

Förbehandling av jord vid sedimentationsförsök

Rolf Larsson

Februari 1991

VARIA Nr 330

FÖRBEHANDLING AV JORD VID SEDIMENTATIONSFÖRSÖK.

En undersökning av effekten av borttagning av humus, salter och sulfider.

Rolf Larsson

SAMMANFATTNING

Borttagning av humus skall enligt nuvarande svensk standard ske om den organiska halten överstiger 2 % eller om provet visar tecken till flockulering. Det senare kan inte observeras i alla försöksmetoder.

Enligt resultaten från föreliggande undersökningar är borttagning av humus, vilket ofta är en mycket tidsödande process, i stort sett obehövlig inom de gränser för organisk halt där jorden fortfarande klassificeras med avseende på ingående mineralpartiklar och dessas kornstorleksfördelning. En enkel korrektion av resultaten med hänsyn till den organiska halten är normalt helt tillfyllest.

Resultaten visar också att det är mycket viktigt att tvätta bort salter och eventuella andra substanser lösta i porvattnet på grund av dessas förmåga att skapa aggregatbildningar, flockulering och gelning. Detta gäller alla jordar och inte bara marina avsättningar. På motsvarande sätt är det viktigt att förbehandla sulfidjord då järnsulfider kan skapa motsvarande aggregatbildning och flockulering. Sulfider kan dock inte enkelt tvättas bort utan härför krävs en kemisk behandling med exempelvis väteperoxid med efterföljande tvättning.

BAKGRUND

I Västeuropa har man sedan länge i vida kretsar ansett att jord med organiskt innehåll måste förbehandlas så att det organiska innehållet tas bort före kornstorleksanalysen. Borttagning av organisk halt är föreskriven i t ex tysk och engelsk standard och också på andra håll som Australien och Nya Zeeland. I den engelska normen föreskrivs också borttagning av karbonater med saltsyra. Enligt SGF:s laboratoriekommitté (1972) bör humus tas bort med väteperoxid om den organiska halten överstiger 2-4 viktsprocent och svensk standard anger 2 procent som gräns.

Dessa åsikter är dock inte oomtvistade och ett flertal forskare anser det obehövligt att ta bort det organiska materialet, en del anser det till och med vara ett direkt misstag.

De olika metoderna har framtagits av jordartskemister och diskussionen har främst förts ur jordbrukets synvinkel. På senare tid har dock också geotekniska synpunkter gjort sig hörda och så påpekar t ex Sherwood (1970) i en engelsk undersökning vid Road Research Laboratory att det ur vägbyggnadsteknisk synvinkel kanske inte är så lämpligt att behandla proverna med saltsyra och ta bort kalk och karbonater för att sedan göra kornstorleksanalys på ett prov som i många fall inte har särskilt stora likheter med ursprungsmaterialet.

Liknande synpunkter har framförts av Kindermans vid Centre de Recherches Routières i Belgien (1976), som dessutom hävdar att borttagande av humus som regel gör mer skada än nytta och därför bör uteslutas. ASTM nämner inte humusborttagning.

De anledningar till humusborttagning som angivits är dels att kornstorleksanalysen avser jordens mineralpartiklar och således bör utföras endast på dessa, dels att humusämnen tillsammans med lerpartiklar bildar svårdispergerade aggregat och att humus i sedimentationsvätskan kan påverka resultatet av sedimentationsanalysen.

Kalcium och karbonater anses också kunna förhindra upplösning av aggregat och dessutom skapa flockuleringseffekter vid sedimentation.

Mot borttagning av humus och kalcium står argumentet att all borttagning av någon komponent innebär en förändring av materialet. Man kan inte heller ta bort humus och/eller kalcium utan risk att övriga beståndsdelar förändras.

Underligt nog nämns sällan sulfid som också skapar aggregat och flockuleringseffekter. Detta kan dock bero på att sulfidhalten inte bestämts separerat utan ingått i glödningsförlusten och därvid klassats som organisk halt.

Den vanligaste formen av förbehandling av jord för fullständig borttagning av humus och kalcium är behandling med väteperoxid och saltsyra. Förutom att humus och kalcium tas bort löses dessutom t ex dubbelsilikater, järnoxid och olika hydrater. Redan Atterberg (1908) ansåg sig behöva införa begreppet "saltsyrelöslig ler" som i hans undersökningar på leror kunde utgöra 20-40 % av total provmängd.

Enbart behandling med väteperoxid kan också ge betydande förändringar i det mineragena materialet och ett flertal ämnen förutom

humusmaterialet förändras. Till och med rena lermineral påverkas. Drosdoff och Miles (1938) visade t ex experimentellt hur väteperoxid spaltar upp micapartiklar och då speciellt vermikulit. Andra typer av förbehandlingsmetoder har föreslagits med bl a natriumhypobromit, natriumhypoklorit och också med andra syror än saltsyra.

Gemensamt för dem alla är dock dels att inte all humus tas bort, dels att mineralfasen förändras mer eller mindre, (se t ex Lavkulich och Wiens 1970, Protz och Arnaud 1964). Förändringarna är så stora att man alltid skulle behöva bestämma förbehandlingsförlusten och kompensera för denna. För förändringar i jordens kornstorleksfördelning på grund av förändringar vid förbehandlingen går dock ej att kompensera.

Normalt anses att man vid sedimentationsanalys skall ha en fullständig sönderdelning av alla aggregat i sina beståndsdelar. Som kriterium på de olika metodernas effektivitet har därför ofta den vid sedimentationsanalysen uppmätta lerhalten använts. Ju högre uppmätt lerhalt desto bättre har förbehandlingsmetoden ansetts utan att något avseende fästs vid eventuella förändringar i ursprungsmaterialet vid förbehandlingen.

Elonen (1971) utförde en stor undersökning i Finland efter dessa kriterier och fann att såväl väteperoxid som saltsyra måste användas för att erhålla högsta lerhalt. Intressant är att då enbart väteperoxidbehandling utfördes ökade en tvättning av det behandlade materialet med destillerat vatten den uppmätta lerhalten mycket påtagligt. Enligt SGF:s laboratoriekommittés rekommendationer (1972) skall det behandlade provet tvättas minst två gånger.

