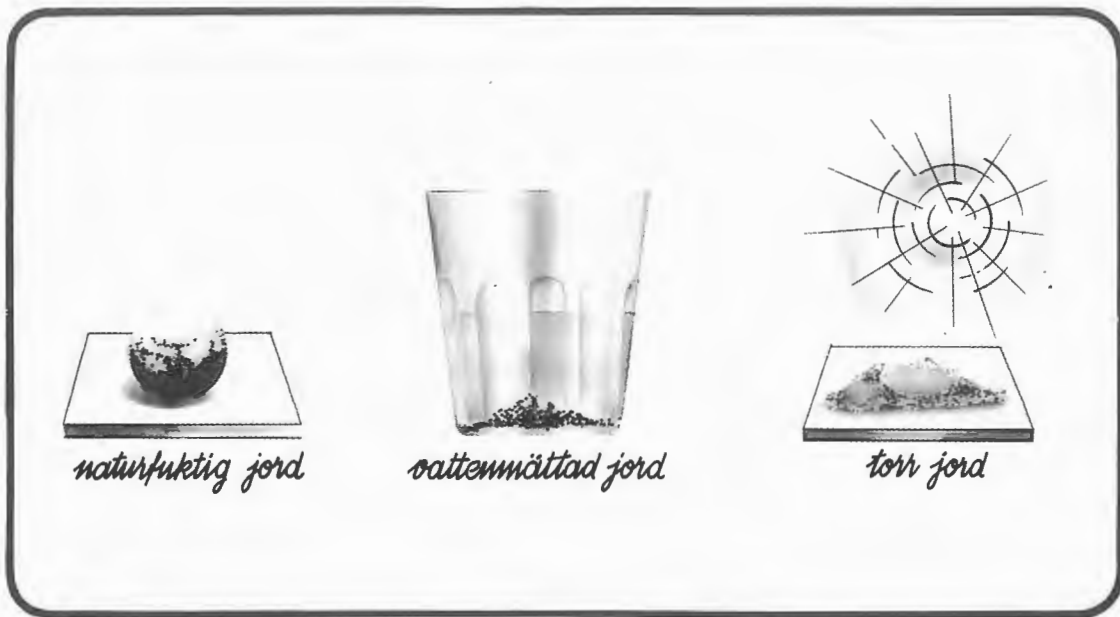
Jordfuktig sand: 70-80° (3:1 ; 5:1)

Jordfuktigt grus: 35-45° (1:1,5 ; 1:1)

Den förbättrade hållfastheten i jordfuktiga material försvinner när jorden blir vattenmättad eller helt torr.



Figur 10. Släntens vinkel mäts från horisontalplanet. 45° är lika med 1:1.



Figur 11. Jordens hållfasthet i naturfuktigt tillstånd försvinner då den blir vattenmättad eller helt torr (Efter Gräv säkrare, 1981).



Vid jordfuktig sand kan nästan vertikala slänter grävas...



...men hur länge dröjer det innan sanden är vattenmättad och schakten kollapsar.

Figur 12. Stabilitet i schakt (Efter Gräv säkrare, 1981).

Angående silt är det svårt att på förhand avgöra maximal slänthlutning och schaktdjup. Tiden för hur länge schakten står öppen betyder mycket för stabiliteten. Ju längre öppettid desto flackare slänt behövs.

Lera: 45° (1:1). Om leran innehåller sprickor i markytan fylls dessa med vatten när det regnar och stabiliteten minskar. Schakta alltså med flackare slänt eller minskat djup om det är risk för regn på sprucken lera.

Bottenmorän (hårt packad morän, även kallad pinmo): $70 - 80^{\circ}$ (3:1 ; 5:1)

Ytmorän (lösare packad morän, ibland svallad): $50 - 70^{\circ}$ (1,2:1 - 3:1)

För schakt som är öppna under lång tid (flera dagar) minskas slänthlutningen.

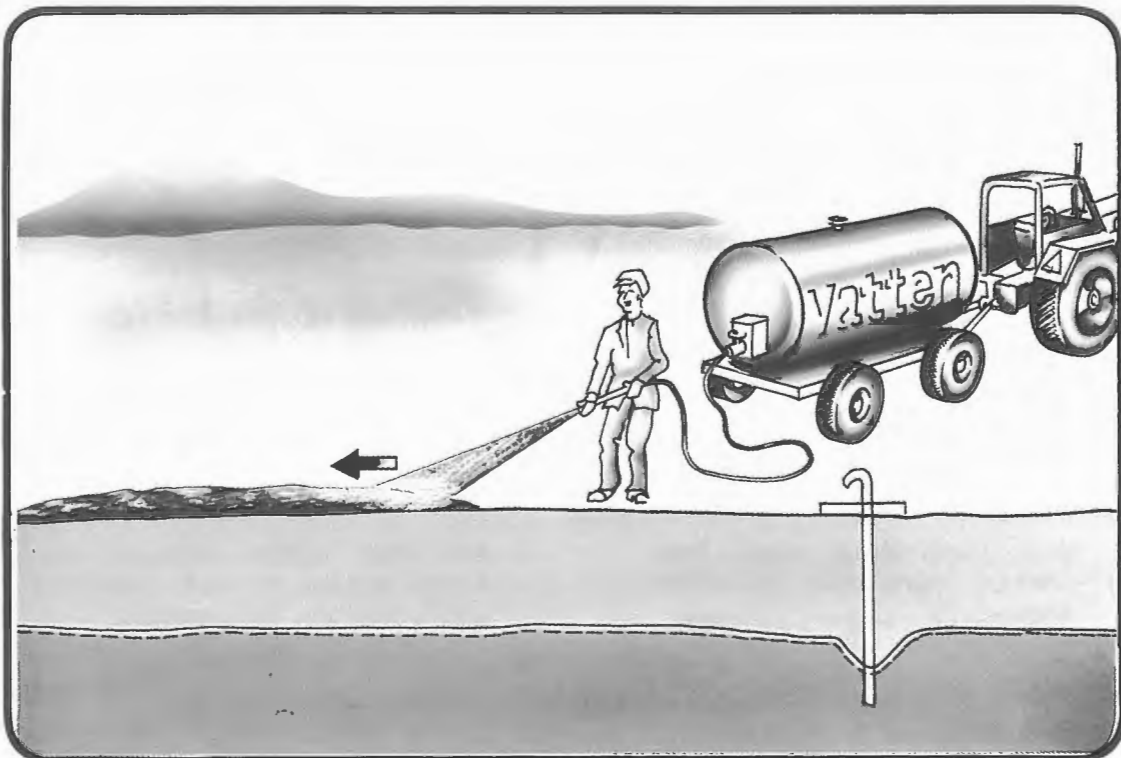
I skiktade jordar (studera materialet i schaktväggen) kan stabiliteten äventyras på grund av ändrat portryck. Gräv med flackare slänt om skikt observeras.

Finns det inte utrymme för tillräckligt flacka slänter, på grund av t ex byggnader, ska stödkonstruktion, t ex stämp, spont eller stödringar användas. Detta är jobb för specialister. Tunga föremål, t ex fordon eller schaktmassor får inte placeras nära schaktkanten.

Observera eventuella täta skikt i jorden, där föroreningar hindras i sin vertikaltransport. Vid oförsiktig grävning kan ett sådant tätskikt punkteras och föroreningen transporteras ned mot grundvattnet. För att undvika detta, bör försiktighet iakttagas när man märker att föroreningen har spridits i sidled.

BEHANDLING PÅ PLATS

Åtgärder för behandling på plats är t ex spädning, spridning, neutralisering, förgasning och utfällning. Till sättning av lösningsmedel gör att föroreningen blir mindre viskös (mer lättflytande) och lättare att pumpa, men samtidigt gynnas spridningen.



Figur 13. Man bör spola så att föroreningen inte drivs mot känsliga objekt, dvs spola mellan objektet och föroreningen.

● När det inte är möjligt att samla in (mer av) föroreningen återstår att späda den i yt- eller grundvatten. Den naturliga utspädningen är i allmänhet större i ytvatten än i grundvattnet. Då den naturliga utspädningen inte förväntas bli tillräcklig, ökas spädningen genom att spola med vatten. Erforderlig vattenmängd bestäms främst av jordart, spilld mängd och koncentration, men även av om det finns känsliga objekt i närheten, t ex naturskyddsområde, bebyggelse eller rekreationsområde. I genomträngliga jordar (sand och grus) är möjligheten till fastläggning och nedbrytning liten och konstgjord utspädning erfordras. I dåligt genomträngliga jordar är fastläggningsmöjligheterna stora men den naturliga utspädningen dålig och spolning erfordras även i dessa jordar.

● Vid spridning av en förorening kan ett "motgift" tillsättas för att t ex neutralisera pH, fälla ut ett ämne till fast fas eller förgasa ett flytande ämne.

● Neutralisering bör endast tillgripas om dimensionering av neutraliseringsmedlet kan ske rätt. Neutraliseringsmedlet får inte utgöra ett större hot mot miljön än föroreningen gör. Neutraliseringen ska ske någorlunda snabbt.

● Förgasning får endast ske om detta ej skapar andra problem, som t ex brand, explosionsfara eller risk för personal eller andra (gasförgiftning).

● Vid utfällning skall samma försiktighetsåtgärder vidtagas som vid neutralisering.

