

Skovrejsning og grundvandskvalitet

Undersøgelse af pH, tungmetaller samt puljer
af C, N og P under løvskov af forskellig
alder i tre geologiske typeområder

Vibeke Ernstsén



Skovrejsning og grundvandskvalitet

Undersøgelse af pH, tungmetaller samt puljer
af C, N og P under løvskov af forskellig
alder i tre geologiske typeområder

Vibeke Ernstsén

Konklusion

1.	Indledning	7
2.	Feltlokaliteter, boremethode, prøveindsamling og analysemetoder	8
2.1	Feltlokaliteter	8
2.2	Boremethode og prøveindsamling	9
2.3	Fysiske, kemiske og mineralogiske analysemetoder	10
3.	Vestskoven og Ledøje Plantage	12
3.1	Områdebeskrivelse	12
3.2	Geologiske forhold	12
3.3	Vandindhold og kornstørrelsessammensætning	18
3.3.1	Vandindhold	18
3.3.2	Kornstørrelsessammensætning	18
3.4	Kalkindhold og pH-værdier	20
3.4.1	Kalkindhold	20
3.4.2	pH-værdi	20
3.5	Organisk stof (TOC), C/N forhold og opløst organisk stof (DOC)	21
3.5.1	Organisk stof (TOC)	21
3.5.2	C/N forhold	22
3.5.3	Opløst organisk stof (DOC)	22
3.6	N-total, nitrat og ammonium	22
3.6.1	N-total	22
3.6.2	Nitrat	22
3.6.3	Ammonium	24
3.7	Fosfor (P) - forskellige former	26
3.7.1	P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet-P	26
3.7.2	P ekstraheret med H_2SO_4	28
3.8	Arsen og forskellige tungmetaller	28
4.	Slaugård Plantage	30
4.1	Områdebeskrivelse	30
4.2	Geologiske forhold	31
4.3	Vandindhold og kornstørrelsessammensætning	35
4.3.1	Vandindhold	35
4.3.2	Kornstørrelsessammensætning	35
4.4	Kalkindhold og pH-værdier	37
4.4.1	Kalkindhold	37
4.4.2	pH-værdier	37
4.5	Organisk stof (TOC), C/N forhold og opløst organisk stof (DOC)	38
4.5.1	Organisk stof (TOC)	38
4.5.2	C/N forhold	38
4.5.3	Opløst organisk stof (DOC)	38
4.6	N-total, nitrat-N og ammonium-N	40
4.6.1	N-total	40

4.6.2	Nitrat	40
4.6.3	Ammonium	40
4.7	Fosfor (P) - forskellige former	42
4.7.1	P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet P	42
4.7.2	P ekstraheret med H_2SO_4	42
4.8	Arsen og forskellige tungmetaller	43
5.	Baldersbæk Plantage	45
5.1	Områdebeskrivelse	45
5.2	Geologiske forhold	45
5.3	Vandindhold og kornstørrelsessammensætning	50
5.3.1	Vandindhold	50
5.3.2	Kornstørrelsessammensætning	50
5.4	Kalkindhold og pH-værdier	52
5.4.1	Kalkindhold	52
5.4.2	pH-værdier	52
5.5	Organisk stof (TOC) og C/N forhold	52
5.5.1	Organisk stof (TOC)	52
5.5.2	C/N forhold	53
5.6	N-total, nitrat-N og ammonium-N	53
5.6.1	N-total	53
5.6.2	Nitrat	53
5.6.3	Ammonium	53
5.7	Fosfor (P) - forskellige former	56
5.7.1	P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet P	56
5.7.2	P ekstraheret med H_2SO_4	56
5.8	Arsen og forskellige tungmetaller	57
6.	Sammenfatning	59

Konklusion

De foreliggende resultater fra skovarealer med løvskov af forskellig alder repræsenterer tre geologiske typeområder. Vestskoven og Ledøje Plantage karakteriseret ved moræneler og Baldersbæk Plantage karakteriseret ved hedeslettesand, begge af Weichselalder samt Slauggård Plantage karakteriseret ved moræneler fra Saale.

De geokemiske forhold i morænelersaflejringerne på de to sjællandske lokaliteter omfatter øverst en kalkfri og oxideret zone, der efterfølges af en oxideret og kalkrig zone, der efterfølges af reducerede og kalkrige sedimenter. I Baldersbæk Plantage er de undersøgte sedimenter oxiderede og kalkfrie og ved Slauggård Plantage er sedimenterne overvejende oxiderede og kalkfrie men med indslag af mere reduceret og kalkholdige sediment, der fremstår hydraulisk inaktive/afsnørede.

Resultaterne viser, at der under arealer med løvskov sker en forsurening. pH-værdien i det overfladenære lag i den ca. 200 år gamle skov i Lødøje Plantage er 3,6. Nogenlunde tilsvarende værdier er målt umiddelbart under jordoverfladen i Slauggård Plantage og Baldersbæk Plantage under 49-88 år gamle løvskove. På de to sjællandske lokaliteter stiger pH-værdien til omkring 8 i ca. 1 meter hvor det oprindelige indhold af kalk endnu ikke er opbrugt. På de jyske lokaliteter stiger pH-værdien ligeledes indenfor den øverste meter til mellem 4 og 5 i disse overvejende kalkfrie sediment. Denne tiltagende forurening synes især at påvirke mobiliteten af nogle tungmetaller, herunder chrom, nikkel og til dels også arsen, der først må forventes at påvirke vandkvaliteten i overfladenære grundvandsmagasin i områder med ringe bufferkapacitet overfor forurening.

Langt den overvejende del af jordens pulje af kvælstof under løvskov findes bundet i organisk stof og størrelsen af puljen og sammensætningen vil variere over året, tæt knyttet til bl.a. bladfald og omsætningen heraf. Dette giver anledning til svagt forøgede koncentrationer af nitrat og ammonium i de overfladenære jordlag. Der er dog tale om generelt meget lave koncentrationer af såvel nitrat som ammonium, og koncentrationerne her er sammenlignelige med arealerne med vedvarende græs. Det må derfor forventes at udvaskningen af specielt nitrat vil være meget ringe fra arealer med løvskov.

Langt den overvejende del af det tilstedeværende fosfor findes bundet til forskellige mineraler eller i organisk stof. I den unge kalkrige moræneler findes fosfor primært bundet til calciumcarbonat, hvor den største fosforpulje på den noget ældre kalkfrie moræneler og i de sandede sediment på hedesletten findes tæt knyttet til hovedsagelig til jern og aluminium. Under væksten tømmer løvtræerne tilsyneladende de øverste meter af jordlagene for fosfor. Det må derfor forventes, at der ved skovrejsning med løvskov på tidligere landbrugsarealer, over tid vil ske et fald i den fosforpulje der er blevet opbygget da arealet indgik i landbrugsdrift. Kun den meget vanskelig tilgængelige pulje af fosfor må forventes at blive tilbage i jorden, som eksempelvis også beskrevet her for løvskov i Slauggård Plantage, hvor fosfaten synes hårdt bundet til antagelig jern og aluminiumsforbindelser.

På baggrund af det foreliggende datamateriale vedrørende pH, tungmetaller og kulstof samt forskellige former af kvælstof og fosfor, vurderes det at skovrejsning med løvskov

udgør en arealanvendelse der i gunstig retning vil kunne indvirke på kvaliteten af det nedsi-vende vand og dermed også bør indgå i overvejelserne om sikring af vand af god kvalitet. Det samme synes at gælde for arealer med vedvarende græs.

Data fra de undersøgte profiler viser imidlertid også, at vandindholdet under løvskov på undersøgelsestidspunktet var lavere end under vedvarende græs hvorfor den årlige grund-vandsdannelsen må forventes at være mindre under løvskov end under vedvarende græs.

1. Indledning

Formålet med nærværende undersøgelse er at beskrive hvorledes skovrejsning i form af løvskov over tid må forventes at påvirke kvaliteten af jordlagenes egenskaber og dermed kvaliteten af det nedsivende vand og dermed også grundvandets sammensætning.

Undersøgelsen er gennemført i tre forskellige geologiske typeområder; i Vestskoven og Ledøje Plantage på Sjælland (moræneler på moræneflade), i Slauggård Plantage (moræneler på bakkeø) og i Baldersbæk Plantage (sand på hedeslette). Undersøgelserne blev henlagt til områderne hvor Center for Skov, Landskab og Planlægning, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, allerede havde planlagt forskellige forskningsaktiviteter.

Indenfor hvert typeområde blev der udtaget jordprøver ned til maksimalt 10 meter underter-ræn under to skovarealer med løvskov af forskellig alder. Til sammenligning blev der ind-samlet sedimentprøver under arealer med vedvarende græs. I Vestskoven blev der des-uden indsamlet sedimentprøver på et areal tilplantet med rødgran til brug for en sammen-ligning af forholdene under løvskov og nåleskov af tilsvarende alder.

2. Feltlokaliteter, boremetode, prøveindsamlig og analysemetoder

2.1 Feltlokaliteter

Undersøgelsen omfatter ti borer, hvoraf tre blev gennemført i Vestskoven og en i Ledøje Plantage, vest for København, tabel 1. De resterende seks borer blev gennemført i Jylland, i og omkring henholdsvis Slauggård Plantage, nordøst for Vorbasse, og i og omkring Baldersbæk Plantage, der er beliggende mellem Tofterup og Hovborg.

Boringerne i Vestskoven er fordelt på et areal beplantet med eg i 1970 (VS1 med DGU arkivnr. 200.4810), et areal beplantet med rødgran i 1969 (VS3 med DGU arkivnr. 200.4812) og et areal med vedvarende græs (VS4 med DGU arkivnr. 200.4813). Undersøgelser under en ca. 200 år gammel blandet løvskov blev gennemført i den nærliggende Ledøje Plantage (VS5 med DGU arkivnr. 200.4814).

Ved Slauggård Plantage blev borerne gennemført på et areal med vedvarende græs (SP1 med DGU arkivnr. 123.11809), på et areal med bøgeskov iblandet egetræer plantet i 1936 (SP3 med DGU arkivnr. 123.1182) og på et areal med bøgeskov plantet i 1951 (SP4 med DGU arkivnr. 123.1183). I Baldersbæk området blev borerne gennemført på henholdsvis et areal eg fra 1912 (BP1 med DGU arkivnr. 123.1177), et areal med vedvarende græs (BP2 med DGU arkivnr. 123.1178) og et areal med egebevoksning fra 1942 (BP3 med DGU arkivnr. 123.1179).

Tabel 1. Undersøgelsen omfatter borer i Vestskoven, Ledøje Plantage, Slauggård Plantage og Baldersbæk Plantage. Benævnelse, DGU arkivnr. samt vegetationstype for de arealer hvor borerne er gennemført fremgår af tabellen.

Lokalitet	Boring	DGU arkivnr.	Vegetation
Vestskoven	VS1	200.4810	Eg, plantet i 1970
Vestskoven	VS3	200.4812	Rødgran, plantet i 1969
Vestskoven	VS4	200.4813	Vedvarende græs
Ledøje Plantage	VS5	200.4814	Blandet løvskov, ca. 200 år gammel
Slauggård Plantage	SP1	123.1180	Vedvarende græs
Slauggård Plantage	SP3	123.1182	Bøg med eg, plantet i 1936
Slauggård Plantage	SP4	123.1183	Bøg, plantet i 1951
Baldersbæk Plantage	BP1	123.1177	Eg, plantet i 1912
Baldersbæk Plantage	BP2	123.1178	Vedvarende græs
Baldersbæk Plantage	BP3	123.1179	Eg, plantet i 1942

2.2 Boremetode og prøveindsamling

Sedimentprøver blev udtaget til geologisk beskrivelse samt fysiske, kemiske og mineralogiske analyser i laboratoriet. Prøvemateriale blev udtaget med en 6" snegleboring, figur 1. Materiale til brug for kemiske analyser blev efter udtagningen hurtigst muligt frosset ned og opbevaret i frossen stand indtil analyse. I forbindelse med prøvetagningen i feltet blev sedimentprøverne beskrevet med hensyn til farve og farvemønstre efter Munsell Soil Color Charts (Munsell Color, 1975) . Desuden blev tilstedeværelsen af kalk noteret.



Figur 1. Borearbejde i og ved Baldersbæk Plantage. Boringerne blev gennemført på et areal med eg plantet i 1912 (A), på et areal med eg plantet i 1942 (B) og på et areal med vedvarende græs (C). Sedimentprøverne blev udtaget med en 6" snegl (D).

2.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske analysemetoder

Indholdet af silt+ler ($<63\text{ }\mu\text{m}$), finsand ($63\text{--}200\text{ }\mu\text{m}$), mellesand ($200\text{--}600\text{ }\mu\text{m}$), grovsand ($600\text{--}2000\text{ }\mu\text{m}$) og grus ($>2000\text{ }\mu\text{m}$) blev bestemt ved tørsigtning. Indholdet af vand i sedimentprøverne blev bestemt på naturfugtige prøver. Efter tørring ved $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ til konstant vægt, blev indholdet af vand beregnet i henhold til den tørre prøves vægt.

pH er bestemt i en opslemning af lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) materiale og $0,01\text{ M CaCl}_2$ (jord:væske forhold $1:2,5$). I prøver fra de øverste 2 meter er indholdet af calciumkarbonat bestemt på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) materiale efter kogning med $0,5\text{ M HCl}$ og efterfølgende tilbage-titrering med $0,5\text{ NaOH}$. I prøver udtaget dybere end 2 meter under terræn, er indholdet af calciumkarbonat bestemt i lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) og nedknust ($<125\text{ }\mu\text{m}$) prøve-materiale, hvor indholdet af calciumcarbonat beregnet på baggrund af CO_2 -frigivelsen målt ved LECO CHN-2000.

Det totale indholdet af organisk kulstof (TOC) er bestemt på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) og nedknust materiale ($<125\text{ }\mu\text{m}$), der efter forbehandling med $5\text{--}6\text{ }\%$ H_2SO_3 (svovlsyrling), blev analyseret på LECO CHN-2000. Sedimenternes indhold af opløst organisk kulstof (DOC) er bestemt som beskrevet af Burford og Bremner (1975). Her anbefales det at måle indholdet af DOC i supernatanten fra en opslæmning af lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) jord og jonbyttet vand (jord:væske forhold $1:2$) efter filtrering gennem et $0,45\text{ }\mu\text{m}$ filter. DOC målingen blev foretaget på en Shimadzu TOC-5000 Analyzer med automatisk syrebehandling og afgasning af CO_2 til fjernelse af uorganiske karbonater forud for forbrænding og IR-måling af CO_2 .

Det totale indhold af kvælstof (N-total) er analyseret på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) og nedknust ($<125\text{ }\mu\text{m}$) materiale hvorefter målingen er foretaget LECO CHN-2000.

Jordprøvernes indhold af svovlsyreekstraherbart fosfor ($\text{P-H}_2\text{SO}_4$) er bestemt på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) materiale efter udrystning med $0,02\text{ N}$ svovlsyre. Prøver med $>5\%$ CaCO_3 er forbehandlet med 1 N svovlsyre inden tilsætning af $0,02\text{ N}$ svovlsyre (Landbrugsministeriet, 1986). Forskellige puljer af fosfor er bestemt efter en modificeret metode beskrevet af Nair et al. (1995) idet der i 3. trin af analysen tages hensyn til et øget forbrug af HCl i kalkholdige sedimentprøver. Analysen er gennemført på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) jord med gentagne ekstraktioner på samme prøvemateriale. Første trin i analysen beskriver puljen af lettilgængeligt P ($\text{P-NH}_4\text{Cl}$) bestemt efter ekstraktion med $1\text{ M NH}_4\text{Cl}$, andet trin puljen beskriver puljen af P bundet til jern- og aluminiumsforbindelser (P-NaOH) efter ekstraktion med $0,1\text{ M NaOH}$ og tredje trin beskriver puljen af P bundet til calcium- og magnesium (P-HCl) bestemt efter ekstraktion med $0,5\text{ M HCl}$. Den fjerde pulje af fosfor (P-organisk bundet), der hovedsagelig består af organisk bundet P, blev efterfølgende bestemt på udglødet prøvematerialet ($550\text{ }^{\circ}\text{C}$) efter udrystning med 6 M HCl .

Indholdet af tungmetallerne chrom (Cr), zink (Zn), cadmium (Cd), kobber (Cu), cobolt (Co), kviksølv (Hg), nikkel (Ni) og bly (Pb) samt arsen er bestemt på lufttør, sigtet ($<2\text{ mm}$) prøvemateriale, der efter yderligere tørring ved $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, er opløst i tætsluttende teflonbægre i en

blanding (1:1) af salpetersyre og vand i mikrobølgeovn. Indholdet af de nævnte komponenter er analyseret ved ICP-QMS (plasma-massespektrometri, quadrupol).

3. Vestskoven og Ledøje Plantage

3.1 Områdebeskrivelse

Boringerne i Vestskoven blev udført i den del af skoven der benævnes Risby Mark. Boringerne blev udført langs en ca. 700 meter lang NØ-SV orienteret linie hvor den nordligste boring (DGU arkivnr. 200.4810) blev gennemført i egebevoksningen fra 1970, den mellemste boring (DGU arkivnr. 200.4812) på vedvarende græs og den sydligste boring (DGU arkivnr. 200.4812) under rødgran plantet i 1969, figur 3.1. Området langs denne linie hældes svagt mod nordøst. Koten for lokaliteten i egebevoksning fra 1970 er således bestemt til 18,3 meter hvorefter den stiger til 26-27 meter for de to sydligste lokaliteter. Moræneler (ML) er den dominerende jordart på alle tre lokaliteter men afløses nord for boringen i egeskoven fra 1970 af postglaciale ferskvandsaflejringer i form af ferskvandstørv (FT), ferskvandssand (FS) og ferskvandsler (FL).

Boringen (DGU arkivnr. 200.4814) i den gamle blandingsskov i Ledøje Plantage ligger næsten 2 km vest for boringerne i Vestskoven. Koten for denne lokalitet er bestemt til 16,7 meter og således lidt lavere beliggende end den lavest beliggende boring i Vestskoven. Området er ligesom de øvrige lokaliteter domineret af moræneler (ML). Mod nord og langs Nybølle Å mod øst dominerer postglaciale ferskvandsaflejringer.

3.2 Geologiske forhold

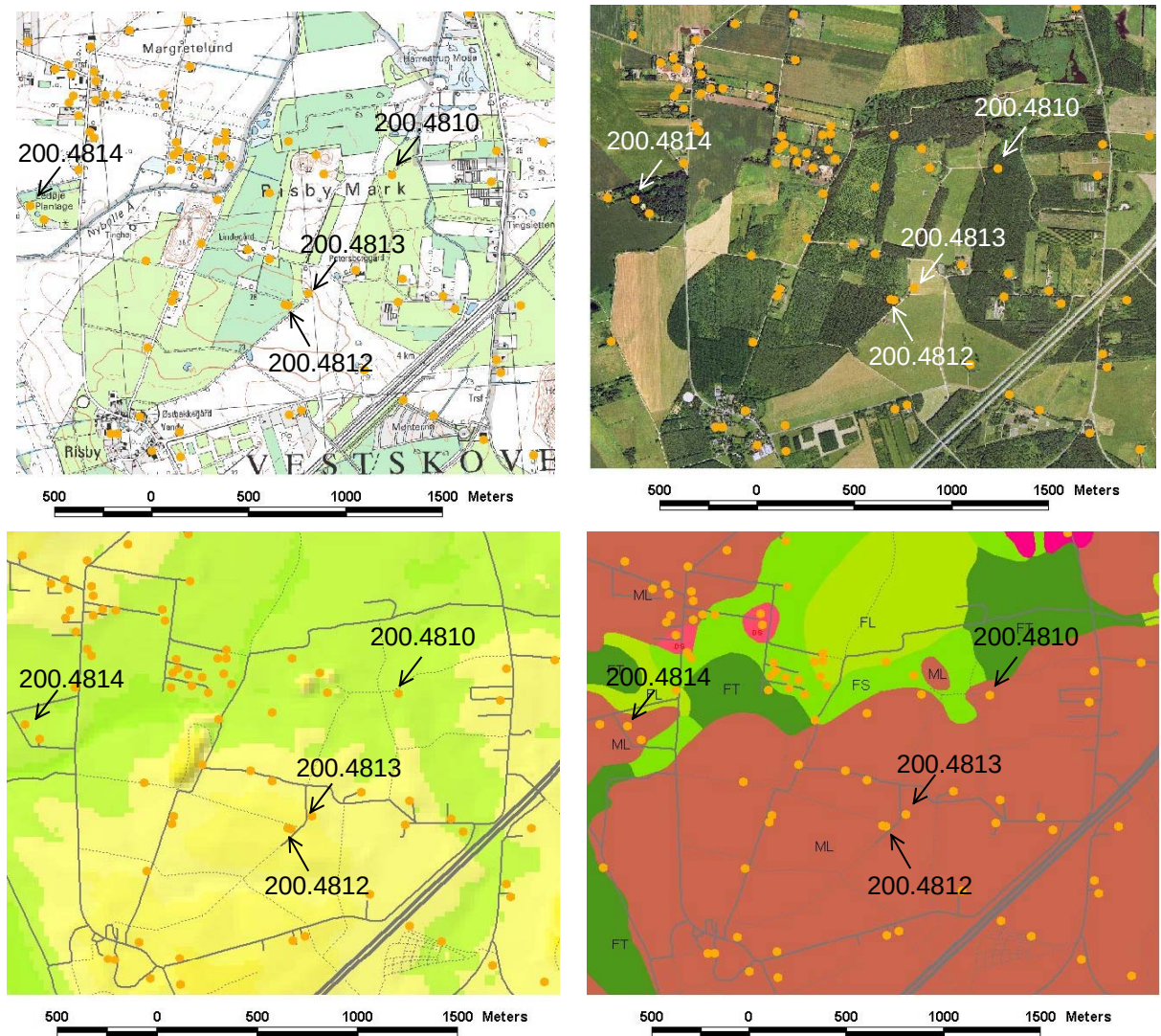
Under egeskoven plantet i 1970 (VS1) er geologien i de undersøgte 5 meter domineret af sandet og svagt gruset moræneler der i 1,2 meters dybde afbrydes af et tyndt (ca. 20 cm) lag med tynde slirer af finsand, figur 3.2. Den øverste meter fremstår kalkfri og den oxiderede zone fremstår med gulbrune og olivenbrune farver når ned til 3.2 meter hvorefter den reducerede zone med olivengrå farver bliver fremherskende

Under bevoksningen med rødgran plantet i 1969 (VS3) findes sandet til stærkt sandet ler fra 0.3 meter ned til 1.7 meter under terræn, hvorefter sandet og svagt gruset moræneler fortsætter ned til 5 meter under terræn, figur 3.3. De øverste 2 meter fremstår kalkfrie og den iltede zone når ned til 3.5 meter hvor sedimenterne bliver ensfarvede grå til bunden af boringen.