Olika forskare har angivit olika procentsatser för humushalter som fordrar förbehandling. Fastabend (1965) lät utföra jämförande försök vid olika laboratorier och fann att vid låga organiska halter (<1 %) var spridningen i försöksresultat liten men den var relativt stor för höga organiska halter. Heinonen (1958) erhöll stor skillnad mellan behandlade och obehandlade prover om den organiska halten var över 2 %. En viss skillnad erhöles dock för alla prover. Hansen (1961) erhöill stor spridning i lerhalt för prover med organiska halter mellan 3,5 och 10,2 % vare sig de behandlats med väteperoxid eller ej. För prover med lägre organisk halt, där spridningen tydligen varit mindre, erhöills ingen skillnad mellan behandlade och obehandlade prover. SGF:s laboratoriekommitté rekommenderar att provet behandlas med väteperoxid om den organiska halten överstiger 2-4 %.

Behandling med väteperoxid är omständlig. Den kräver passning och får oftast upprepas ett flertal gånger. I extrema fall kan behandlingen kräva flera veckors tid. Av bland annat rent praktiska skäl har därför en övergång till humusborttagning med natriumhypobromit föreslagits.

Ingendera metoden tar bort det organiska materialet fullständigt (se t ex Silberberg 1957). Båda har vissa nackdelar, väteperoxidens är redan omnämnda och natriumhypobromit löser enligt Atterberg (1908-09) diatomeer samtidigt som det inte löser upp alla leraggregat. Natriumhypobromitbehandling används bland andra av Sveriges Geologiska Undersökning i Uppsala som vid jämförande försök funnit att praktiskt taget identiska kornstorleksfördelningar erhålls för prover som behandlats med väteperoxid respektive natriumhypobromit och som sedan tvättats med destillerat vatten (Fredriksson och Kjellin 1973).

Edwards och Bremner (1967) visade att väteperoxidbehandling visserligen underlättade dispergeringen men att lika goda resultat

kunde erhållas genom ultraljudsdispersering av obehandlade prover. Elonen (1971) fann i stort sett samma sak förutsatt att dispergeringsmedel tillsätts före ultraljudsbehandlingen. I båda undersökningarna ingick jordar med upp till 10 % organisk halt.

Förbehandling genom borttvättning av salter uppges av SGF:s laboratoriekommitté ske endast i undantagsfall och då främst i samband med vägsalt. Svensk standard nämner dock att det kan behövas också i marina leror.

FÖRBEHANDLINGSFÖRSÖK I DENNA UNDERSÖKNING

De inledande försöken avsåg bland annat att undersöka i vilken grad humusförekomsten reducerades med olika metoder och om man kunde finna en förfaringsmässigt enklare metod än den mycket tidsödande väteperoxidbehandlingen. Försök utfördes dels på obehandlad jord, dels på jord som förbehandlats enligt 3 olika metoder; 1: enligt SGF:s laboratoriekommittés anvisningar med väteperoxid, 2: enligt Fredriksson och Kjellin (1973) med natriumhypobromit och 3: enbart tvättat med destillerat vatten. Samtliga förbehandlade prover tvättades om möjligt 3 ggr genom att proverna uppslammades i destillerat vatten varpå de centrifugerades. I vissa fall kunde endast 1 eller 2 tvättningar genomföras då de finare partiklarna inte sedimenterade vid de efterföljande centrifugeringarna. Den organiska halten bestämdes på de behandlade och tvättade proverna och på det obehandlade materialet. Resultaten framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Organisk halt efter förbehandling i viktsprocent.

Material	Obehandlat	Tvättat	Natriumhypobromit +tvättning	Väteperoxid + tvättning
Bäckebo lera	1,3	1,1	1,1	0,6
Kristianstad gyttja	35,3	37,1	27,6	-
Kungsbacka lerig gyttja	9,7	8,8	4,0	1,2
Mellösa gyttjig lera	5,5	5,2	2,9	0,9
Laboratorieblandning lerig gyttja	7,8	6,7	5,2	0,9

Av resultaten framgår att enbart tvättning av jorden tycks avlägsna en mindre del av det organiska materialet. Behandlingen med natriumhypobromit avlägsnar mindre än hälften av det organiska materialet medan väteperoxidbehandlingen tar bort större delen av detsamma. Väteperoxidbehandlingen tog mycket lång tid och för gyttjan från Kristianstad avbröts den efter två veckor då inga tecken på en avstannande reaktion märktes.

Vid tvättning och centrifugering slammades proverna upp med destillerat vatten i 500 ml behållare och centrifugerades därefter med 3000 varv/min i 15 minuter. Den klara vätskan dekanterades därefter och proceduren upprepades 3 gånger. Härvid visade det sig dock att vätskan i några fall inte blev klar vid andra tvättningen och endast i undan-

tagsfall vid den tredje. Att förlänga centrifugeringstiden visade sig överksamt och jämförande försök med centrifugering av lera som slam-mats upp i vatten med tillsats av dispergeringsmedel visade att de finaste partiklarna inte sedimenterar vid denna hastighet ens om tiden förlängs till 45 minuter. Tvättningen kom därför i praktiken att utföras tills dess att jorden lösts upp i så fina partiklar att centrifugering vid 3000 varv/min inte fick partiklarna att sedimentera, dock max 3 gånger.

Kornstorleksfördelningen bestämdes därefter med vågkroppsmetoden (Karlsson 1973). Med denna metod har man möjlighet att kontrollera om någon flockulering förekommer under försöket. Någon sådan kunde inte observeras i något av de inledande försöken. De uppmätta lerhalterna (för material <0,6 mm) redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Uppmätta lerhalter i procent av totalt prov respektive beräknade för jordens mineralinnehåll (material < 0,6mm).