SANERING

Då räddningstjänstarbetet är avslutat och annan personal tar över saneringsarbetet är det väsentligt att de får information angående:

● ämnet som spillts (mängd¹, densitet viskositet mm),

● uppgifter om olycksplatsen; diken, brunnar, vattendrag, jordart, känsliga objekt mm,

● åtgärder som vidtagits - typ och uppnådd effekt.

1) Skilj på mängd (volym) förorening och mängd (volym) förorenad jord.

5. VILKEN BETYDELSE HAR JORDEN OCH GRUNDVATTNET VID SPRIDNING AV FÖRORENINGAR?

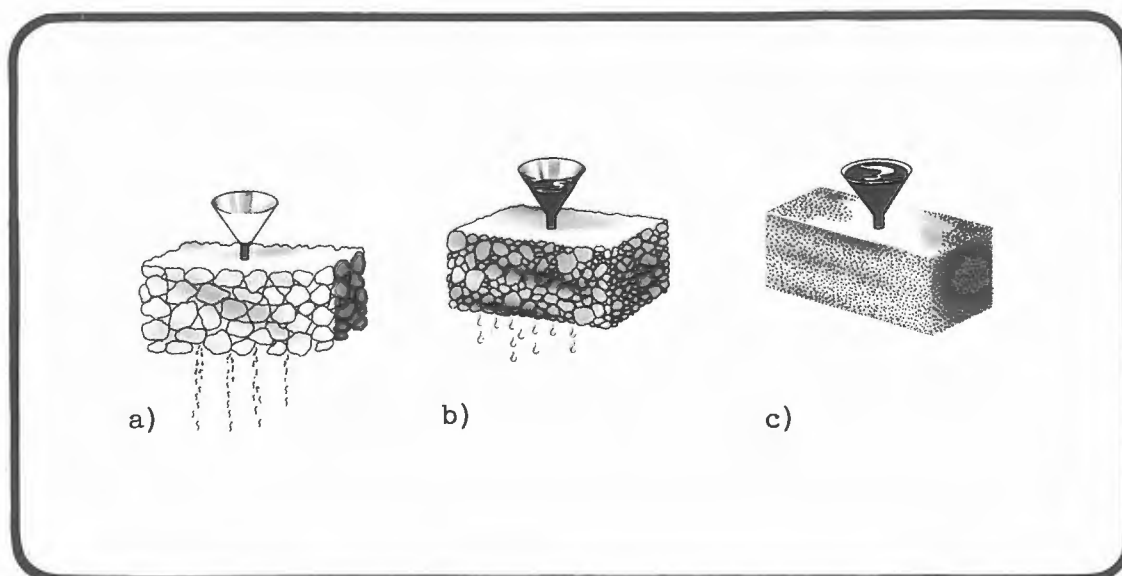
Vätskors transporthastighet i jord beror på många faktorer. Hastigheten ökar om:

- vätskans densitet ökar
- vätskan blir lättflytande (viskositeten minskar)
- vätsketrycket ökar
- jordens hålrumsvolym ökar, se figur 3
- grundvattenytans lutning ökar (gäller transport under grundvattenytan)

Ju lösare lagrat materialet är och ju större korn materialet innehåller, desto större blir genomträngligheten.

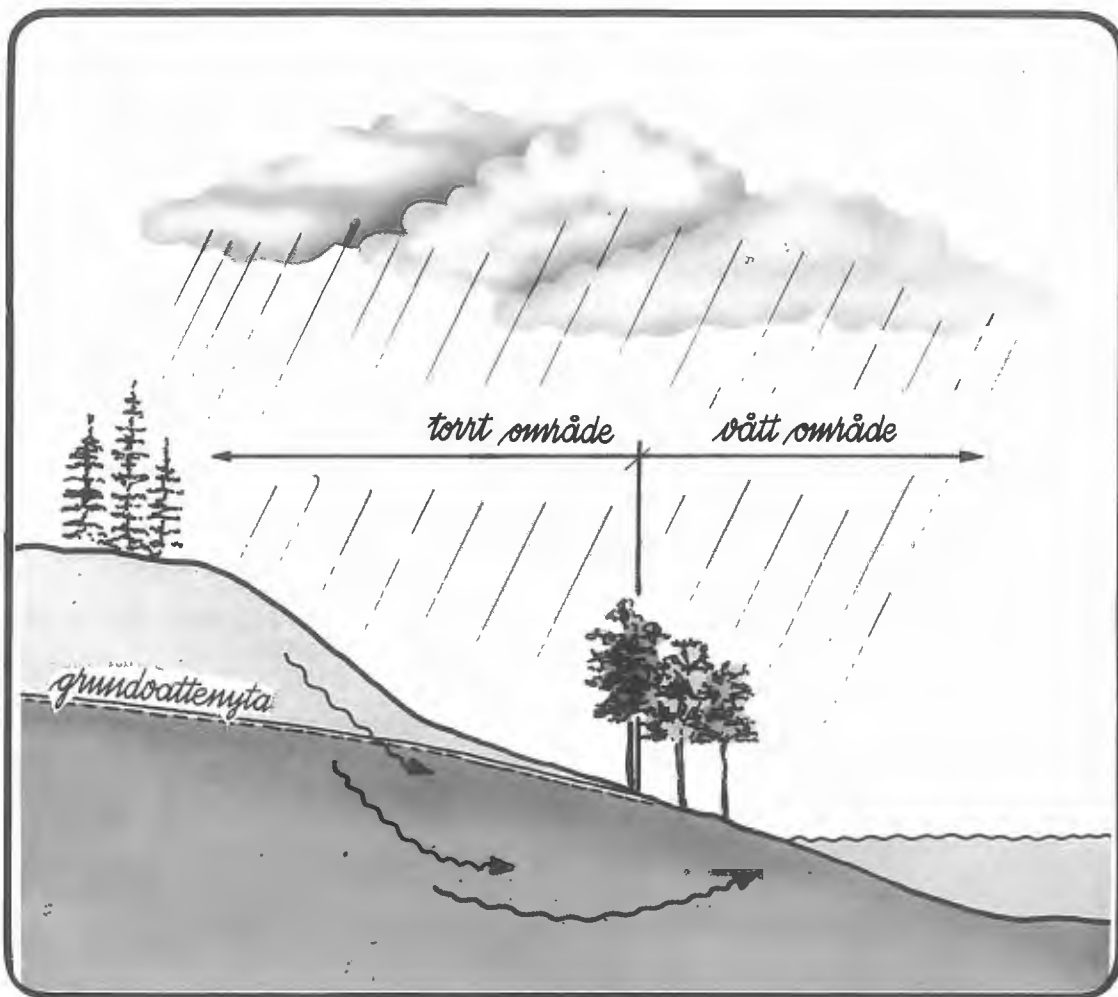
Naturlig jord består av fasta partiklar och mellanliggande utrymme, porer. Det fasta materialet består av mineralkorn och organiskt material. Ovan grundvattenytan¹, den omättade zonen, innehåller porerna både vatten och luft. Under grundvattenytan, den mättade zonen, är porerna helt fyllda med vatten.

1) Grundvattenytan är den nivå som stabiliseras när man gräver en grop i jorden och låter "markvattnet" rinna till. Nivån beror på ett flertal faktorer, men brukar ligga någon eller några meter under markytan.



- Löst lagrat material (stor hålrumsvolym). Stor genomtränglighet.
- Hårt packat material (liten hålrumsvolym). Liten genomtränglighet.
- Lera. Praktiskt taget ogenomträngligt.

Figur 14. Genomtränglighet för några olika jordarter (Efter Knutsson & Morfeldt, 1973).

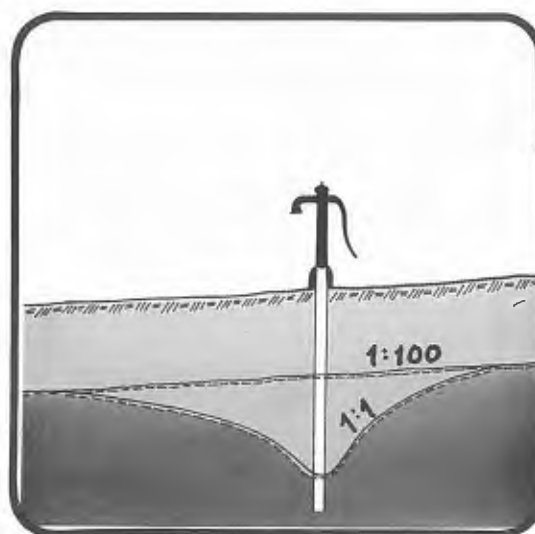


Figur 15. Förenklad bild av vattnets strömmingsväg genom jorden.

Vattnet i jorden rör sig hela tiden. I den mättade zonen strömmar grundvattnet normalt i den riktning markytan lutar. I den omättade zonen är sjunkvattnets hastighet lägre än i den mättade zonen. Transporten är riktad vertikalt nedåt.

Ju större grundvattenytans lutning är desto snabbare strömmar vattnet och eventuella föroreningar i jorden. Lutningen är normalt liten, kanske 1%. I närheten av en brunn med vattenuttag är dock lutningen betydligt större, se Fig. 16.

När en förorening når grundvattenytan sprids den snabbare och mera "okontrollerat" än ovan grundvattenytan och kan förorena vattentäcker inom ett stort område. Grundvattnets strömningshastighet och transportriktning är av stor betydelse för spridningen.



Figur 16. Grundvattenytans lutning.