Under arealet med vedvarende græs (VS4) findes øverst et stærkt sandet lag ned til 0.5 meter, hvorefter sandet og svagt gruset moræneler dominerer ned til 5 meter under terræn. Den kalkfrie zone her er begrænset til den øverste meter. Den oxiderede zone når ned til 3.0 meter under terræn hvor skiftet til reducerede sediment markeres ved en olivengrå farve.

I boringen i den gamle løvskov i Ledøje Plantage (VS5) findes overvejende sandet og svagt gruset moræneler fra overfladen ned til bunden af boringen (4 meter under terræn). Inden-

for den øverste halve meter stiger indholdet af kalk markant og de efterfølgende sediment-
ter sedimenter fremstår stærk kalkholdige. Den oxiderede zone med gulbrune farver er
begrænset til de øverste 3 meter hvorefter den reducerede zone med grå farver bliver do-
minerende.



Figur 3.1. Vestskoven og Ledøje Plantage. Øverst til venstre: 4 cm kort med borer fra Jupiter databasen (organge-gule pletter) samt de i projektet undersøgte borer med angivelse af DGU arkivnr. Øverst til højre: Orthofoto fra 1999 med borer. Nederst til venstre: Højdekort over området med borer. Nederst til højre: Jordartskort med borer. Alle undersøgelsesboringer er karakteriseret ved moræneler (ML).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 4810

Borested : Risby Mark
2620 Albertslund

Kommune : Albertslund
Amt : København

Boringsdato : 4/9 2000

Boringsdybde : 5,2 meter

Terrænkote : 18,26 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : VS1

Prøver

- modtaget : 25/3 2002 antal : 14

- beskrevet : 25/3 2002 af : TC

- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1513 INV

Datum : ED50

Anvendelse : Pejleboring

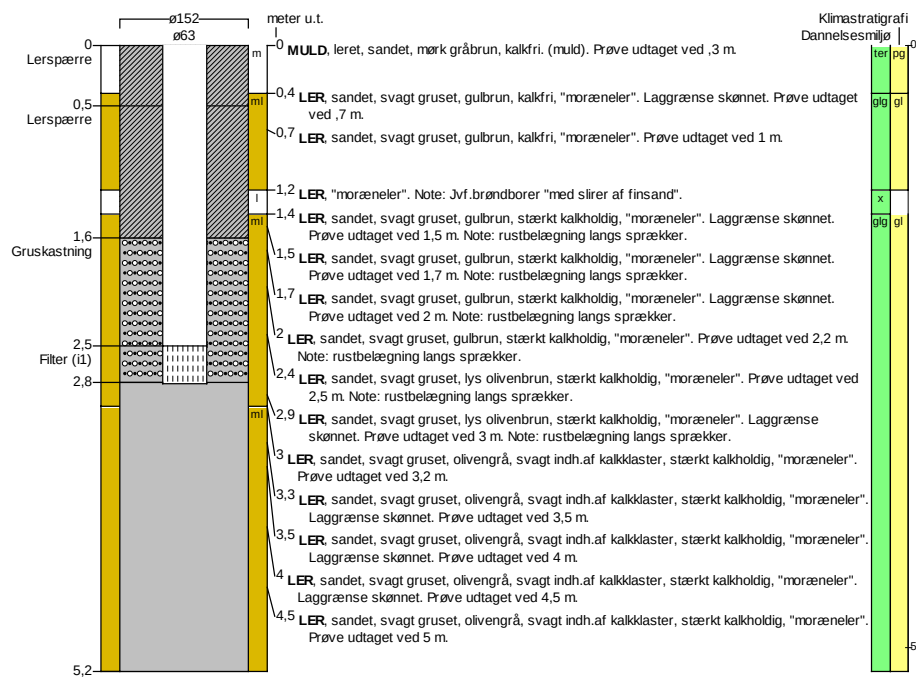
UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

Boremetode : Snegleboring

UTM-koord. : 710512, 6178036

Koordinatmetode : KMS digitale kort



Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

0 - 0,4 terrigen - postglacial
0,4 - 1,2 glacigen - glacial
1,2 - 1,4 mangler
1,4 - 5,2 glacigen - glacial

Figur 3.2. Geologisk beskrivelse af boringen under egeskov plantet i 1970 fra Vestskoven (VS1 med DGU arkivnr. 200.4810).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 4812
Borested : Risby Mark
2620 Albertslund

Kommune : Albertslund
Amt : København

Boringsdato : 4/9 2000

Boringsdybde : 5,2 meter

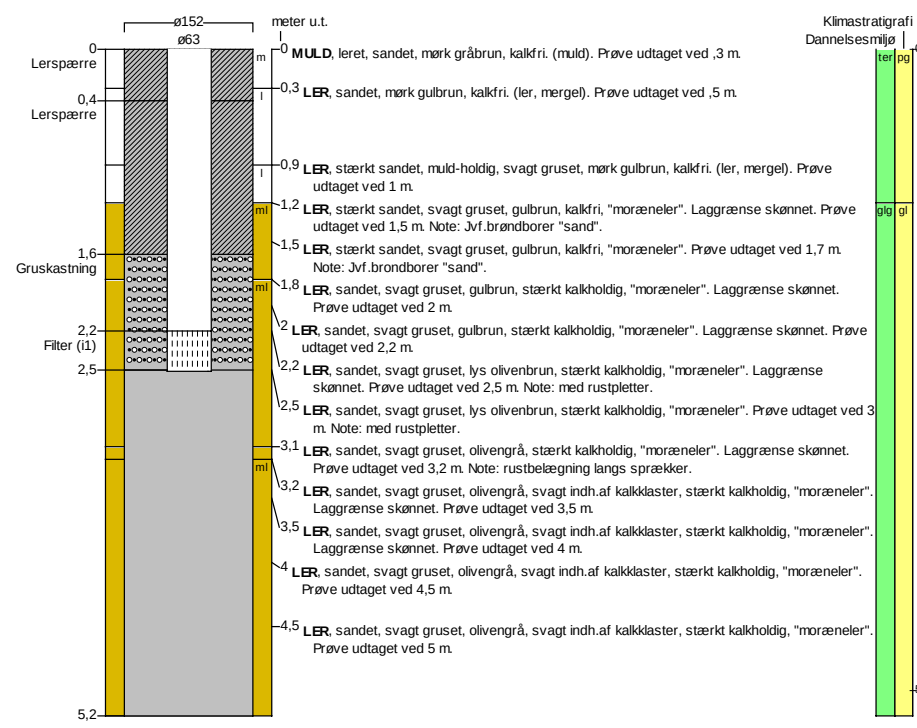
Terrænkote : 27,2 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : VS3

Prøver
- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 14
- **beskrevet** : 25/3 2002 **af** : TC
- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Pejleboring
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1513 ISV
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 709978, 6177353

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

0 - 1,2 terrigen - postglacial
1,2 - 5,2 glacigen - glacial

Figur 3.3. Geologisk beskrivelse af boringen under rødgran plantet i 1969 fra Vestskoven (VS3 med DGU arkivnr. 200.4812).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 4813

Borested : Risby Mark
2620 Albertslund

Kommune : Albertslund
Amt : København

Boringsdato : 5/9 2000

Boringsdybde : 5,2 meter

Terrænkote : 25,68 meter o. DNN

Brøndbore : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : VS4

Prøver

- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 14

- **beskrevet** : 5/4 2002 **af** : TC

- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1513 INV

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

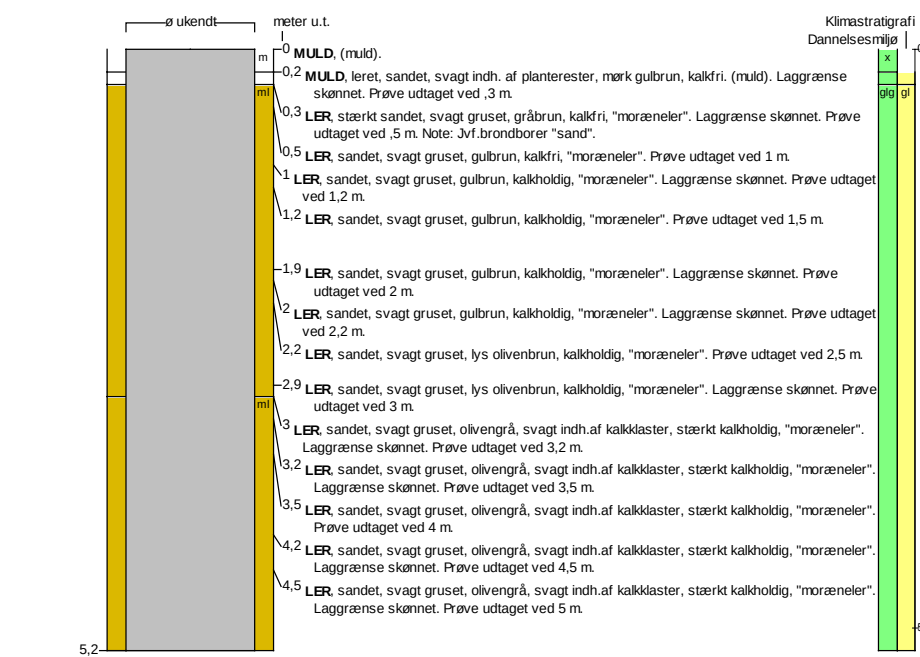
Koordinatkilde : GEUS

Boremethode : Tørboring/slagboring

UTM-koord. : 710079, 6177416

Koordinatmethode : KMS digitale kort

Notater : fyldt op med opboret materiale



Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

0 - 0,2 mangler
0,2 - 0,3 terrigen - postglacial
0,3 - 5,2 glacigen - glacial

Figur 3.4. Geologisk beskrivelse af boringen på arealet med vedvarende græs i Vestskoven (VS4 med DGU arkivnr. 200.4813).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 4814
Borested : Risbyvej 78, Ledøje Plantage
2765 Smørum

Kommune : Ledøje-Smørum
Amt : København

Boringsdato : 5/9 2000

Boringsdybde : 4,2 meter

Terrænkote : 16,73 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : VS5

Prøver

- modtaget : 25/3 2002 antal : 11

- beskrevet : 5/4 2002 af : TC

- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1513 INV

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

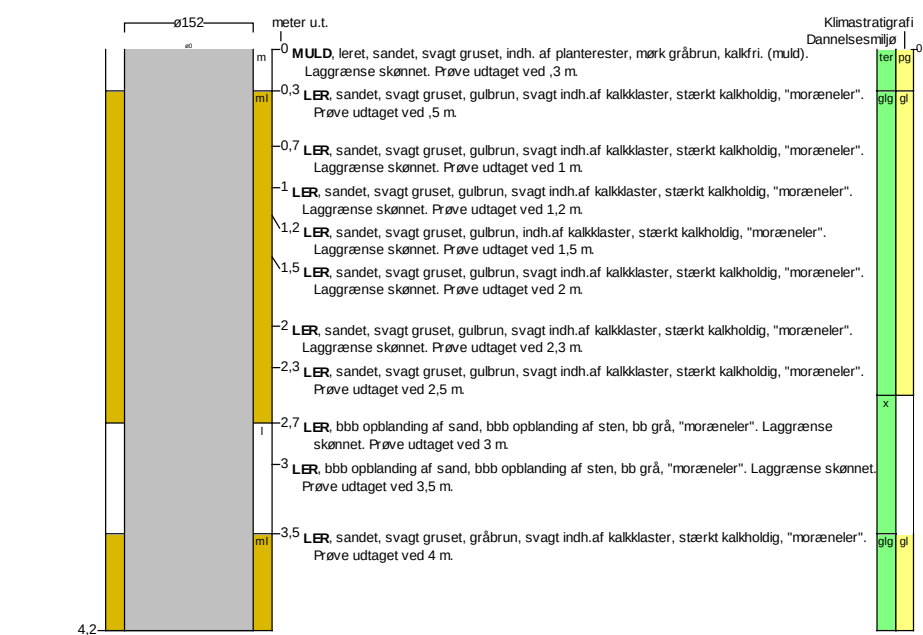
UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

Boremetode : Snegleboring

UTM-koord. : 708647, 6177877

Koordinatmetode : KMS digitale kort

Notater : fyldt op med opboret materiale

Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.

0 - 0,3 terrigen - postglacial

0,3 - 2,5 glacigen - glacial

2,5 - 3,5 mangler

3,5 - 4,2 glacigen - glacial

Figur 3.5. Geologisk beskrivelse af boring under ca. 200 gammel løvskov i Ledøje Plantage (VS5 med DGU arkivnr. 200.4814).

3.3 Vandindhold og kornstørrelsessammensætning

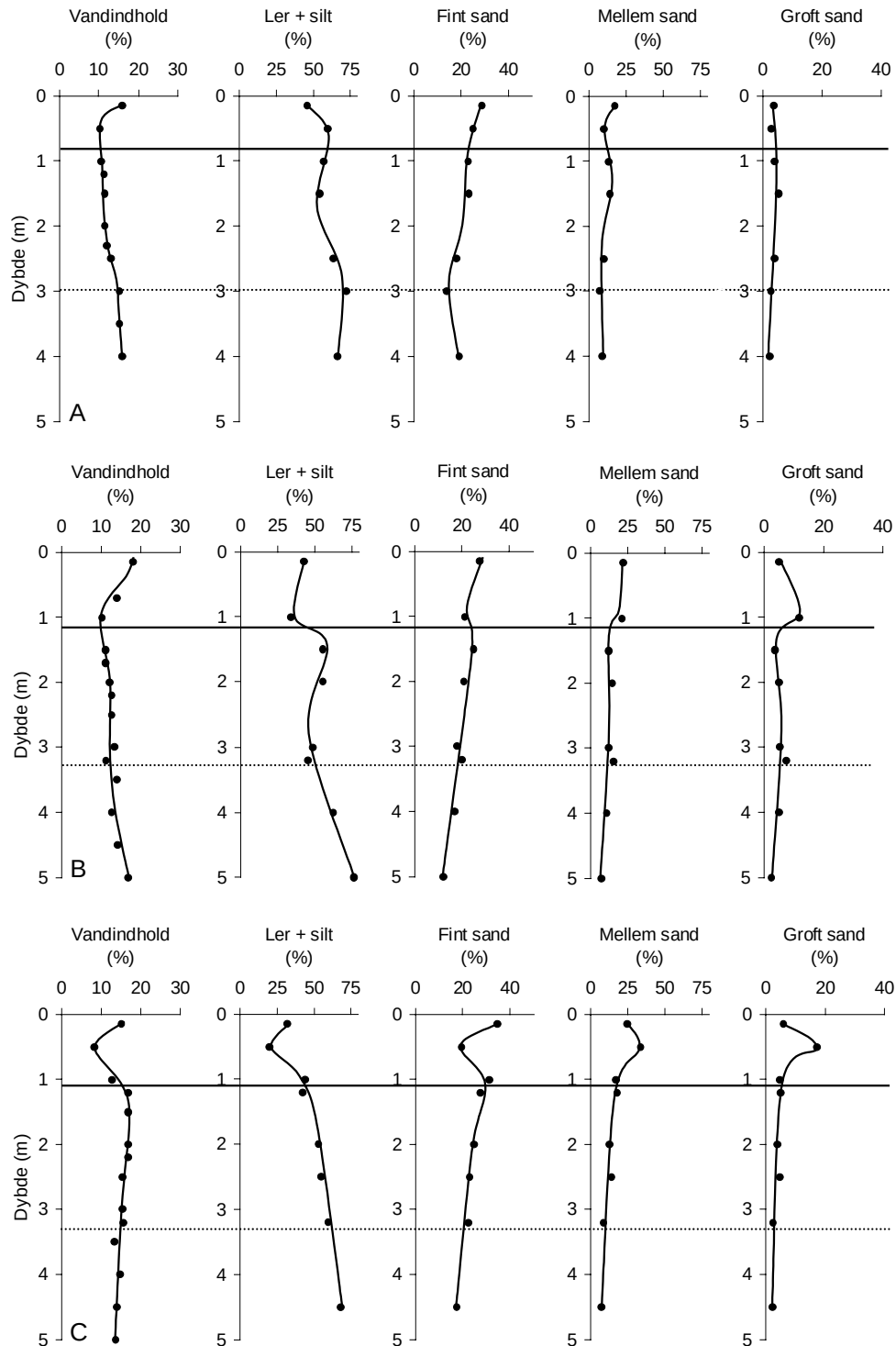
3.3.1 Vandindhold

Det naturlige indhold af vand i sedimenterne under den gamle løvskov var på boringstidspunktet (september) 16 % i prøven fra 0,2 meter hvorefter indholdet aftager til omkring 10% i 0.5 meter, hvor vandindholdet atter stiger svagt til omkring 13% i 2.5 meter og yderligere til 16% i 4 meter, figur 3.6. Under den unge egebevoksning varierede vandindholdet mellem 14 og 18% i de øverste 0,7 meter, hvorefter indholdet aftager til 10% i 1 meter, for atter at stige til 17% i 5 meter, figur 3.6. Under arealet med vedvarende græs var indholdet af vand i 0.2 meter 15%, hvorefter det aftager til 8% i 0.5 meter for herefter at stige til 13-16% i sedimentprøverne udtaget ned til 5 meter, figur 3.6.