Material	Behandling	Org. halt %	Lerhalt av totalt prov %	Lerhalt av mineraljord %
Bäckebo- lera	Obehandlat	1,3	62	63
	Tvättat	1,1	72	73
	Natriumhypobromit	1,1	71	72
	Väteperoxid	0,6	81	81
Kristianstad gyttja	Obehandlat	35,3	(25)	(39)
	Tvättat	37,1	(36)	(57)
	Natriumhypobromit	27,6	(30)	(41)
Kungsbacka lerig gyttja	Obehandlat	9,7	36	40
	Tvättat	8,8	53	58
	Natriumhypobromit	4,9	58	61
	Väteperoxid	1,2	56	57
Mellösa gyttjig lera	Obehandlat	5,5	55	58
	Tvättat	5,2	62	65
	Natriumhypobromit	2,9	65	67
	Väteperoxid	0,9	63	64
Laboratorie- blandning gyttjig lera	Obehandlat	7,8	64	69
	Tvättat	6,7	63	68
	Natriumhypobromit	5,2	66	70
	Väteperoxid	0,9	68	69

Av tabellen framgår att behandling av proverna hade en påtaglig effekt utom i den laboratorieblandade leriga gyttjan. Av tabellen framgår också att alla behandlingsformerna gav praktiskt taget samma resultat, möjligen med undantag av Bäckebo-leran som enligt gällande praxis inte skulle ha förbehandlats alls (Kristianstadsproverna kunde inte utvärderas och normalt utförs inte kornstorleksanalys på gyttja med en organisk halt över 20 %).

Vid beräkning av lerhalten som andel av mineraljordsinnehållet liksom kornstorleksfördelningen har provets massa M korrigerats med hänsyn till den organiska halten så att

SGI Varia 330

$$M_{\text{mineraljord}} = M \cdot (1 - \text{Org. halt})$$

Resultaten tyder på att det är tvättningen av materialet med destillerat vatten som ger effekt och inte den kemiska behandlingen. Effekten av förbehandlingen tycks inte heller vara relaterad till den organiska halten i ursprungsmaterialet, Fig. 1.

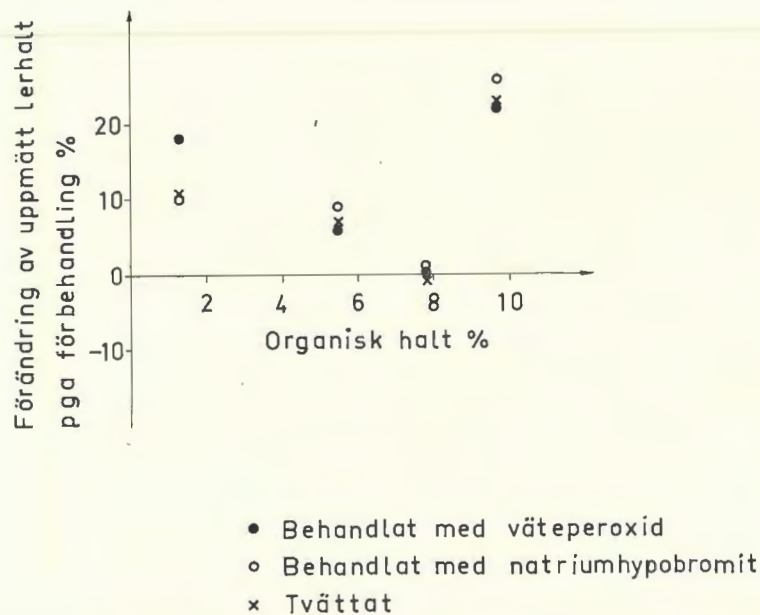


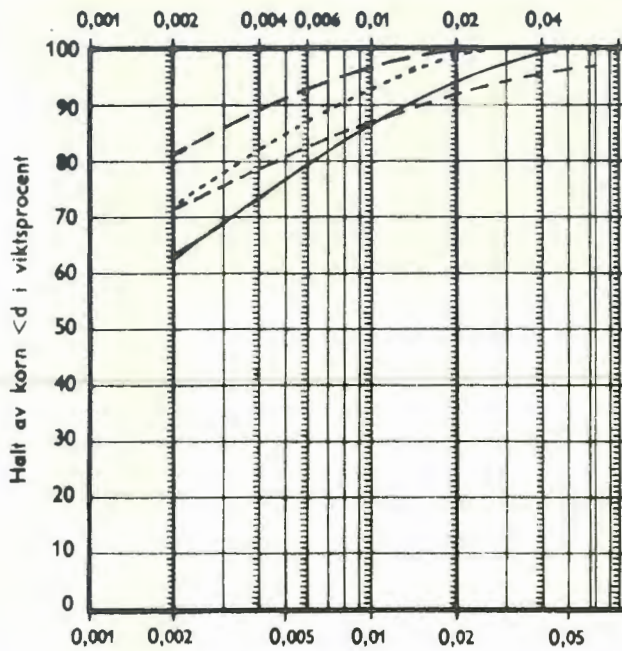
Fig. 1. Förändring i uppmätt lerhalt efter behandling.

Inte heller tycks organiskt innehåll i måttliga mängder i suspensionen nämnvärt påverka resultaten av sedimentationsanalyser. Detta illustreras bäst av resultaten från laboratorieblandningen och Kungsbackagyttjan där det organiska materialet i suspensionerna varierade mellan 7,8 och 0,9 respektive 8,8 och 1,2 procent utan att detta påverkade resultaten i någon påtaglig grad.

Sedimentationsförsöken på Kristianstadsgyttjan där de organiska halterna var i storleken 30-40 % gav dock mycket oregelbundna kurvor som egentligen inte kunde utvärderas. Uppmätta kornfördelningskurvor för övriga material visas i Figur 2.

