

5. Hydrauliske undersøgelser – laboratorieundersøgelser

Bo Vangsø Iversen (DJF) og Ole Hørbye Jacobsen (DJF)

5.1 Metodebeskrivelse

5.1.1 Udtagning af prøver i felten

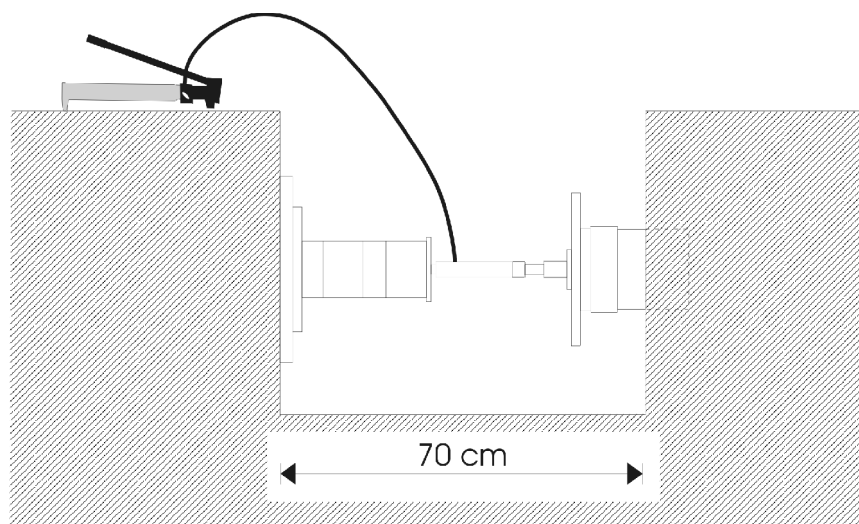
Feltarbejdet i forbindelse med prøveudtagelsen foregik i oktober måned, 2002. En udtagelse var dog prøveudtagelsen af de dybe prøve ved Gjorslev (C(I), C(II) og C(III)), figur 5.3, der fandt sted allerede i august måned samme år. I tilknytning til de pedologiske/geologiske beskrivelser af de udgravede profiler blev der i udvalgte horisonter/dybder udtaget intaktprøver i henholdsvis store kolonner (længde: 20,0 cm længde, i indre diameter: 20 cm) samt små 100 cm³ retentionsringe (6,10 cm i indre diameter). Som en hovedregel blev prøverne udtaget i en vertikal retning. I enkelte dybder blev der dog udtaget ekstraprøver (store kolonner) i en horisontal retning. De vertikalt udtagne store kolonner blev i dybden fra muldlaget (Ap-horisonten) til ca. 130 cm udtaget ved hjælp af en hydraulisk presse monteret bag på en traktor. Udtagningen af dybereliggende vertikale kolonner blev foretaget ved anvendelsen af et universelt udtagningsudstyr udviklet af Eijkelkamp Agrisearch Equipment, hvor kolonnen blev presset ned ved hjælp af en hydraulisk håndpumpe. Udtagning af horisontale kolonner blev ligeledes foretaget ved hjælp af den hydrauliske håndpumpe, hvor den modstående profilvæg blev brugt som "kontravægt", figur 5.1. Små 100 cm³ retentionsringe blev manuelt udtaget ved nedhamring med en specialkonstrueret flange. Som hovedregel blev der udtaget fem vertikale kolonner og fem retentionsringe ved hvert udtagelsepunkt. Ved horisontal prøveudtagelse blev der som hovedregel udtaget tre kolonner. Alle prøver blev under transport og opbevaring beskyttet mod udtørring og mekaniske forstyrrelser ved hjælp af plastlåg. Indtil analysen blev alle prøver opbevaret på køl ved en temperatur på 2 °C.

Gjorslev

Ved Gjorslev blev der udtaget vertikale prøver (kolonner og retentionsringe) i seks dybder, figur 5.2 og 5.3. I de tre nederste dybder i C-horisonten, C(I), C(II) og C(III), blev der i hver dybde kun udtaget tre kolonner. I Bv-horisonten blev der ydermere udtaget tre horisontale kolonner.

Højstrup

Ved Højstrup blev der udtaget vertikale prøver (kolonner og retentionsringe) i fem dybder, figur 5.2 og 5.3. Der blev ydermere udtaget horisontale kolonner i to dybder i C-horisonten (C(g)- og C(I)).