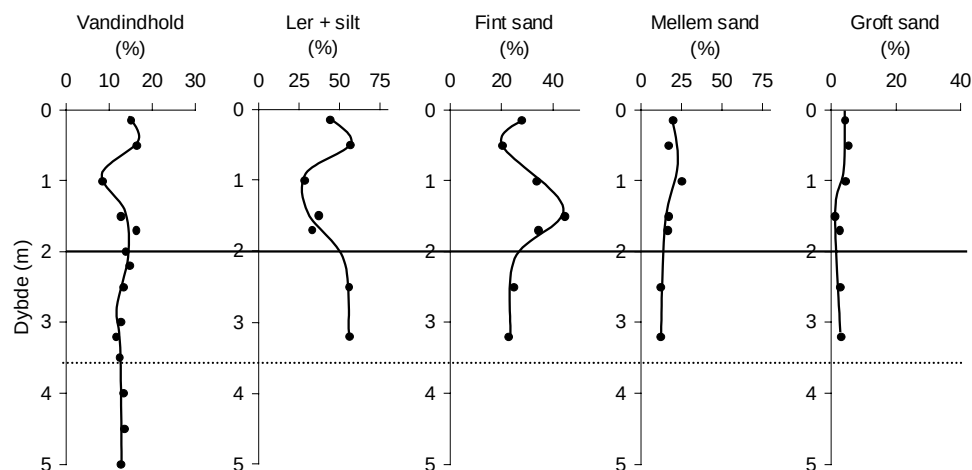
3.3.2 Kornstørrelsessammensætning

Fordelingen af ler+ silt, fint sand, mellem sand og groft sand for borerne under løvskov og vedvarende græs fremgår af figur 3.6. Under den gamle løvskov i Ledøje Plantage med sandet og svagt gruset moræneler udgør ler+silt ($<63 \mu\text{m}$) typisk mellem 40 og 60% af prøven. Den resterende del består af fint sand ($63\text{-}200 \mu\text{m}$) samt mindre mængder mellem sand ($200\text{-}600 \mu\text{m}$) og groft sand samt grus ($>2000 \mu\text{m}$). Under egeskoven fra 1970 er sammensætningen nogenlunde tilsvarende den under den gamle løvskov. Under den vedvarende græs indeholder det stærkt sandede overfladenære lag mindre end 25% ler+silt hvorefter indholdet af de enkelte kornstørrelsesfraktioner i moræneleren er nogenlunde som beskrevet for de to løvskovsarealer.

Under rødgransskoven fra 1969 er indhold af ler+finsilt i den sandede og svagt grusede ler i intervallet 0,5-1,7 meter markant lavere end i resten af profilen. Her er indholdet silt+ler svarer til det der er beskrevet for de øvrige borer, figur 3.7. I det sandede og grusede ler lag er indholdet af fint sand markant højere end i resten af profilen. For de resterende fraktioner er for delingen nogenlunde som beskrevet under løvskov og vedvarende græs.



Figur 3.6. Det naturlige indhold af vand, ler+silt ($<63 \mu\text{m}$), fint sand ($63\text{--}200 \mu\text{m}$), mellem sand ($200\text{--}600 \mu\text{m}$) og groft sand ($600\text{--}2000 \mu\text{m}$) under gammel løvskov i Ledøje Plantage (A) og egeskov plantet i 1970 (B) og vedvarende græs (C) i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.



Figur 3.7. Det naturlige indhold af vand, ler+silt ($<63 \mu\text{m}$), fint sand ($63\text{--}200 \mu\text{m}$), mellem sand ($200\text{--}600 \mu\text{m}$) og groft sand ($600\text{--}2000 \mu\text{m}$) under rødskov plantet i 1969 i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter

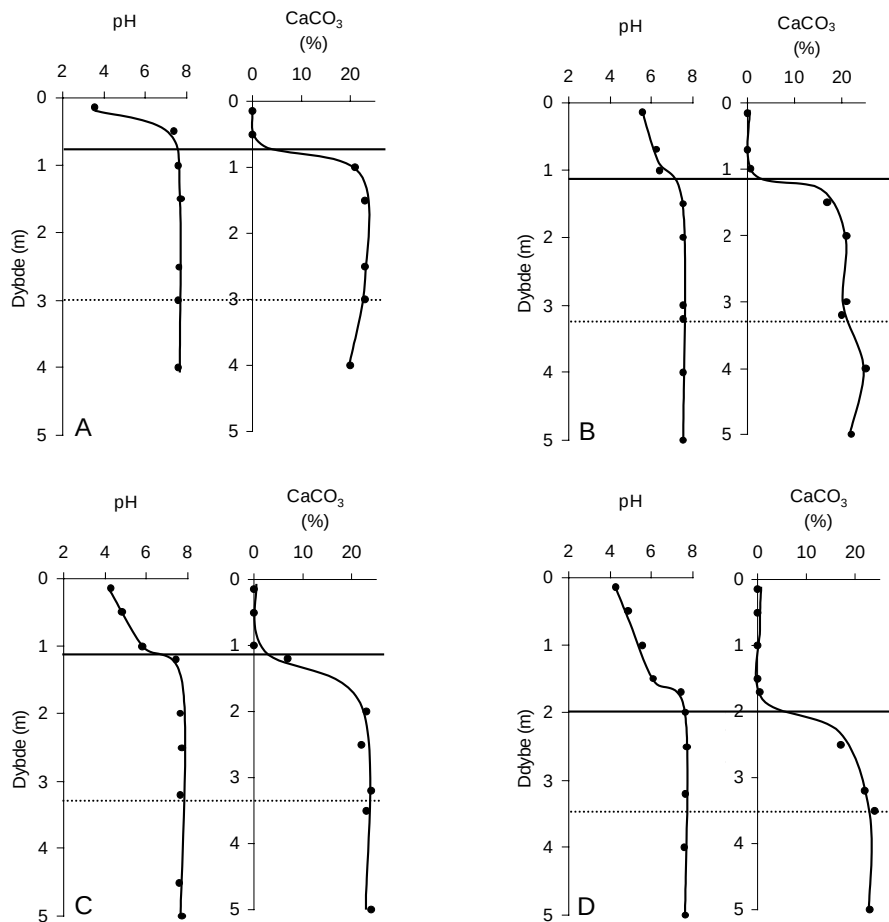
3.4 Kalkindhold og pH-værdier

3.4.1 Kalkindhold

Det oprindelige indhold af calciumcarbonat (CaCO_3) er opbrugt i den de øverste meter under egeskoven fra 1969 og arealet med vedvarende græs. Under skovarealet med rødgran er når den kalkfrie zone ned til ca. 2 meter under terræn. Under den gamle blandingsskov i Ledøje Plantage er den kalkfrie zone omkring en meter dyb. Under den kalkfrie zone stiger indholdet af CaCO_3 til omkring 20% på samtlige lokaliteter.

3.4.2 pH-værdi

I zonen hvor det oprindelige indhold af CaCO_3 er forbrugt kan der erkendes en begyndende forsuring og et fald i jordens pH-værdi, figur 3.8. Uden hensyn til vegetationstype indtræder den laveste værdi umiddelbart under jordoverfladen hvor de kalkforbrugende processer har været mest intense. Herefter stiger pH-værdien ned gennem den kalkfrie zone til omkring 8 som måles umiddelbart over eller ved overgangen til den kalkholdige zone. Under egeskoven fra 1970 er pH-værdien i overfladen højere ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$: 5,6) højere end under den aldersvarende granskov hvor pH-værdien i overfladen er målt til 4,3. Den laveste pH-værdi på kun 3,6 er målt umiddelbart under overfladen i den gamle blandingsskov.



Figur 3.8. pH-værdi og indhold af calciumcarbonat (CaCO_3) under gammel løvskov i Ledøje Plantage (A) og egeskov plantet i 1970 (B), vedvarende græs (C) samt rødgranbevoksning plantet i 1969 (D) i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.

3.5 Organisk stof (TOC), C/N forhold og opløst organisk stof (DOC)

3.5.1 Organisk stof (TOC)

På alle 4 lokaliteter følger fordelingen af organisk stof ned gennem de undersøgte profiler det samme mønster med de højeste indholdet af organisk (TOC) umiddelbart under overfladen, figur 3.9 og 3.10. Uden hensyn til bevoksningstype er indholdet bestemt til omkring 1% C på lokaliteterne i Vestskoven mens indholdet i overfladen under den gamle løvskov i Ledøje Plantage er bestemt til omkring det dobbelte (2,1% C). Ved redoxgrænsen stiger indholdet af TOC og den reducerede zone indeholder typisk 2-8 gange mere organisk bundet kulstof end den oxiderede zone.

3.5.2 C/N forhold

I det øverste lag under egeskoven fra 1970 er C/N forholdet bestemt til 6, figur 3.9. Herefter aftager C/N forholdet og varierer mellem 2 og 4 i den iltede zone hvorefter C/N forholdet stiger til mellem 6 og 8 i den reducerede zone. Variationen i C/N forholdet under de øvrige vegetationstyper følger samme mønster, idet dog den maksimale værdi for C/N forholdet (10) er beregnet for det overflade nære lag under den gamle løvskov, som derved adskiller sig markant fra de andre lokaliteter, figur 3.9 og 3.10.

3.5.3 Opløst organisk stof (DOC)

Indholdet af vandopløseligt organisk stof (DOC) er undersøgt i sedimentprøver fra egeskoven fra 1970 og den gamle løvskov samt for parcellen med vedvarende græs, figur 3.9. Resultaterne viser at DOC under alle tre arealer udgør en meget ringe del af det totale indhold af kulstof (TOC). Således er indholdet mellem 2 og 6 % for prøver indsamlet fra de øverste par meter hvorefter andelen aftager til under 1%.

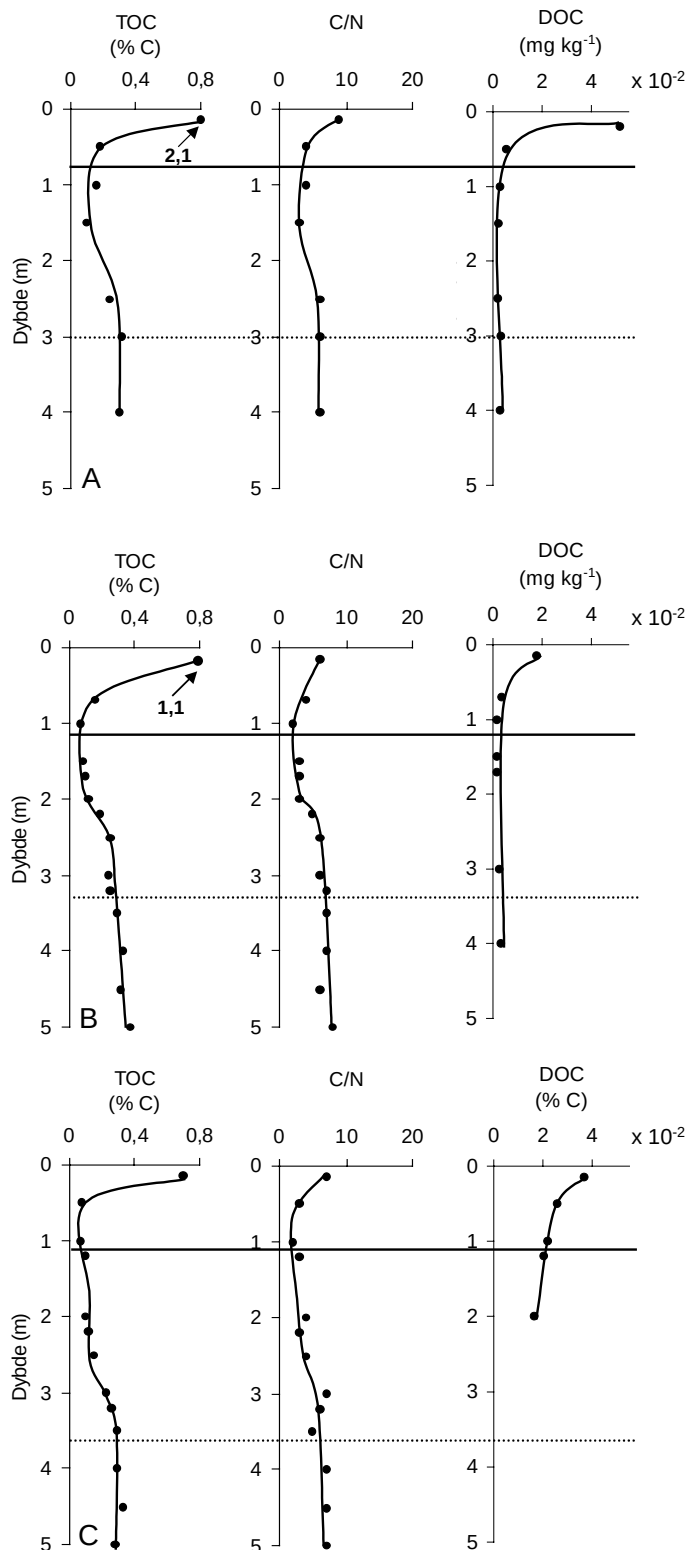
3.6 N-total, nitrat of ammonium

3.6.1 N-total

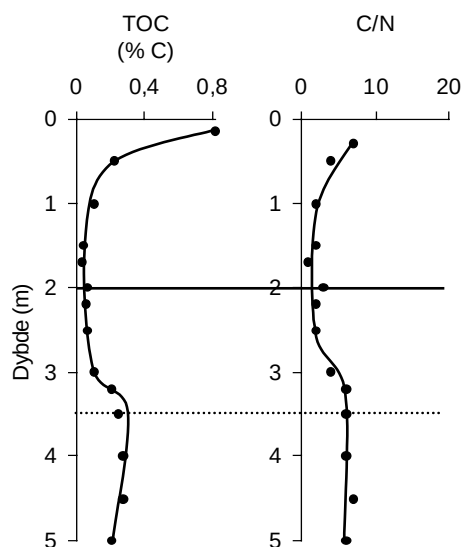
De højeste koncentrationer af kvælstof (N-total) er målt i jordlagene tæt på overfladen, hvor indholdet under den gamle løvskov er $2300 \text{ mg N kg}^{-1}$, under egeskoven fra 1970 er $1700 \text{ mg N kg}^{-1}$ og under vedvarende græs og arealet med rødgran fra 1969 er omkring $1050 \text{ mg N kg}^{-1}$, figur 3.11 og 3.12. I dybere sedimentprøver aftager N-total til 300-500 mg N kg^{-1} .

3.6.2 Nitrat

Kvælstof i form af nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) udgør kun en ringe del af det totale indhold, figur 3.11 og 3.12. Det maksimale indhold er målt under den gamle løvskov hvor indholdet tæt på overfladen er målt til $9,1 \text{ mg N Kg}^{-1}$. I det tilsvarende lag under egeskoven fra 1970 er indholdet omkring 4 mg N Kg^{-1} og under vedvarende græs og rødgransbevoksningen fra 1969 under 2 mg N Kg^{-1} . For løvskovsarealerne aftager indholdet markant ned til ca. 1 meter under terræn, hvorefter koncentrationen aftager yderligere til koncentrationer under detektionsgrænsen i den reduerede zone. Under græsparcellen og rødgransbevoksningen aftager indholdet ligeledes indenfor den øverste meter hvorefter lave, men varierende koncentrationen, forekommer i den resterende del af den oxiderede zone men antager ved overgangen til den reducerede zone værdier under detektionsgrænsen.



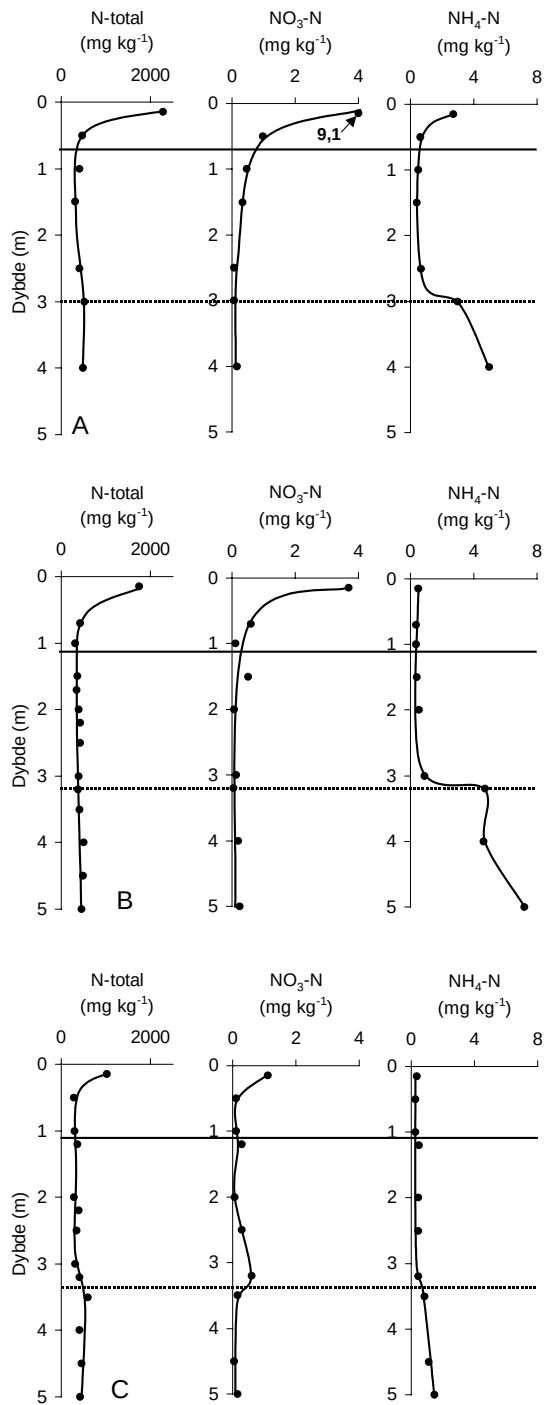
Figur 3.9. Det totale indhold af organisk stof (TOC) samt C/N-forhold under gammel løvskov i Ledøje Plantage (A) samt egeskov fra 1970 (B) og vedvarende græs (C) i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.



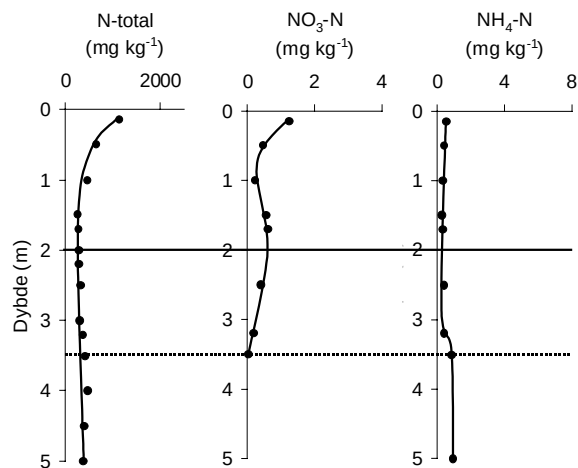
Figur 3.10. Det totale indhold af organisk stof (TOC) samt C/N-forhold under arealet med rødgran plantet i 1969 i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.

3.6.3 Ammonium

Koncentrationerne af ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) er forholdsvis høj i det overfladenære lag under den gamle løvskov i Ledøje Plantage, hvorefter koncentrationen aftager til et lavt niveau, figur 3.11. Det lave niveau for ammonium under oxiderede forhold kendetegner også de øvrige tre lokaliteter, figur 3.11 og 3.12. På alle fire lokaliteter stiger indholdet af ammonium markant ved overgangen til den reducerede zone og når på de to løvskovsparceller værdier over 4 mg N Kg^{-1} . Under vedvarende græs og rødgran plantet i 1969 er stigningen mindre og den typiske koncentration forbliver her under 2 mg N Kg^{-1} .



Figur 3.11. Det totale indhold af kvælstof (N-total), nitrat (NO₃-N) samt ammonium (NH₄-N) under gammel løvskov i Ledøje Plantage (A) og egeskov plantet i 1970 (B) samt vedvarende græs (C) i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.



Figur 3.12. Det totale indhold af kvælstof (N-total), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) samt ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) under rødgran plantet 1969 i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.

