

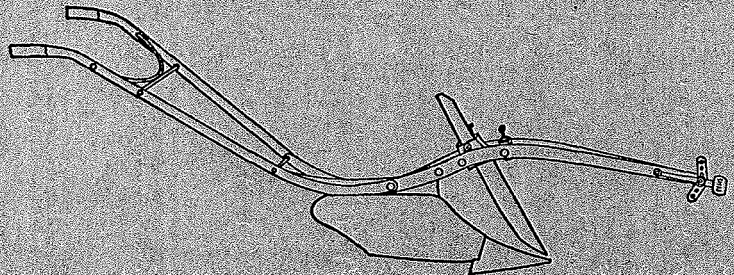


LANTBRUKSHÖGSKOLAN
UPPSALA

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

RAPPORTER FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN

Agricultural College of Sweden, S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences
Reports from the Division of Soil Management



Nr 47

1976

Lars Gunnar Nilsson

TEXTURANALYS OCH JORDARTSKLASSIFIKATION

Rapport från ett NJF-symposium i
Uppsala 1976-03-09

ISBN 91-7088-235-5

UDK:nr 631.44

Lantbrukshögskolan, 750 07 UPPSALA 7

Institutionen för markvetenskap

Rapporter från jordbearbetnings-
avdelningen

Nr 47 1976

ISBN 91-7088-235-5

Lars Gunnar Nilsson:

TEXTURANALYS OCH JORDARTSKLASSIFIKATION

Rapport från ett NJF-symposium i Uppsala 1976-03-09

<u>Innehållsförteckning:</u>	Sid
Förord	2
En sammanfattande kommentar	3
Redovisning av de procentuella mineralandelarna	4
Trippelsystemet	5
Lerjordarnas klassifikation	14
Jordartsindelning - grövre mineralfraktioner	15
Snabbmetoder	15
Bilagor	
1. Sven Hansbo, Rudolf Karlsson: Nya regler för jordartsklassificering	17
2. Metodföreskrifter för objektiv orienterande jordartsbestämning vid Provcentralen, Lantbrukshögskolan	21
3. Rudolf Karlsson: Ny metod för sedimentationsanalys	23
4. Beregning af ækvivalent kornstørrelse og koncentration i suspensioner af sedimenter efter Berg's dykkevægtmetode	24

Förord

Styrelsen för Nordiska Jordbruksforskarens Förenings jordsektion (sektion 1) beslöt vid sitt sammanträde 1975-10-13 att anordna ett symposium för att studera möjligheter till enhetlig nordisk jordartsklassifikation, och uppdrog åt undertecknad att organisera detsamma. Bakgrunden till symposiet utgörs av utredningen "Silt och mjäla i nordisk jordartsterminologi" (Nordisk Jordbruksforskning, Hefte 2-74.) När den skrevs var man på jordbrukssidan inte beredd att överge det väl inarbetade ler-mjäla-mo-sand-systemet för trippelsystemet ler-silt-sand. Därefter har dock situationen i Sverige förändrats såtillvida, att det inom fältförsöksverksamheten har aktualiserats att ersätta den subjektiva jordartsbedömningen med någon form av snabbanalys av textur och humushalt. Förstudierna gav vid handen att det ur analysynpunkt är fördelaktigt att sätta en huvudfraktionsgräns vid 0,06 mm d.v.s mellan "silt" och sand enligt det internationella trippelsystemet. Detta skulle öppna vägen till övergången till trippelsystemet, men å andra sidan har man ett starkt behov av att behålla jordartsbegreppen mo och finmo, och innan man fattar några beslut vill man studera läget på andra fackområden och i de nordiska grannländerna för att om möjligt nå en större enhetlighet i terminologin.

Symposiet samlade ett 30-tal deltagare från Danmark, Finland, Norge och Sverige, och flertalet geologiska, geotekniska och markvetenskapliga institutioner verksamma i dessa länder var representerade. Deltagarnas anföranden, skriftliga yttranden och överlämnade publikationer gav en god överblick över jordartsklassifikationernas nuläge i de olika länderna. Av materialet har symposiets sekreterare doc. Lars Gunnar Nilsson sammanfattat denna rapport som utges i jordbearbetningsavdelningens rapportserie. Det är vår förhoppning att rapporten kan underlätta utnyttjandet över ämnes- och språkgränserna av den jordartskunskap som finns hos enskilda institutioner i olika länder.

Lantbrukshögskolan 1976-09-01

Reijo Heinonen

En sammanfattande kommentar

(Reijo Heinonen och Lars Gunnar Nilsson)

Symposiet fattade inga beslut, men diskussionerna och det material som deltagarna överlämnat till oss ger anledning till följande sammanfattande reflektioner och förslag för frågans vidare behandling på lantbruksområdet i Sverige:

1. Mycket talar för en allmän övergång till trippelsystemet ler-silt-sand och för precisering av jordartsindelningen med hjälp av ett triangelndiagram. Användningen av texturtriangeln förutsätter att procenttalen för de olika fraktionerna baseras på mineralisk torrsubstans.
2. Tyvärr råder det stor oenighet beträffande övre gränsen för den "finjord" som skall utgöra basen för analysen. Först efter det att denna fråga, och sättet att ange andelen grus och sten är löst, är det meningsfullt att diskutera detaljer i texturtriangeln.
3. Lerhaltsgränsen 25% mellan lättlera och mellanlera i Norge och Sverige (motsvarande "ler" och "svær ler" i Danmark) bör inte förändras. Problemet med mjälarika lerors klassificering löses bäst genom att urskilja jordarna med en silthalt över 50% som mjällättlera resp. mjälmellanlera såsom bl.a. Arnor Njøs föreslagit (fig. 1).
4. Det finns inga hinder för att vid behov använda fraktionsbenämningen "finmomjåla" för "silt".
5. Fraktions- och jordartsbenämningen "finsand" kan utan vidare införas i stället för "grovm", Den sistnämnda termen blir då överflödig.
6. "Mo" bör bestå som jordartsnamn när den dominerande kornstorleken är omkring 0,06 mm.
7. En direkt bestämning av finsandfraktionen 0,06-0,2 mm framstår som mycket viktig för karakteriseringen av grövre jordarter. Kornstorlekens summationskurva kan konstrueras tillfredställande om punkterna 2, 0,2, 0,06 och 0,002 mm är bestämda, och en sådan kurva avslöjar klart bl.a. moränkaraktären och ger en bra uppskattning av kapillaritets-egenskaperna.
8. Geoteknikernas nya förslag till ett enhetligt och fullständigt klassificeringssystem (bilaga 1) bör tas upp till närmare diskussion inom geologi och marklära, särskilt då det gäller morän, grus och sten.

Texturanalys och jordartsklassifikation

Lars Gunnar Nilsson, Lantbrukshögskolan, Uppsala

Den 9 mars 1976 hölls ett NJF-symposium på Lantbrukshögskolan, Uppsala, med titeln "Texturanalys och jordartsklassifikation" och syftet med det var att undersöka möjligheter till ökad enhetlighet i jordartsklassifikation inom olika fackområden - geologi, geoteknik och jordbruk - i de nordiska länderna. En god överensstämmelse med internationell standard bör givetvis även eftersträvas. Kravet på en jordartsklassificering kan rent allmänt sammanfattas enligt följande, att den på ett acceptabelt sätt skall svara mot jordarternas egenskaper i praktiskt och vetenskapligt sammanhang.

Möjligheter att skapa en mer entydig terminologi för den mekaniska sammansättningen av jorden har ofta diskuterats inom NJF:s jordsektion. Man kan nog konstatera, att denna fråga kommer sannolikt att få ökad betydelse i framtiden inte minst mot bakgrund av att utvecklingen tyder på ökad användning av enkla analysmetoder för jordartsbestämning avsedda för praktiskt inriktad verksamhet. Under sådana förhållanden blir givetvis behovet av en praxis mer aktuell än när jordartsklassifikationen på detta område huvudsakligen baseras på subjektiva metoder.

Redovisning av de procentuella mineralandelarna

I Sverige är det vanligaste sättet inom forsknings- och försöksverksamheten på jordbruksområdet, att redovisning av jordens fraktionssammansättning baseras på viktsprocent av finjordens (< 2 mm) torrsubstans d.v.s. inklusive organiskt material. Resultaten från den mekaniska analysen omräknas och anpassas härtill. I de fall en texturtriangel ligger till grund för överföring av en kornfraktionssammansättning till en jordartsbenämning använder man de okorrigerade värdena från den mekaniska analysen varvid fraktionsprocenternas summa blir 100. På jordbruksområdet i Finland tillämpas detta system. Halten organiskt material anges skilt som procent av hela jordmaterialets torrsvikt och i samband med jordartsbenämningen redovisas den i mullhaltsklasser. Detta redovisningsätt, som också tillämpas i många andra länder kan motiveras med bl.a. följande (citat av Elonen & Larpes):

- a) Med textur förstås vanligen jordens mineralsubstans och dess storleksfördelning. Om man inte gjorde så, kunde t.ex. lerjord under vissa förhållanden förändras till "silt" genom torvgödsel. Detta synes föga lyckat.
- b) Om humus-% och fraktions-% jämföras med varandra så, att deras summa var 100%, försvåras även analysarbetet. Man måste bestämma organiska substansens halt, likaså jordens torrsubstanshalt, någon som inte behövs för texturanalysen.