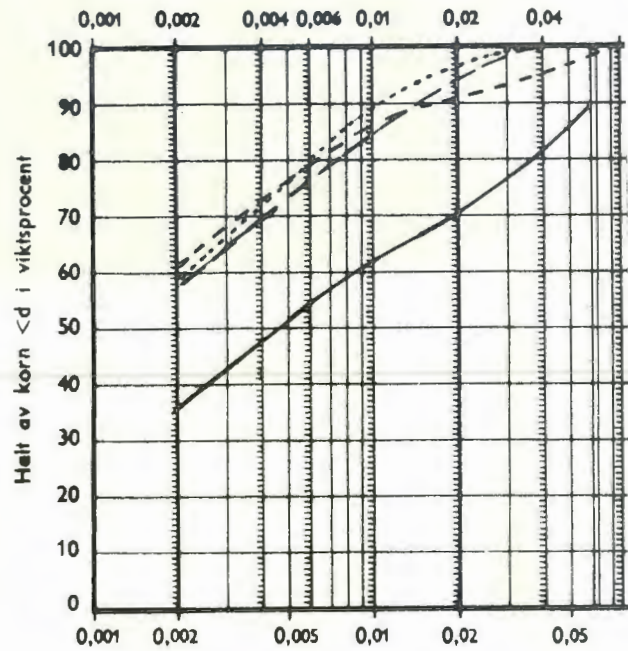
Bäcke bol

Ekvivalentdiameter vid sedimentationsanalys mm



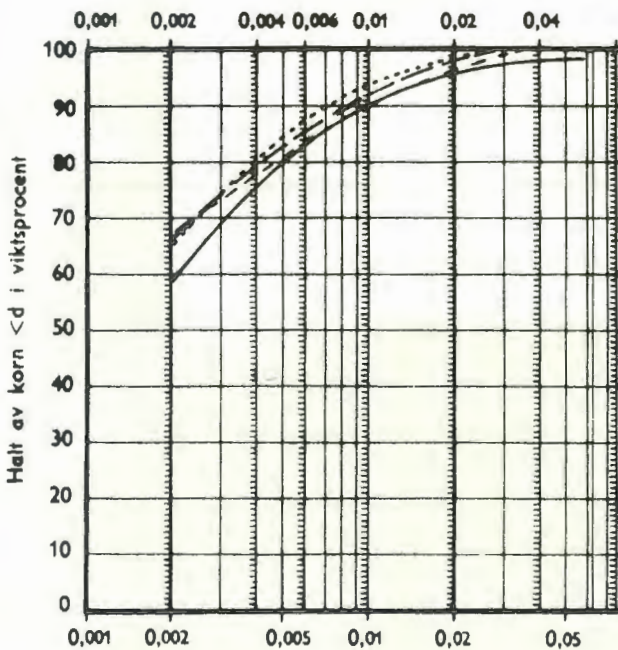
Kungsbacka

Ekvivalentdiameter vid sedimentationsanalys mm



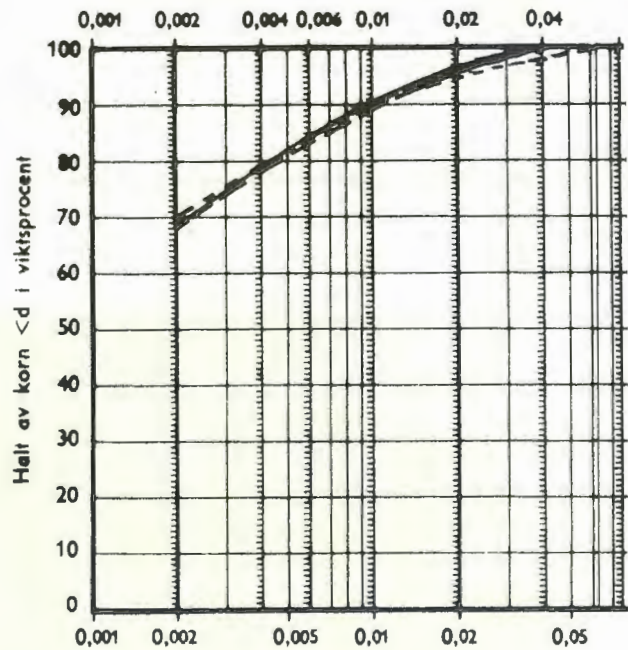
Mellösa

Ekvivalentdiameter vid sedimentationsanalys mm



Laboratorieblandning

Ekvivalentdiameter vid sedimentationsanalys mm



- Obehandlat
- - - Behandlat med väteperoxid
- · - · - " " - " natriumhypobromit
- Tvättat

Fig. 2. Uppmätta kornfördelningskurvor i första försöksomgången.

En förklaring till att det är tvättningen med destillerat vatten som är effektiv skulle kunna vara att det är vattenlösliga organiska substanser som bildar aggregat med lerpartiklar eller geler. En borttvättning av dessa, eller alternativt utspädning till mycket låga koncentrationer, skulle möjliggöra en fullständig dispergering av mineralpartiklarna. Huvuddelen av det organiska materialet skulle däremot inte ha någon annan inverkan än att det utgör ett eventuellt störande inslag vid sedimentationsprocessen. Detta styrks av Edwards och Bremners (1967) och Elonens (1971) undersökningar. Det styrks också av resultaten av behandlingen av det laboratorieblandade materialet. I detta prov hade en gyttja med mycket hög organisk halt blandats med en oorganisk lera. Blandningen gjordes med naturfuktiga prover och någon aggregatbildning som vid naturlig avsättning och efterföljande processer torde inte ha kunnat äga rum. Förbehandlingen gjorde i detta fall inte någon som helst effekt.

De inledande undersökningarna har senare kompletterats med ytterligare jämförande provningar av obehandlade, tvättade och väteperoxidbehandlade prover. Totalt har ytterligare 12 prover från 4 olika lokaler undersökts.

De organiska halterna i dessa material har generellt varit något lägre än vid de inledande försöken (bortsett från Bäckebolsleran). Å andra sidan har en del av de nya proverna innehållit relativt höga sulfidhalter.

Resultaten från dessa undersökningar visas i Tabell 3 och Figur 3.

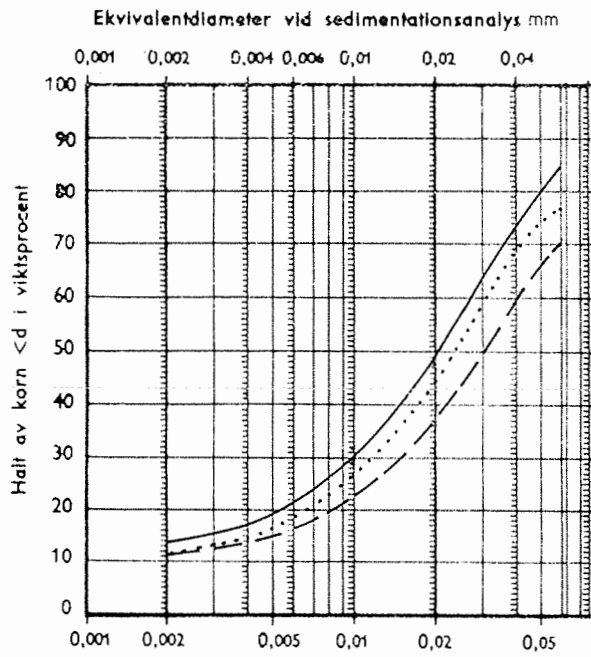
Också dessa resultat visar att inverkan av en borttagning av humusmaterialet som regel är marginell och att praktiskt taget identiska resultat erhålls för tvättade och, i en del fall, också för obehandlade prover förutsatt att provets massa korrigeras för den organiska halten.