Jorden mellan markytan och grundvatt-
net fungerar som ett mer eller mindre
effektivt skydd för grundvattnet. I
grus och sand tränger vätskan omedel-
bart ner genom markytan. Dessa jordar
utgör därmed ett dåligt skydd, medan
däremot lera är praktiskt taget oge-
nomtränglig.

VART TAR VATTNET VÄGEN?

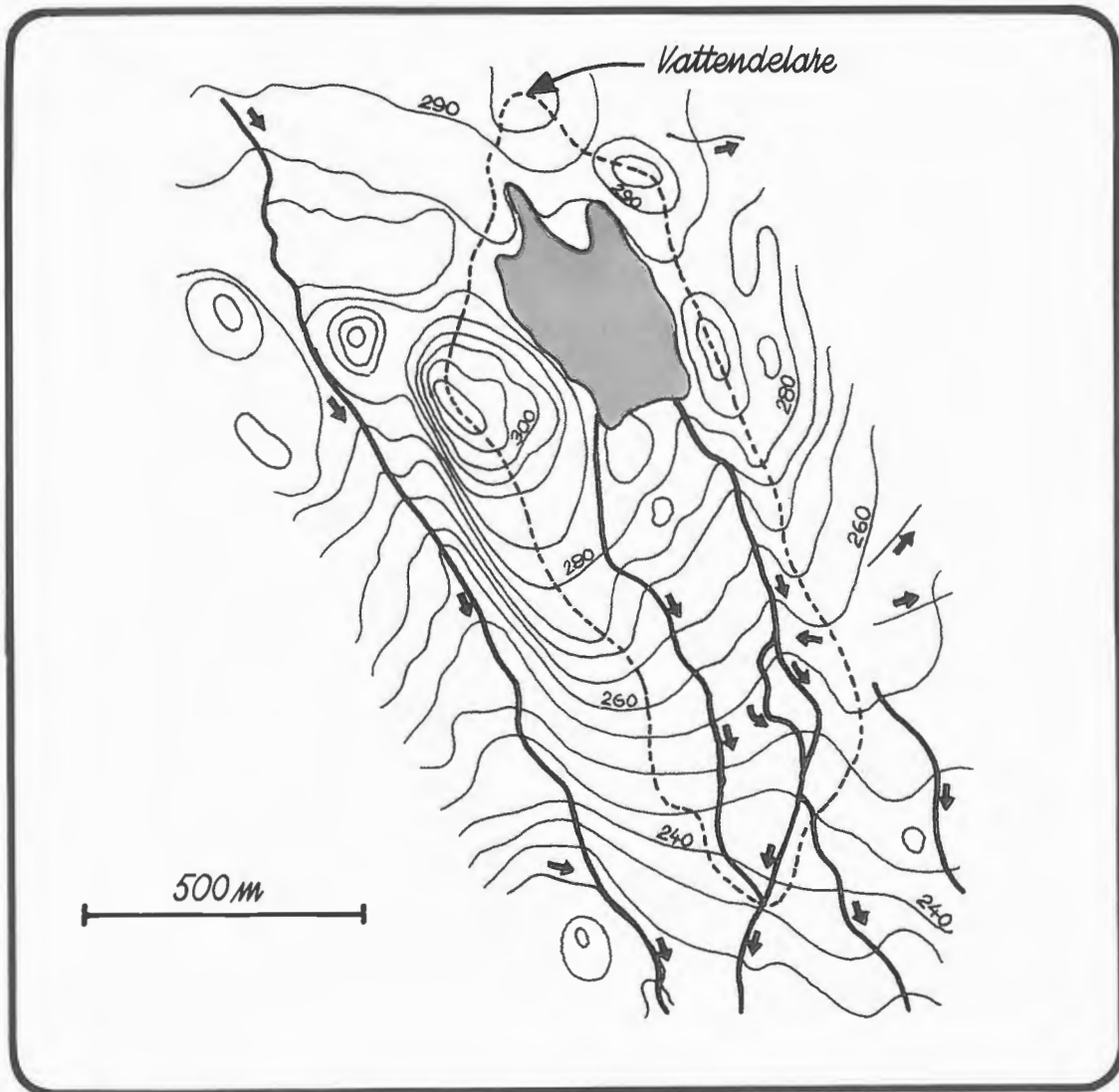
Varje vattendrag har tillrinning från
ett visst landområde. Områdets ut-
sträckning beror bland annat på topo-
grafin, t ex en dalgång, omgiven av
högre partier. Detta uppsamlingsom-
råde kallas vattendragets avrinnings-
område. (I litteraturen förekommer

även benämningen nederbördsområde och
uppsamlingsområde.) Gränsen mellan
olika avrinningsområden kallas vatt-
tendelare.

Inom avrinningsområdet strömmar vatt-
net i och på marken. Transporten sker
i huvudsak i riktning mot vattendra-
get. I Sverige strömmar oftast större
delen av vattnet i marken.

Observera att grävda diken, liksom
sprickzoner i berg (ofta inte utsatta
på kartor), kan ändra den bild av vat-
tentransporten som topografin ger upp-
hov till.

I berg styr sprick- och krosszoner
vattentransporten.



Figur 17. Avrinningsområdet är omgivet av högre partier vilka fungerar
som vattendelare (Efter Grip & Rodhe, 1985).

6. JORD

Jordarten vilken föroreningen spillts i är avgörande för hur ämnet sprids i marken. I detta kapitel beskrivs olika jordarter; definition, kännetecknen, förekomst och egenskaper. Dessutom anges riktvärden för grundvattensytans nivå och vattnets transporthastighet i respektive jord.

KLASSIFICERING AV JORD OCH BERG

Ett antal klassificeringssystem finns inom olika vetenskaper som behandlar jord och berg.

I denna handbok indelas berget i bergarter och jorden i jordarter.

Den fasta delen i en jord, kornen, delas i sin tur in i olika kornstorlekar, fraktioner. Det är väsentligt att skilja mellan begreppen "jordart" och "fraktion".

Tabell 2. Sammanställning av fraktioner (Svenska geotekniska föreningen).

Benämning	Fraktion (mm)
Block	> 600
Sten	60 - 600
Grus	2 - 60
Sand	0,06 - 2
Silt	0,002 - 0,06
Ler	< 0,002

SAND OCH GRUS

Sand och grus kallas ibland grovsediment. Dessa jordarter är mycket genomträngliga och utgör därför ett dåligt skydd för grundvattnet. Vattnets hastighet i grus är 1 m/timme - 100 m/timme och i sand 0,1 mm/timme - 1 m/timme (beräkning se Appendix).



Fig 18. Grus och ibland sand kan förekomma i jämnrunda, åsformiga kullar (Foto Jan Rogbeck).

Grundvattenytans nivå varierar beroende av var i terrängen materialet är avlagrat. I ett höjdområde är avståndet mellan markytan och grundvattenytan större än i en dal. Ofta står grundvattenytan på flera meters djup.

Jordarterna påträffas sällan renodlade utan är ofta blandade med varandra eller med övriga fraktioner, t ex sandigt grus eller grusig siltig sand. Övergångar förekommer mot helt osorterade jordar, morän.

Sand och grus är benämning på både fraktion och jordart. Fraktionen sand är 0,06 - 2 mm och grus är 2 - 60 mm. Gruskorn varierar således i storlek från hagel till bandyboll. Sandkorn är mindre än hagel och kan vara svåra att se med ögat. Enskilda sandkorn kan kännas mellan fingrarna.

Sand och ibland även grus förekommer i plana, jämna avlagringar. Tall brukar dominera som träd och blåbär, ljung och lingon dominerar i undervegetationen.

Grus och ibland även sand kan vara avlagrade i så kallade rullstensåsar.

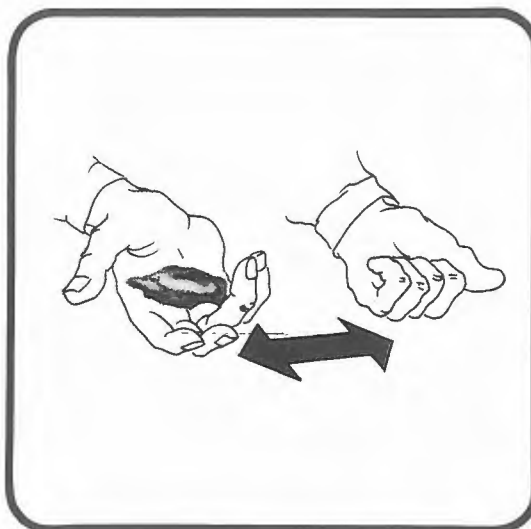
SILT

Silt är, liksom sand och grus, benämning på både jordart och fraktion. Fraktionen silt är 0,002 - 0,06 mm, dvs den ligger mellan sand och ler i skalan. Tidigare benämning av fraktionen silt var mjåla och finmo. I jordarten silt utgör fraktionen silt den karaktäriserande delen. I silt är lerhalten mindre än 15 viktprocent.

Fraktionerna silt och ler kan vara svåra att skilja åt eftersom ingen av dem kan urskiljas med ögat. Man kan dock känna siltkornen mellan fingrarna. Silt kan lätt sköljas bort vilket är svårt med lerpartiklar. "Skakprovet" är ett annat sätt att testa silt, Fig. 19.

Vattnets hastighet i silt är relativt låg och kan variera mellan 1 cm/år - 1 m/år (beräkning se Appendix).

Grundvattenytans nivå brukar i finsilt ligga nära markytan och i grovsilt några meter under markytan.