En summering av diskussionen tyder närmast på att man i Sverige på jordbrukssidan önskar hålla fast vid det redovisningssystem där procenthalten av mineralsubstansen baseras på finjordens (< 2 mm) torrsvikt. Som motiv härför framfördes, att procenttalet bör avse den fasta delen av jorden, men hur man skulle förfara då partiklar större än 2 mm förekom gavs inga klara anvisningar om. På en punkt förelåg däremot full enighet nämligen att vid alla procentangivelser skall det klart framgå vad de beräknas på och detta blir inte minst aktuellt då det framgick att man tillämpade olika gränsvärden för "finjord":

<	20,0 mm	jordbruk, Finland
<<	2,0 mm	jordbruk, Danmark, Norge, Sverige
<<<	0,2 mm	skoglig marklära, Sverige
<<<<	0,06 mm	geoteknik, Sverige

Det är också angeläget att framhålla att avsikten med denna diskussion om principer för redovisning av fraktionsprocenter inte på något sätt skall hindra att jordens sammansättning i olika sammanhang presenteras på olika sätt t.ex. volymdiagram eller i tabeller, där summan av mineralfraktionerna, organiskt material och saltsyralösligt material (behandlingsförlust, fel = 100%.

Trippelsystemet

När det gäller förenklade metoder för jordartsbestämning är det nog ganska naturligt att uppmärksamheten riktas på den nya europeiska kornstorleksklassifikationen med trippesfraktionerna ler, silt och sand.

Inom geotekniken är man inne på linjen att vid jordartsklassifikation införa det internationella begreppet silt för fraktionen 2-60 μm d.v.s. mjåla+finmo. Man benämner också i överensstämmelse med internationellt bruk grovmo 60-200 μm för finsand. Vidare rekommenderas, att begreppet mo och mjåla utgår i geotekniska sammanhang. Fraktionsgränsen mellan silt och sand ansluter sig bättre till viktiga markfysikaliska egenskaper än den mellan mo och sand och de analystekniska fördelarna är även stora. En mera utförlig beskrivning av geoteknikernas jordartsklassificering lämnas av S. Hansbo och R. Karlsson i bilaga 1.

En detaljerad beskrivning av geoteknikernas indelning av kornfraktionerna i mineraljorden redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Indelning av mineraljord i kornfraktioner (Hansbo 1976^{a)})

Huvudgrupper		Undergrupper	
Benämning	Kornstorlek mm	Benämning	Kornstorlek mm
BLOCK OCH STEN			
Block	600	Klippblock	2000
		Stenblock	2000-600
Sten	600-60	Grovsten	600-200
		Mellansten	200-60
GROVJORD			
Grus	60-2	Grovgrus	60-20
		Mellangrus	20-6
		Fingrus	6-2
Sand	2-0,06	Grovsand	2-0,6
		Mellansand	0,6-0,2
		Finsand	0,2-0,06
FINJORD			
Silt	0,06-0,002	Grovsilt	0,06-0,02
		Mellansilt	0,02-0,006
		Finsilt	0,006-0,002
Ler	0,002	Grovler	0,002-0,0006
		Finler	0,0006

a) Hansbo, S. 1976. Jordmateriallära, Göteborg

Geologerna har i viss mån varit motståndare till trippelsystemet och som främsta skäl har anförts klassificeringssvårigheter för de grövre fraktionerna grus, sten och block. Begreppet silt entydigt använt för fraktionen 2-60 μm har man däremot ingenting att invända mot.

I Norge används också tredelningen av finjorden ($< 2 \text{ mm}$) i ökad omfattning inom jordbruket och i rådgivningen arbetas på att införa siltbegreppet. Redan i början på 1960-talet tillämpades trippelsystemet för att beskriva jordarter på försöksfält. Det bör också påpekas att vid en mera detaljerad korngruppsbeskrivning uppdelas huvudfraktionerna silt och sand i ytterligare tre undergrupper. Ett närmare studium av korrelationen mellan trippelsystemets kornstorleksfraktioner och fysikaliska parametrar har utförts av bl.a. Njøs.

Korrelationer mellan kornstorleksfraktioner och andra fysikaliska parametrar (Eksberg & Njøs, Haugbetu, Njøs & Vigerust og Njøs).

			r	
% leir	- % aggregater $> 6 \text{ mm}$		0,60 ^{xxx}	
	- % vann (15 bar)		0,84 ^{xxx} till 0,88 ^{xxx}	
	- % luft (0,1 bar)		-0,62 ^{xx}	
	- % vann (0,1-15 bar)		0,44 till 0,51 ^{xxx}	
% silt	- % aggregater $> 6 \text{ mm}$		0,41 ^{xxx}	
	- % luft (0,1 bar)		-0,73 ^{xxx}	
	- % vann (0,1 bar)		0,82 ^{xxx}	
	- % vann (0,1-15 bar)		0,81 ^{xxx}	
% sand	- % aggregater $> 6 \text{ mm}$		-0,63 ^{xxx}	
	- % vann (15 bar)		-0,42 ^{xx}	
	- % luft (0,1 bar)		0,78 ^{xxx}	
	- % vann (0,1 bar)		-0,86 ^{xxx}	
	- % vann (0,1-15 bar)		-0,41 ^{xxx} till -0,79 ^{xxx}	
	% Leir	% Silt	% Sand	% OM
Vannstab aggr.	0,5	-0,1	-0,1	0,7

I Finland har man under 20 år använt triangelsystemet, baserad på Atterberg-skalan, på jordbrukssidan. Som trippelsystemets fördelar framhålls, att fraktionsgränsen 60 μm är väl vald av såväl analys- som odlings-tekniska skäl. Beträffande de odlingstekniska aspekterna kan konstateras att 60 μm torde ungefär vara den gräns varvid de grövre fraktionerna blir torkkänsliga eftersom den vattenhållande och den kapillära vattenledande förmågan snabbt avtar med stigande kornstorlek. Hos finmon (20-60 μm) är dessa egenskaper däremot sådana att de positivt påverkar vattenhushållningen.

Som exempel på trippelsystemets svagheter kan anföras (citrat Elonen & Larpes):

a) Gränsen mellan grovmo och sand, 200 μm , är såtillvida lyckad, att

grovmo ännu är en någorlunda odlingsjord, men sand är så torkkänslig, att ekonomisk odling förutsätter bevattning. I Finland finns också få sandåkrar (1-2% av åkerarealen). Efter övergång till trippelsystemet skulle samma jordart innehålla såväl odlingsbara som för odling olämpliga jordar. Å andra sidan får vi minnas, att jordbrukarna ofta kallar grovmo sand.

b) Om finmo föres till samma fraktion som mjäla, skulle samma fraktion likaså innehålla till odlingsegenskaper mycket olika jordar. Finmo är lätt odlad och till fuktighetskaraktären idealisk. Däremot är i synnerhet finmjäla (2-6 μm) ofta förtätad och torkkänslig.

Om man således övergår till trippelsystemet, bör man för jordbrukets del klart särskilja underfraktionerna 60-200 μm och 20-50 μm , och för dessa skulle finnas motsvarande jordartsbenämningar. Den förra kunde kanske kallas finsand, utan att det orsakade besvär. Däremot, ett ändrande av finmo till grovsilt kan inte förordas i varje fall i detta skede. Silts underfraktioner kunde kanske fortsättningsvis kallas mjäla (2-20 μm) och finmo (20-60 μm).

I Sverige har trippelsystemet aktualiserats inom jordbruket i samband med ett eventuellt införande av en orienterande jordartsbestämning inom försöksverksamheten på växtodlings- och växtnäringsområdet. I det föreliggande förslaget tillämpas kategorigränserna < 2 , 2-60, och 60-2000 μm i enlighet med det nya europeiska systemet.

Införandet av nya regler och system kan innebära ändring i fraktionsgränser, fraktions- och jordartsbestämningar. I tabell 2 - geoteknik - över olika länders fraktionsindelning framgår att gränsvärdet för ler genomgående ligger vid 2 μm . Vidare kan fastslås, att siltfraktionen nästan genomgående antar värdena 2-60 μm . Härtill bör dock påpekas att man i USA och även i några andra länder har klassgränserna 2-50 μm , vilket principiellt torde sakna betydelse. Däremot när det gäller jordbrukssidan i Danmark avses med silt fraktionen 2-20 μm , vilket kan leda till missförstånd. Ett förslag till att undvika oklarheter vore att till fraktionsnamnet göra ett tillägg med fraktionsgränserna ex. silt 2-60, sand 60-2000. Man skulle kanske också tänka sig att helt utesluta namngivelse och endast benämna fraktionerna med en sifferkombination för gränsvärdena. Detta skulle kanske vara ett rationellt sätt och man skulle därigenom också inte behöva namnge fraktionerna, vilket kan vålla vissa svårigheter. I Sverige har man föreslagit att kalla fraktionen 2-60 μm för finmjmjälä. När man betraktar gränsdragningen för grus och sten framgår tydligt, att avvikelserna är påtagliga i de olika länderna och skillnaden är också stor mellan olika fackområden (bilaga 1).

Ett ofta förekommande uttalande från många deltagare var, att den Atterbergska korngruppskalan skulle ligga till grund för jordartsklassifikationen. Vid användning av trippelsystemet är det endast fråga om en ändring av en undergräns (60 μm) till huvudkategorigräns och detta är, som tidigare diskuterats, ur flera synpunkter väl motiverat exempelvis förändras markant flera viktiga texturbetingade jordegenskaper vid detta gränsvärde.

Det förekommer i Danmark och Norge som saknar ordet mjäla att termen "grovlera" används i betydelsen "mjäla" och detta kan skapa missförstånd eftersom grovlera används för benämning av lerfraktionens grövre del - det ej kolloidala leret. I Atterbergs klassifikationssystem från år 1905 kallas mjäla lättler. Att som geologer benämna lättare leror för "grovleror" kan också lätt leda till oklarhet.