Figur 5.1. Udtagning af horisontale kolonner med hydraulisk håndpumpe.

Mammen

Ved Mammen blev der udtaget vertikale prøver (kolonner og retentionsringe) i seks dybder, figur 5.2 og 5.3. Grundet Bt(g)-horisontens grove prismatiske struktur (se også bilag 1) var det ikke muligt at presse de store kolonner ned i jorden. Der blev derfor i denne horisont udelukkende udtaget retentionsringe. Ap-horisonten var ligeledes hård (og tør), hvilket også her besværliggjorte udtagelsen af store kolonner. Her lykkedes det dog at udtage tre kolonner samt fem retentionsringe. I smeltevandssandet (C(III)) blev der som i Ap-horisonten ligeledes kun udtaget retentionsringe. I de to øverste dybder i C-horisonten (C(I) og C(II)) blev der ydermere udtaget horisontale kolonner.

Grundfør

Ved Grundfør blev der udtaget vertikale prøver (kolonner og retentionsringe) i fem dybder, figur 5.2 og 5.3. Der blev udtaget horisontale kolonner i Bv- og C(I)-horisonten.

5.1.2 Måling af vandretention og mættet hydraulisk ledningsevne

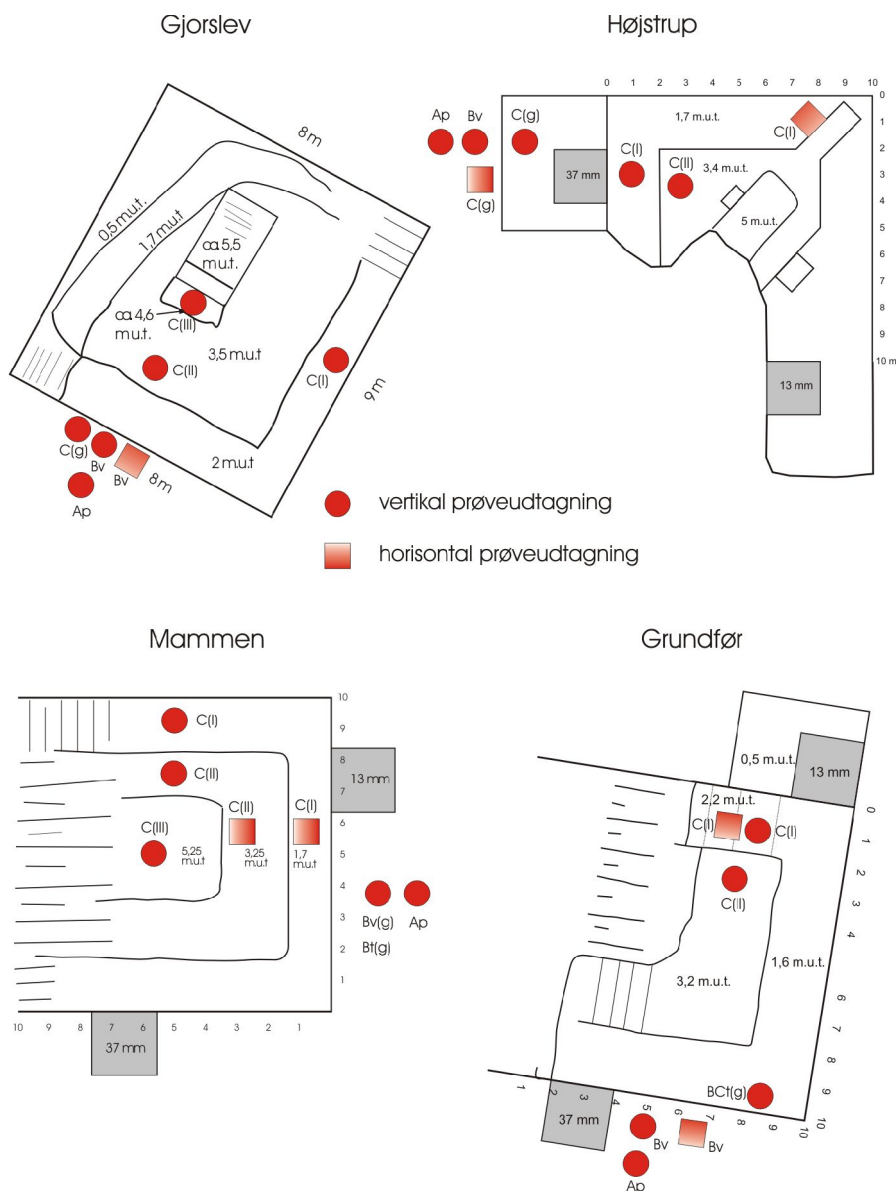
Store kolonner

I laboratoriet blev prøverne mættet langsomt op i løbet af tre dage. Derefter blev de afdrænet til et vandpotentiale svarende til -20 cm vandsøjle (v.s.) i midten af prøven. Efterfølgende blev den mættede hydrauliske ledningsevne (K_s) målt ved et konstant trykniveau (Klute og Dirksen, 1986).

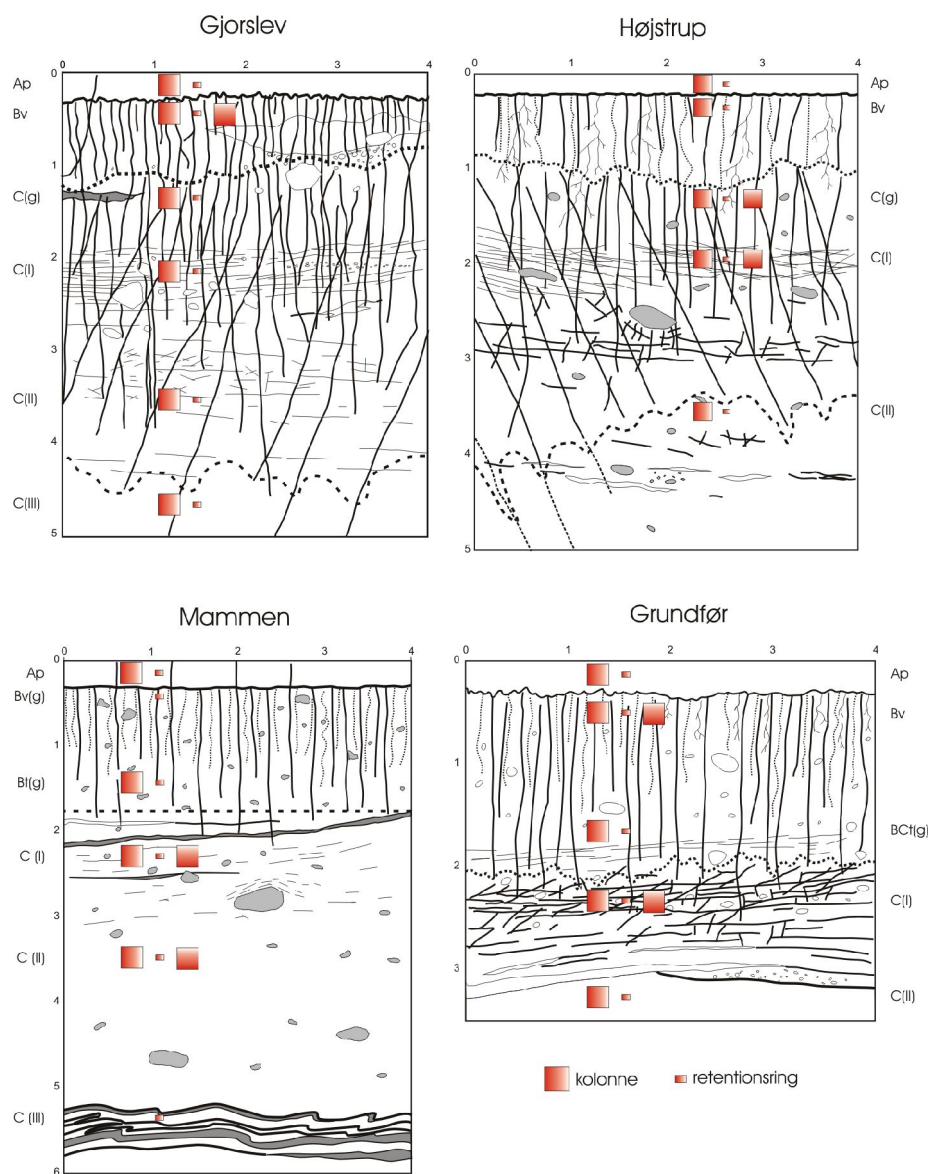
Retentionsringe

Efter en forudgående afvejning blev de små retentionsringe placeret i en sand-boks og langsomt mættet op fra neden. Vandretentionsforløbet blev derefter bestemt ved at afdræne prøverne til et vandindhold svarende til -10 , -16 , -50 , -100 , -160 , -500 , -1000 og $-$