Undantaget är resultaten från de fem nivåerna i Gideåbacka. Jorden består här i huvudsak av sulfidsilt-sulfidlera med en sulfidhalt av 1,4-2,7 %. Detta är relativt höga sulfidhalter och övriga undersökningar i denna jord tyder på att sulfiden har en stor inverkan på dess egenskaper, (Larsson 1990).

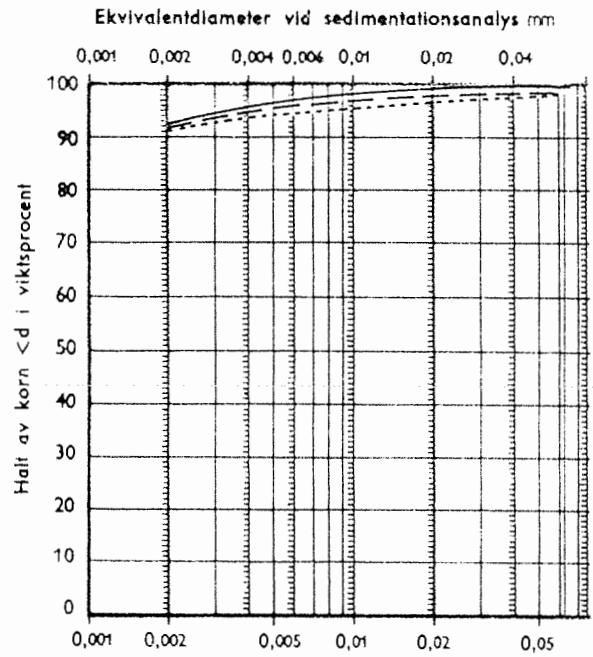
Järnsulfid har visat sig ha en stor benägenhet att skapa stora aggregat av mindre partiklar (t ex Pusch 1970, Larsson 1990). Sulfiden påverkas inte av destillerat vatten och kan inte enkelt tvättas bort. Behandling av jorden med väteperoxid omvandlar dock sulfiden till produkter som försvinner tillsammans med resterna av det organiska materialet vid den efterföljande tvättningen.

Väteperoxidbehandlingen av proverna från Gideåbacka resulterade också i att den efterföljande sedimentationsanalysen utvisade ett betydligt finkornigare material än det enbart tvättade. Det senare uppvisade också påtagliga flockuleringstendenser och därmed ett mycket osäkert resultat av sedimentationsanalysen. Enligt gällande rekommendationer borde detta ha föranlett en förnyad förbehandling av provet.