Tabell 2. Fraktionsindelning – geoteknik – i några olika länder
(Hansbo 1976^a)

Kornstorlek	0,002	0,02	0,06	0,2	2	20	60	200	600 mm
Danmark (Geo)									
Ler	Silt		Sand		Grus	Sten			
Finland (Geo)									
Savi	Siltti		Hiekka		Sora	Kivet	Lohk		
Finland (RT)									
Savi	Hiesu	Hieta	Hiekka	Sora	Kivet	Lohk			
Frankrike									
Argile	Limon	Sable fin	Grossable	Gravier	Cailloux	Blocs			
Norge									
Leir	Silt		Sand		Grus	Stein	Blokk		
Schweiz									
Ton	Silt		Sand		Kies	Stein	Blocke		
Storbritannien (STD)									
Clay	Silt		Sand		Gravel	Cobbles	Boulders		
Sverige (äldre)									
Ler	Mjäla	Mo	Sand	Grus	Sten	Block			
Sverige SGFs labkomm förslag									
Ler	Silt		Sand		Grus	Sten	Block		
Tyskland (DIN)									
Ton	Schluff		Sand		Kries	Steine	Blöcke		
USA (USCS)									
Clay	Silt		Sand		Gravel	Cobbles Boulders			
USA (MIT)									
Clay	Silt		Sand		Gravel				

a) Hansbo, S. 1976. Jordmateriallära, Göteborg

Hur man benämner jordarterna på basis av ingående kornfraktioner inom geotekniken framgår av tabell 3. För transformering av fraktionsprocenter till jordartsbenämningar används ett monogram (bilaga 1) och detta system är också principiellt mycket intressant därför att 4 parametrar ingår.

Inom geologin är subjektiva metoder för jordartsbestämning vanligast och till grund för indelningen efter kornstorleksfördelningen ligger Atterbergs korngruppsskala. Jordarterna indelas också efter bildningsätt och bildningsmiljö.

I Sverige är man liksom i Finland på jordbruksområdet inte beredd att låta mojordarna (hieta) utgå i jordartssammanhang. Från rådgivningshåll i Sverige ställer man sig positiv till användandet av en enkel, objektiv jordartsanalys. En jordartsbenämning baserad på de tre huvudfraktionerna anser man däremot inte vara tillfyllest, utan mo bör även ingå i jordartsnamnet. För Sveriges del har denna fråga lösts som framgår av förslaget till texturtriangeln (fig. 1) genom att man utgår från den sannolikheten, att om fraktionerna 2-60 och 60-2000 μm är ungefär lika

Tabell 3. Riktvärdena för benämning av jordarterna baserade på halt av ingående kornfraktioner (Hansbo 1976^a).

Kornfraktion	Halt av ingående fraktioner i vikts-% av totala jordmängden	Halt av ler i vikts-% av finjorden	Jordartens benämning	
			Adjektivbenämning ^a	Substantivbenämning
Block	5-20		Blockig	
	20-40		Mycket blockig	(^b)
	> 40			Blockjord
Sten	10-40		Stenig	(^b)
	> 40			Stenjord
Grus	20-40		Grusig	
	> 40			Grus
Sand	20-40		Sandig	
	> 40			Sand
Silt+ler (finjord)	15-40	< 20	Siltig	
		≥ 20	Lerig	
	> 40	< 10		Silt
		10-20	Lerig	Silt
		20-40	Siltig	Lera
> 40	> 40		Lera	

a) Hansbo, S. 1976. Jordmateriallära, Göteborg.

^aAdjektivbenämning med prefixet något kan användas när halten av ingående fraktioner understiger de undre gränsvärdena i tabellen.

^bNär halten av block+sten är minst 40 vikts-% av totala jordmängden används substantivbenämningen block- eller stenjord, beroende på vilken av dessa fraktioner som överväger, eller block- och stenjord om fraktionerna ingår med ungefär lika mängder.

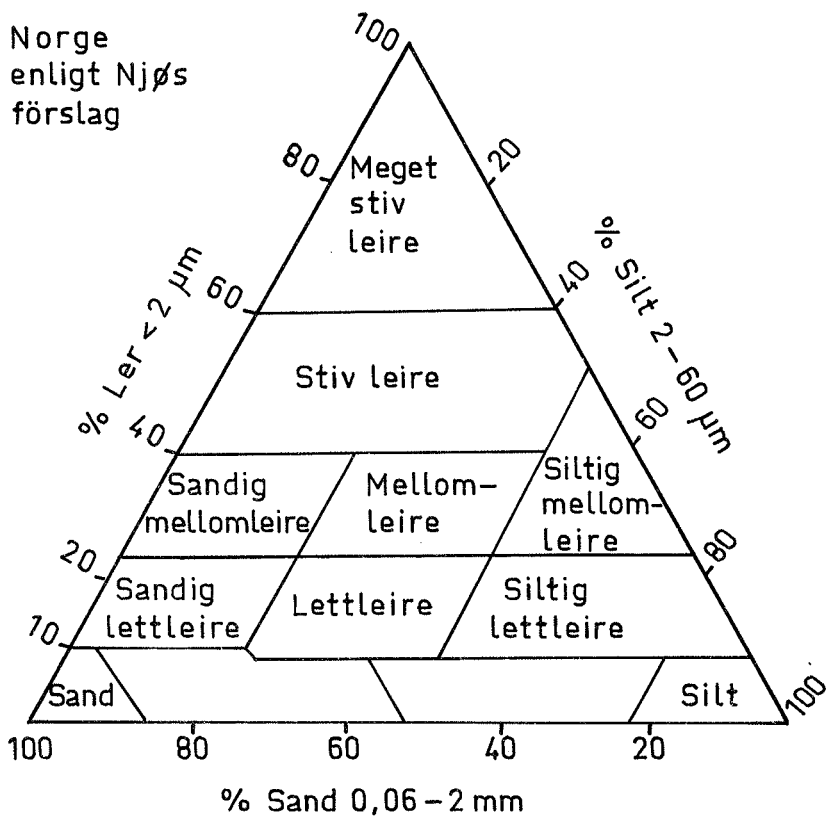
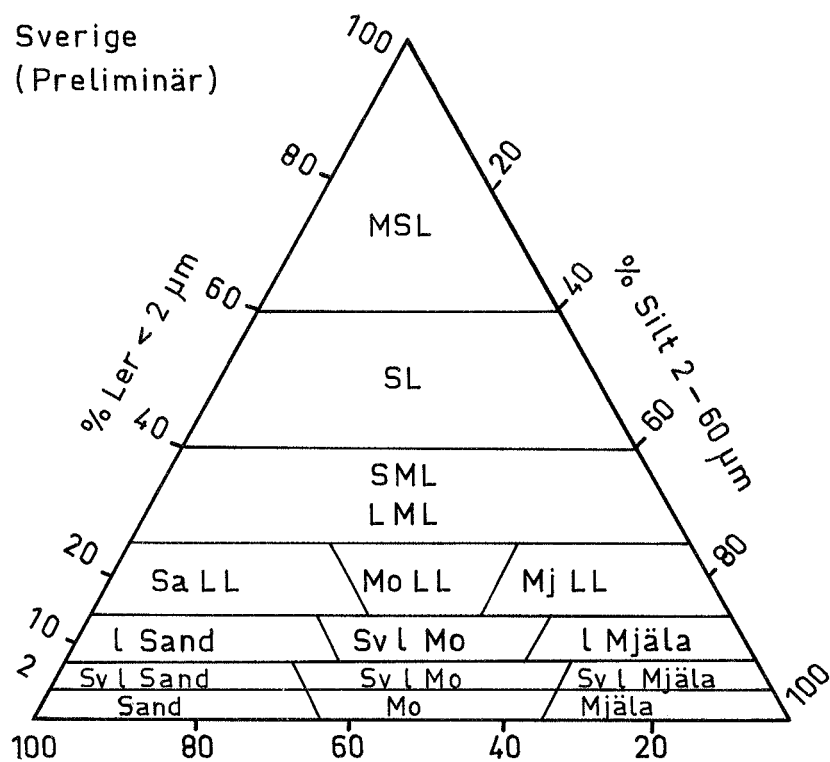
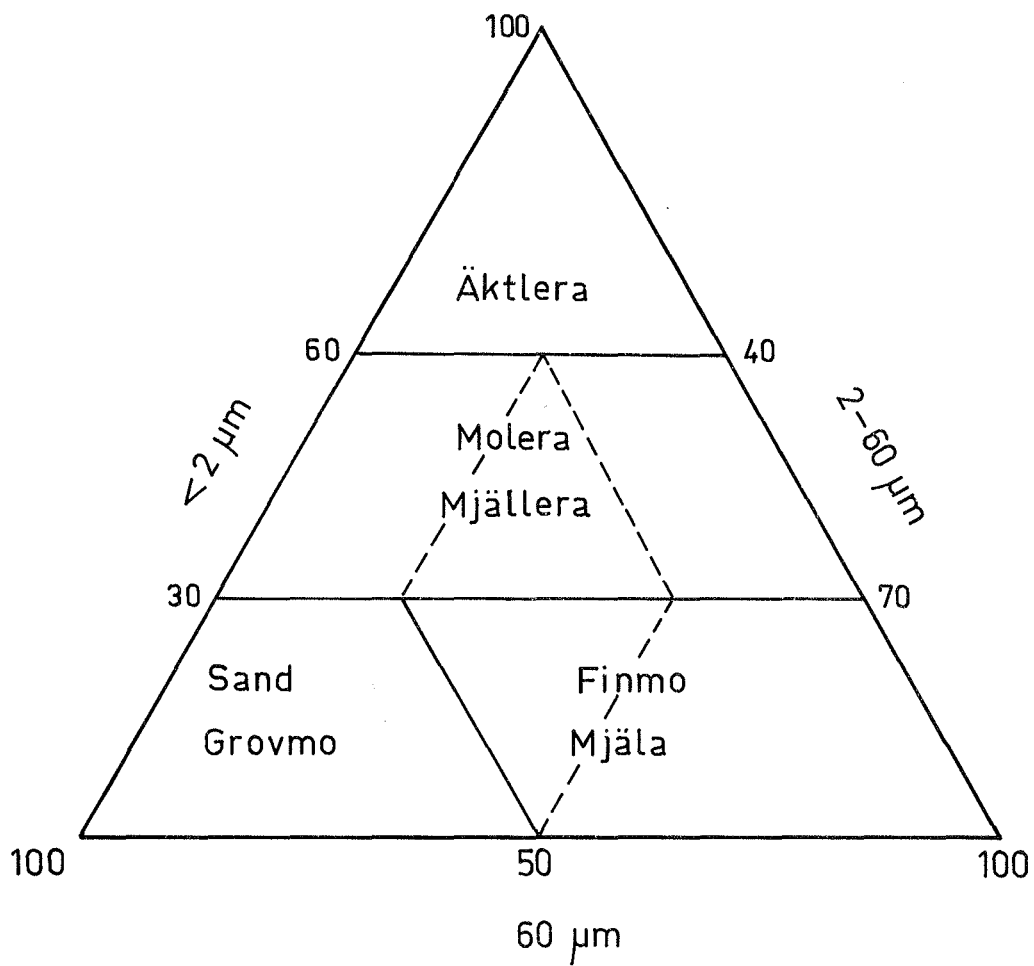


Fig. 1 Texturtriangler från olika länder för överföring av kornfraktioner till jordartsbenämningar.