Figur 19. Ett sätt att avgöra om materialet är silt är "skakprovet". Skaka ett vått prov i handen. Består provet av silt blir det blankt av vatten på ytan, men matt igen när man trycker på det. (Gräv säkrare, 1981).

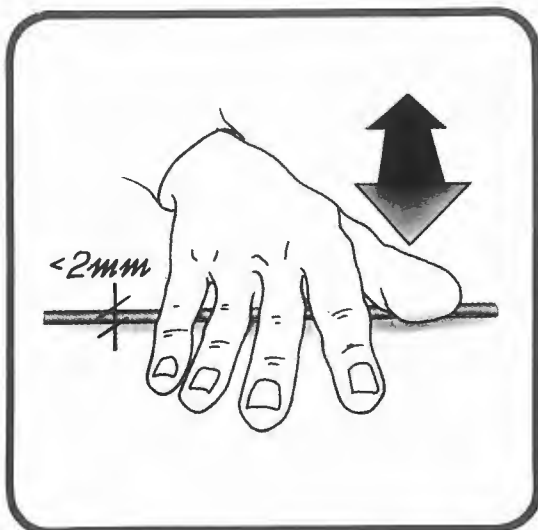
Silt förekommer mestadels som skikt i lera i låga partier i terrängen, t ex älvdalar. Områden med silt utgör endast några få procent av landets yta och består mest av uppodlad mark.

LERA

Lera har god förmåga att fastlägga främmande ämnen, vilket är positivt för att hindra spridning till grundvattnet. Lerstrukturen kan dock lätt brytas ned av frost, vatten, kemikalier eller genom mekanisk påverkan.

Lerpartiklar är mindre än 0,002 mm och kan inte kännas mellan fingrarna, utan materialet känns "smörigt" eller som pasta. Lera kan inte utan vidare sköljas bort. Med hjälp av "rullprovet" kan man avgöra om materialet är en lera, Fig. 20.

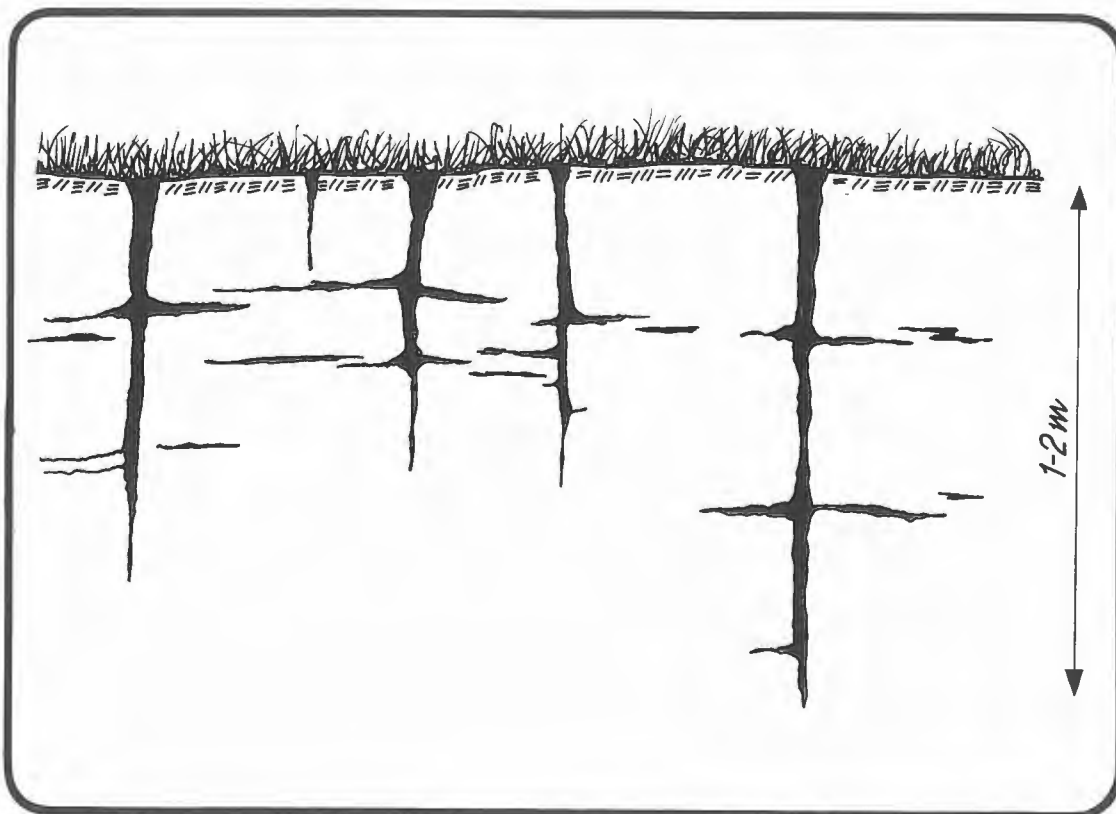
Lera är en jordart som innehåller minst 15 % ler. Lera kan alltså innehålla upp till 85 % grova korn! Anledningen är att vid mer än 15 % ler fylls hålrummen i jorden, de grova kornen förlorar kontakten med varandra och lerans egenskaper dominerar. I en jord med så mycket grovt material kan rullprovet inte tillämpas.



Figur 20. Rullprovet. Lera kan rullas ut i en sammanhängande tunn tråd mindre än 2 mm tjock. (Efter Gräv säkrare, 1981).

Lera förekommer i dalgångar, kring floder och vattendrag, på slätter och andra plana, låga terrängpartier. På grund av den ytliga bearbetningen som väder och vind åstadkommer på lera, ombildas lerans struktur, den blir grynig och grusig vilket gör den lätt att markbereda. Eftersom den också kan magasinera näringsämnen är den lämplig att bruka som åkermark. Praktiskt taget all obebyggd lerjord är i dag uppodlad i vårt land. Flera av våra tätorter ligger på lermark.

Översta lagret (ca 1-2 m) i en lera är ofta torr och uppsprucken, den så kallade torrskorpan. Under torrskorpan är leran ofta vattenmättad. Regnvatten kan lätt rinna ned i torrskorpans sprickor men förmår sällan tränga vidare genom den vattenmättade leran. Torksprickorna är som mest öppna på sommaren och sväller igen på senhösten/vintern varvid genomträngligheten blir mindre. En jämförelse är jorden i en blomkruka. Den fuktiga jorden fyller hela krukans medan uttorkad jord har torksprickor, ofta längs krukkanten.



Figur 21. Profil genom lerjord med torrskorpa. Regnvatten infiltrerar vertikalt i sprickorna och transporteras sedan ovan den vattenmättade leran.

Vattnets hastighet i vattenmättad lera är mycket låg, endast 0,01 mm/år - 1 cm/år (beräkning se Appendix).

Vid frånvaro av torrskorpa står grundvattenytan i nivå med markytan, annars under torrskorpan, dvs vanligen 1-2 meter under markytan.

MORÄN

Moränens genomtränglighet är beroende av materialets packningsgrad. En typ av morän, bottenmorän eller pinno, har packats hårt av landisen. En annan moräntyp, svallad morän, är löst lagrad. Skillnad i packningsgrad påverkar i hög grad genomträngligheten. Vattnets transporthastighet varierar inom vida gränser; 3 mm/år - 1 m/dygn (beräkning se Appendix).

Grundvattenytans nivå varierar under året. Ofta står den 2-4 m under markytan.

Morän är Sveriges vanligaste jordart och täcker ca 3/4 av landets yta.

Moränens mäktighet varierar kraftigt, ibland sticker berggrunden fram i sluttningarna eller på höjderna, medan mäktigheten i dalgångar kan uppnå 10-tals meter.

Morän innehåller alla fraktioner från stora klippblock till små lerpartiklar. Kornen är oftast kantiga. Morän kan vara antingen finkornig (lerig eller siltig morän) eller grovkornig (sandig eller grusig morän). I litteraturen förekommer begreppet normalmorän, en morän utan någon dominerande fraktion.

De finkorniga moränerna förekommer ofta tillsammans med lera i bl a Skåne, Östgöta-, Västgöta-, och Närke-slätterna samt i Jämtland. De lokala variationerna, bland annat beroende av ingående bergarter, är emellertid stora.



Figur 22. Morän kännetecknas av ojämna markformer (småbruten terräng), block i ytan och torr vegetation ofta barrskog på höjderna. (Foto J Rogbeck).



Figur 23. Den så kallade laggen omger högmossen. (Foto J Rogbeck).

TORV

Torv förekommer i horisontella, vattensjuka områden. Torv som förekommer i s k högmosse omges av en flack vattensjuk bård, den så kallade laggen, vilken fungerar som dränering.

Materialet utgörs av växtdelar. Under torven kan det förekomma flera olika jordarter, men ofta finns gyttja närmast under torven. Gyttjan visar att torven bildats i en igenväxt sjö. Flera torvmarksområden vilar dock direkt på berggrunden.

Vattnets transporthastighet i torv är bland annat beroende av humifieringsgraden (nedbrytningsgraden). Hastigheten har beräknats till 1 mm/dygn -0,3 m/dygn.

Grundvattenytan i torv står oftast i markytan.

FYLLNING

Fyllning innebär att markytan är täckt med material som flyttats dit genom mänsklig försorg. Fyllningssmassor kan vara såväl naturmaterial (t ex schaktmassor och sprängsten) som avfall och restprodukter (t ex byggnadsavfall).