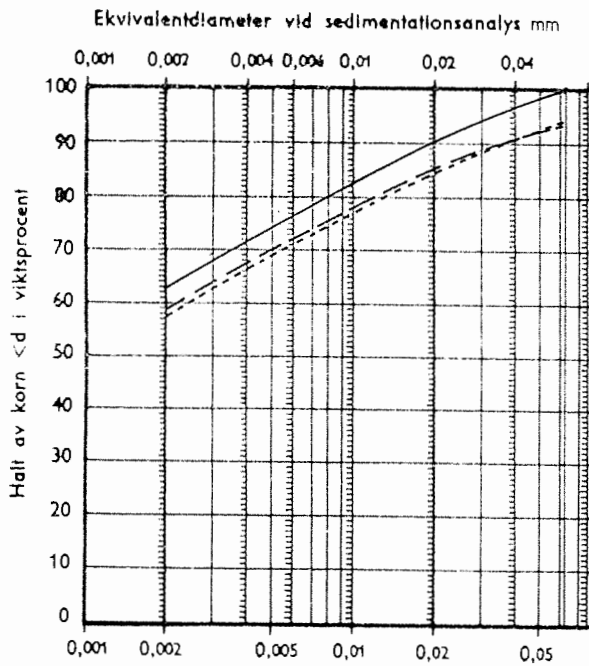
Väg 718 7,4-7,8 m



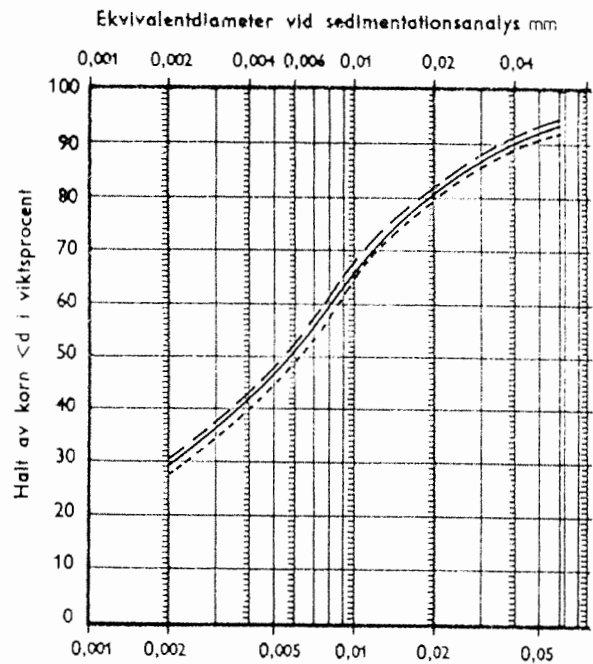
Skå - Edeby 4,1 m



Skå - Edeby 3,2 m

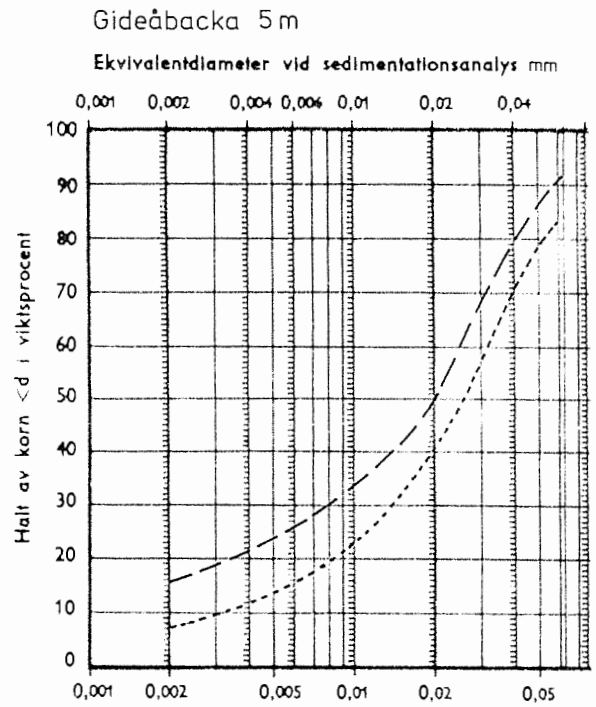
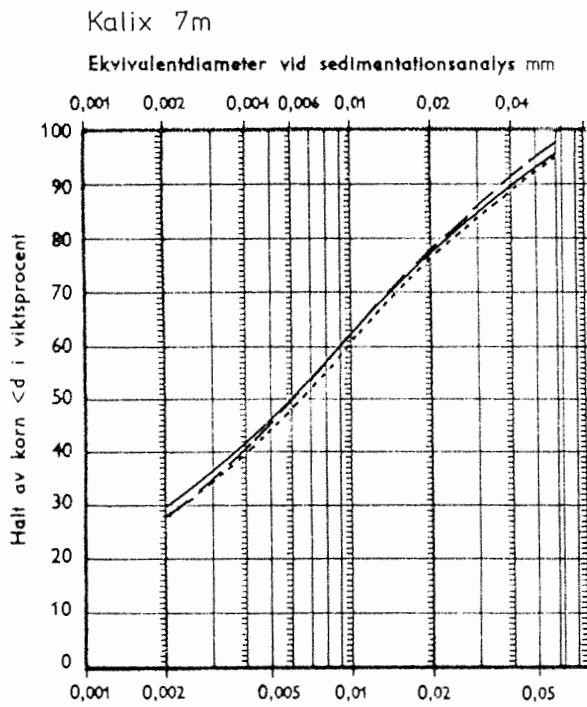
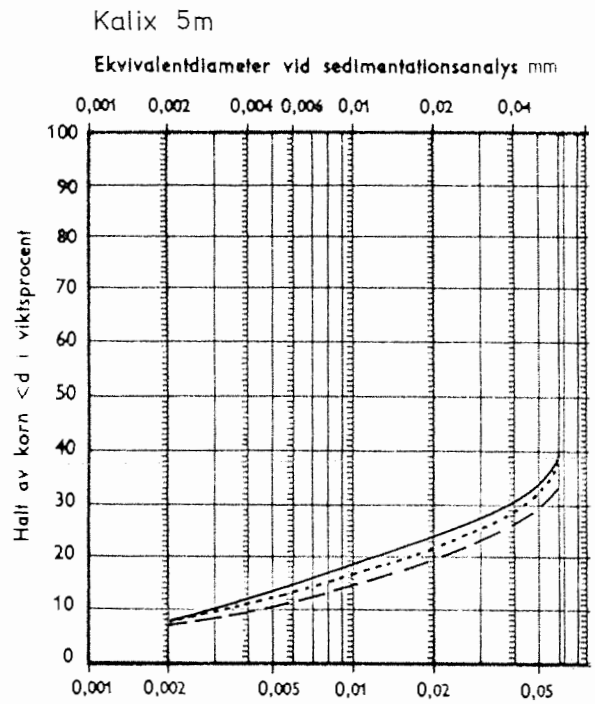
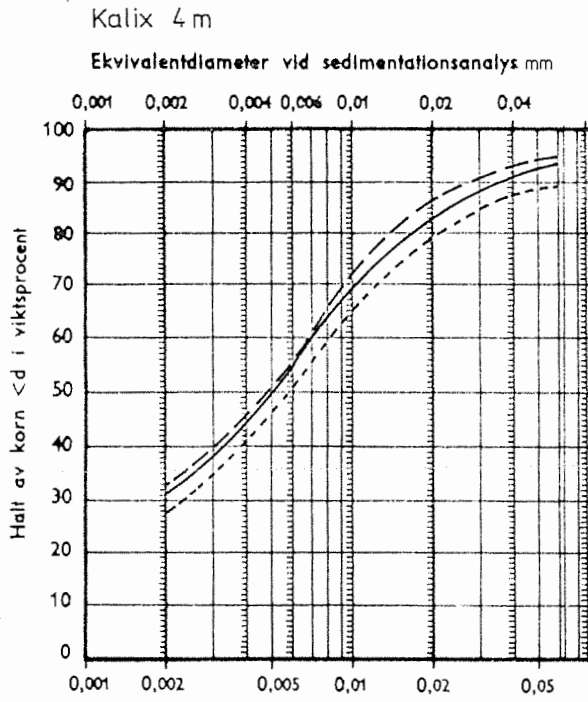