Finland

4 huvudgrupper
enligt Paavo Elonens
förslag



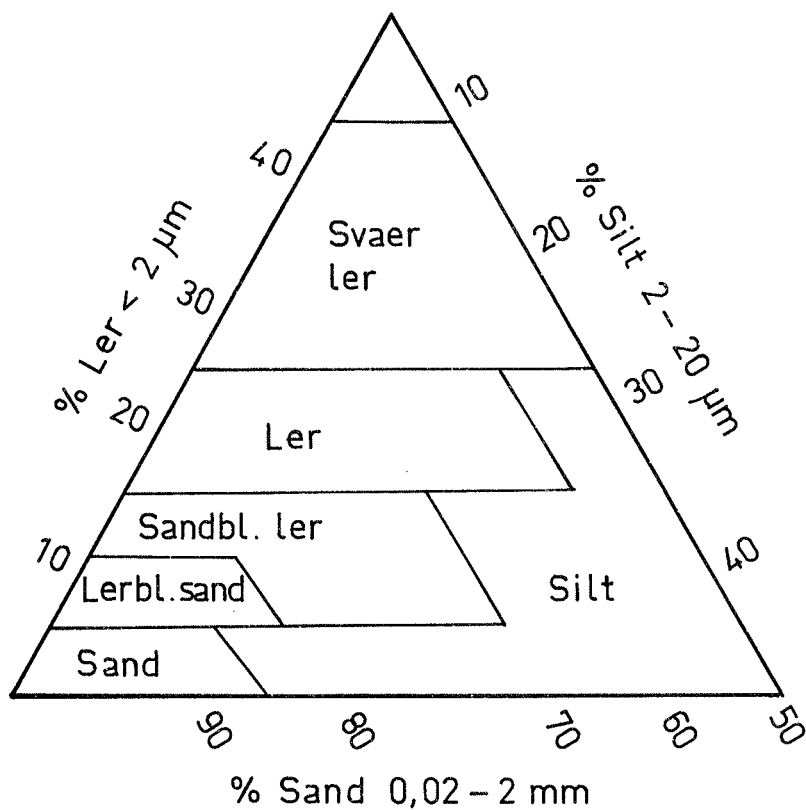
TEKSTUR BESTEMMELSER

Danmark

Ler	< 2 μM	Hydrometometermetoden
Silt	2 - 20 μM	"
Finsand	20 - 200 μM	Rest
Grovsand	0,2 - 2 m.m	Sigtning
Humus		Våd forbrendning el. C x 1.72

TEKSTUR BETEGNELSER

	Ler 0 - 2 μM	Ler+silt 0 - 20 μM	Finsand 20 - 200 μM
Grovsand	0 - 5	0 - 15	0 - 50
Finsand	0 - 5	0 - 15	50 - 100
Grov lerbl. sand	5 - 10	5 - 20	0 - 40
Fin lerbl. sand	5 - 10	5 - 20	40 - 95
Grov sandbl. ler	5 - 15	10 - 35	0 - 40
Fin sandbl. ler	5 - 15	10 - 35	40 - 90
Ler	15 - 25	15 - 45	-
Svær ler	25 - 40	25 - 60	-



stora måste mo 20-200 μm förekomma. Fraktionsgränserna i triangeln är att betrakta som preliminära. Denna triangel ligger till grund för data-maskinens utskrift av jordarterna i klartext på resultatblanketterna från försöken och gränsdragningen har också i viss mån anpassats för att underlätta programmeringen.

Att använda en triangel för att överföra en kornstorleksfördelning till jordartsbenämning är mycket vanlig vid tillämpning av trippelsystemet och här ges exempel på några sådana från olika länder (fig. 1). Beträffande gränsdragningen fäster man stort avseende vid möjligheten att kalibreringsprova jordarten genom subjektiva metoder i fält. Den amerikanska jordarten anses gå relativt lätt att kalibrera i fält medan den tyska inte synes vara lika lätt.

Lerjordarnas klassifikation

Det finns olika system för detaljklassifikation av lerjordar efter lerhalten. I Sverige på jordbruksområdet indelas de vanligen enligt Ekström på följande sätt:

	Lerhalt vikts-% av finjord ($\leq 2 \text{ mm}$)
Lerfria eller svagt leriga jordar	5%
Leriga jordar	5-15%
Lättlera	15-25%
Mellanleror	25-40%
Styva leror	40-60%
Mycket styva leror	60%

Geologerna i Sverige (Ae-serien i SGU 1972) gör följande indelning att lerhalten anges i viktsprocent av allt material med mindre kornstorlek än 20 mm.

	Lerhalt %
Lerfria eller svagt leriga	5
Leriga	5-15
Grovleror	15-25
Finleror	25

Finleror kan vid behov indelas i mellanlera (25-40%) och styv lera ($> 40\%$).

Nästan helt genomgående inom såväl geologi som jordbruk har man i Finland funnit det lämpligast att använda gränsvärdet 30% ler. I vissa fall har ett avvikande system tillämpats, nämligen att om mjälafraktionen (2-20 μm) överstiger 50% benämns jorden mjäla fastän lerfraktionens andel är större än 30%. Detta är emellertid ett system som man överväger att upphöra med. Detta tillägg i klassifikationssystemet får nog anses vara av störst intresse inom byggnadstekniken, där uppgift om de tjälfarliga mjälarika lerorna är av stor betydelse.

I Danmark tillämpas också gränsvärdet 25% ler på jordbrukssidan, men man gör vissa korrigeringar med hänsyn till siltinnehållet (mjåla 2-20 μ m). När silthalten är hög höjs gränsvärdet. I Norge är gränsvärdet liksom i Sverige 25% ler.

I Sverige har man funnit att gränsvärdet 25% mellan lättlera och mellanlera har visat sig vara lämpligt när det har varit fråga om moränleror, däremot är det uppenbart för lågt på glacielleror, eftersom mjålarika leror med lerhalt på 25-30% då kommer att klassificeras som mellanleror trots att de har karakteristiska mjålaegenskaper. Av denna anledning tillämpas i vissa sammanhang gränsvärdet 30%. Ekström flyttade också gränsvärdet från 25 till 30%, när han upprättade sin rikskarta över åkermarkernas jordarter i Sverige.

Vid symposiet framkom emellertid att man i Sverige på jordbruksområdet avsåg i fortsättningen genomgående tillämpa gränsvärdet 25%. Denna indelningsskala ger stigande klassbredd med ökad lerhalt, vilket bättre belyser lerinslagets betydelse på jordarternas egenskaper.

Att använda en bestämningsmetod baserad på hygroskopicitet i stället för sedimentation ansågs ge ett bättre mått på lerhalten eftersom den registrerar den specifika ytan. Denna skillnad blir givetvis mest accentuerad när det är fråga om lermineral men inre partikelytor.

Jordartsindelning - grövre mineralfraktioner

När det gäller mull- och lerhalten finns det i de flesta scheman för jordartsklassifikation klart angivna gränsvärden och en däremot svarande jordartsbenämning, men någon motsvarighet för de grövre mineralfraktionerna finns oftast inte att tillgå. Utvecklingen pekar emellertid mot ett ökat intresse för enkla objektiva jordartsbestämningsmetoder. Detta innebär att de grövre fraktionerna kommer att redovisas i procenttal och mot denna bakgrund framstår det som angeläget att även ha en indelningsgrund för överföring av dessa procenttal till jordartsbenämningar.

Särskilt inom den geologiska uppdragsverksamheten men även för jordarts-karteringen bedöms det vara angeläget med ett enkelt klassifikationssystem för översättning av erhållna procenttal.

I Finland inom jordbrukssektorn låter man den dominerande fraktionen bestämma de grövre jordarternas namn. Inom geotekniken tillämpas d_{50} -metoden d.v.s. den fraktion, där summakurvan skär 50%-gränsen, bestämmer jordartens namn. För jordbrukets del var man nog ganska enig om, att den kvantitativt förhärskande fraktionen skulle ligga till grund för jordartsbenämningen - huvudord.

Snabbmetoder

Vid Lantbrukshögskolans provcentral har utarbetas en orienterande jordartsbestämning, som under innevarande säsong har prövats rutinmässigt. Denna metod baseras på hygroskopicitetsbestämning, vilket speglar kolloidernas ytegenskaper - förekomst av inre partikelytor. I Finland har man också testat denna metod och man ansåg, att lerhaltbestämningarna gav ganska osäkra resultat. Under utvecklingens gång har framkommit, att sambandsberäkningarna kan komma att ytterligare justeras. En sammanfattande metodföreskrift ges i bilaga 2.