Fyllningar kan ha vitt skilda egenskaper med avseende på genomtränglighet. Det kan vara en tät lera, men vanligast är att en fyllning har stor genomtränglighet (t ex sprängsten, makadam, byggnadsavfall). Även om materialet härrör från platsen har det ofta större porositet efter omlagring (schaktning).

Djupet till grundvattenytan beror främst på var i topografin fyllningen lagts ut.

Vid så gott som alla byggnader och anläggningar finns någon form av fyllning. Den tjänar som t ex förstärkningslager, kapillärbrytande skikt (hindrar vattenuppsugning underifrån) eller helt enkelt som utfyllnad. Vid dränering kan fyllning användas som ledningsbädd runt ett dräneringsrör eller som dräneringsmaterial.

Observera att material som frigolit ibland har använts som isolering i väggkroppar och under byggnader. Om en förorening når isoleringen kan denna mycket lätt lösas upp.

Tabell 3. Sammanställning av jordarter i terrängen.

		ÅKER	ÄNG/BETESMARK	SKOG	BEBYGGELSE	
PLAN TERRÄNG	Stenfri	Lera eller andra finsediment ev. org jord eller sand	Organisk jord (torv)			
			Sand, ev silt eller grus			
	Lösa, rundade stenar (små)	Sand, eventuellt silt eller grus				Fyllning (ospec.)
	Småblockig, stenig					
Berghällar	Lera	Morän				
KUPERAD TERRÄNG	Stenfri	Sand, silt (eventuellt moränlera)				Fyllning (ospec.)
	Lösa, rundade stenar, stora	Rullstensås (eventuellt svallad morän)				
	Fasta, kantiga stenar	Morän, moränlera	morän			
	Blockig, stenig					
	Storblockig					
	Bergpartier, kantiga					
	Berg					

7. BERG

Den svenska berggrunden består till största delen av olika varianter av huvudbergarterna gnejs och granit. Dessa bergarter är i sig praktiskt taget täta, men de innehåller alltid sprickor som kan transportera vatten. Frekvensen av sprickor varierar normalt mellan en spricka per dm till en spricka per 1 à 2 meter. Ansamlingar av sprickor, mer än 10 sprickor per meter, i denna typ av berggrund förekommer längs så kallade sprick- och krosszoner.

Sprickzoner upptar vanligen enbart några få procent av bergmassan, varför vattenströmningen i urberget är koncentrerad till vissa stråk. Sprickzonerna är ofta vertikala eller nästan vertikala. Horisontella, kraftiga, enskilda sprickor är dock vanliga tillsammans med vertikala sprickor i granit.

Inlandsisen har haft lättare att erodera bergrunden där denna varit uppsprucken i form av sprick- och krosszoner. Därför är dessa zoner ofta förbundna med låglinjer i terrängen och ofta täckta med jord (sprickdalar). Sprickzonerna är sällan blottade annat än i skärningar.

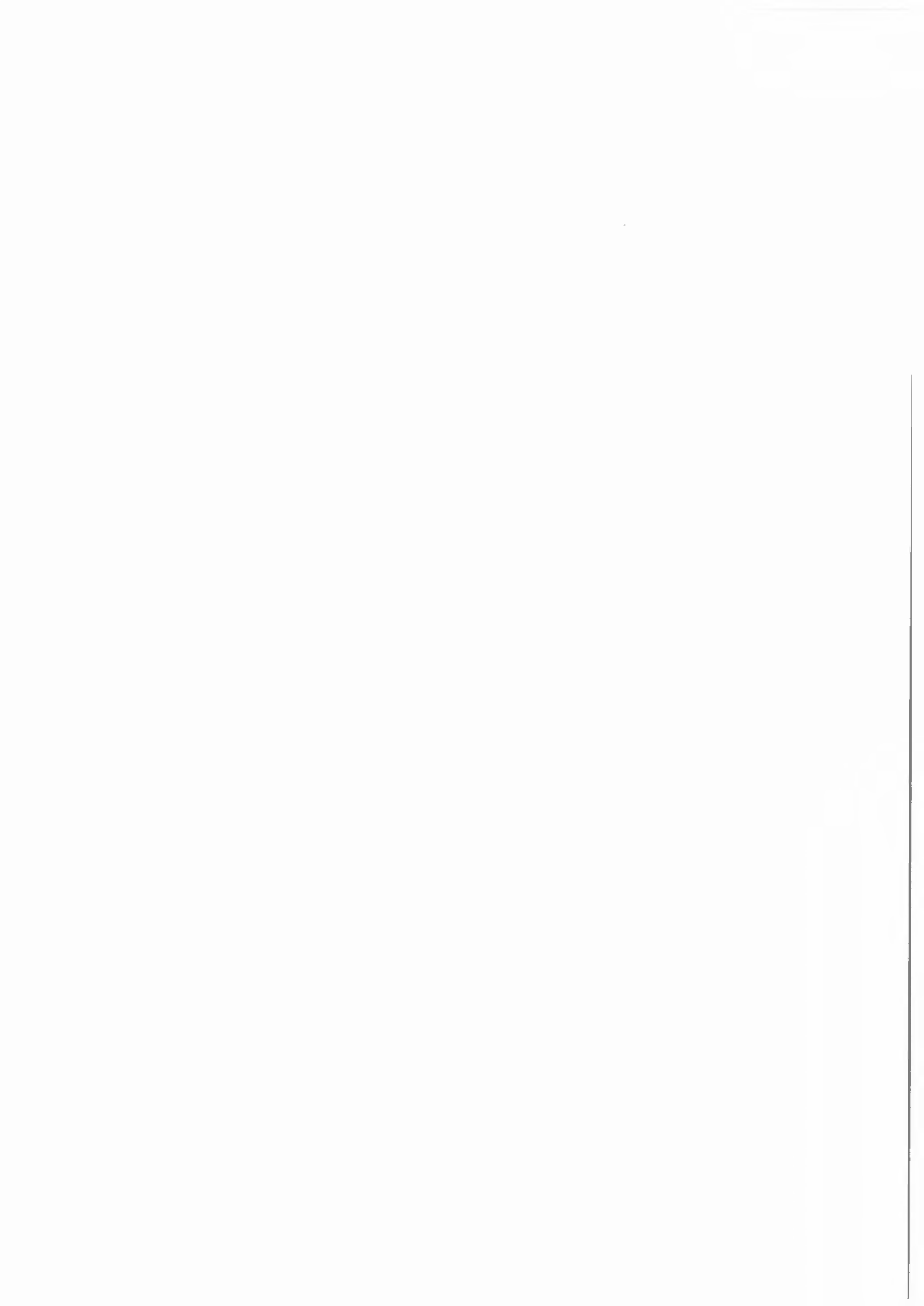
Sprickzonernas bredd brukar vara 1-10 m för lokala zoner och 10-50 m för regionala zoner. Avståndet mellan lokala zoner brukar variera mellan 10 och 500 m och mellan regionala zoner 200 och 5000 m. I sprick- och krosszoner rör sig vattnet, och föroreningen, betydligt snabbare än i den normalt uppspruckna bergmassan.

Vatten eller förorenat vatten transporteras snabbt i sprickzonerna, 1 - 10 000 m/år. Vattnets naturliga hastighet utanför sprickzonerna är mycket lägre, upp till några cm per dygn för gnejs och granit i södra Sverige.

I de fall pumpning eller annan dränering (t ex bergtunnlar) förekommer i berget ökar omsättningen av vatten snabbt inom ett visst område. Detta matningsområde är ofta tydligt utdraget längs sprickzonerna, varför riskområdet till t ex en djupborrad brunn kan vara svårt att fastställa. I den omedelbara närheten till en sådan vattentäkt (<50 à 200 m) kan transporten av t ex en förorening även utanför sprickzoner vara snabb.

Djupet till grundvattenytan i berg varierar med bland annat bergart, mängd sprickor, deras fördelning samt topografin. I höjdparter, speciellt i granitisk berggrund följer grundvattenytan med markytan och får en trycknivå som ligger över omgivande mark.

Inom begränsade områden, ofta inom sk slättbyggd, dvs i Skåne, Västergötland, Östergötland, Närke och Jämtland samt dessutom på Öland och Gotland och i fjällkedjan, förekommer sedimentära bergarter. En del av dessa (t ex sandsten) är porösa och för mycket vatten. Andra, t ex skifferar är skiviga, men ändå ganska täta mot vatten och föroreningar. Ytterligare andra (t ex vissa kalkstenar) är hårda och uppspruckna och liknar granit och gnejs vad gäller vattentransporten. Variationerna i uppträdande är emellertid stor. Inom dessa områden kan grundvattenströmningen, på grund av skiktningen i bergarten vara mycket komplicerad. De enskilda förhållandena bör studeras särskilt och experter kan behöva anlitas.



APPENDIX

- VATTEN
- BERÄKNING AV VÄTSKORS TRANSPORTHASTIGHET
I DEN MÄTTADE ZONEN
- HÖGSTA KUSTLINJEN
- BEGREPPSFÖRKLARINGAR
- ATT LÄSA VIDARE
- EXPERTER

VATTEN

Vatten i naturen förekommer som ytvatten, dvs sjöar, vattendrag och våtmarker och som grundvatten. Nederbörd som inte avdunstar eller tas upp av växter rinner av på markytan eller tränger ned genom jorden mot grundvattnet. På sin väg ner mot grundvattnet passerar vattnet den så kallade omättade zonen och vattnet kallas då för sjunkvatten. I låga partier strömmar grundvattnet fram markytan och avbördas via vattendrag. Endast en mindre del av ytvattnet rinner av direkt på markytan, utan att strömma i grunden.