3.7 Fosfor (P) - forskellige former

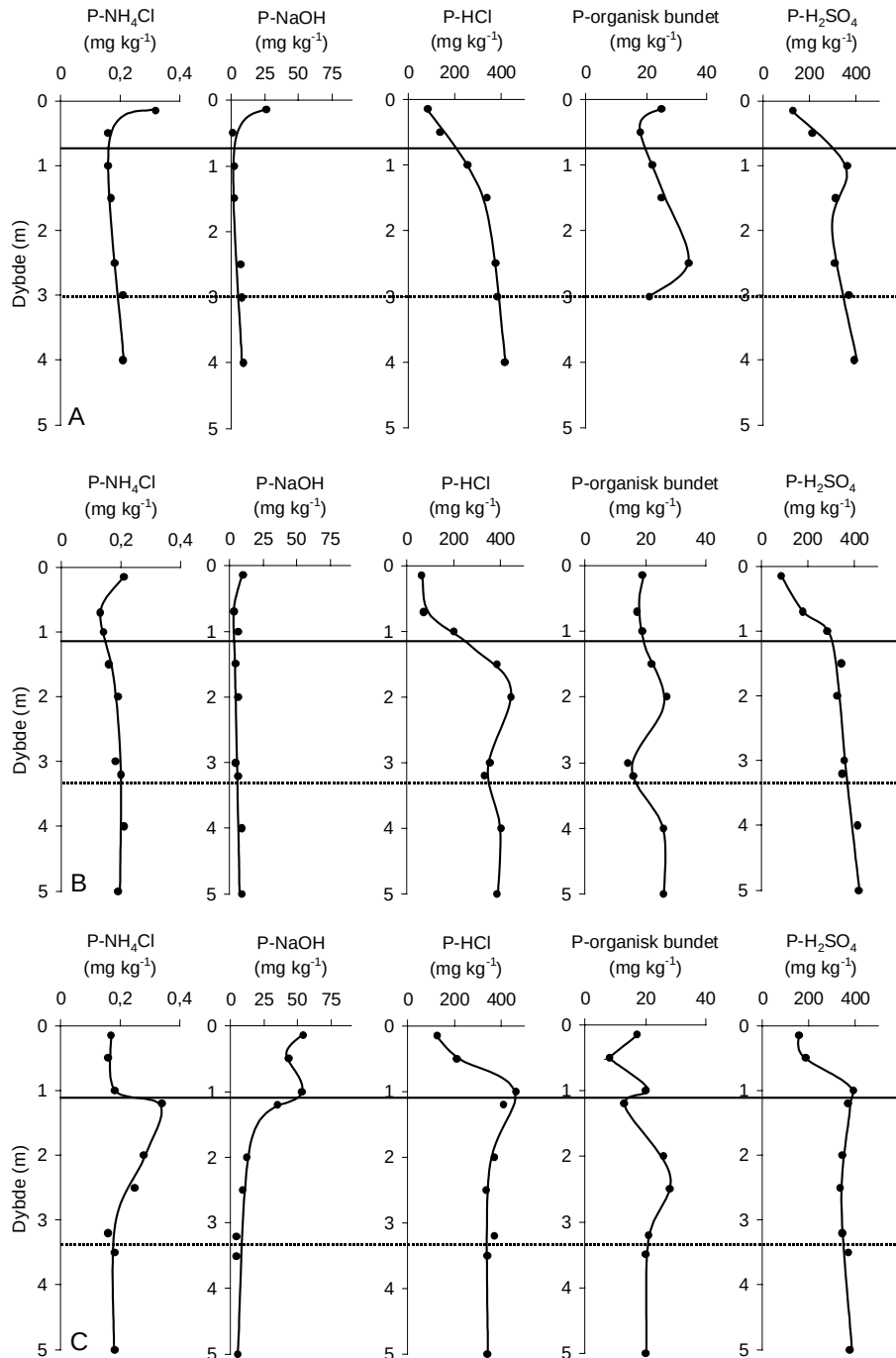
3.7.1 P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet-P

Lettillgængeligt fosfor ($\text{P-NH}_4\text{Cl}$), udgør mindre end $0,4 \text{ mg P Kg}^{-1}$ og dermed en meget lille del af sedimenternes samlede indhold af fosfor, tabel 3,13 og 3,14. For alle tre skovparceller optræder der en svag forøgelse i $\text{P-NH}_4\text{Cl}$ i det overfladenære lag, hvorefter indholdet aftager indenfor den øverste $\frac{1}{2}$ -1 meter for at stige svagt til omkring $0,2 \text{ mg P Kg}^{-1}$ på overgangen til de kalkrige sedimenter hvorefter koncentrationen forbliver stort set uændret. Under græsparcellen er indholdet af $\text{P-NH}_4\text{Cl}$ under $0,2 \text{ mg P Kg}^{-1}$ i hele den kalkfrie zone hvorefter indholdet stiger markant i den øvre del af den kalkrige zone til omkring $0,4 \text{ mg P Kg}^{-1}$. Herefter aftager indholdet jævnt ned til 3 meter under terræn og når her et niveau som beskrevet for de øvrige lokaliteter.

Indholdet af fosfor knyttet jern og aluminium (P-NaOH) under den gamle løvskov er målt til 26 mg P Kg^{-1} i det overfladenære lag, hvorefter indholdet aftager til 1 mg P Kg^{-1} i $\frac{1}{2}$ til 3 meters dybde hvor indholdet stiger til $8\text{-}9 \text{ mg P Kg}^{-1}$, figur 3.13. En nogenlunde tilsvarende fordeling er målt under egeskoven plantet i 1970, idet indholdet her i det overfladenære lag blev målt til 10 mg P Kg^{-1} , figur 3.13. Under rødgransbevoksningen fra 1969 og vedvarende græs er indholdet af P-NaOH markant forøget i den oxiderede og kalkrige zone, med indhold på op til $50\text{-}60 \text{ mg P Kg}^{-1}$. I de kalkrige sedimenter er indholdet af P-NaOH nogenlunde på samme niveau som målt under arealerne med løvskov, figur 3.13. og 3.14.

Langt den overvejende del af det fosfor der findes i de undersøgte profiler findes knyttet til calcium og magnesium (P-HCl), figur 3.13 og 3.14. De høje indhold af kalk bevirker at fosfor primært forekommer bundet til calcium. Indholdet af P-HCl afspejler således forekomsten af kalk, således at de laveste indhold overvejende er at finde i den kalkfrie zone. Kun

under arealet med rødgran fra 1969 findes lokalt et maksimum med omkring 160 mg P Kg⁻¹ i det overfladenære lag. Ned igennem den kalkfrie zone stiger indholdet af P-HCl og når typiske indhold på omkring 400 mg P Kg⁻¹ i den kalkrige zone.

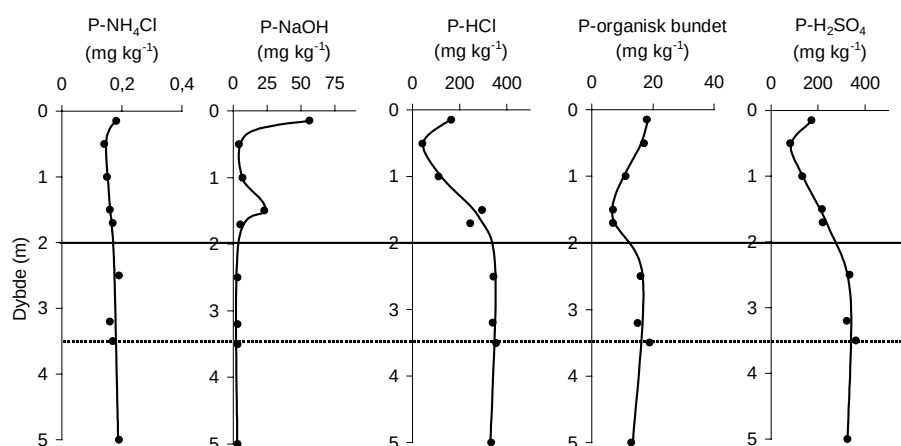


Figur 3.13. Forskellige former af fosfor under gammel løvskov i Ledøje Plantage (A) og egeskov plantet i 1970 (B) samt vedvarende græs (C) i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.

Indholdet af organisk bundet fosfor (P-organisk bundet) variere uregelmæssigt indenfor de forskellige zoner, men udgør typisk omkring 20 mg P Kg^{-1} .

3.7.2 P ekstraheret med H_2SO_4

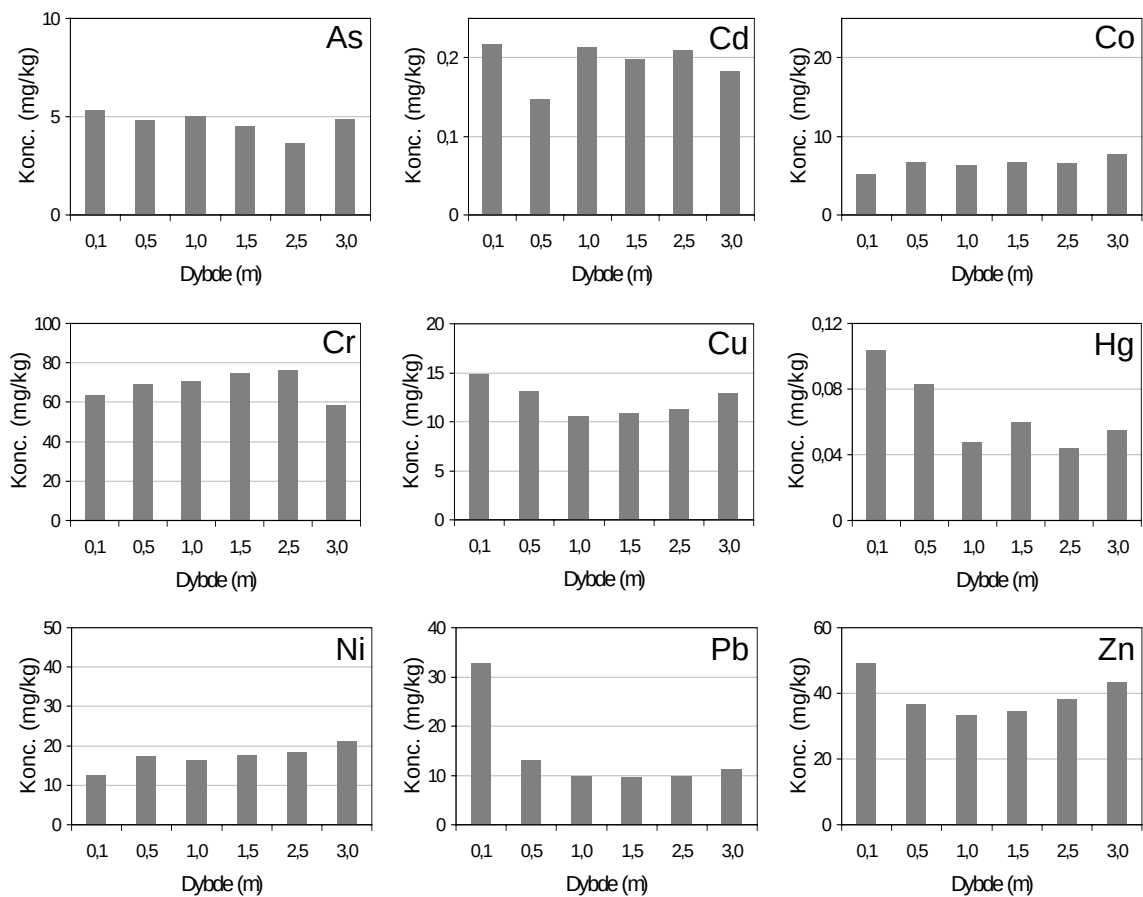
Mængden af fosfor under de forskellige parceller bestemt ved ekstraktion med svovlsyre ($\text{P-H}_2\text{SO}_4$) er i alle dybder stort set af samme størrelse som det summerede stort bestemt ved de sekventielle ekstraktioner, figur 3.13 og 3.14. I profilerne, hvor puljen af fosfor i høj grad er knyttet calcium, afspejler fordeling af $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ ligeledes fordelingen af kalk. Under samtlige vegetationstyper er indholdet af $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ således lavest i den oxiderede og kalfrie zone.



Figur 3.14. Forskellige former af fosfor under rødgran plantet i 1969 i Vestskoven. Den øvre linie viser udbredelsen af den kalkfrie zone og den prikkede linie viser grænsen mellem oxiderede og reducerede sedimenter.

3.8 Arsen og forskellige tungmetaller

Indholdet af arsen samt forskellige tungmetaller under den gamle løvskov i Ledøje Plantage fremgår af figur 3.15. Indholdet af arsen er nogenlunde ens i hele profilet. Chrom (Cr) er langt det mest almindelige forekommende tungmetal og indholdet stiger svagt fra overfladen og ned til 2,5 meter under terræn. Zink (Zn), der ligeledes er forholdsvis almindeligt forekommende, udviser en svag stigning i det overfladenære lag sammenlignet med dybere prøver. For bly (Pb) og kviksølv (Hg) samt til dels også kobber (Cu) ses ligeledes en berigelse i det overfladenære lag sammenlignet med dybere prøver. For nikkel (Ni) og cobolt (Co) anes et svagt fald i koncentrationen i det overfladenære lag sammenlignet med indholdene fra dybere prøver. Indholdet af cadmium (Cd) er nogenlunde konstant, omkring $0,2 \text{ mg Cd pr. kg}$ i prøver udtaget fra overfladen og ned til 3 meter under terræn.

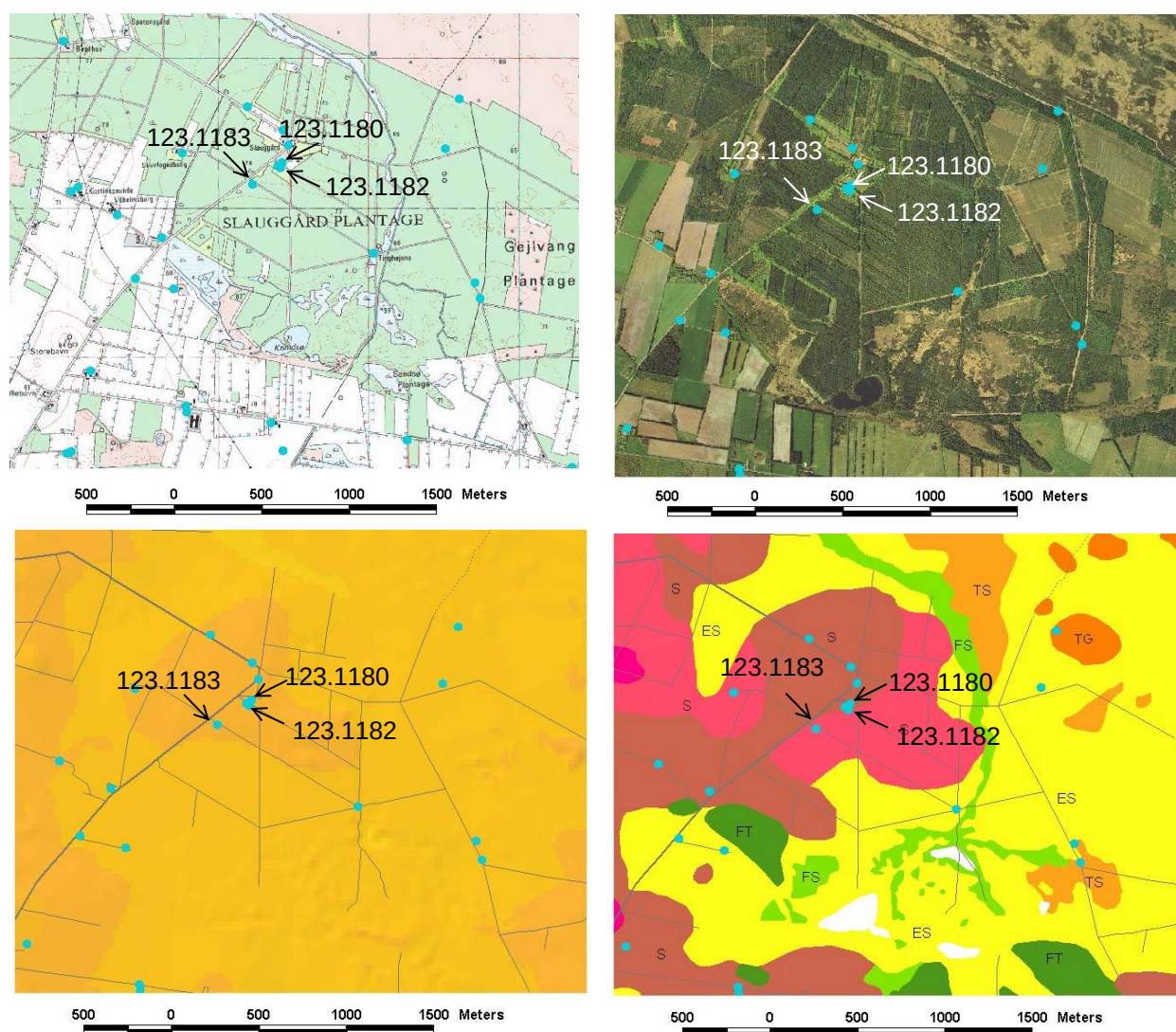


Figur 3.15. Fordelingen af arsen (As) og forskellige tungmetaller inkl. cadmium (Cd), cobolt (Co), chrom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og zink (Zn) under gammel løvskov i Ledøje Plantage.

4. Slauggård Plantage

4.1 Områdebeskrivelse

Boringerne i Slauggård Plantage ligger på den vestlige del af Hejnsvig bakkeø, der grænser op til Grindsted Hedeslette med Randbøl Hede, figur 4.1. De tre boringer, der er beliggende indenfor indfor ca. 250 meter, er gennemført på en vedvarende græsmark (123.1180), i bøgeskov med få egetræer plantet i 1936 (DGU arkivnr. 123.1182) og i bøgeskov plantet i 1951 (DGU arkivnr. 123.1183).



Figur 4.1. Slauggård Plantage. Øverst til venstre: 4 cm kort med boringer fra Jupiter databasen (turkise pletter) samt de i projektet undersøgte boringer med angivelse af DGU arkivnr. Øverst til højre: Orthofoto fra 1999 med boringer. Nederst til venstre: Højdekort over området med boringer, der alle er beliggende i 72 meter. Nederst til højre: Jordartskort som viser at boringerne er gennemført i et område domineret af sand ned til ca. 1 meter.

4.2 Geologiske forhold

Den geologiske beskrivelser af boringen under vedvarende græs (SP1) viser at der under muldlaget findes sandet og svagt gruset moræneler, figur 4.2. Sedimenterne er beskrevet som værende kalkfrie, men undersøgelser i forbindelse med feltarbejdet viste dog tilstedeværelse af kalk indenfor dybdeintervallet 7,1-8,1 meter. Muldlaget fremstår mørk gråbrun og moræneleren er beskrevet ved oxiderede brune og gulbrune farver. Supplerende notater fra borearbejdet beskriver forekomsten af grå og brungrå farvetegninger fra 0,8 meter ned til 6,1 meter under terræn, figur 4.5. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.

Under bøgeskoven plantet i 1936 (SP3) findes der under muldlaget først fint og mellem smeltevandssand ned til 1,4 meter under terræn, hvorefter moræneler bliver almindelig ned til 8,1 meter under terræn, figur 4.3. Moræneleren fremstår sandet og svagt gruset med til 3,4 meter, herefter følger fed og siltet moræne- og smeltevandssler ned til 5,1 meter hvorefter stærkt sandet moræneler bliver almindelig. Samtlige prøver, med undtagelse af prøven fra 4,1 meter, fremstår kalkfrie. Under den mørk-gråbrune muld forekommer gulbrune farver ned til 3,7 meter, hvorefter grå og mørk gråbrune farvenuancer er almindelige ned til 4,7 meter. Herunder og ned til 6,8 meter under terræn bliver farven atter gulbrun ned til 6,8 meter hvorefter moræneleren beskrives som mørk gråbrun. Under borearbejdet blev brune og grå farvemønstre, som vist i figur 4.5, beskrevet ned til 3,1 meter under terræn. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.

Under bøgeskoven plantet i 1951 (SP4) findes der under muldlaget et ca. halv meter tykt lag bestående af fint til mellem sand, der afløses af sandet til stærkt sandet moræneler ned til 5,1 meter under terræn, hvorefter mellemkornet smeltevandssand med et tyndt (0,3 meter) indslag af moræneler bliver almindeligt ned til bunden af boringen, figur 4.4. Under det øvre mørk gråbrune sandlag forekommer gulbrune farver ned til 1,4 meter hvorefter lys olivenbrun bliver almindelig ned til 3,7 meter under terræn, hvor olivengrå med indslag af mørk gråbrune farver bliver almindelige i resten af boringen. Noter fra borearbejdet viser, at der under det øvre sandlag findes farvemønstre som vist i figur 4.5 ned til 2,4 meter hvorefter den grå fave afløses af svagt brune nuancer ned til 3,4 meter under terræn. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.