Vid Sveriges Geologiska Undersökningar (SGU) används som hjälpmedel vid jordartskartering en förenklad pipettmetod för lerhaltsbestämning. Metoden bygger på en sedimentationsanalys efter dispergering av 5-6 g oftast naturfuktigt prov i 250 ml 0,001 M natriumpyrofosfat (bilaga 3).

Ytterligare en metod för beräkning av ekvivalent kornstorlek och koncentration i suspensioner av sediment enligt Bergs tryckviktsmetod (1940) presenterades (bilaga 4).

Principer efter vilka linjer metodutveckling kan bedrivas togs upp av docent P. Wiklert, Institutionen för markvetenskap, Sverige.

Trippelsystemets 3 huvudfraktioner är otillräckliga, t.ex. de kapillära egenskaperna karakteriseras ej helt.

Ur skoglig synpunkt måste trippelsystemet utökas med fraktioner > 2 mm.

I detta sammanhang framhölls även betydelse av en beskrivning av den organiska substansen beträffande slag, omsättningsgrad etc. Man tog också upp möjligheten att genom bestämning av vissningsgränsen bedöma lerhalten.

Nya regler för jordartsklassificering

Sven Hansbo* — Rudolf Karlsson**

Svenska geotekniska föreningens laboratoriekommitté har med stöd från Statens råd för byggnadsforskning under ett flertal år arbetat med förslag till geotekniska laboratorieanvisningar. Av de tio delar som skall ingå är ju fem tryckta och flera beräknas utkomma under 1974. Arbetet skall vara slutfört 1975. En av de viktigaste delarna är del 2 som behandlar jordarternas indelning och benämning. Under arbetet med denna del har kommittén funnit vä- gande skäl att föreslå vissa ändringar av den nu gällande jordartsindelningen för att få den att bättre svara mot jordarternas egenskaper i praktiskt och vetenskapligt sammanhang samt för att bringa den i bättre överensstämmelse med nordisk och internationell standard. Förslaget har under hand diskuterats med olika grupper och vissa modifieringar har gjorts

Siltbegreppet

I SGF:s laboratoriekommittés¹ först utkomna förslag till geotekniska anvisningar, del 5, Packningsegenskaper (Fagerström & SGF:s laboratoriekommitté, 1971), infördes en ändring av

¹ Ledamöter: Sven Hansbo, CTH och J & W, ordf, Leif Andréasson, CTH, sekr, Hans Fagerström, VBB, Rudolf Karlsson, SGI, Roland Pusch, LuH, Torbjörn Stål, Orrje & Co och Carl-Eric Wiesel, SGI. Adjungerade: Nils Flodin, SGI och Bengt Steen, SIB

* Professor, CTH, Inst för geoteknik med grundläggning. Konsult, J & W Ordf i SGF (Svenska geotekniska föreningen)

** Laboratoriechef, SGI, Förf till SGF:s lab-kommittés anvisningar, del 2, "Jordarters indelning och benämning". (Under utarbetande)

nedre fraktionsgränsen för sand från 0,2 till 0,06 mm samtidigt som det internationella begreppet *silt* infördes. Den tillkomna delen av sandfraktionen med kornstorlek mellan 0,06 och 0,2 mm ersätter grovmofractionen och kallas i överensstämmelse med internationellt bruk för *finsand*. Till siltfraktionen räknas material med en kornstorlek mellan 0,002 och 0,06 mm, dvs de tidigare fraktionerna mjåla och finmo. Begreppen mo och mjåla rekommenderas därmed utgå i geotekniska sammanhang. Fraktionsgränsen mellan silt och sand ansluter sig bättre till jordens tekniska egenskaper än den äldre mellan mo och sand, främst med avseende på skjuvhållfasthets-, deformations- och dräneringsegenskaper samt frostaktivitet. Dessutom ingår finjordshalten, dvs mängden silt plus ler, jfr fig 1, som en

ytterst betydelsefull faktor bl a i samband med packning.

De nya begreppen synes snabbt ha antagits inom geotekniken. Inom de discipliner, där begreppen mo och mjåla fortfarande används, har inte någon påtaglig kritik riktats mot förslaget, sannolikt beroende på att detta förenats med den nya benämningen silt och att fraktionen grovmo tilldelats namnet finsand (i verkligheten innebärande återgång till tidigare benämning, jfr tabell 1).

Nysand, nygrus, nysten och nyblock

Detta första steg till en förbättrad anpassning mellan jordarternas fraktionsgränser och deras tekniska egenskaper var redan tidigt avsedd att följas av ett

Tabell 1. Jämförelse mellan fraktionsgränser enligt Atterberg (1905 och 1912), enligt nuvarande system (1953 års jordartskommitté) och enligt SGF:s laboratoriekommittés förslag

															Kornstorlek, mm																	
															0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200	600	2 000					
ATTERBERG, 1905															Ler		Lättler		Mo		Sand		Grus		Klapper		Block					
																Mjåla	Vesa	Mjåla eller finmo	Fimma eller grofmo	Dync	Grand eller grofsand	Gryske eller fingrus	Mal eller grofgrus	Singel eller småklapper	Grofklapper	Blocksten	Stenblock	Klippblock				
ATTERBERG, 1912															Slam eller ler		Mjåla		Mo		Sand											
																Finare mjåla	Grofre mjåla	Mjöl-sand	Finsand	Vanlig sand	Grusar-tad sand											
NUVARANDE SYSTEM (Ekström, 1927), Jordartskommittén, 1953*															Ler		Mjåla		Mo		Sand		Grus		Sten		Block					
																Finmjåla	Grov-mjåla	Finmo	Grovmo	Mellansand	Grovsand	Fin-grus	Grov-grus									
SGF:s LABORATORIEKOMMITTÉS FÖRSLAG															Ler		Silt		Sand		Grus		Sten		Block							
																Fin-silt	Mellan-silt	Grov-silt	Fin-sand	Mellan-sand	Grovsand	Fin-grus	Mellan-grus	Grov-grus		Grovsten	Grovblock					

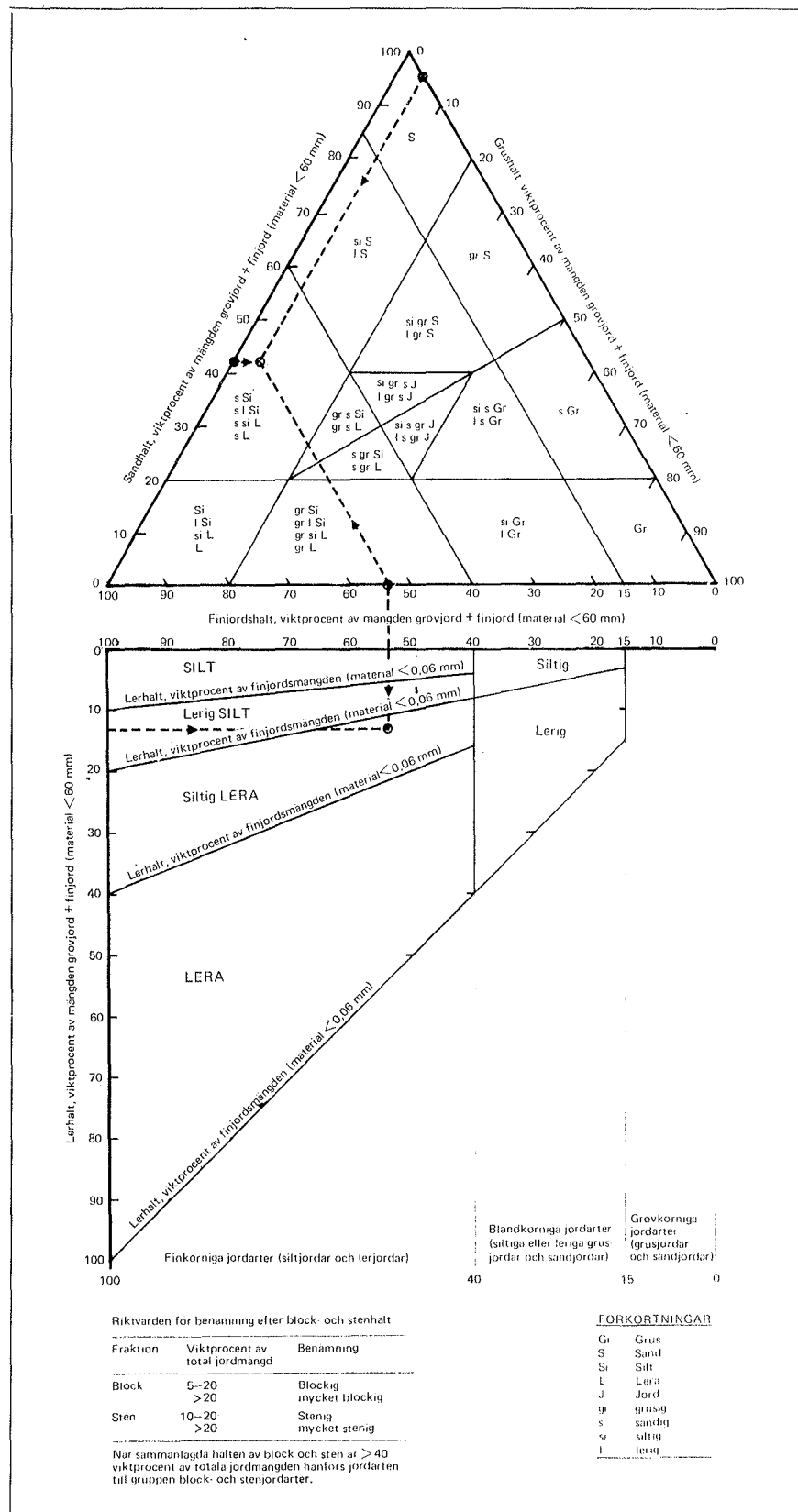
* Representanter för Skogshögskolan, Statens geotekniska institut, Statens väginstitut och Sveriges geologiska undersökning

andra steg bestående av en ändring av fraktionsgränserna mellan *grus* och *sten* från 20 till 60 mm samt mellan *sten* och *block* från 200 till 600 mm, jfr tabell 1. Behovet av en sådan ändring, vilken beträffande gränsen mellan grus och sten medför en anpassning till internationellt vanliga regler, insågs på ett tidigt stadium i Norge och Finland. Där har de geotekniska föreningarna sålunda redan genomfört den fraktionsindelning som föreslås av SGF:s laboratoriekommitté. Därmed skulle, om laboratoriekommitténs förslag godtas, en fullständig likhet råda i tre av de nordiska länderna, medan skillnaden vad beträffar Danmark endast skulle komma att gälla gränsen grus/sten, där man bibehållit 20 mm som åtskiljande korstorlek. I Danmark förekommer block ytterst sällan och någon fastställd övre fraktionsgräns för sten har därför inte ansetts behövlig.