Grundvattenytan kan stå i jämnhöjd med eller ligga tiotals meter under markytan. Läget beror bl a på:

- Jordart : Hög genomtränglighet gör att vattennivån snabbt ställer in sig i den nivå som topografin bestämmer.
- Bergart: Ofta blir sprickor och krosszoner avgörande för grundvattenståndet.
- Topografi: Grundvattenytan står i allmänhet djupare under markytan i höjdområden än i dalgångar.

- Nederbörd och avdunstning

- Årstid: Vatten kan bindas i form av snö på markytan. Tjäle kan hindra nederbörd att tränga ner i jorden. Grundvattennivån sjunker då sakta för att snabbt höjas igen då tjälen går ur jorden och snön smälter. Sprickor i lera sväller igen på vintern.

Mer än hälften av regnvattnet avdunstar vanligtvis. Resten infiltrerar i marken och sjunker genom jordlagren, där en del tas upp av växter och en del fortsätter mot grundvattenytan. Tillförseln av sjunkvatten och utströmningen av grundvatten håller grundvattnet i ständig rörelse.

Som nämnts ovan varierar grundvattenytans nivå på en och samma plats beroende av klimat, årstid, topografi och jordart. Dessa fluktuationer beror även på jordart och materialets packning eftersom det är porerna i jorden som skall fyllas med vatten. I t ex berg och morän där porositeten är låg blir fluktuationen stor. Jämför med sand respektive grus i figuren nedan. I detta fall är sanden och gruset ensgraderat, dvs de respektive jordarna innehåller relativt jämnstora korn.

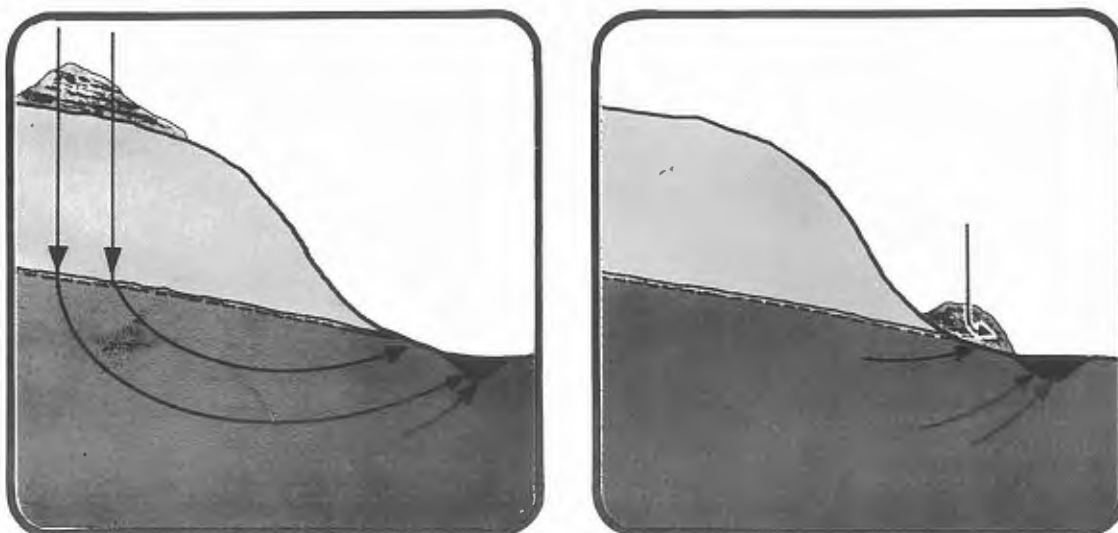
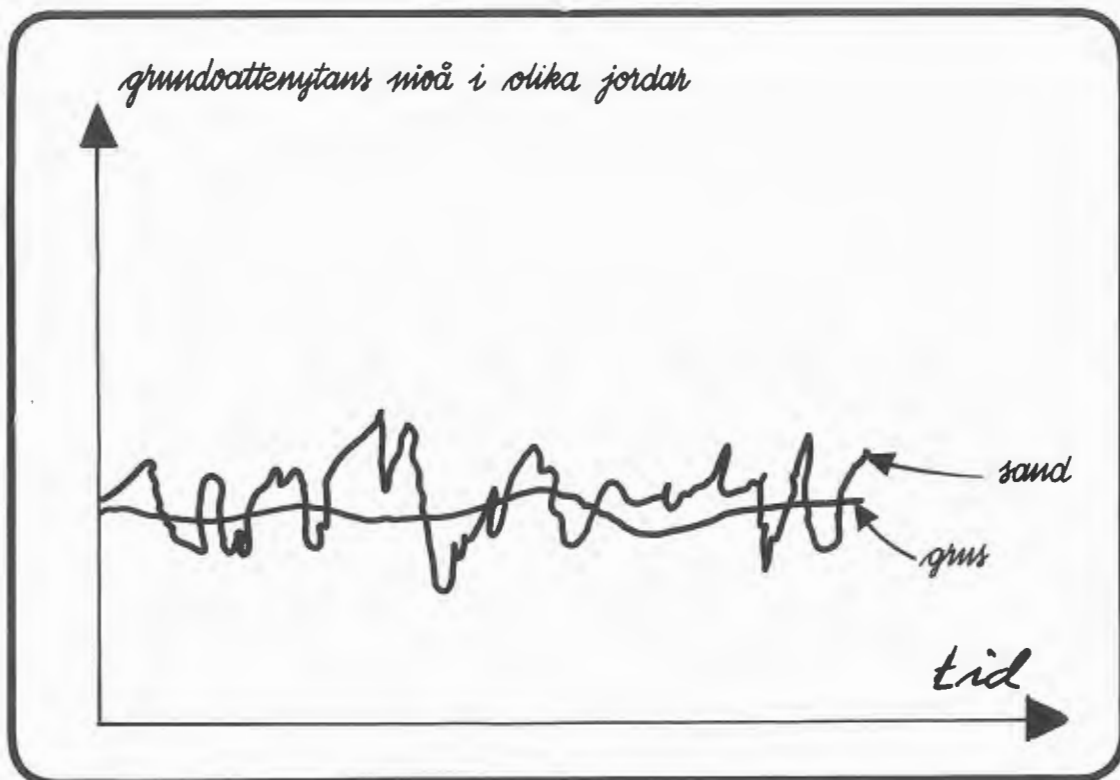


Fig 1. Förenklad bild av vattnets strömningsväg genom den omättade och den mättade zonen. Ju längre upp i inströmningsområdet (den vänstra figuren) en förorening sprids desto längre blir transportsträckan till t ex ett vattendrag. Utspädningen, fastläggningen och nedbrytningen blir större. (Efter Grip & Rodhe, 1985).



Figur II. Grundvattenytans nivåvariationer skiljer sig på ett karaktäristiskt sätt mellan olika jordarter.

Vatten är vårt bästa lösningsmedel. Främmande ämnen, t ex föroreningar, löses eller blandas med sjunkvattnet och transporteras ner i jorden. Beroende på jordens och föroreningens egenskaper når större eller mindre mängd av det främmande ämnet den mätade zonen, grundvattnet. (Se även kapitlet Föroreningar).

Kännetecknen för opåverkat grundvatten är att det är klart, luktfritt, färglöst, har frisk smak m m. Kapaciteten hos grunden att rena vattnet varierar i olika jordtyper, men kan vara avsevärd, särskilt när det gäller bakteriella föroreningar.

BERÄKNING AV VÄTSKORS TRANSPORTHASTIGHET I DEN MÄTTADE ZONEN

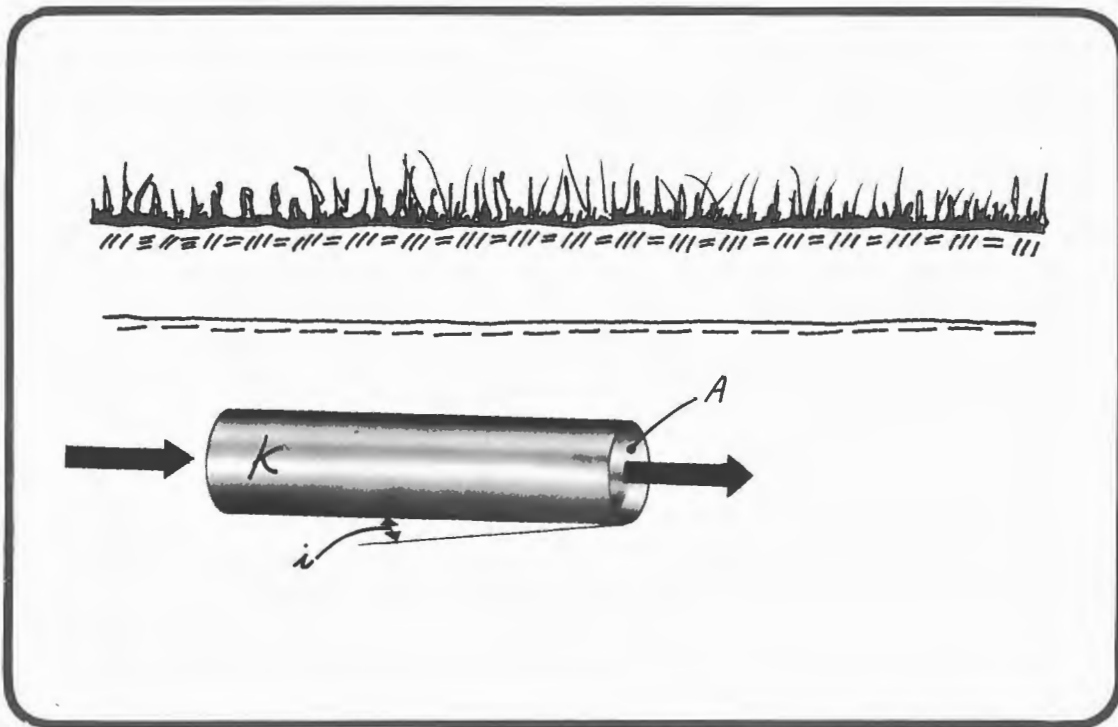


Fig III. Skär ut ett tänkt "rör" ur en jord. Röret ligger parallellt med och under grundvattenytan. Vattenflödet, Q (m^3/s) i röret beror på lutningen (gradienten), i och genomströmningsarean, A (m^2) samt genomträngligheten för vatten, K (m/s).