DGU arkivnr : 123. 1180

Notater : fyldt op med opboret materiale



GEUS

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 123. 1182

Borested : Slauggård Plantage
6623 Vorbasse

Kommune : Billund
Amt : Ribe

Boringsdato : 5/10 2000

Boringsdybde : 8,3 meter

Terrænkote : 72,66 meter o. DNN

Brøndbore : Hestbech Ringe
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : SP3

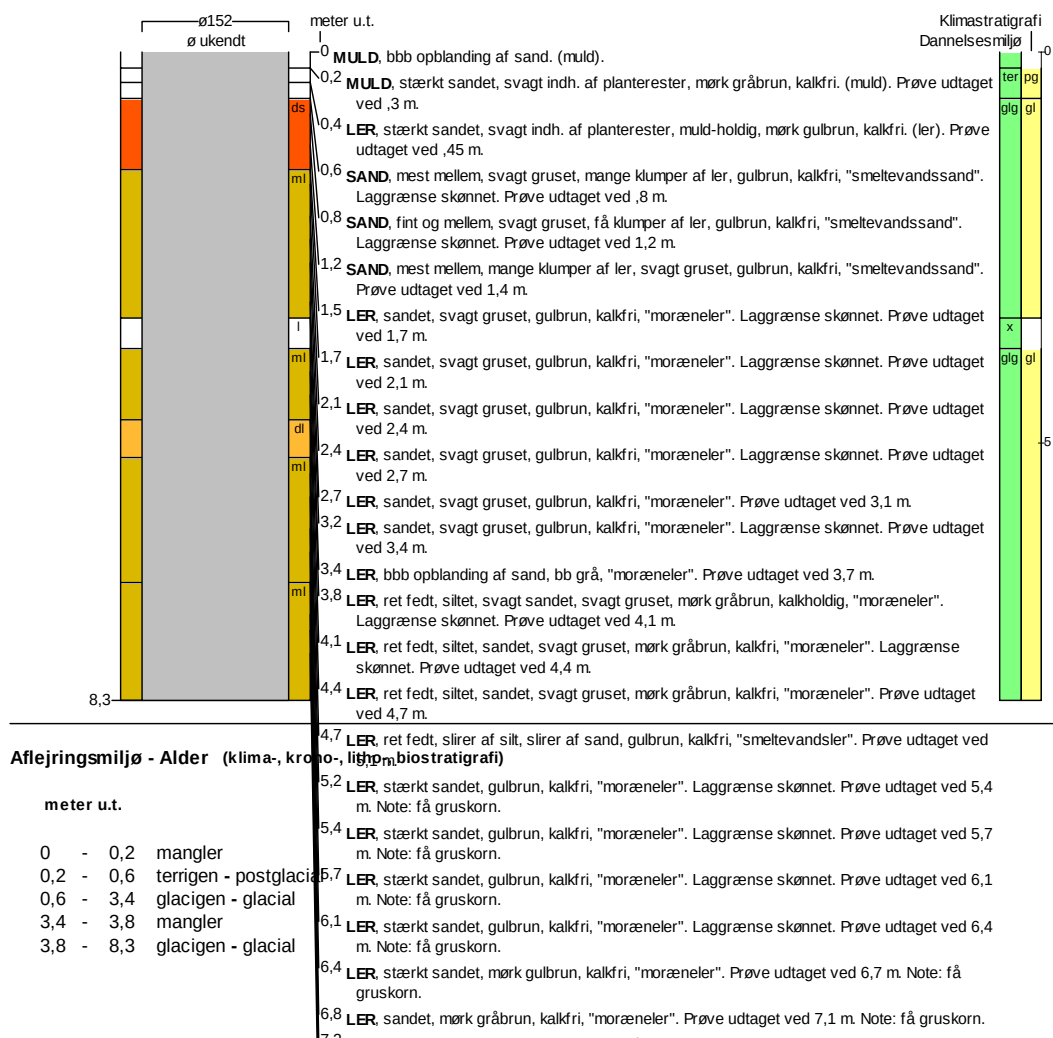
Prøver
- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 25
- **beskrevet** : 8/4 2002 **af** : TC
- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1213 IVSV
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 507421, 6167264

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

Notater : fyldt op med opboret materiale



Figur 4.3. Geologisk beskrivelse af boringen på arealet med bøgeskov iblande eg fra 1936 i Slauggård Plantage (SP3 med DGU arkivnr. 123.1182).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 123. 1183

Borested : Slauggård Plantage
6623 Vorbasse

Kommune : Billund
Amt : Ribe

Boringsdato : 5/10 2000

Boringsdybde : 7,2 meter

Terrænkote : 71,74 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : SP4

Prøver

- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 21

- **beskrevet** : 8/4 2002 **af** : TC

- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1213 IVSV

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

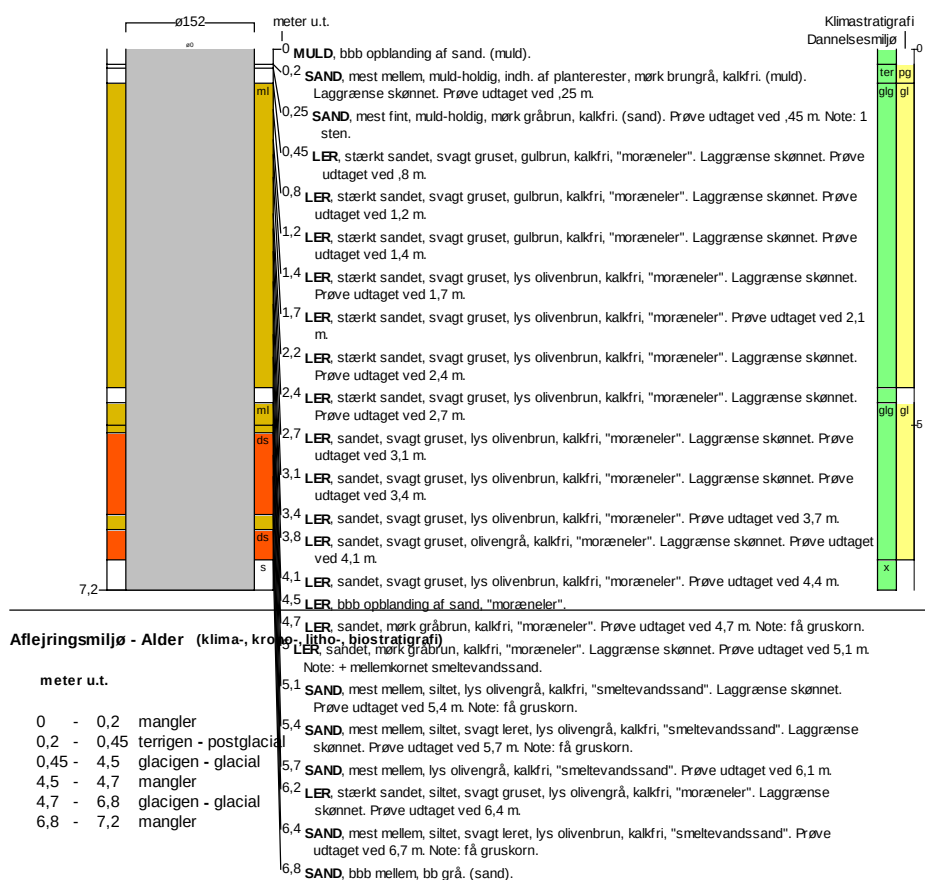
Koordinatkilde : GEUS

Boremethode : Snegleboring

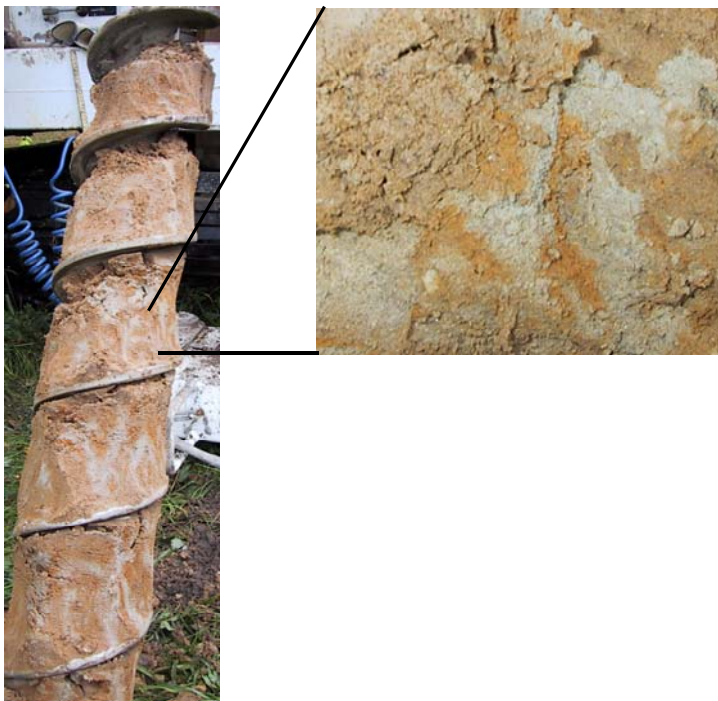
UTM-koord. : 507234, 6167153

Koordinatmethode : KMS digitale kort

Notater : fyldt op med opboret materiale



Figur 4.4. Geologisk beskrivelse af boringen under bøgeskov plantet i 1951 i Slauggård Plantage (SP4 med DGU arkivnr. 123.1183).



Figur 4.5. Farvemønstre i sedimenter på sneglebor. Sedimenterne er udtaget under vedvarende græs i Slauggård Plantage (SP1 med DGU arkivnr. 123.1180).

4.3 Vandindhold og kornstørrelsessammensætning

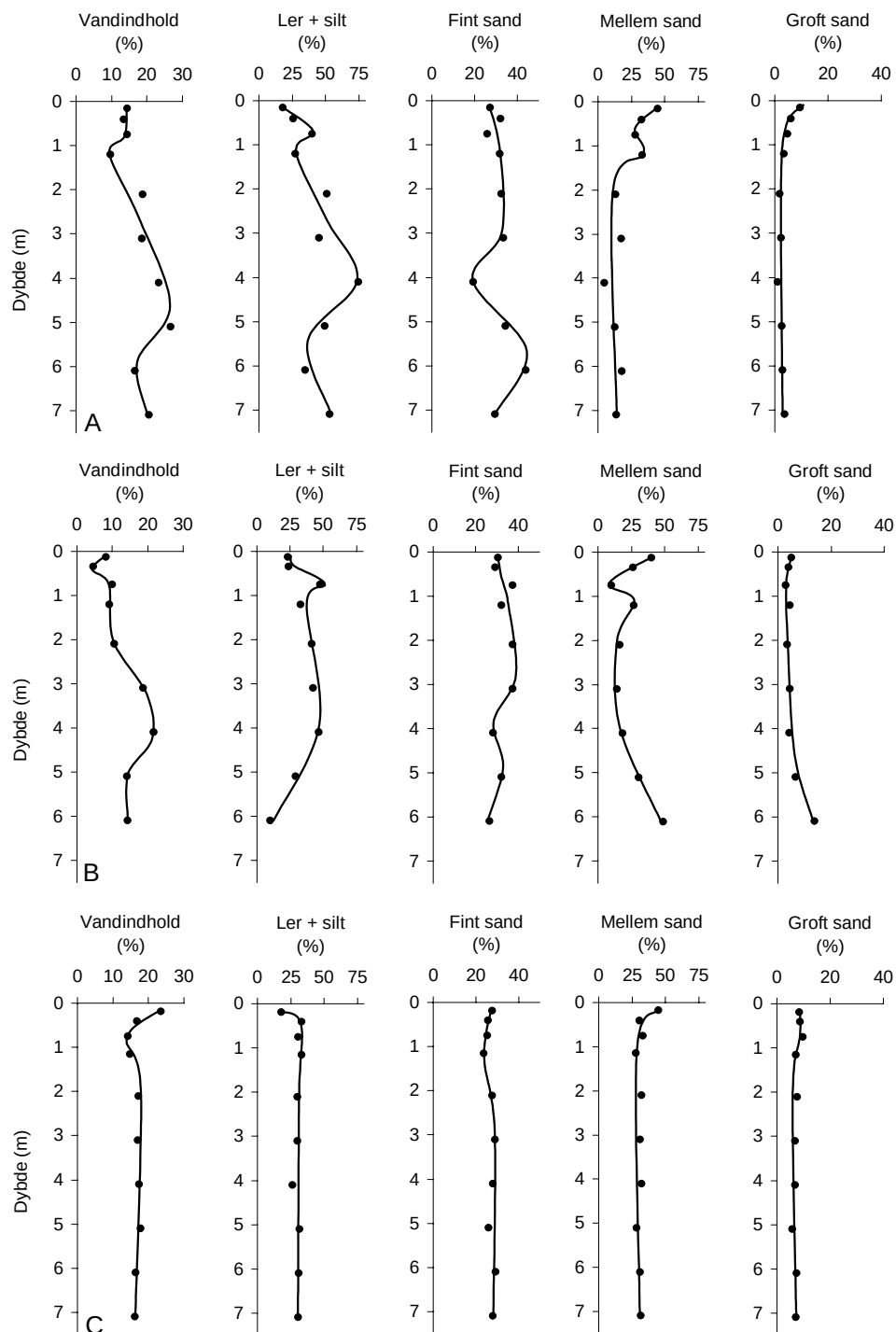
4.3.1 Vandindhold

Det naturlige indhold af vand på boringstidspunktet (oktober) var omkring 10% ned til 2 meter hvorefter indholdet steg til omkring 20% ned til 5 meter hvorefter det atter aftog til under 20% i prøver udtaget ned til ca. 7 meter under terræn under de to arealer med løvskov, figur 4.6. Under den vedvarende græsparcel aftog vandindholdet fra 24% i det overfladenære lag til 14% i 1 meter, hvorefter vandindholdet forblev stort set konstant (16-17%) ned til 7 meter under terræn.

4.3.2 Kornstørrelsessammensætning

I overensstemmelse med de geologiske beskrivelser findes på alle tre lokaliteter et overfladenært lag med forholdsvis lave indhold (<25%) af ler+silt (<63 μm). arealet med permanente græs er dette lag ganske tyndt mens det under skovarealet fra 1936 er hen ved en meter tykt. Den store geologiske variation som i øvrigt karakteriserer skovarealet fra 1936 viser sig tydeligt i fordelingen af ler+silt, fint- (63-200 μm) og mellem sand (200-600 μm). Det højeste indhold af ler+silt forekommer i den ret fede lerprøve fra 4,1 meter under terræn. Under bøgeskoven fra 1951 er indholdet af ler+silt nogenlunde konstant under de

sandede overfladelag og ned til 5 meter under terræn hvor den stærkt sandede moræneer afløses af mellemkornet smeltevandssand.



Figur 4.6. Det naturlige indhold af vand, ler+silt (<63 μm), fint sand (63-200 μm), mellem sand (200-600 μm) og groft sand (600-2000 μm) under bøgeskov iblandet eg fra 1936 (A), bøgeskov plantet i 1936 (B) og vedvarende græs (C) i Slauggård Plantage.

Det overfladenære lag under arealet med permant græs domineres af fint- og mellem sand hvorefter ler+silt bliver mere almindeligt. Under græsparcellen fremstår kornstørrelses-sammensætningen under sandlaget meget homogen ned til bunden af boringen. Groft sand (600-2000 μm) udgør på alle tre lokaliteter en mindre andel.

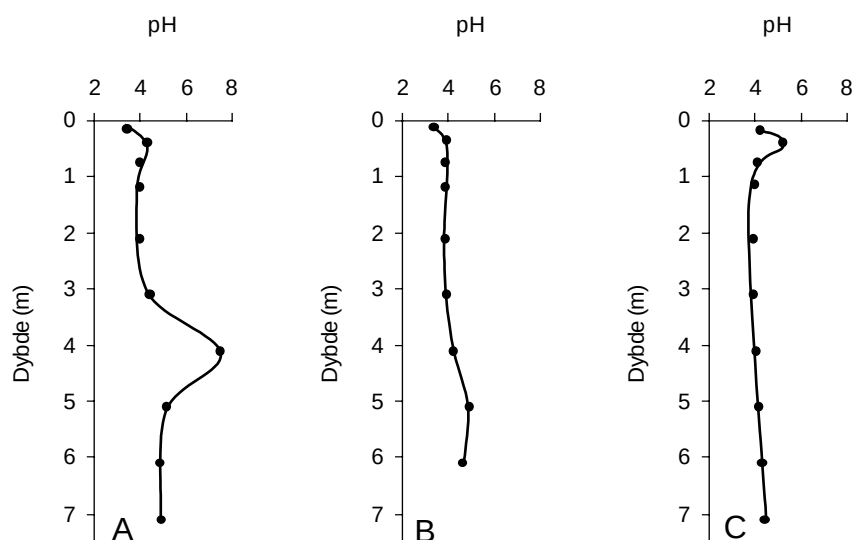
4.4 Kalkindhold og pH-værdier

4.4.1 Kalkindhold

Som nævnt under den geologiske beskrivelse er indhold af kalk kun beskrevet i et forholdsvis tyndt lag i borerne under henholdsvis vedvarende græs og gammel bøgeskov. Resten af prøverne er beskrevet som kalkfrie.

4.4.2 pH-værdier

pH-værdien umiddelbart under overfladen under de to arealer med løvskov er målt til 3,4, hvorefter værdien, med en enkelt undtagelse, stiger til mellem 4 og 5 i de efterfølgende jordlag. I det kalkholdige lag under arealet med bøgeskov iblandet eg fra 1936 er pH-værdien målt til 7,5, figur 4.7. Under vedvarende græs er pH-værdien i det overfladenære lag næsten en pH-enhed ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$: 4,3) højere end højere end under skovarealerne. Efter en stigning i pH-værdien til 5,2 i ca. ½ meter aftager pH-værdien atter til 4,1 i 0,8 meter hvorefter pH-værdien stiger svagt til 4,4 målt i 7,1 meter. Det kalkholdige lag fra 7.1-8.1 under vedvarende græs fremgår ikke af figur 4.7.



Figur 4.7. pH-værdier under bøgeskov iblandet eg fra 1936 (A), bøgeskov fra 1951 (B) og vedvarende græs (C) i Slauggård Plantage.

4.5 Organisk stof (TOC), C/N forhold og opløst organisk stof (DOC)

4.5.1 Organisk stof (TOC)

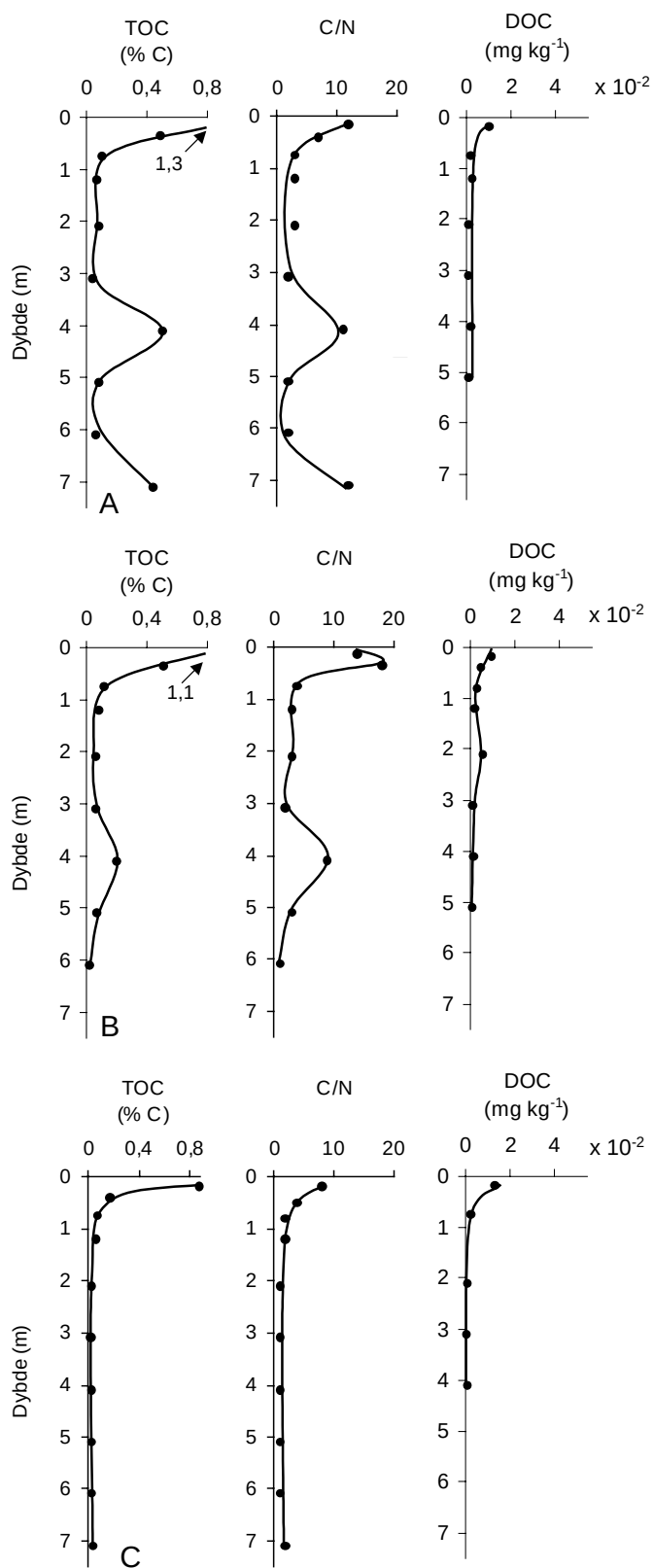
Under de to arealer med bøgeskov er det største indhold af organisk stof (TOC) målt umiddelbart under jordoverfladen, figur 4.8. Indholdet af TOC er nogenlunde ens (1,1-1,3% C) under de to skovarealer og lidt højere end for det overfladenære lag under vedvarende græs (0,9% C). Under græsparcellen aftager koncentrationen af TOC indenfor den øverste halve meter til et meget lavt niveau, der holder sig uændret ned gennem jordlagene. Under skovarealerne aftager koncentrationen af TOC ligeledes markant under jordoverfladen og når i ca. en meters dybde ned til et generelt lavt niveau, der på begge lokaliteter afbrydes af en lokal stigning i ca. 4 meters dybde. Under den gamle bøgeskov stiger indholdet af TOC til 0,5% C, hvorefter indholdet aftager, for at stige til 0,4% C i ca. 7 meters dybde. Under den unge bøgeskov er stigningen af TOC til 0,2% C i 4.1 meter.