15800 cm v.s. Afdræningspotentialer fra -10 til -100 cm v.s. blev udført i sandboksen, hvorimod de resterende afdræninger blev foretaget i trykgryder. Afdræningen til -15850 cm v.s. blev bestemt på løs 2-cm-sigtet jord (Klute, 1986). De anvendte udstyr til afdræning samt proceduren er nærmere beskrevet i Schjønning (1985). For retentionsringe udtaget i niveauer, hvor der samtidig ikke var udtaget store kolonner, blev der i tillæg til måling af vandretentionsforløbet ligeledes målt K_s . I denne forbindelse blev prøverne genopmættet, og den mættede hydrauliske ledningsevne blev målt ved et konstant trykniveau (Klute & Dirksen, 1986) med en teknik beskrevet af Rasmussen (1976). Til sidst blev alle prøver tørret ved 105°C i 24 timer og bagefter vejret til bestemmelse af tørvægt.



Figur 5.2. Oversigtskort over udtagningspunkterne i forbindelse med udtagningen af kolonner (vertikale og horisontale) samt retentionsringe (vertikal) i udgravningerne ved de fire lokaliteter.



Figur 5.3. Udtagningsdybderne ved de fire lokaliteter. Betegnelserne for de korresponderende pedologiske horisonter er angivet ved siden af profiltegningerne. Store kolonner blev i enkelte dybder udtaget både horisontalt og vertikalt (eksempelvis i Bv-horisonten ved Gjorslev). Placeringen af kolonnerne og retentionsringene på figurerne svarer ikke fuldstændigt til de nøjagtige udtagelsepunkter i feltet, men repræsenterer de forskellige dybder/horisonter, hvorfra der blev udtaget prøver.

5.2 Resultater

5.2.1 Volumenvægt

Tabel 5.1 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de fire lokaliteter. Generelt ses de højeste volumenvægte ved de to lokaliteter på Stevns (Gjorslev og Højstrup). Specielt den nederste del af profilerne udviser meget høje volumenvægte op til 1,9 g/cm³. Profilerne viser alle et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organiskholdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. Ved Mammen og Grundfør udviser de relativt grovkornede smeltevandslag i bunden af profilet dog lave volumenvægte. Lavest volumenvægt er målt i Ap-horisonten ved Mammen.