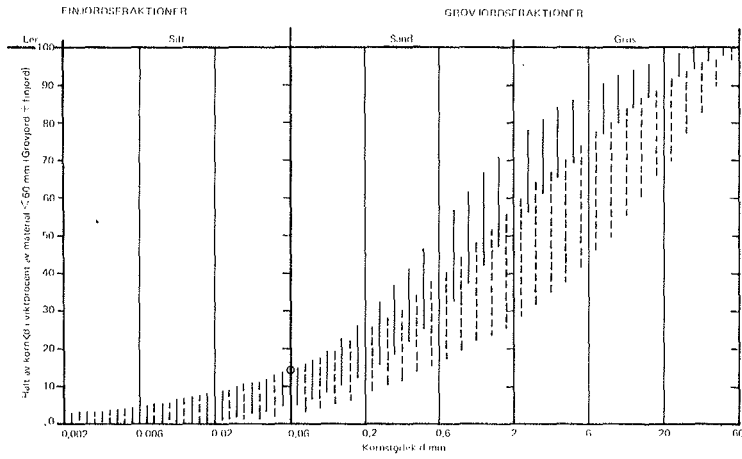
Det är emellertid inte i och för sig den vunna likformigheten i benämning som har störst betydelse. Den största betydelsen ligger snarare i att de föreslagna nya fraktionsgränserna bättre sammanfaller med svårighetsgränser för påhning, spontning och schaktning. Speciellt vad gäller schaktning har betydelsen klarlagts genom omfattande forskning utförd av Statens tekniska forskningscentral i Finland (Korhonen & Gardemeister, 1972). På uppdrag av finansministeriets organisationsavdelning i Finland har sedermera ett nytt system för schaktbarhetsklassificering utarbetats, vilket är baserat på de nya fraktionsgränserna.

Den föreslagna ändringen innebär även en bättre anpassning till allmänt språkbruk. Många byggherrar har vid upphandling av byggnadsentreprenader genom den nuvarande språkliga anomalin gjort misstaget att förväxla block med sten. Ett block torde för gemene man innebära något så stort att man inte orkar lyfta det (enligt nuvarande fraktionsindelning väger block mer än ca 10 kg men enligt laboratoriekommitténs förslag mer än ca 270 kg). Från vissa håll har framförts att den nya gränsen grus/sten, 60 mm, är mindre väl anpassad till allmänt språkbruk än den äldre, 20 mm. Man får emellertid i detta sammanhang inte bortse från att begreppet sten hos gemene man fått en mycket vidsträckt betydelse och kan omfatta allt från gruskorn till flyttblock, sk "jättekast". Atterberg, som bär huvudansvaret för de nuvarande fraktionsgränserna (se tabell 1), ansåg själv på sin tid att fraktionsgränsen 700 mm mellan sten och block och 70 mm mellan grus och sten språkligt sett var bättre än gränserna 200 mm respektive 20 mm. I en av Atterberg (1905) skriven artikel, "De klastiska jordbeständslarnas terminologi", kan sålunda följande

Fig 1. Nomogram för jordartsbenämning enligt SGF:s laboratoriekommittés förslag med exemplifiering (sandig, siltig lera)

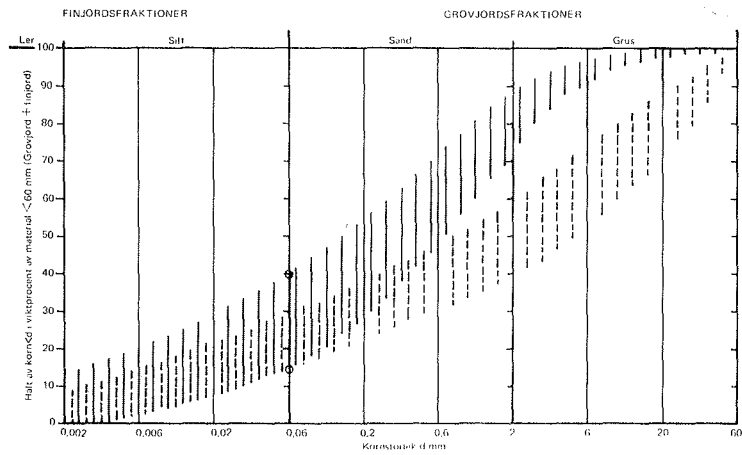


GROVKORNIĞA MORANER
 Block och stenhalt < 40 viktprocent av totala jordmängden
 Fingrödhalt < 15 viktprocent av mängden grovjord + lerajord
 (material < 60 mm).



Gruvis sandmorän Sandig grusmorän

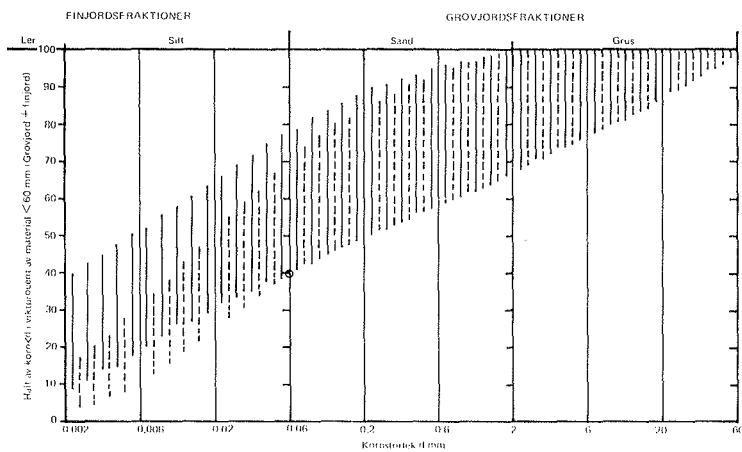
BLANDKORNIĞA MORANER
 Block och stenhalt < 40 viktprocent av totala jordmängden
 Fingrödhalt 15 - 40 viktprocent av mängden grovjord + lerajord
 (material < 60 mm).



Riktvärden för adjektivbenämning eller ler- och silthalt	
Halt av ler i viktprocent av fingrödmängden	Adjektivbenämning
< 20	Siltig
> 20	Leraig

Lera eller siltig sandmorän Lera eller siltig grusig sandig morän

FINKORNIĞA MORANER
 Block och stenhalt < 40 viktprocent av totala jordmängden
 Fingrödhalt > 40 viktprocent av mängden grovjord + lerajord
 (material < 60 mm).



Riktvärden för benämning eller ler- och silthalt	
Halt av ler i viktprocent av fingrödmängden	Benämning
< 10	Siltmorän
10- 20	Leraig Siltmorän
> 20	Lermorän

Lermorän Siltmorän

Fig 2. Morandiagram enligt SGF:s laboratoriekommittés förslag till jordartsbenämning

de citat hämtas: "Termen 'sten' borde därför rättare omfatta dimensionerna 70—7 cm, och dimensionerna 7—2 cm borde räknas som 'grus'". "Men genom dylika ändringar skulle jag förlora kontinuiteten i mitt system. Rubriken 'grus' skulle få tre underafdelningar och alltså blifva mer omfattande än alla öfriga rubriker", jfr tabell I.

För att undvika förväxling mellan den nya och den gamla fraktionsindelningen ämnar laboratoriekommittén föreslå att benämningarna *nysand*, *nygrus*, *nysten* och *nyblock* används under en övergångsperiod. De geotekniska förkortningarna skulle då bli Sⁿ, Grⁿ, Stⁿ och Blⁿ i enlighet med SCF:s Symbol- och beteckningskommittés förslag.

Lerhalt

Ytterligare en väsentlig ändring av hittills tillämpade regler kommer att föreslås av laboratoriekommittén; en ändring som berör definitionen av lerhalt och därmed klassificeringen av främst finkorniga jordarter. Enligt nu gällande regler räknas lerhalten i viktprocent av totalt uppsiktat material (med kornstorlek ≤ 20 mm) — en regel som i många fall medför en vad beträffar de geotekniska egenskaperna missvisande klassificering. Denna äldre regel för klassificering kan också ge betydelsefulla avvikelser från de regler som bygger på en klassificering efter plasticitetsegenskaperna (Casagrandes plasticitetsdiagram). Den sistnämnda modellen för klassificering är den vanliga, internationellt sett.

Genom att ändra på rådande system och i stället *räkna lerhalten i viktprocent på ingående finjordsmängd* vinner man utan tvekan en bättre anpassning till de geotekniska egenskaperna och till den på konsistensegenskaperna baserade klassificeringen. Laboratoriekommittén gjorde under ett internatsammanträde 1971 — i avsikt att testa det nya systemet — en okulär och känselmässig bedömning av ett stort antal jordprover, dels torkade och dels fuktiga, med en kornfördelning på gränsen mellan två skilda jordartsbenämningar och jämförde därefter resultatet med en objektiv benämning byggd på kornfördelningen. Jämförelsen visade att den på okulär och känselmässig grund valda benämningen genomgående stämde bäst överens med den objektiva benämning som erhålls enligt laboratoriekommitténs förslag att räkna lerhalten. Risken för olika benämningar utan och med kornfördelningskurvor minskar alltså om det nya förslaget tillämpas.