4.5.2 C/N forhold

Fordelingen i C/N forhold afspejler i høj grad fordelingen af TOC. Således er C/N forholdet under den gamle bøgeskov bestemt til 12 i det overfladenære lag, hvorefter C/N aftager for at stige til tilsvarende værdier i de lag med høje indhold af TOC, figur 4.8. I resten af prøverne ligger C/N forholdet på ca. 3. Samme lave niveau er karakteristisk for arealet med vedvarende græs og arealet med bøgeskov fra 1951. Under sidstnævnte areal stiger C/N forholdet i prøven fra ½ meter til 18 hvorefter det aftager for at stige til 9 i 4.1 meter.

4.5.3 Opløst organisk stof (DOC)

Opløst organisk kulstof (DOC) udgør kun en meget ringe del af det totale indhold, med typiske indhold på under 0,02 mg C kg⁻¹, figur 4.8. Det forholdsvis høje indhold af TOC umiddelbart under overfladen resulterer kun i svage stigninger i indholdet af DOC.



Figur 4.8. Det totale indhold af organisk stof (TOC), C/N-forhold samt opløst organisk stof (DOC) under bøgeskov med eg fra 1936 (A), bøgeskov fra 1951 (B) og vedvarende græs (C) i Slauggård Plantage.

4.6 N-total, nitrat-N og ammonium-N

4.6.1 N-total

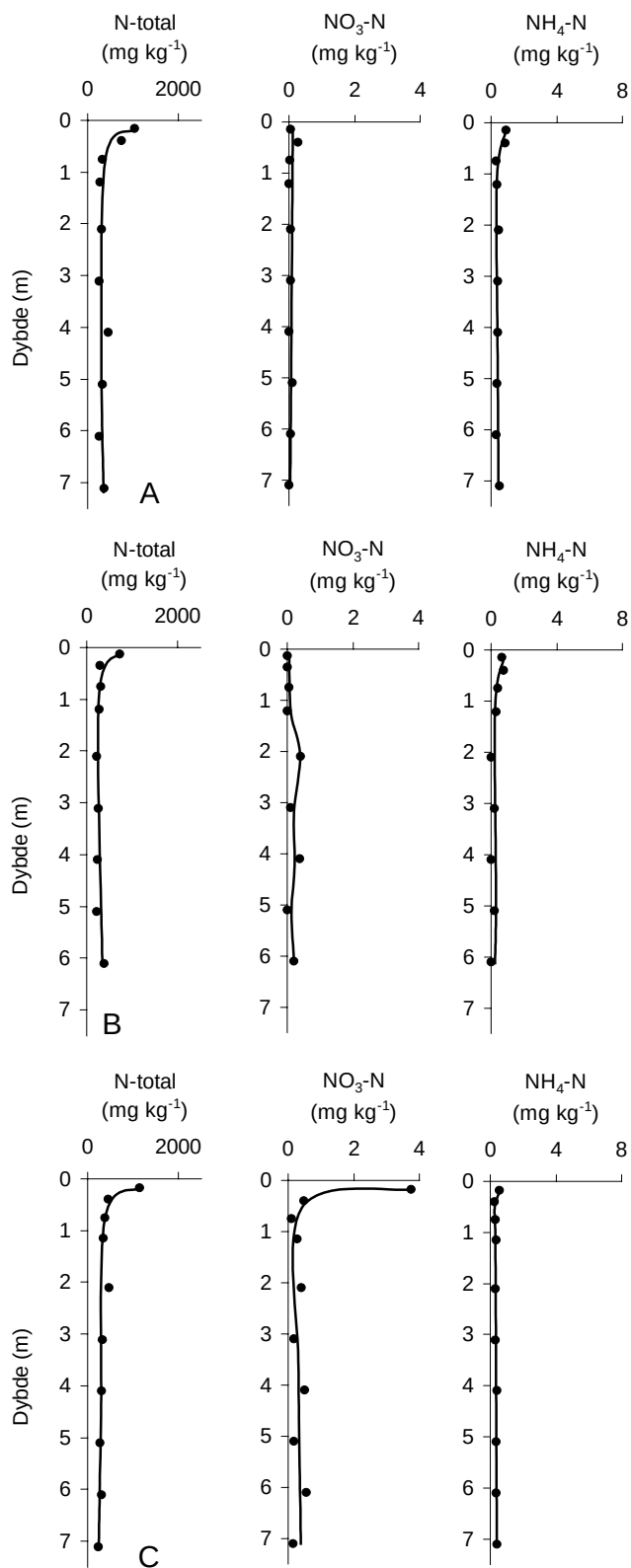
Det totale indhold af kvælstof (N-total) er på alle tre lokaliteter størst i det overfladenære lag, hvor det udgør $1100 \text{ mg N kg}^{-1}$ under vedvarende græs og 700 mg N kg^{-1} under areaerne med bøgeskov, figur 4.9. Indholdet aftager herefter markant og forbliver omkring 300 mg N kg^{-1} fra ca. $\frac{1}{2}$ meter og dybere ned.

4.6.2 Nitrat

Indholdet af nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) er meget lavt og omkring detektionsgrænsen under skovarealerne, figur 4.9. Under permanent græs er koncentrationen af nitrat næsten 4 mg N kg^{-1} , hvorefter indholdet aftager markant og når et niveau nogenlunde svarende til det for skovarealerne.

4.6.3 Ammonium

Indholdet af ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) er generelt meget lavt og tæt på detektionsgrænsen, figur 4.9. Kun indenfor den øverste $\frac{1}{2}$ meter kan der på samtlige lokaliteter erkendes en meget svag stigning i indholdet ($< 1 \text{ mg NH}_4\text{-N}$).



Figur 4.9. Det totale indhold af kvælstof (N-total), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) samt ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) under bøgeskov med eg plantet i 1936 (A), bøgeskov plantet i 1951 (B) og vedvarende græs (C) i Slauggård Plantage.

4.7 Fosfor (P) - forskellige former

4.7.1 P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet P

Indholdet af lettilgængeligt fosfor ($\text{P-NH}_4\text{Cl}$) er stort set konstant, omkring $0,2 \text{ mg P kg}^{-1}$, figur 4.10.

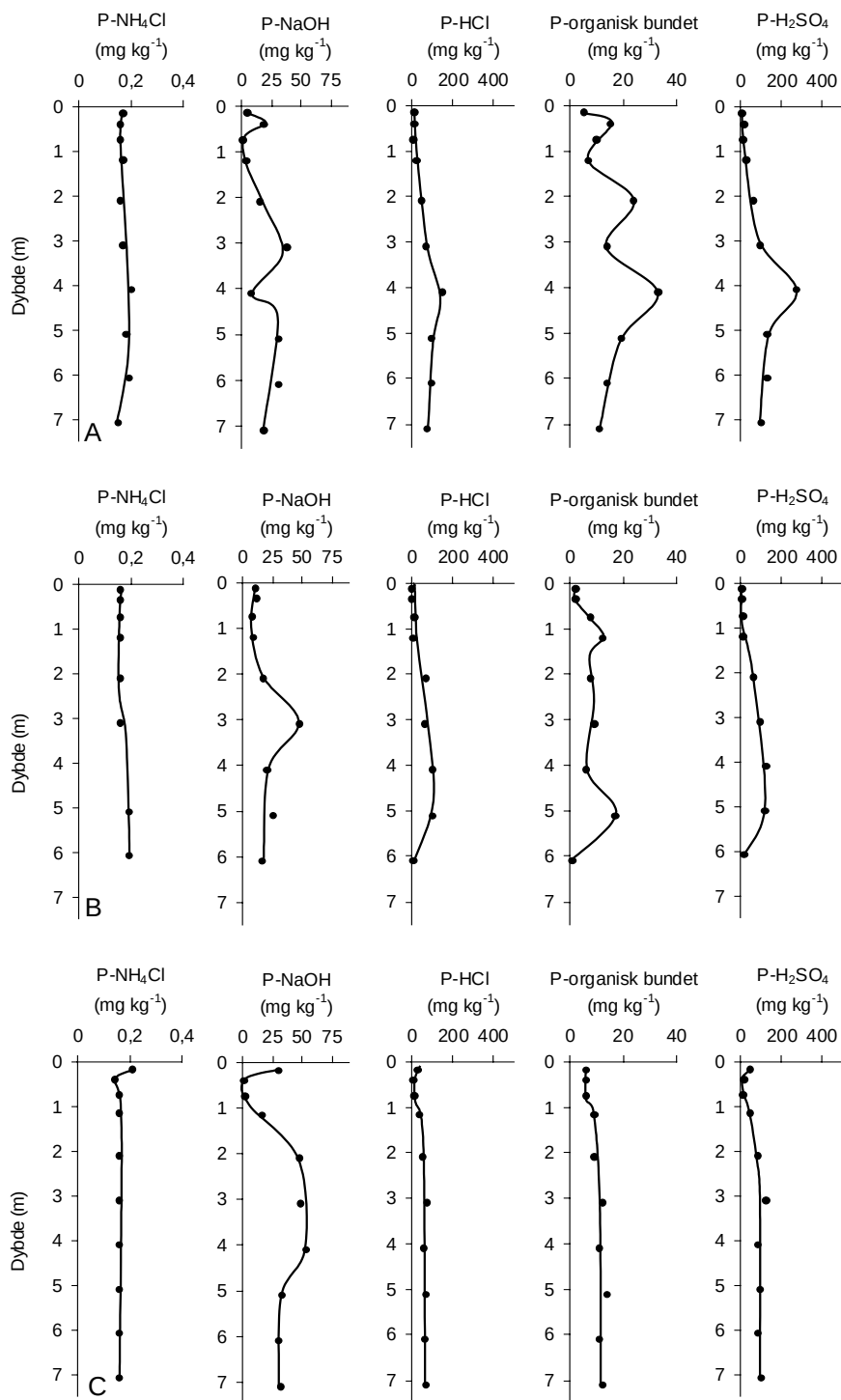
Indholdet af fosfor knyttet til jern og aluminium (P-NaOH) er generelt højere end indholdet af lettilgængeligt fosfor og er målt i koncentrationer på op til 50 mg P kg^{-1} i en eller flere dybder under alle tre arealer, figur 4.10. Koncentrationen varierer betydeligt ned igennem jordlagene, men der synes at være en generelt tendens til at det laveste indhold forekommer indenfor den øverste meter. Under den gamle bøgeskov og arealet med vedvarende græs spores en sammenhæng med udbredelsen af røde og grå farvemønstre mens denne sammenhæng er mindre tydelig for arealet med bøgeskov fra 1951 hvor grå og brungrå farver er almindelige.

Koncentrationen af fosfor knyttet til calcium og magnesium (P-HCl) er meget lav i jordprøver udtaget ned til en meter under terræn, figur 4,10. Herefter stiger koncentrationen og når lokalt op på 150 mg P kg^{-1} i det kalkholdige lag under bøgeskoven fra 1936 og op til 100 mg P kg^{-1} i 4-5 meters dybde under bøgeskov plantet i 1951. Under det vedvarende græs varierer indholdet fosfor knyttet til calcium og magnesium typisk mellem 50 og 70 mg P kg^{-1} i sedimentprøver udtaget dybere end ca. 1 meter.

Puljen af fosfor bundet til organisk stof (P-organisk) er forholdsvis højt, men stærkt varierende, i de øverste fire meter under bøgeskoven fra 1936, med koncentrationer på $15\text{-}33 \text{ mg P kg}^{-1}$, hvorefter indholdet her aftager til mellem $11\text{-}14 \text{ mg P kg}^{-1}$, figur 4.10. Under den unge bøgeskov findes et par lag med henholdsvis 12 og 17 mg P kg^{-1} , mens resten af de undersøgte prøver indeholdt $2\text{-}9 \text{ mg P kg}^{-1}$, med de laveste værdier tættest på overfladen. Under det vedvarende græs er indholdet forholdsvis lavt (6 mg P kg^{-1}) ned til $0,8$ meter under terræn, hvorefter det tiltager til omkring 11 mg P kg^{-1} .

4.7.2 P ekstraheret med H_2SO_4

Mængden af fosfor ekstraheret med ($\text{P-H}_2\text{SO}_4$) viser generelt lave indhold af fosfor i jordlagene ned til ca. 1 meter, figur 4.10. Herefter stiger indholdet gradvist med dybden, til koncentrationer på $100\text{-}130 \text{ mg P kg}^{-1}$. Fordelingen af $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ afspejler i høj grad den som også beskrevet for P-HCl .

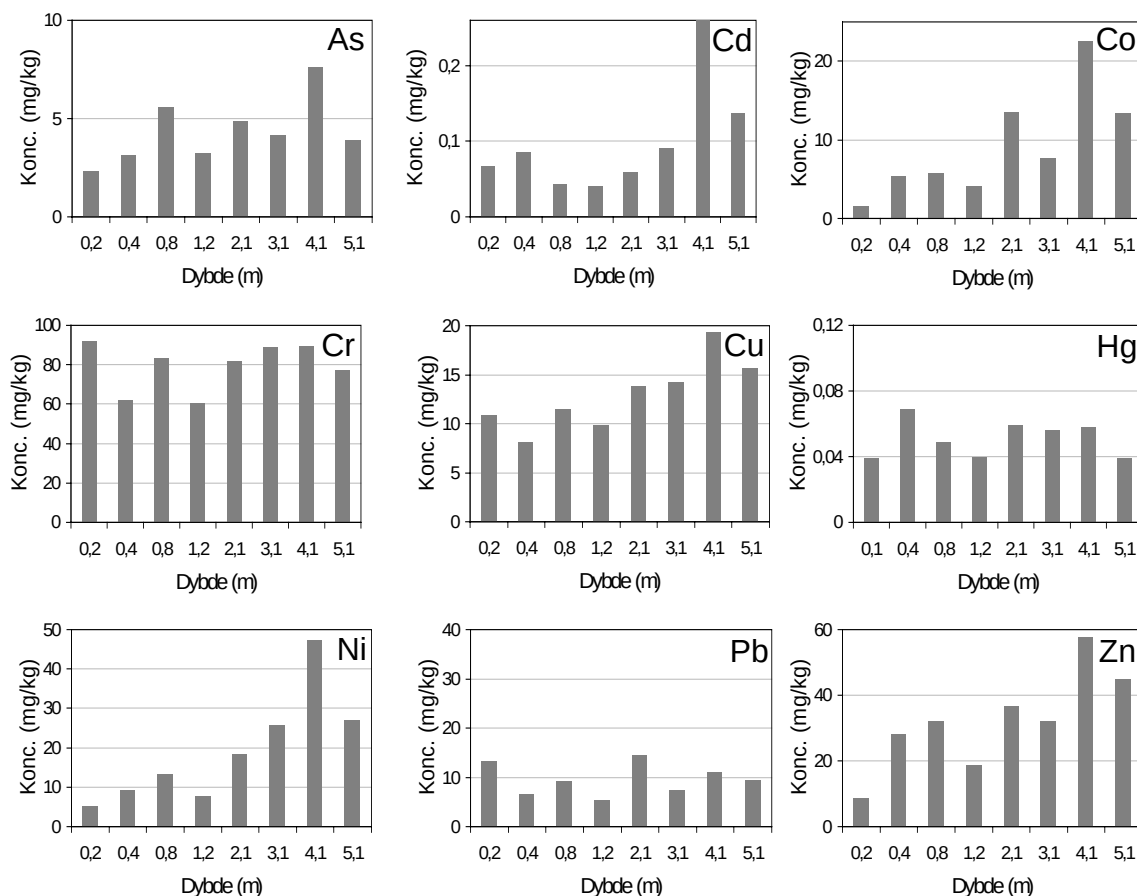


Figur 4.10. Forskellige former af fosfor under bøgeskov iblandet eg fra 1939 (A), bøgeskov fra 1951 (B) og vedvarende græs (C) i Slauggård Plantage.

4.8 Arsen og forskellige tungmetaller

Indholdet af arsen og udvalgte tungmetaller i sedimentprøver fra bøgeskoven iblandet eg fra 1936 fremgår af figur 4.11. Cobalt (Co), Chrom (Cr), kobber (Cu) og Zink (Zn)

forekommer sammenlignet med de øvrige forbindelser i relativt høje koncentrationer. Dertil kommer mindre mængder bly (Pb), nikkel (Ni) og arsen (Ar). For begge de sidstnævnte tungmetaller er koncentrationerne lavere i de overfladenære lag end i dybere lag. Et tilsvarende forløb ses for kobber, cobolt og zink. Cadmium (Cd) og kviksølv (Hg) forekommer kun i lave koncentraioner (<0,2 mg kg⁻¹).



Figur 4.11. Fordelingen af arsen (As) og forskellige tungmetaller inkl. cadmium (Cd), cobolt (Co), chrom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og zink (Zn) under gammel bøgeskov i Slauggård Plantage.

5. Baldersbæk Plantage

5.1 Områdebeskrivelse

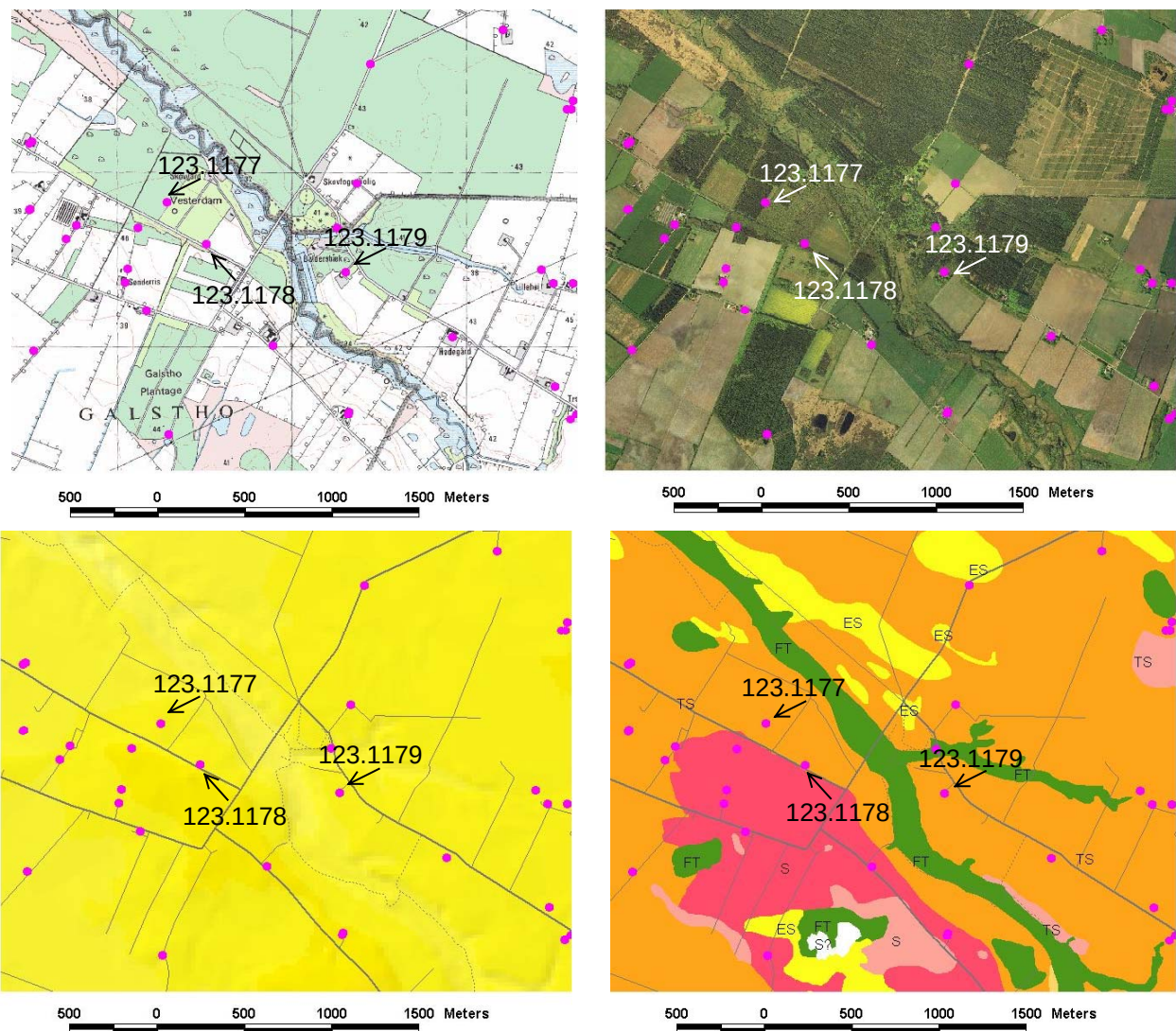
Boringerne i Baldersbæk Plantage er gennemført langs en ca. 1200 meter lang NV-SØ orienteret linie, figur 5.1. Boringerne ligger på en del af Grindsted hedeslette, umiddelbart NV for Hovborg. Boringen længst mod nordvest er udført under egeskov plantet i 1912 (DGU arkivnr. 123.1177). Sydligere, men ligeledes på den vestlige side af Holme å, blev gennemført en boring under vedvarende græs (DGU arkivnr. 123.1178). Boringen på arealet med egeskov plantet i 1942 (DGU arkivnr. 123.1179) blev gennemført øst for Holme å og ligger sydligt af de tre borer. Boringerne på de to skovarealer ligger i nogenlunde samme kote (omkring +41 meter), mens boringen under det permanente græs ligger en anelse højere (+44 meter). Hedeslettesand (postglacialt ferskvandssand) (TS) er den dominerende jordart på alle tre lokaliteter. Indenfor området ses desuden flyvesand (ES) og postglaciale tøvræflejringer (FT). Sidstnævnte findes især omkring Holme å.