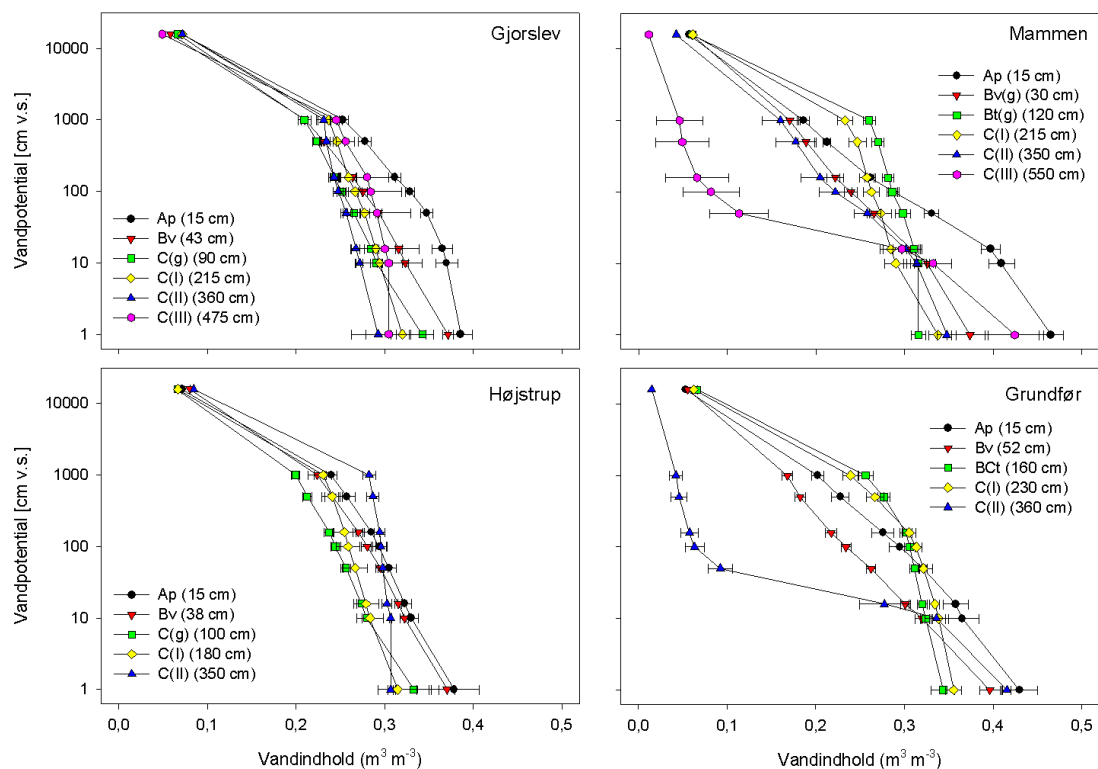
Tabel 5.1. Volumenvægt (g/cm³) målt på 100-cm³ retentionsringe (n=5).

Horisont	Gjorslev			Horisont	Højstrup		
	Dybde (cm)	volumenvægt (g/cm ³)	std.afv.		Dybde (cm)	volumenvægt (g/cm ³)	std.afv.
Ap	15	1,63	0,03	Ap	15	1,65	0,08
Bv	43	1,67	0,02	Bv	38	1,67	0,02
C(g)	90	1,74	0,03	C(g)	100	1,77	0,05
C(I)	215	1,80	0,02	C(I)	180	1,82	0,06
C(II)	360	1,87	0,04	C(II)	350	1,88	0,01
C(III)	475	1,87	0,11	-	-	-	-
	Mammen				Grundfør		
Ap	15	1,42	0,04	Ap	15	1,51	0,05
Bv(g)	30	1,66	0,05	Bv	52	1,60	0,03
Bt(g)	120	1,83	0,02	BCt(g)	160	1,74	0,04
C(I)	215	1,76	0,03	C(I)	230	1,71	0,02
C(II)	350	1,73	0,03	C(II)	360	1,55	0,01
C(III)	550	1,53	0,09	-	-	-	-

5.2.2 Vandretention og porestørrelsesfordeling

Vandretention

Generelt udviser jorden ved de forskellige lokaliteter en høj vandholdende kapacitet, figur 5.4. Kun de sandede lag i bunden af profilerne ved Mammen og Grundfør udviser en kraftig afdræning fra mætning til et vandpotential omkring 50 cm v.s. Generelt er der en lavere variation mellem dybderne for de to profiler ved Stevns (Gjorslev og Højstrup) sammenlignet med de to profiler i Østjylland (Mammen og Grundfør). Ligeledes er der en tendens til, at jorden ved Stevns har en højere vandholdende kapacitet sammenlignet med de to jorde i Østjylland, hvilket stemmer overens med et højere indhold af ler for de førstnævnte jorde.