Kalix 3m



- Obehandlat
- - - Behandlat med väteperoxid
- Tvättat

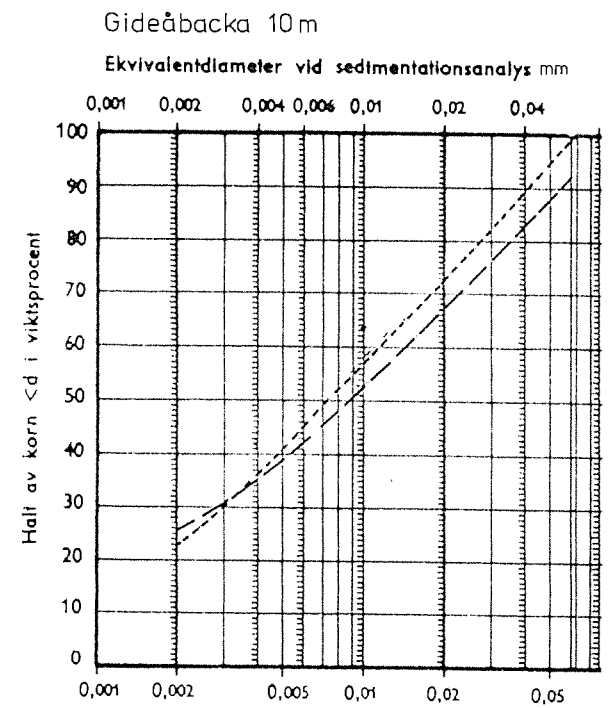
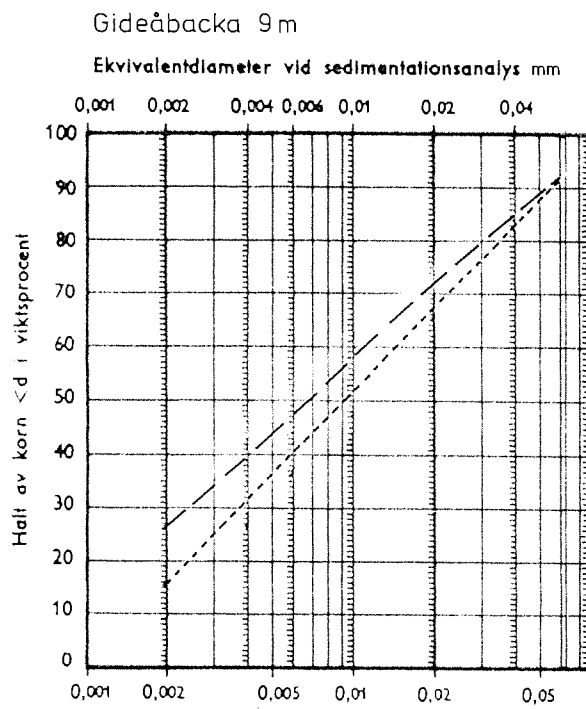
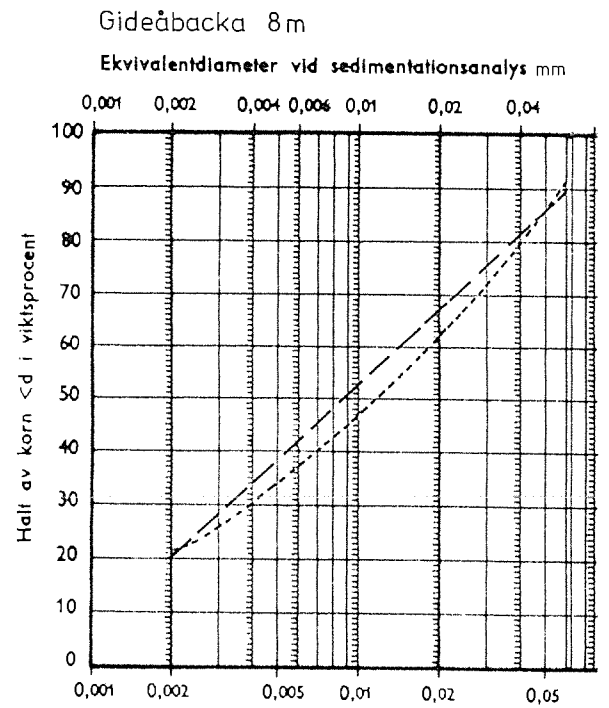
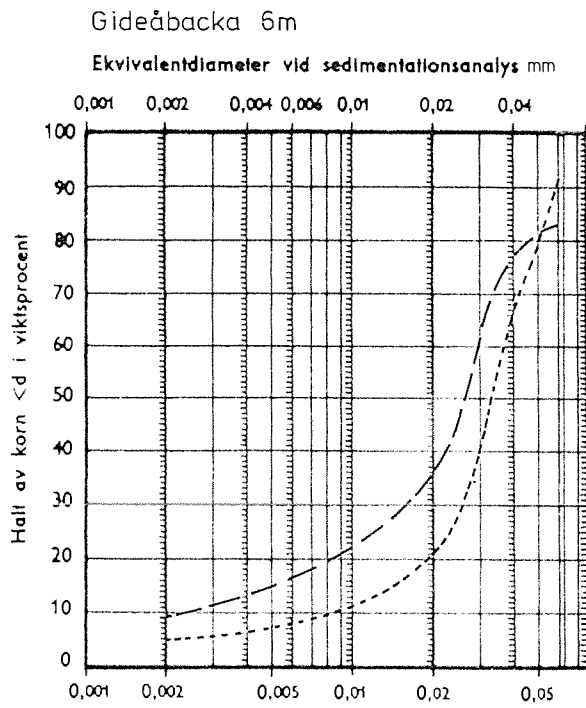
Fig. 3. Uppmätta kornfördelningskurvor i de kompletterande försöken.



- Obehandlat
- - - Behandlat med väteperoxid
- Tvättat

Fortsättning av Fig. 3.

SGI Varia 330



- Obehandlat
- - - Behandlat med väteperoxid
- Tvättat

Fortsättning av Fig. 3.

Tabell 3. Uppmätta lerhalter i de kompletterande försöken i procent av totalt prov respektive mineraljordsfasen (material <0,6 mm).

Material	Behandling	Org. halt %	Lerhalt av totalt prov %	Lerhalt av mineraljord %
Väg 718 gyttjig lerig silt	Obehandlat	4,3	15	16
	Tvättat	4,0	16	16
	Väteperoxid	0,1	16	16
Skå-Edeby gyttjig lera 3 m	Obehandlat	2,7	61	62
	Tvättat	2,7	60	61
	Väteperoxid	0,2	62	62
Skå-Edeby lera 4 m	Obehandlat	1,5	91	93
	Tvättat	1,0	92	93
	Väteperoxid	0,5	93	93
Kalix 3 m organisk siltig lera	Obehandlat	3,0	30	31
	Tvättat	3,2	29	30
	Väteperoxid	0,2	32	32
Kalix 4 m organisk siltig lera	Obehandlat	3,6	32	33
	Tvättat	3,6	31	32
	Väteperoxid	0,2	34	34
Kalix 5 m siltig lerig sand	Obehandlat	0,7	23	23
	Tvättat	0,7	23	23
	Väteperoxid	0,0	22	22
Kalix 7m organisk siltig lera	Obehandlat	2,8	30	31
	Tvättat	3,4	28	29
	Väteperoxid	0,3	27	27
Gideåbacka 5m, organisk lerig sulfid- silt	Obehandlat	3,7	-	-
	Tvättat	2,7	9	9
	Väteperoxid	0,1	17	17
Gideåbacka 6m, organisk lerig sulfid- silt	Obehandlat	3,6	-	-
	Tvättat	1,9	6	6
	Väteperoxid	0,3	11	11
Gideåbacka 8m, organisk siltig sulfidlera	Obehandlat	5,4	-	-
	Tvättat	3,6	23	24
	Väteperoxid	0,2	24	24
Gideåbacka 9m, organisk siltig sulfidlera	Obehandlat	4,6	-	-
	Tvättat	3,6	16	16
	Väteperoxid	0,7	28	28
Gideåbacka 10m, organisk siltig sulfidlera	Obehandlat	3,8	-	-
	Tvättat	3,6	22	23
	Väteperoxid	0,1	28	28