5.2 Geologiske forhold

I boringen under egeskoven fra 1912 (BP1) forekommer under muldlaget kalkfrit smeltevandssand ned til 5,3 meter under terræn. Kornstørrelsen i de øverste 0,8 meter er fint- og mellemkornet mens kornstørrelsen dybere ned bliver mellem kornet med indslag af groft og gruset sand, figur 5.2. Under det mørk gråbrune muldlag fremstår sedimentprøverne med oxiderede gulbrune farver. Grundvandsspejlet blev antruffet i 3 meter under terræn.

Boringen under vedvarende græs (BP2) er 6,2 meter dyb og den geologiske beskrivelse her viser at der under muldlaget forekommer fint- og mellemkornet smeltevandssand ned til 0,7 meter hvorefter mellemkornet sand, til tider groft, bliver dominerende, figur 5.3. Alle sedimentprøver er kalkfrie. Muldlaget er mørk gråbrun og herefter bliver oxiderede gulbrune og mørkt gulbrune farver almindelige. Grundvandsspejlet blev antruffet i 4,1 meter under terræn.

I den unge egeskov (BP3) blev der boret til 7,2 meter. Geologien under muldlaget er domineret af mellemkornet smeltevandssand. Samtlige undersøgte sedimentprøver fremstår kalkfrie. Under det mørke grå muldlag optræder brune og sorte lag ned til 0,35 meter hvorefter prøverne optræder med oxiderede, brune og gulbrune farver ned til bunden af boringen. Grundvandsspejlet blev antruffet i 5 meter under terræn.



Figur 5.1. Baldersbæk Plantage. Øverst til venstre: 4 cm kort med borer fra Jupiter databasen (pink pletter) samt de i projektet undersøgte borer med angivelse af DGU arkivnr. Øverst til højre: Orthofoto fra 1999 med borer. Nederst til venstre: Højdekort over området med borer. Nederst til højre: Jordartskort med borer, hvoraf det fremgår at alle borer er præget af postglacialt ferskvandssand (TS) indenfor den øverste meter.

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 123.1177

Borested : Hovborgvej, Vesterdam, Baldersbæk Plantage
7200 Grindsted

Kommune : Helle
Amt : Ribe

Boringsdato : 6/10 2000

Boringsdybde : 5,3 meter

Terrænkote : 41,22 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : BP1

Prøver

- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 14

- **beskrevet** : 8/4 2002 **af** : TC

- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

Boremethode : Snegleboring

Kortblad : 1113 ISØ

UTM-zone : 32

UTM-koord. : 493291, 6164824

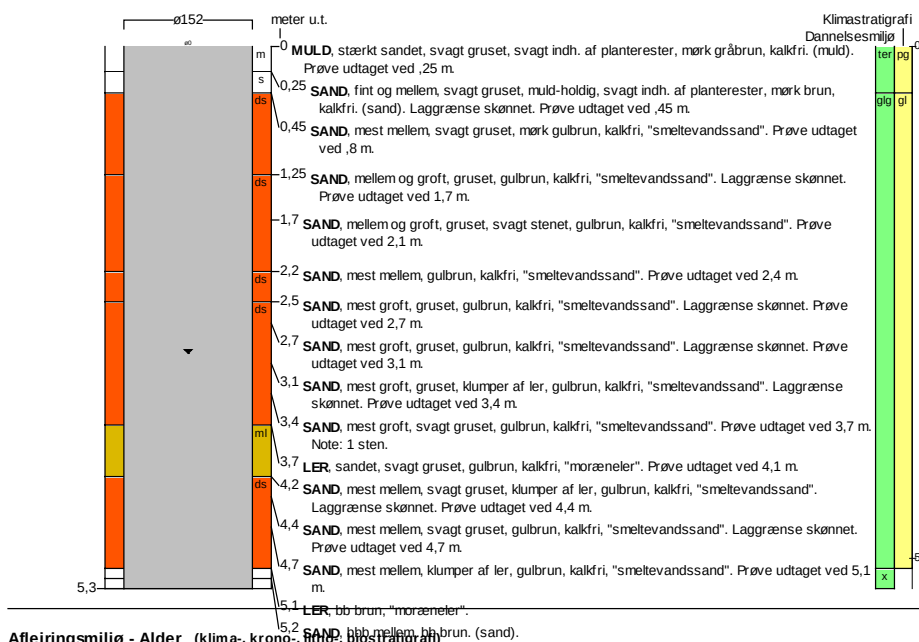
Datum : ED50

Koordinatkilde : GEUS

Koordinatmetode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	3 meter u.t.	6/10 2000			

Notater : fyldt op med opboret materiale



Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigr.)

meter u.t.

0 - 0,45 terrigen - postglacial

0,45 - 5,1 glacigen - glacial

5,1 - 5,3 mangler

Figur 5.2. Geologisk beskrivelse af boringen på arealet med egebevoksning fra 1912 i Baldersbæk Plantage (BP1 med DGU arkivnr. 123.1177).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 123. 1178

Borested : Hovborgvej, Vesterdam, Baldersbæk Plantage
7200 Grindsted

Kommune : Helle
Amt : Ribe

Boringsdato : 6/10 2000

Boringsdybde : 6,2 meter

Terrænkote : 43,58 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : BP2

Prøver

- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 19

- **beskrevet** : 9/4 2002 **af** : TC

- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1113 ISØ

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

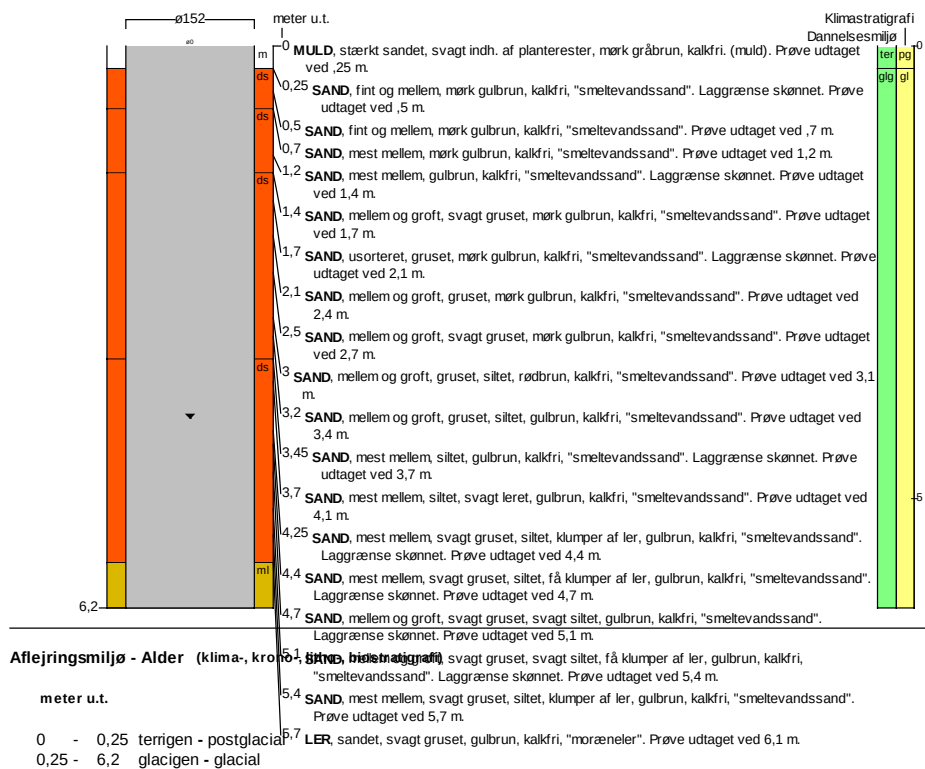
Boremetode : Snegleboring

UTM-koord. : 493517, 6164586

Koordinatmetode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sækning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	4,1 meter u.t.	6/10 2000			

Notater : fyldt op med opboret materiale



Figur 5.3. Geologisk beskrivelse af boringen på arealet med vedvarende græs i Baldersbæk Plantage (BP2 med DGU arkivnr. 123.1178).

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 123. 1179

Borested : Baldersbækvej, Baldersbæk Plantage
7250 Hejnsvig

Kommune : Holsted
Amt : Ribe

Boringsdato : 6/10 2000

Boringsdybde : 7,2 meter

Terrænkote : 41,1 meter o. DNN

Brøndborer : Hestbech Ringe

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr : BP3

Prøver

- **modtaget** : 25/3 2002 **antal** : 22

- **beskrevet** : 10/4 2002 **af** : TC

- **antal gemt** : 0

Formål : Undersøg./videnskab

Kortblad : 1113 ISØ

Datum : ED50

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

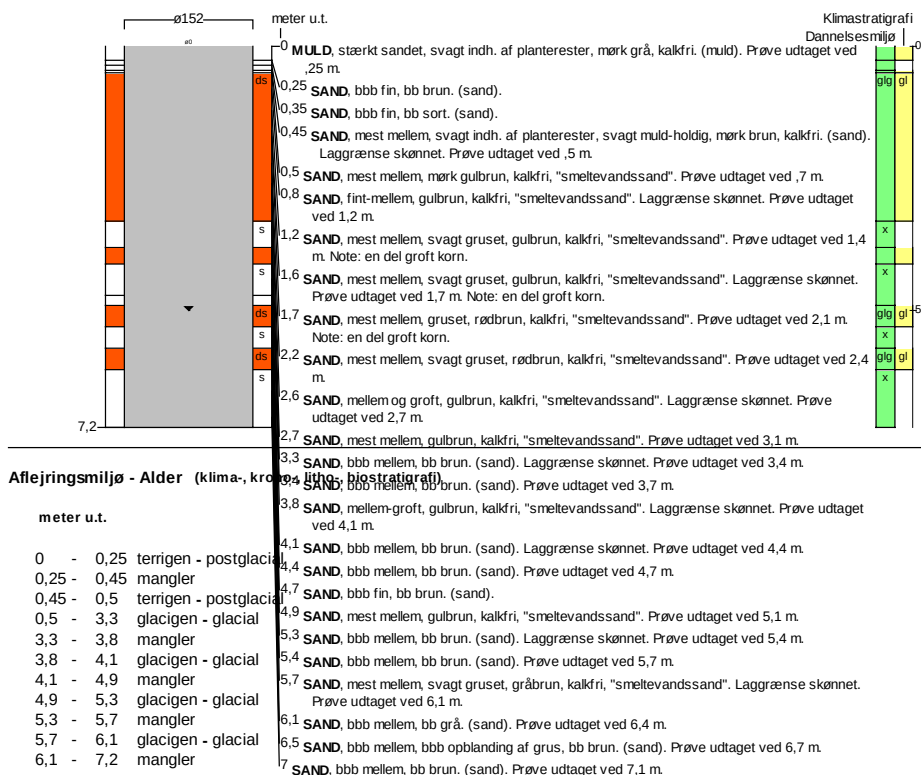
Boremethode : Snegleboring

UTM-koord. : 494311, 6164423

Koordinatmethode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	5 meter u.t.	6/10 2000			

Notater : fyldt op med opboret materiale



Figur 5.4. Geologisk beskrivelse af boringen på arealet med egebevoksning fra 1942 i Baldersbæk Plantage (BP3 med DGU arkivnr. 123.1179).

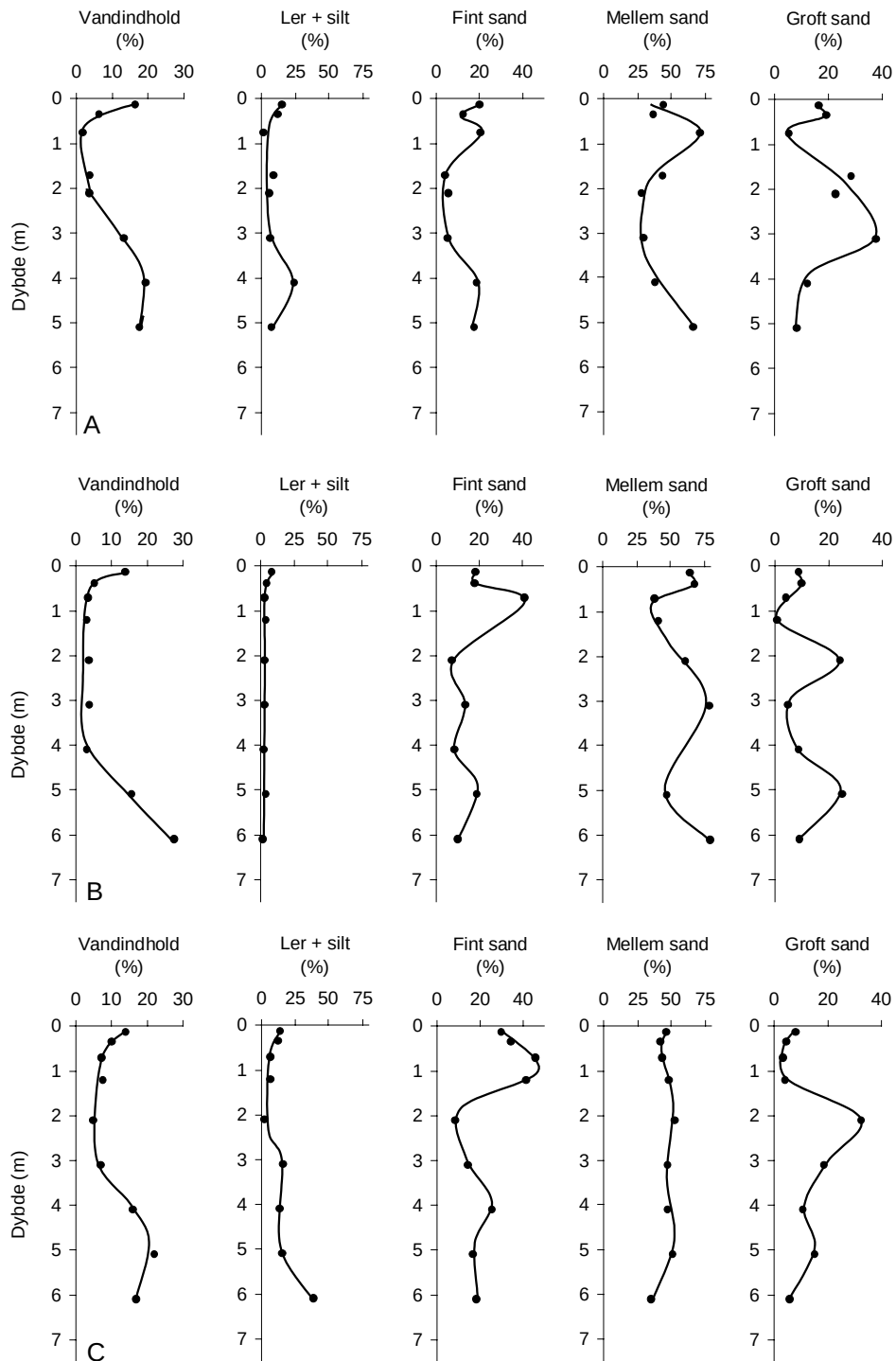
5.3 Vandindhold og kornstørrelsessammensætning

5.3.1 Vandindhold

Det naturlige vandindhold i sedimenterne under egeskoven plantet i 1912 var 16% i det overflade nære lag, hvorefter indholdet faldt til mellem 2 og 4% ned til 3,1 meter under terræn, figur 5.5. Under grundvandsspejlet var vandindholdet 18-19%. Under egeskoven fra 1942 blev vandindholdet bestemt til 14% tæt på jordoverfladen, hvorefter vandindholdet aftog til 3-4% i sedimentprøver udtaget ned til 5 meter, hvor vandindholdet atter steg til 27% under grundvandsspejlet. Under arealet med vedvarende græs var indholdet af vand ligeledes 14% umiddelbart under jordoverfladen, hvorefter vandindholdet aftog til 5-7% ned til 3 meter under terræn, hvorefter indholdet ved og under grundvandsspejlet er bestemt til 16-22%.

5.3.2 Kornstørrelsessammensætning

Under egeskov fra 1912 er indholdet af ler+silt ($<63 \mu\text{m}$) typisk $<10\%$. Resten består af overvejende mellem sand ($200\text{-}600 \mu\text{m}$) samt varierende mængder fint ($63\text{-}200 \mu\text{m}$) og groft sand ($600\text{-}2000 \mu\text{m}$), figur 5.5. Under egeskoven fra 1942 er indholdet af ler+silt forholdsvis konstant og generelt under 4%. Mellem sand er ligeledes her den dominerende kornstørrelse og udgør i en enkelt prøve 81%. Indholdet af groft sand variere ligeledes betydeligt fra 1% i 1,2 meter og 24% i 2,1 meters dybde. På lokaliteten med vedvarende græs er indholdet af ler+silt lavt ned til 3 meter under terræn og nogenlunde svarende til indholdet målt under skovarealerne. Fra 3 meter indholdet til ca. 15% og i 6 meter under terræn yderligere til 39%. Indholdet af fint sand er 30-46% i sedimentprøver fra de øverste 1,2 meter hvorefter indholdet aftager til 8-26 % i dybere prøver. Indholdet af mellem sand er forholdsvis konstant (omkring 50%) i alle dybder. Indholdet af groft sand er 3-8 % i prøver fra overfladen og ned til 1,2 meter hvorefter indholdet stiger til 32% i en enkelt prøve (2,1 meter) for atter at aftage til 6% i 5,9 meter under terræn.



Figur 5.5. Det naturlige indhold af vand, ler+silt ($<63 \mu\text{m}$), fint sand ($63\text{-}200 \mu\text{m}$), mellem sand ($200\text{-}600 \mu\text{m}$) og groft sand ($600\text{-}2000 \mu\text{m}$) under egeskov plantet i 1912 (A), egeskov plantet i 1942 (B) og vedvarende græs (C) i Baldersbæk Plantage.

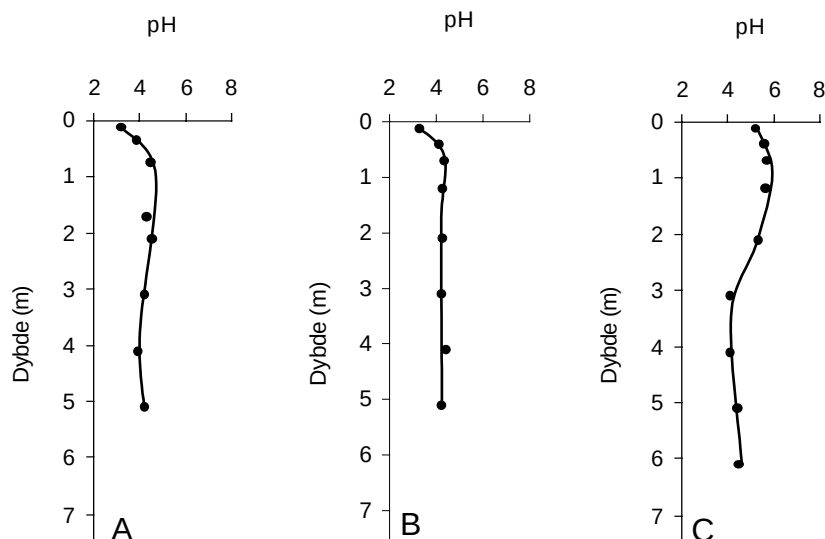
5.4 Kalkindhold og pH-værdier

5.4.1 Kalkindhold

I følge den geologiske beskrivelse fremstår samtlige undersøgte prøver kalkfrie.