Val av huvudord

De nya reglerna för jordartsbenämning, vilka åskådliggörs i nomogramform i fig 1, innebär — förutom ändringen av

sättet att räkna lerhalt — också en ändring av största medtagna kornstorlek vid laboratoriesiktning, nämligen från 20 till 60 mm. För att huvudordet skall bli lera skall, som framgår, lerhalten vara minst 20 viktprocent av finjordsmängden och finjordsmängden minst 40 viktprocent av totala jordmängden.

Vad gäller benämningen av moränerna ämnar laboratoriekommittén föreslå en ändring innebärande att morän blir huvudord; alltså vid sammansatt substantiv *lermorän* i stället för moränlera, *siltmorän* i stället för moränsilt, *sandmorän* i stället för moränsand och *grusmorän* i stället för morängrus. Det nya benämningssättet hindrar en förväxling mellan i tex å ena sidan morängrus avseende grusfraktionen i en morän och å andra sidan morängrus avseende jordarten morän (dvs grusmorän) med grus som dominerande fraktion. Dessutom uppnås synonymitet med beteckningarna *stenmorän* och *blockmorän*.

Moränens benämning påverkas givetvis också av att laboratoriesiktningen enligt förslaget inkluderar kornfraktionen 20—60 mm. Dock gäller även här att de nya reglerna bättre än de rådande överensstämmer med moränernas geotekniska egenskaper. En motsvarighet till Beskows sedan länge nyttjade diagram för moränernas klassificering (Beskow, 1951) redovisas i fig 2.

Praktiska konsekvenser

Laboratoriekommitténs förslag har, bortsett från siltbegreppet, stött på hård kritik främst från disciplinerna geologi och marklära. Geologernas främsta motargument är att man, om förslaget anammades, skulle behöva ta betydligt större prover än för närvarande. I fråga om moränmark skulle därmed själva karteringsarbetet i hög grad försvåras och fördyras. Halten grovgrus (20—60 mm) i annan morän än grusmorän är emellertid i regel låg (under 10 %). En utslutning av den nya grovgrusfraktionen, dvs ett bibehållande av maximal kornstorlek 20 mm vid laboratoriesiktning, påverkar därför inte benämningen i något ur praktisk synvinkel väsentligt avseende. De enda, mera på-

tagliga förändringar i benämning som kan inträffa vid utslutning av fraktionen 20—60 mm är att grovkorniga och blandkorniga moräner kan bli benämnda som blandkorniga respektive finkorniga. Denna förskjutning i benämning mot det finkornigare hållet inträffar emellertid endast för sådana moräner som ligger i gränsoområdet för de nämnda moräntyperna, varför den vid ett slopande av 20—60 mm fraktionen eventuellt skiljaktiga benämningen endast har akademiskt intresse. Det undersökta provet kan ju ändå av naturliga skäl inte betraktas som något exakt uttryck för moränens sammansättning. Långt allvarligare är det faktum att geologisk moränkartering för närvarande normalt sker utan beaktande av sten.

Slutord

En ändring av fraktionsgränserna i enlighet med laboratoriekommitténs förslag innebär en anpassning såväl till de tekniska egenskaperna hos jord som till allmänt språkbruk. De ändrade fraktionsgränserna betyder inte att man för morän (eller andra mellan- eller månggraderade jordarter) måste sikta större prover än tidigare.

Det nya sättet att räkna lerhalten ger bättre överensstämmelse mellan okulär/känselmässig jordartsbenämning och objektiv benämning, baserad på kornfördelningen.

Förslaget medför att samma fraktionsgränsindelning gäller i Finland, Norge och Sverige. □

Referenser

- Atterberg, A, 1905: De klastiska jordbeståndsdelarnas terminologi. Geol Fören. Förhandl Nr 235. Bd 27, Häfte 4, s 225—232. Stockholm
- Beskow, G, 1951: Amerikansk och svensk jordartsklassifikation, speciellt för vägar och flygfält. Statens väginstitut, Meddelande 81. Stockholm
- Fagerström, H & SCF:s laboratoriekommitté, 1971 (rev utgåva 1973). Byggforskningens informationsblad B2: 1971. Stockholm
- Korhonen, KH & Cardmeister, R, 1972: Ett nytt system för klassificering av schaktbarhet. Väg- och vattenbyggaren Nr 3, s 121—127. Stockholm

Provcentralen
750 07 UPPSALA 7

Metodföreskrifter för objektiv orienterande jordartsbestämning vid Provcentralen, Lantbrukshögskolan.

Provpreparering

Inkommande prov torkas i torkskåp vid en temperatur av 30° C. Efter färdigtorkning (tidsåtgång, beroende av vattenhalt vid insändning, varierande från ett par dagar till ca 1 vecka) males hela provet på en jordkvarn med 2 mm sikt. Två delprover à 25-40 g uttages och överföres till tarerade aluminiumformar (bottenyta 80x45 mm) för analys:

1. Mull- och lerhaltsbestämning.
2. Bestämningar av fraktionen sand + grovmo.

Mull- och lerhaltsbestämning

Provet förvaras i ett klimatskåp av märket Fison i 4 dygn vid 20° C och relativfuktighet på 50 %. Vid uttagningen väges provet omedelbart och torkas därefter vid 105° C i 4 timmar. Utvägningen för torrsubstansbestämning sker direkt i samband med uttagningen från torkskåpet. Glödgningsförlusten bestäms genom upphettning i ugn under 3 timmar till 500° C och därefter sker en utvägning.

Lerhalt

Lerhalten beräknas enligt följande samband:

$$W_h = b_0 + b_1x + b_2g + b_3x^2 + b_4g^2 + b_5gx$$

W_h = hygroskopicitet i procent av ts.

g = glödgningsförlust i procent av ts.

x = lerhalt i procent av ts

Koefficienterna $b_0 - b_5$ Kälvesten Orienterande jordartsbestämning - en metodstudie sid. 9.

Mullhalt

Mullhalten beräknas enligt följande samband:

$$g = b_0 + b_1x + b_2l + b_3x^2 + b_4l^2 + b_5lx$$

g = glödgningsförlust i procent av ts.

l = lerhalt i procent av ts.

x = mullhalt i procent av ts.

Koefficienter $b_0 - b_5$ Kälvesten Orienterande jordartsbestämning - en metodstudie sid. 12.

Bestämning av fraktionen grovmo + sand

Delprovet torkas i torkskåp vid en temperatur av 105°C i 4 timmar. Vägning sker efter uttagning så snart formarna är hanterbara. Provet överföres kvantitativt till en 1 liters plastburk med hjälp av sköljning med destillerat vatten (10-20 ml). Ytterligare 500 ml dest.vatten tillsättes. Dispergeringsmedel ($10\% \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) tillsättes i en mängd av halva antalet ml mot jordvikt (ts) i g. (ex. jordvikt 31,8 g per 16 ml dispergeringsmedel) omedelbart för dispergering i eldriven dispergeringsapparat. Provet dispergeras under 10 min. varefter det överföres kvantitativt till en skaksiktsapparat. I denna våtsiktas provet genom en 0,06 mm sikt i två min. under kranvattentillsats. Kvantitativt överföres de kvarblivna sand + grovmopartiklarna med hjälp av vattensköljning till den ursprungliga formen igen. Provet indunstas i torkskåp (105°C). Det upphetas sedan under lufttillträde till 500°C . Med använd apparatur sker detta så att under 90 min. får temperaturen stiga till ca 400°C varefter vändning och omplacering av provbrickor sker (eventuell glödning i rumstemperatur 30 min). Temperaturen stiger sedan till 500°C under ytterligare 90 min.

Efter uttagning väges proverna så snart formarna är hanterbara (max. 1 minuts svalningstid).

Bestämning av fraktionen mjäla + finmo

Denna fraktion beräknas som en differens där totala mineralinnehållet sätts till 100 procent.

tot. mineralandelen - lerhalt - halten av fraktionen grovmo + sand =
= fraktionen mjäla + finmo.

Använd apparatur

Jordkvarn	Tryckluftsdreven typ. Fabr. Tord Erikssons mek. verkstad.
Torkskåp	Fläkttyp EUF 890.
Klimatskåp	Typ 280 CT fabr. Fison Scientific Apparates med skrivareinstrument, kylaggregat och cyklingsanordning.
Destillationsapparat	F1-Stream fabr. se ovan.
Dispergeringsapparat	C1 273 mechanical analysis stirrer imp. Tekno maskinimport AB.
Skakningsapparat	Retsch. Vibro med våtsiktstillsats.
Ugn	Keramikugn KO 444 från W. Seeman.
Vågutrustning	Elektroniskt självregistrerande system Mettler. Vägningnoggrannhet $\pm 0,01$ g.

Ny metod för sedimentationsanalys

Rudolf Karlsson*

Bestämning av kornstorleksfördelningen hos finkornig jord, liksom hos andra finkorniga material, utförs vanligen genom sedimentationsanalys. I denna artikel presenteras en ny metod för bestämning av partikelkoncentrationen. Den kallas vägkroppsmetoden och har flera fördelar jämfört med andra metoder, t ex hydrometernmetoden och pipettmetoden

Vid statens geotekniska institut har en ny metod för bestämning av partikelkoncentrationen vid sedimentationsanalys utarbetats. Enligt denna metod, som kallats vägkroppsmetoden, kan partikelkoncentrationen bestämmas med stor noggrannhet, försöken slutföras på kort tid och resultaten utvärderas på enkelt sätt. Vidare kan man, genom att bestämningar görs vid två olika fallhöjder, kontrollera om exempelvis flockulering ägt rum. Apparaturen är mekaniserad och delvis automatiserad. Utvecklingsarbetet påbörjades 1970 och sedan slutet av

1971 har metoden använts rutinmässigt vid institutet. Eftersom metoden visat sig uppfylla högt ställda krav, har det ansetts lämpligt att här i korthet presentera densamma.