Sulfid kan uppträda i många olika former och måste inte med nödvändighet påverka resultaten. Proverna från Skå-Edeby, Mellösa och Kalix innehöll också sulfider i varierande mängder men upvisade inga motsvarande effekter. Behovet av borttagning av sulfidinnehållet torde vara begränsat till jord som klassificeras som sulfidjord (svartmocka) och också här kan effekten variera.

SLUTSATSER

Underlaget för bestämda slutsatser är fortfarande något magert men resultaten tyder klart på att kemisk förbehandling av prover med organisk halt upp till 10 % och kanske t o m till 20 %, som är den högsta gränsen för klassning av jord med avseende på mineralinnehållet, inte skulle behövas. Det rutinmässiga förfarandet skulle då inskränkas till att proverna tvättas med 0,5-1,0 l destillerat vatten och centrifugeras 3 gånger eller tills dess att man vid centrifugeringen ser att provet dispergerats så mycket att de finare partiklarna inte sedimenterar ens i centrifugen. Mängden vattenlösliga organiska ämnen är i regel så liten att de vid sedimentationsanalysen erhållna värdena kan korrigeras med hjälp av naturlig organisk halt. Detta skulle avsevärt underlätta och förbilliga analysen utan att försämra kvaliteten.

Undantaget är sulfidjord som bör behandlas med väteperoxid för att lösa upp eventuella aggregat och förhindra flockulering under sedimentationsförsöket.

Helst bör man använda en försöksmetod för sedimentationsanalysen där eventuella tendenser till flockulering under sedimentationen kan upptäckas och vilket i så fall kan åtgärdas genom en mer omfattande förbehandling.

Tvättning av proverna bör alltid företas även om ingen annan förbehandling görs, såvida man inte med säkerhet kan förutsätta att proven inte innehåller några salter eller andra vattenlösliga aggregatbildande ämnen.

Anser man av någon anledning att det organiska materialet skall tas bort bör detta ske med väteperoxid enligt SGF:s laboratoriekommittés rekommendationer. Eventuellt bör i detta fall också kvarvarande organisk halt bestämmas.

Sedimentationsanalysen ger en kornstorleksfördelning som skall motsvara ett i sina minsta beståndsdelar sönderdelat material. I naturligt tillstånd förekommer lerpartiklarna, som t ex Pusch (1970) visat, i mer eller mindre utpräglade aggregat som ur vissa synpunkter kan anses utgöra fasta partiklar. Önskar man i stället veta storleksfördelningen av dessa får man studera dem i elektronmikroskop. Sedimentationsförsök med helt bevarade aggregat torde inte gå att utföra.

REFERENSER

- Atterberg, A. (1908). Om metoderna för leranalysen. Kungl. Landtbruks-Akademiens Handlingar och Tidskrift Nr 5/6.
- Atterberg, A. (1912). Mekaniska jordanalyser och klassifikationer af de svenska mineraljordslager. Kungl. Landtbruks-Akademiens Handlingar och Tidskrift Nr 6.
- British Standard Institution. (1967). Methods of testing Soils for Civil Engineering Purposes. BS 1377.
- Dreshoff, M. and Miles, E. F. (1938). Action of hydrogen peroxide on weathered mica. Soil Sci. 46.
- Edwards, A. P. and Bremner, J. M. (1967). "Dispersion of soil particles by sonic vibration" and "Microaggregates in soils". J. Soil Sci. 18.
- Elonen, P. (1971). Particle-size analysis of soil. Acta Agralia Fennica 122.
- Fastabend, H. (1965). Die Korngrössenzusammensetzung von Böden und ihre Bestimmung. Landw. Forsch. Sonderh. 19.
- Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen. (1963). Markblatt für bodenphysikalische Prüfverfahren.
- Fredriksson, D. och Kjellin, B. (1973). Meddelande till kunder vid jordartslaboratoriet. Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala.
- Hansen, L. (1961). Hydrometermetoden till bestemmelse af jordens tekstur. Grundförbättring 14.
- Heinonen, R. (1973). Ny metod för sedimentationsanalys. Väg- och Vattenbyggaren 19 Nr 7.
- Kindermans, J.-M. (1976). Analyse granulométrique par sédimentation. Centre de Recherches Routières. Bruxelles, CR 6/76.
- Larsson, R., Nilsson, G. och Rogbeck, J. (1985). Bestämning av organisk halt, karbonathalt och sulfidhalt i jord. Statens geotekniska institut, Rapport Nr 27, Linköping.
- Larsson, R. (1990). Behaviour of organic clay and gyttja. Statens geotekniska institut, Rapport Nr 38, Linköping.
- Lavkulich, L. M. and Wiens, J. H. (1970). Comparison of organic matter destruction by hydrogen peroxide and sodium hypochlorite and its effects on selected mineral constituents. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34.
- Protz, R. and Arnaud, P. J. (1964). The evaluation of four pretreatments used in particle size distribution analyses. Can. J. Soil Sci. 44.
- Pusch, R. (1970). Clay microstructure. Byggeforskningen, Document D8:1970. Stockholm.

SGF:s laboratoriekommitté. (1972). Kornfördelning. Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar. Del 4. Byggtillskningens Informationsblad B2:1972.

Sherwood, P. T. (1970). The reproducibility of the results of soil classification and compaction tests. Road Research Laboratory, RRL Report LR 339.

Silferberg, L. (1957). Chemical Determination of Soil Organic Matter. Statens geotekniska institut. Proceedings No 15. Stockholm.