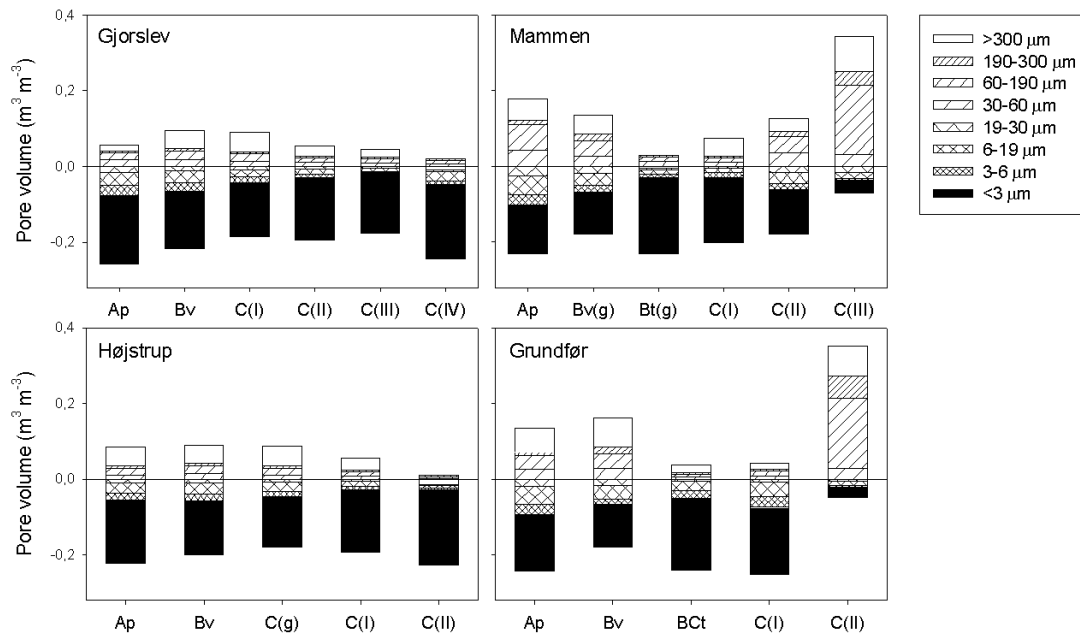
Figur 5.4. Data for vandretention målt på 100 cm³ retentionsringe. Alle værdier er aritmetiske middelværdier. Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.

Porestørrelsesfordeling

Figur 5.5 viser porestørrelsesfordelingen beregnet fra vandretentionsmålingerne ud fra den almindelige forudsætning om relation mellem ækvivalen porediameter (d) i μm og vandpotential (h) i cm vandsøjle:

$$d = 3000 / -h$$

De sandede smeltevandslag i bunden af profilerne ved Mammen og Grundfær skiller sig tydeligt ud ved at have en markant høj andel af grovporer ($d > 30 \mu\text{m}$) sammenlignet med de andre horisonter. Der er en tendens til, at profilerne i Østjylland (Mammen og Grundfær) har et højere indhold af grovporer sammenlignet med profilerne på Stevns (Gjorslev og Højstrup). Dette er specielt udtalt i de øverste horisonter (Ap og Bv).