Partikelkoncentrationen bestäms med hjälp av en sjunkkropp (vägkropp) som är upphängd i en våg medelst en fin tråd. Man bestämmer dels vägkroppens vikt i dispersionsvätskan, dels dess vikt i suspensionen. De olika momenten framgår i princip av fig 1. Partikelkoncentrationen erhålls med hjälp av följande formel:

$$p = K(W_1 - W_2)$$

där

p = partikelkoncentrationen

W_1 = vägkroppens vikt i dispersionsvätskan

W_2 = vägkroppens vikt i suspensionen

$$K = \frac{Q_s}{Q_s - Q_{10}} \cdot \frac{1}{V}$$

där

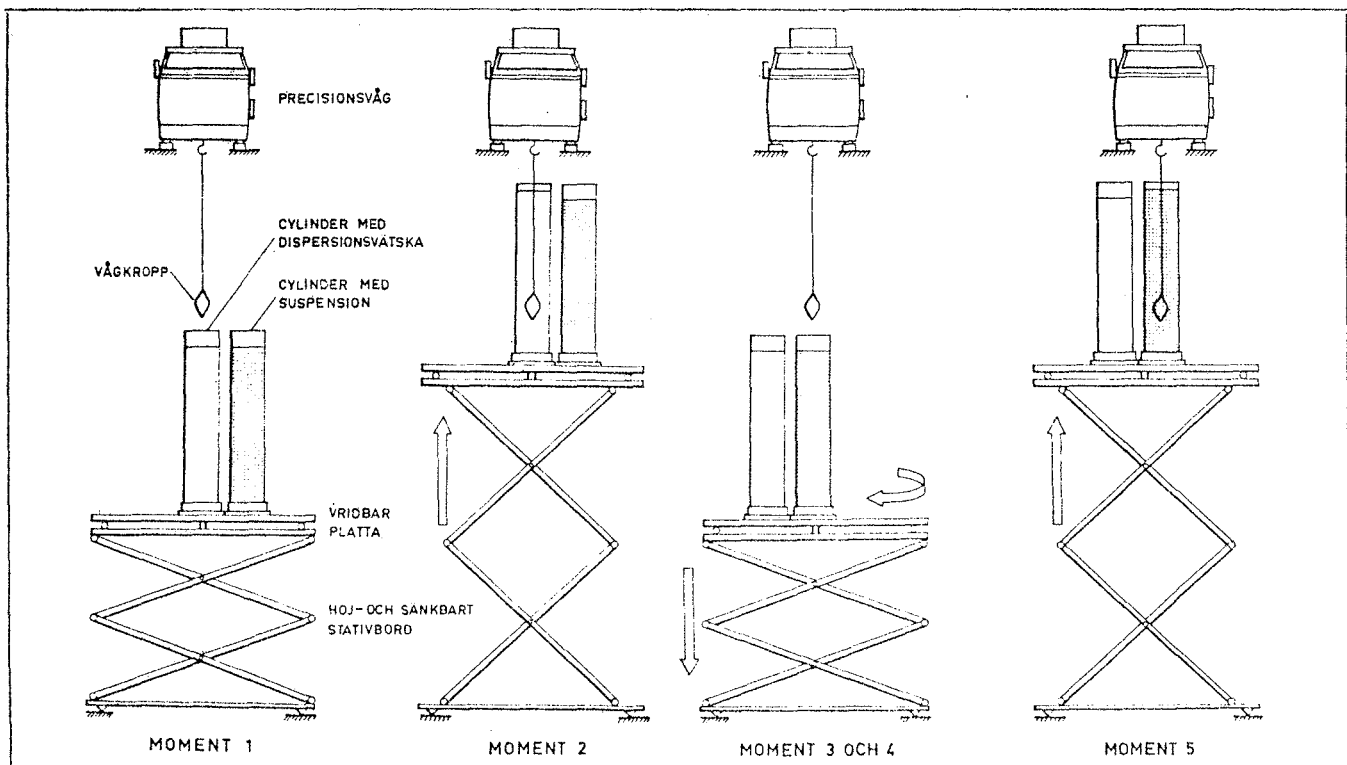
Q_s = partiklarnas densitet

Q_{10} = dispersionsvätskans densitet

V = vägkroppens volym

* Laboratorieförman
Statens Geotekniska Institut
Banérgatan 16
115 26 Stockholm. Tel 08-67 0090

Fig 1. Bestämning av partikelkoncentrationen medelst vägkroppsmetoden. Principbild



Antal kort	Antal instr.	Nr.
1	53	NF 2

OPGAVE BESKRIVELSE

Beregning af ækvivalent kornstørrelse og koncentration i suspensioner af sedimenter efter Berg's dykkevægtmetode (1940).

Dette program er udviklet specielt til brug for kornstørrelsesanalyser af sedimenter, hvor Berg's dykkevægt-metode i modificeret form udnyttes som supplement til Andreasen's pipette-metode (1930); men programmet kan principielt bruges generelt ved ændring af faste konstanter.

Efter afslutningen af kornstørrelsesanalysen efter Andreasen, hvorved kornstørrelseskarakteristikken efter ca 2 døgn er fastlagt ned til en ækvivalent kornstørrelse på ca 1 μm og udgangskoncentrationen c_0 er fastlagt, nedsænkes Bergs små dykkevægte i suspensionen. Når dykkevægtene er i ligevægt, måles afstanden til væskeoverfladen h og temperaturen θ samt tidsforløbet fra starten af pipetteanalysen t . Med disse parametre samt formfaktorer $F(k)$ eller $F(d)$ svarende til henholdsvis ækvivalent terningkantlængde k eller ækvivalent kuglediameter d , kornrumvægt γ_s og opslemningsmidlets viskositet η og rumvægt γ_f kan man ved brug af et antal dykkevægte fastlægge kornstørrelseskarakteristikken ned til ca 0,2 μm ved passende valg af udgangskoncentration ($c_0 = 0,01$ á $0,05 \text{ g/cm}^3$) for de fleste forekommende lersedimenter.

Beregningen er baseret på nedennævnte formler, der med temperatur- og peptisatorkorrektioner er angivet af Berg (1940):

Koncentrationen $c_{h,t}$ i dybden h til tiden t efter start måles med dykkevægten D , der korrigeres for temperaturafvigelse fra 20°C ,

$$D_{\text{korr}} = D \times (1 + 0,0002 \times (\theta - 20)) \quad \text{gyldig for vand i temperaturområdet } 18 < \theta < 25^\circ\text{C}.$$

$$c_{h,t} = \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_f} \times (D_{\text{korr}} - \gamma_f).$$

Ved brug af peptiseringsmidlet natriumpyrofosfat kan man anvende udtrykket $\gamma_f = 1 + 0,262 \times M$ for molær koncentration mindre end 0,05 M.

Kornrumvægt γ_s fastlægges ved forsøg eller fikseres definitionsmæssigt til $2,65 \text{ g/cm}^3$.

Kornstørrelsen beregnes som ækvivalent terningkantlængde k eller ækvivalent kuglediameter d efter Stokes formel med Berg's temperaturkorrektion:

$$k/d = F(k/d) \times \left(\frac{h \times \eta}{t \times (\gamma_s - \gamma_f)} \right)^{0,5} \times \frac{120 - \theta}{100}.$$

Indføres t i min, h i cm, viskositeten η i g/cmsek og rumvægte i g/cm^3 fås k og d i μm ved brug af formfaktorerne $F(k) = 141$ og $F(d) = 174,9$.

Faste konstanter i programmet er baseret på bestemmelse af ækvivalent kuglediameter d i opslemningsmidlet destilleret vand ved 20°C med peptiseringsmidlet natriumpyrofosfat ($< 0,05 \text{ M}$).

VEJLEDNING FOR OPERATØREN

	ARBEJDSGANG	EKSEMPEL
	DECIMALHJULETS STILLING 8	
	(1) Program indføres i regnemaskine.	
	(2) Program aktiveres ved kald V.	V
	(3) Indtast kornrumvægt χ_s i g/cm^3 .	2.65 S
	(4) Indtast opslemningsmidlets rumvægt $\chi_f = 1 + 0,262 M$ for destileret vand med natriumpyrofosfat som peptisator.	1.000524 S
	(5) Indtast temperatur θ i $^{\circ}C$.	20.4 S
	(6) Indtast udgangskoncentration c_0 i g/cm^3 .	0,052616 S
	(7) Efter beregning udfører program lineskift.	
	(8) Indtast dykkevægtens rumvægt D.	1.01 S
	(9) Resultat udskrives: koncentration $c_{h,t}$.	0,01535367 A \diamond
	(10) Resultat udskrives: karakteristikkens ordinat vægtprocenten $\bar{C}(d)$.	29.18061000 A \diamond
	(11) Indtast dybden under væskeoverfladen i. cm.	7.3 S
	(12) Indtast tiden t i min.	6940 S
	(13) Resultat udskrives: kornstørrelsen d i μm , karakteristikkens abcisse.	0,44417917 A \diamond
	(14) Lineskift og program returnerer til punkt (8).	
	(15) Etc.	1.002 S
		0,00250007 A \diamond
		4.75153900 A \diamond
		0,35 S
		6940 S
		0.09725174 A \diamond
	OBS Ved nyt kald af program V re-etableres konstanten i F/ ved ordren 1 F/ \uparrow .	V 1 F/ \uparrow