Divideras flödet Q med tvärsnittsarean A fås ett specifikt flöde, q :

$$q = \frac{Q}{A} \quad \left\{ \frac{m^3/s}{m^2} = \frac{m}{s} \right\}$$

Det specifika flödet q kan också uttryckas som funktion av jordens genomtränglighet, K (m/s) och rørets lutning, i (%):

$$q = \frac{K * i}{100} \quad \left\{ \frac{m}{s} \right\}$$

Sambandet kallas Darcys lag.

Sorten (m/s) indikerar att det specifika flödet är en hastighet, men det är egentligen en skenbar hastighet. Den verkliga hastigheten är ofta större än den skenbara på grund av att vattnet endast kan transporteras genom den del av jorden som består av porer. Den verkliga hastigheten, v , fås således genom att dividera det specifika flödet (=skenbara hastigheten), q , med materialets porositet, n (%):

$$v = \frac{K * i}{n} \quad \left\{ \frac{m}{s} \right\} \quad ..(1)$$

Sambandet gäller i mättrade förhållanden dvs under grundvattenytan. Ovan grundvattenytan rör sig vattnet vertikalt nedåt, där bestäms hastigheten av en mängd faktorer.

● Vilka siffror skall användas i formeln?

K (m/s) är alltså jordens genomtränglighet, följande värden används i beräkningarna:

grus	$1 * 10^{-3}$	-	0,1	m/s
sand	$1 * 10^{-7}$	-	$1 * 10^{-3}$	m/s
silt	$1 * 10^{-9}$	-	$1 * 10^{-7}$	m/s
lera	$1 * 10^{-12}$	-	$1 * 10^{-9}$	m/s
morän	$1 * 10^{-10}$	-	$1 * 10^{-5}$	m/s

Välj det lägsta värdet (det förstnämnda i resp intervall) då jorden är finkorning och packad.

i (%) är grundvattenytans lutning, ofta 1 %, men sätt 10 % för säkerhets skull. Intill en brunn sätt 100 %.

n (%) är jordens porositet. Normalt varierar den mellan 5 % och 50 %. Sätt 10 % för morän och 30 % för övriga jordar i överslagsberäkningar.

Nu kan vattnets verkliga transporthastighet beräknas enligt formel (1) på föregående sida.

● Annan vätska än vatten:

Alla vätskor har inte samma transporthastighet, även om jordarten är densamma. Transporthastigheten beror även på vätskans densitet och viskositet, se Tabell I eller "farligt godspärmen". Transporthastigheten gäller fortfarande i den mättade zonen.

Om vätskans densitet och viskositet är kända, korrigera v i formel (1) enligt nedan:

1. Är viskositeten angiven i cp (centipois) ska den först divideras med vätskans densitet (kg/m^3). Den "nya" viskositeten har sorten (cSt).

2. Dividera v med viskositeten (cSt).

3. Multiplicera med 1 cSt, vilket är vattnets viskositet (endast sorten ändras).

Det värde som nu erhålls är vätskans transporthastighet.

Tabell I. Densitet och viskositet för några olika vätskor.

vätska	densitet (kg/m^3)	kinematisk viskositet (cSt)	anm
vatten	1000	1	vid 20°C
bensin	700	1	svårslösl ¹ i vatten
Eo 1	850	2 - 5	-- " --
Eo 2	950	75 - 200	-- " --
Eo 3	950	300 - 700	-- " --
bensen	900	0,8	-- " --
lacknafta	800	mindre än 1	17-22 % aromater, svårslösl i vtn
salpetersyra	10 - 65 %: 1400	5	lösl i vtn
saltsyra	10 - 38 %: 1100	1	lösl i vtn
svavelsyra	96 %: 1840 75 %: 1650	50	lösl i vtn " "

¹) Mycket liten koncentration (20 $\mu\text{g/l}$) ger smak åt dricksvatten. Flera miljoner liter vatten kan alltså ta smak av 1 liter olja.

HÖGSTA KUSTLINJEN

Högsta kustlinjen (HK) är ett viktigt begrepp inom svensk jordartsgeologi. Den betecknar den nivå som havet (Östersjöns föregångare) har nått upp till efter senaste istiden. I litteraturen kallas HK ibland Marina Gränsen (MG).

Högsta kustlinjen är inte någon enhetlig nivå (i meter över havet), utan når upp till olika nivåer inom landet. Efter det att vattnet nådde denna nivå, har landhöjningen höjt den gamla kustlinjen till en ny nivå, som är betydligt högre än dagens kustlinje.

HK har nyligen uppmätts till 290 m ö h i Ångermanlands kustland. Därifrån sjunker den i alla väderstreck. I Stockholmstrakten ligger HK på ca 150 m ö h och i Skåne på ca 50 m ö h.

Under HK uppträder lösa sediment. Berghällarna kan vara renspolade och moränen kan ha utsatts för havsvågornas bearbetning (svallning). Ovan HK har inte havet påverkat jordavlagringarna. Där förekommer berg och morän och förhållandena är relativt ostörda. I bl a Norrland, som mestadels ligger över högsta kustlinjen, har is-sjöar dock lämnat lera efter sig.



Fig IV. Områden under Högsta Kustlinjen och områden under före detta isuppdämda sjöar. (Nilson et al, 1984.)

BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Avrinningsområde	Det område som förser vattendrag, sjö eller hav med vatten från nederbörd. Avrinningsområde kallas ibland för dräneringsområde.
Bentonit	En finkornig, torkad, pulveriserad lera som sväller och får tätande egenskaper när det blandas med vatten.
Densitet	Förhållandet mellan ett materials massa och volym. (Vatten har densiteten 1000 kg/m^3). Densitet kallas ibland täthet.
Farliga ämnen	Används ofta för kemiska produkter. I denna text innefattas dock ej radioaktiva ämnen.
Finjord	Sammanfattande namn för jordar med kornstorlek silt och ler. Även kallad finsediment.
Flampunkt	Den lägsta temperatur vid vilken ångorna från ett brännbart ämne kan antändas.
Fraktion	Kornstorlek (block, sten, grus, sand, silt eller ler).
Förorening	Se "Farliga ämnen".
Genomtränglighet	Ett <u>ämnes</u> förmåga att genomtränga jord eller berg.
Grovjord	Sammanfattande namn för kornstorlekarna sand och grus.
Grundvatten	Det fria vattnet som helt fyller tomrummen (porerna) i jord och berg.
Grundvattenyta	I jorden är det en successiv övergång från torra till vattenfyllda porer (under grundvattenytan). Grundvattenytans läge varierar under året.
Grus	Jordart där fraktionen grus utgör den karaktäriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktsprocent.
Hydraulisk konduktivitet	Genomgenomtränglighet för <u>vatten</u> . Jämför "Permeabilitet" och "Genomtränglighet".
Infiltration	Vätska som tränger in i markytan och så småningom underliggande jordlager.
Jord	Del av jordskorpan som består av sönderdelat berg och /eller rester av organismer.
Jordart	Jord klassificerad efter olika indelningsgrunder t ex uppkomstsätt, kornstorleksfördelning. Här: Jord klassificerad efter kornstorlek (fraktion).
Kapillärt vatten	Det vatten som sugits upp från grundvattenytan och kvarhålls i små porkanaler.
Lera	Jordart med lerhalt över 15 viktsprocent.

Morän	Av inlandsis eller glaciär lösryckt, transporterat och avlagrat material.
Mättade zonen	"Markzon" under grundvattenytan. Alla porer är fyllda med vatten.
Omättade zonen	Zon mellan markytan och grundvattenytan. Porerna är fyllda med luft och vatten.
Permeabilitet	Genomtränglighet för <u>vatten och andra vätskor</u> . Jämför "Hydraulisk konduktivitet" och "Genomtränglighet".
Porositet	Porvolymens andel av den totala volymen. Mäts ofta i i %.
Sand	Jordart där fraktionen sand utgör den karaktäriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktsprocent.
Silt	Jordart där fraktionen silt utgör den karaktäriserande delen och vars lerhalt är mindre än 15 viktsprocent.
Sjunkvatten	Vatten på väg ner mot grundvattenytan.
Slitsmur	Vertikal mur, vägg eller skärm. Vanligen av betong, utförd från markytan och ner i jorden.
Svallat material	Av vågor och strandströmmar bearbetat material, vilket är omlagrat och ofta sorterat. Materialet har större genomtränglighet än ostört material.
Torrskorpelera	Översta skiktet (1-2 m) i en lera eller finsilt som påverkats av uttorkning eller vittring. Jorden har krympt och innehåller därför sprickor som är genomträngliga för vatten.
Torv	Organisk jord, bildad av mer eller mindre förmultnade växtdelar.
Toxicitet	Giftighet.
Vattendelare	Gräns mellan olika avrinningsområden, ofta höjddparti.
Vattenhalt	Kvoten mellan vattnets massa och hela materialets massa (inkl vatten), kan ej överstiga 100%. Jfr vattenkvot.
Vattenkvot	Kvoten mellan vattnets massa och jordpartiklarnas massa, dvs "torra" delen i en jord. Kan överstiga 100 %. Jfr vattenhalt.
Viskositet	Trögflutenhet. (Ett mått på den inre friktionen mot formändring.)
Ytavrinning	Den delen av avrinningen som inte går genom grunden.