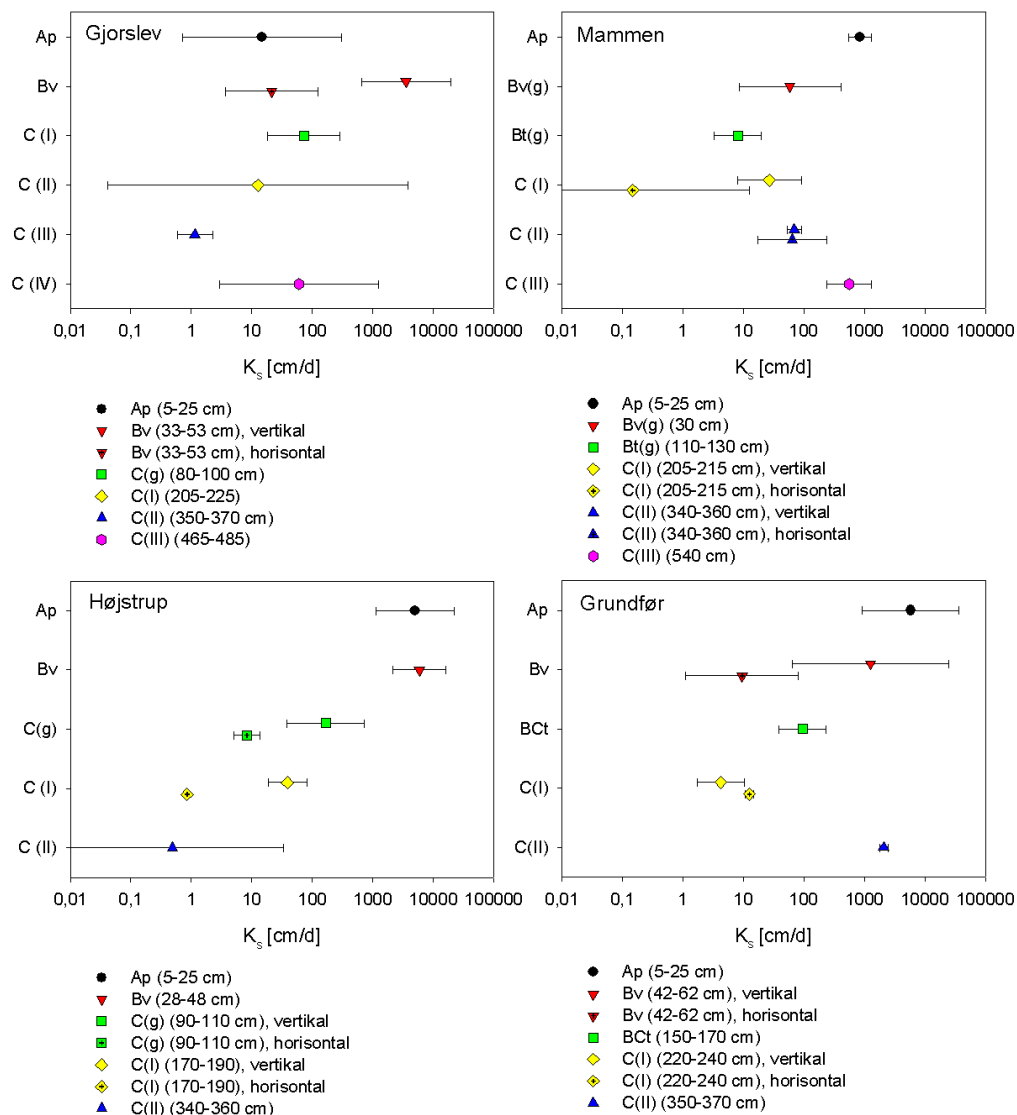


Figur 5.5. Porestørrelsesfordeling beregnet ud fra vandretentionsmålingerne. Kornfraktionerne $>30 \mu\text{m}$ (højden af søjlerne over "0-linjen") betragtes som tilhørende jordens grovporevolumen.

5.2.3 Mættet hydraulisk ledningsevne

Figur 5.6 viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne (K_s) målt ned gennem profilerne. Målingerne i enkelte horisonter udviser store variationer mellem enkeltmålingerne. Lavest målte værdier ses i bunde af profilet ved Højstrup i den reducerede zone. Højeste værdier ses i de øverste horisonter (Ap og Bv). Forskellen i K_s mellem vertikale og horisontale ses tydeligst i de horisonter, hvor der optræder mange vertikale eller horisontale sprækker.

I Bv-horisonten ved Gjørslev samt C(g)- C(l)-horisonten ved Højstrup optræder der mange vertikale sprækker, hvilket stemmer overens med den tydelige forskel mellem de vertikale og de horisontale værdier. Lavest værdi af K_s ses her for de horisontale målinger, hvor sandsynligheden for tilstedeværelsen af gennemgående porer i strømningsretningen er lav. Ved Mammen i C(II)-horisonten er K_s -værdierne mellem vertikale og horisontale målinger enslydende, hvilket stemmer overens med et ringe antal af både horisontale og vertikale sprækker i denne dybde. Ved Grundfør i C(l)-horisonten er K_s på de horisontalt udtagne prøver højere end målingerne på de vertikalt udtagne prøver, hvilket stemmer overens med et højt antal horisontale sprækker i netop denne dybde.



Figur 5.6. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s) målt på store kolonner med undtagelse af Bv(g)- og C(III)-horisonten ved Mammen, hvor der blev målt på små retentionsringe. Alle værdier er geometriske middelværdier. Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.

5.3 Litteratur

Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. I: Klute, A. (red.), Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd edition, Amer. Soc. Agron., Madison, WI, 635-656.

Klute, A. og Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. I: Klute, A. (red.), Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd edition, Amer. Soc. Agron., Madison, WI, 687-734.

Rasmussen, K.J. 1976. Soil compaction by traffic in spring. II. Soil physical measurements. Tidsskrift for Planteavl 80, 835-856.

Schjønning, P. 1985. Udstyr til afdræning af jordprøver for jordfysiske analyser. Tidsskrift for Planteavls Specialserie. København, Statens Planteavlsforsøg, Beretning nr. S 1762, 25 pp.