Ytvatten

1) Vatten på markytan (sjö, bäck m m). 2) Översta vattenskiktet i hav eller inlandsvatten. I handboken syftas det på 1).

Ångtryck

Det tryck som utövas av en ånga eller gas. (Ångtrycket bestäms när ångan befinner sig i jämvikt med sin vätska.)

ATT LÄSA VIDARE

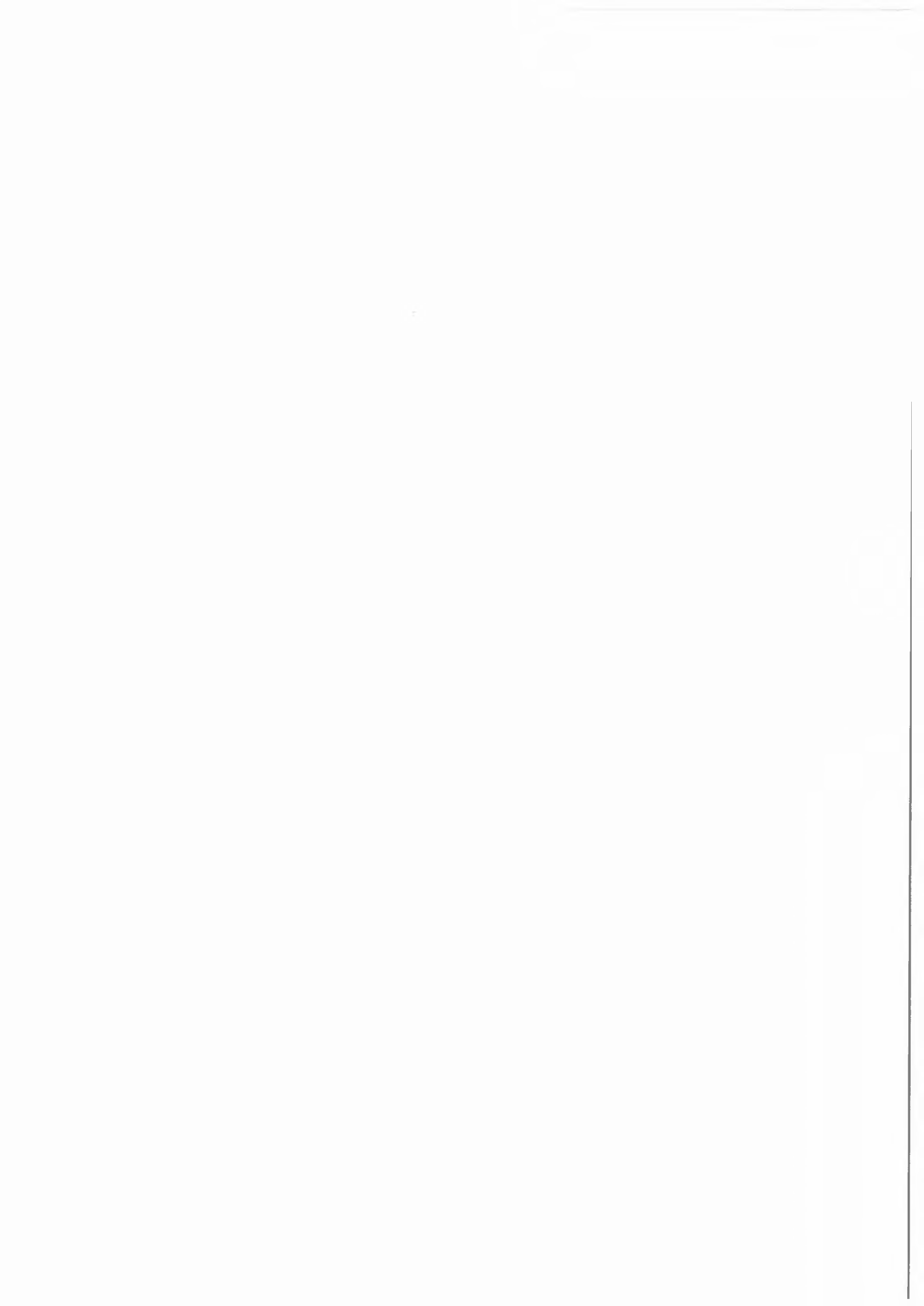
- Engström,P & Gustavsson,K (1988).** Rörligheten hos förorenande vätskor, särskilt petroleumprodukter i mark och grundvatten; en kunskapsöversikt. Nr 135. Kvartärgeologiska avdelningen, Uppsala universitet. Uppsala.
- Grip,H & Rodhe,A (1985).** Vattnets väg från regn till bäck. Forskningsrådets förlagstjänst.
- Gräv säkrare, tips om hur jord fungerar (1981).** Arbetarskyddsstyrelsen. Stockholm.
- Knutsson,G & Morfeldt,C-O (1973).** Vatten i Jord och berg. Ingenjör förlaget AB. Stockholm.
- Larsson,R (1982).** Jords egenskaper. Statens Geotekniska Institut. Information 1. Linköping.
- Le Grand,HE (1980).** A Standardized System for Evaluating Waste Disposal Sites.
- Lundqvist,J (1976).** Geologin från teori till tillämpning.
- Länshållning vid schaktningsarbeten (1985).** Statens Geotekniska Institut. Linköping
- Metodik och jordartsindelning, allmän del. Beskrivning till jordartskartor.** Sveriges Geologiska Undersökning. Uppsala.
- Nilson,G, Rogbeck,J & Wiesel,C-E (1984).** Jord, kurs om jordartsindelning och benämning. Statens Geotekniska Institut. Linköping.
- Norberg,L & Persson,G (1979).** Vårt vatten. LT:s förlag. Stockholm.
- Sitar,N, Hunt,JR & Udell,KS (1987).** Movement of Nonaqueous Liquids in Groundwater. Geotechnical Practice for Waste Disposal '87. Specialty Conference, pp 205-223. Ann Arbor. American Society of Civil Engineers. Special Publication 13.

EXPERTER

Om ytterligare råd behövs i samband med förebyggande åtgärder eller vid olycka är det i första hand Miljö- och Hälsoskyddsämnden eller andra lokala experter som bör kontaktas.

Andra organisationer och myndigheter som har kunskap inom området:

- **Statens geotekniska institut (SGI)**
581 93 Linköping, tel. 013 - 20 18 00.
- **Sveriges geologiska undersökning (SGU)**
Box 670, 751 28 Uppsala, tel. 018 - 17 90 00
- **Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI)**
601 76 Norrköping, tel. 011 - 15 80 00.
- **Statens naturvårdsverk (SNV)**
171 85 Solna, tel. 08 - 799 10 00.
- **Statens räddningsverk (SRV)**
Karolinen, 651 80 Karlstad, tel. 054 - 10 40 00.
Efter kontorstid vid större olyckor, vakthavande tjänsteman VT
054/15 01 50.



INFORMATION

1. JORDS EGENSKAPER (48 sid) 1982
Rolf Larsson 1986
2. GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR I FÄLT (72 sid) 1984
Ulf Bergdahl
3. UTVÄRDERING AV SKJUVHÅLLFASTHET I KOHESIONSJORD (28 sid) 1985
Rolf Larsson, Ulf Bergdahl, Leif Eriksson
3. EVALUATION OF SHEAR STRENGTH IN COHESIVE SOILS WITH SPECIAL 1985
REFERENCE TO SWEDISH PRACTICE AND EXPERIENCE (32 sid)
Rolf Larsson, Ulf Bergdahl, Leif Eriksson
4. GEOTEKNISKA UTREDNINGAR FÖR STABILITETSANALYSER: 1988
ALLMÄNNA RÅD FÖR OMFATTNING OCH KVALITET (20 sid)
Per Ahlberg, Ulf Bergdahl, Bo Berggren,
Lars Johansson, Jan Schälin
5. NYARE IN SITU METODER FÖR BEDÖMNING AV LAGERFÖLJD OCH 1988
EGENSKAPER I JORD (64 sid)
Rolf Larsson, Göran Sällfors
6. TORV - GEOTEKNISKA EGENSKAPER OCH BYGGMETODER (34 sid) 1988
Peter Carlsten
7. REPORT OF THE ISSMFE TECHNICAL COMMITTEE ON PENETRATION 1989
TESTING OF SOILS - TC 16 WITH REFERENCE TEST PROCEDURES
CPT - SPT - DP - WST (50 sid, på engelska och franska)
8. HÅLLFASTHET I FRIKTIONSJORD (50 sid) 1989
Rolf Larsson

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Besöksadress: Olaus Magnus Väg 35

Postadress: 581 01 Linköping

Telefon: 013-11 51 00

Telex: 50125 (VTISGI S) Telefax: 013-13 16 96