5.4.2 pH-værdier

I det overfladenære lag under egeskoven fra 1912 er pH-værdien bestemt til 3,2 og værdien stiger jævnt til 4,5 i 0,8 meter hvorefter pH-værdien forbliver stort set uændret ned til 5,1 meter under terræn, figur 5.6. Under egeskoven fra 1942 er pH-værdien målt til 3,3 i det overfladenære lag og her stiger pH-værdien ligeledes jævnt til 4,3 i 0,7 meter hvorefter værdien forbliver stort set konstant ned til 5,1 meter. Under vedvarende græs er pH-værdien målt til mellem 5,2 og 5,7 i de øverste 2,1 meter, hvorefter pH-værdien aftager til mellem 4,1 og 4,5 i prøver udtaget ned til 6,1 meter under terræn.



Figur 5.6. pH-værdier under egeskov plantet i 1912 (A), egeskov plantet i 1942 (B) og vedvarende græs (C) i Baldersbæk Plantage.

5.5 Organisk stof (TOC) og C/N forhold

5.5.1 Organisk stof (TOC)

Indholdet af organisk stof (TOC) er bestemt til 2,0% C kg⁻¹ tæt på overfladen under egeskoven fra 1912, figur 5.7. Herefter aftager indholdet markant ned til 0,9 meter under terræn til omkring 0,1% C kg⁻¹, et niveau der holder sig ned til 2,1 meter, hvorefter TOC udgør 0,02-0,04% ned til 5,1 meter under terræn. Under egeskoven fra 1942 er indholdet af TOC

bestemt til $1,4\% \text{ C kg}^{-1}$ umiddelbart under overfladen og herefter aftager indholdet jævnt til $0,06\% \text{ C kg}^{-1}$ i 1,2 meter hvorefter et konstant niveau på $<0,02\% \text{ C kg}^{-1}$ er karakteristisk for resten af profilet. Under vedvarende græs er indholdet bestemt til $0,8\% \text{ C kg}^{-1}$ tæt ved jordoverfladen og indholdet aftager jævnt til $0,09\% \text{ C kg}^{-1}$ i 1,2 meter under terræn, hvorefter indholdet forbliver mellem 0,02 og $0,06\% \text{ C kg}^{-1}$ ned til 6,1 meter under terræn.

5.5.2 C/N forhold

C/N forholdet under egeskov fra 1912 er bestemt til 18 i den overfladenære prøver og værdien aftager til 2 i 0,8 meter, hvorefter C/N forholdet, med en enkelt undtagelse, stiger til omkring 5 i dybere prøver, figur 5.7. Under egeskoven fra 1942 er C/N forholdet bestemt til 31 umiddelbart under jordoverfladen hvorefter det aftager til 18 i 0,4 meter, for atter at stige til 53 i 0,7 meter for atter at aftage til mellem 2-5 i dybere sedimentprøver. Under den vedvarende græsmark er C/N forholdet bestemt til 9-11 ned til 0,9 meter under terræn, hvorefter C/N forholdet stiger til 18-20 ned til 3,1 meter under terræn, hvorefter C/N forhold på mellem 2 og 12 er målt ned til 6,1 meter under terræn.

5.6 N-total, nitrat-N og ammonium-N

5.6.1 N-total

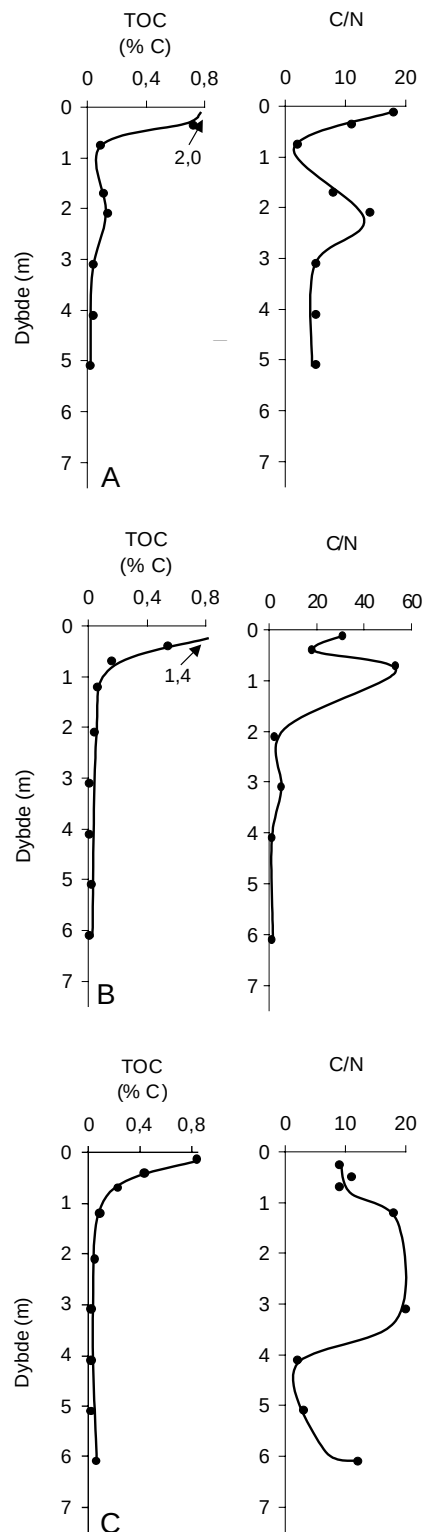
Under de to skovlokaliteter er de højeste koncentrationer af kvælstof (N-total) målt indenfor den øverste meter ($250\text{-}1100 \text{ mg N Kg}^{-1}$) hvorefter koncentrationen aftager til typiske koncentrationer på $20\text{-}100 \text{ mg N Kg}^{-1}$, figur 5.8. Under vedvarende græs findes relativt høje koncentrationer ($250\text{-}900 \text{ mg N Kg}^{-1}$) ned til 0,7 meter under terræn, hvorefter indholdet forbliver $<10\text{-}90 \text{ mg N Kg}^{-1}$ ned til 6,1 meter under terræn.

5.6.2 Nitrat

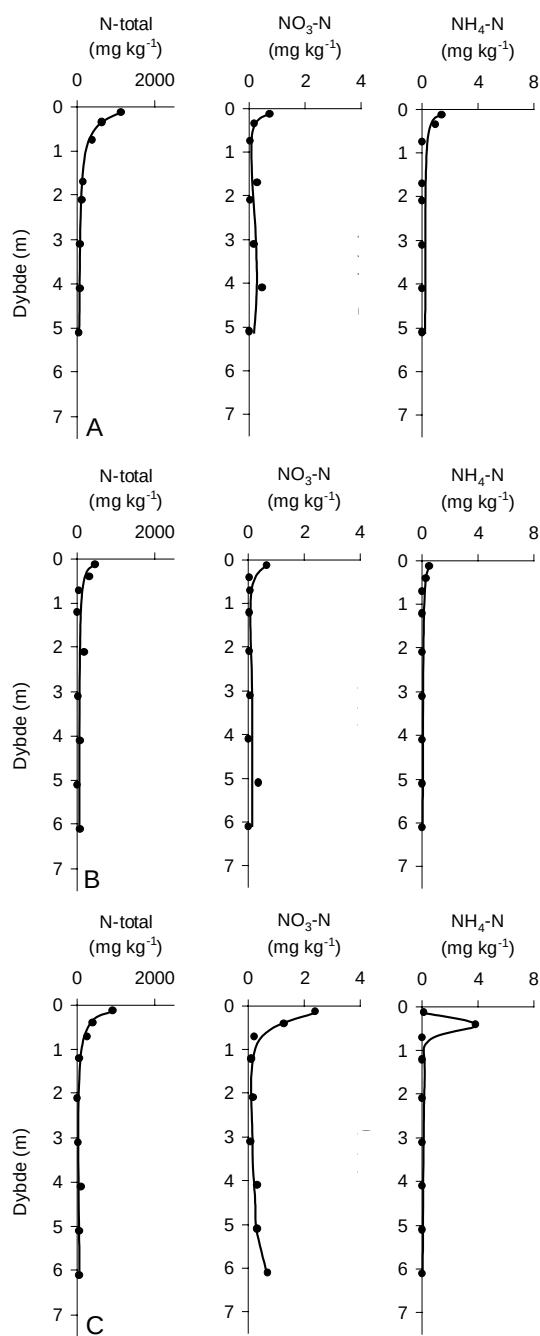
Indholdet af nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) er svagt forøget tæt på overfladen under de to skovområder ($0,7 \text{ mg N Kg}^{-1}$) og indholdet af nitrat dybere nede variere mellem $<0,01$ til $0,3 \text{ mg N Kg}^{-1}$, figur 5.8. Under vedvarende græs er koncentrationen af nitrat $1,3\text{-}2,4 \text{ mg N Kg}^{-1}$ ned til 0,4 meters dybde, hvorefter koncentrationen aftager til mellem 0,08 og $0,3 \text{ mg N Kg}^{-1}$.

5.6.3 Ammonium

Under de to skovarealer findes lave indhold af ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) umiddelbart under jordoverfladen ($0,7 \text{ mg N Kg}^{-1}$) hvorefter indholdet aftager til under detektionsgrænsen, figur 5.8. Under vedvarende græs er det kun i prøven fra 0,4 meter hvor $\text{NH}_4\text{-N}$ forekommer i målbare koncentrationer ($3,8 \text{ mg N Kg}^{-1}$).



Figur 5.7. Det totale indhold af organisk stof (TOC) og C/N-forhold under egeskov plantet i 1912 (A), egeskov fra 1942 (B) og vedvarende græs (C) i Baldersbæk Plantage. Den anvendte skala for C/N for den unge egeskov er 60 (B) mens den for A og B er 20.



Figur 5.8. Det totale indhold af kvælstof (N-total), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) samt ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) under gammel egeskov (A), ung egeskov (B) og vedvarende græs (C) i Baldersbæk Plantage.

5.7 Fosfor (P) - forskellige former

5.7.1 P ekstraheret med NH_4Cl , NaOH , HCl og organisk bundet P

Lettilgængeligt fosfor ($\text{P-NH}_4\text{Cl}$) udgør, med undtagelse af de overfladenære lag under henholdsvis egeskoven fra 1912 og vedvarende græs, $<0,2 \text{ mg P kg}^{-1}$, figur 5.9. I toplaget på disse to lokaliteter er koncentrationen af $\text{P-NH}_4\text{Cl}$ målt til henholdsvis 0,3 og $0,2 \text{ mg P kg}^{-1}$.

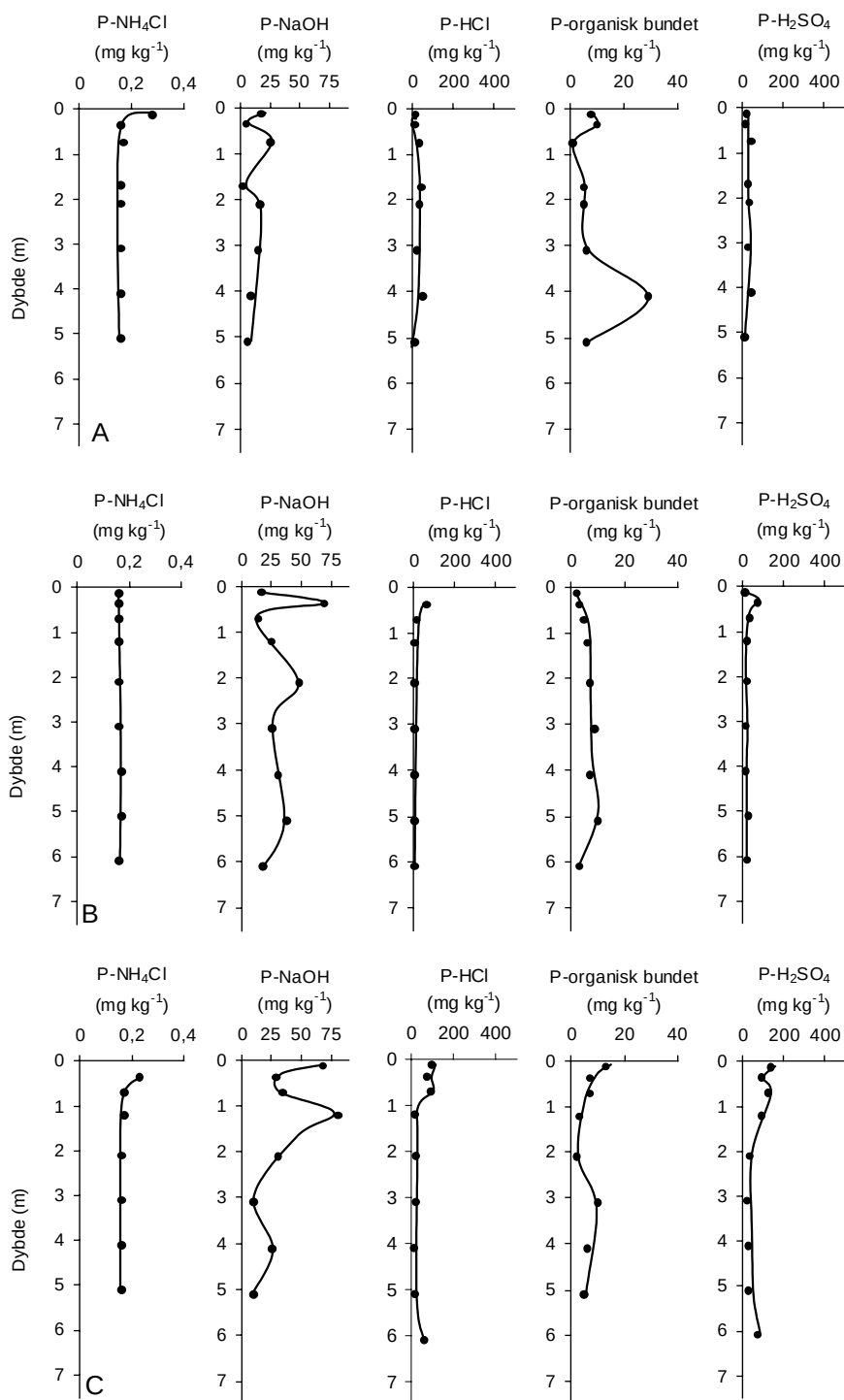
Indholdet af fosfor knyttet til jern og aluminium (P-NaOH) er forholdsvis lavt under egeskoven fra 1912 ($< 25 \text{ mg P kg}^{-1}$) figur 5.9. Under egeskoven fra 1942 ligger indholdet af P-NaOH på omkring 30 mg P kg^{-1} idet indholdet stiger til 69 og 48 mg P kg^{-1} i henholdsvis 0,4 og 2,1 meter under terræn. Under den vedvarende græsmark er koncentrationen af P-NaOH målt til mellem 29 og 81 mg P kg^{-1} inden for den øverste 1,2 meter, hvorefter koncentrationen aftager til mellem 10 og 26 mg P kg^{-1} ned til 6,1 meter under terræn.

Indholdet af fosfor bundet til calcium og magnesium (P-HCl) er forholdsvis lavt under de to skovarealer, med koncentrationer på mellem 3 og 63 mg P kg^{-1} , figur 5.9. Under arealet med vedvarende græs er koncentrationen af P-HCl målt til $75\text{-}99 \text{ mg P kg}^{-1}$ ned til 0,7 meter under terræn, hvorefter koncentrationen aftager til $13\text{-}19 \text{ mg P kg}^{-1}$ ned til 5,1 meter hvorefter koncentrationen stiger til 63 mg P kg^{-1} i 6,1 meter under terræn.

Indholdet af organisk bundet fosfor (P-organisk bundet) varierer mellem 1 og 29 mg P kg^{-1} under egeskoven fra 1912, figur 5.9. Under egeskoven fra 1942 er variationen langt mindre med værdier på $2\text{-}10 \text{ mg P kg}^{-1}$. Under vedvarende græs er koncentrationen af P-organisk bundet målt til mellem 6 og 13 mg P kg^{-1} .

5.7.2 P ekstraheret med H_2SO_4

Indholdet af fosfor ekstraheret med svovlsyre ($\text{P-H}_2\text{SO}_4$) er forholdsvis lavt under begge skovarealer, med typiske koncentrationer på mellem 20 og 30 mg P kg^{-1} , figur 5.9. Under vedvarende græs er koncentrationen af $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ målt til $91\text{-}136 \text{ mg P kg}^{-1}$ ned til 1,2 meter, hvorefter koncentrationen aftager til mellem 22 og 28 mg P kg^{-1} ned til 5,1 meter hvor koncentrationen atter stiger til 72 mg P kg^{-1} .

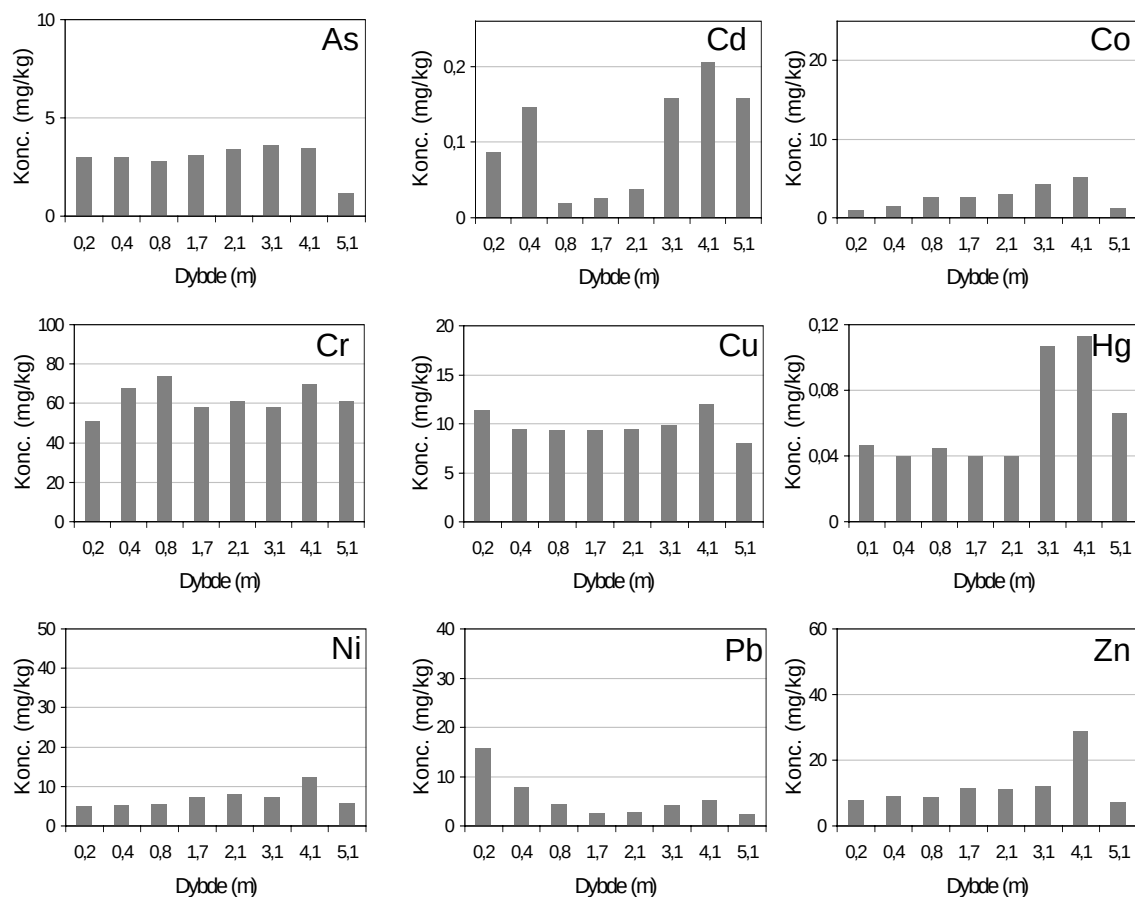


Figur 5.9. Forskellige former af fosfor under egeskov plantet i 1912 (A), egeskov plantet i 1942 (B) og vedvarende græs (C) i Baldersbæk Plantage.

5.8 Arsen og forskellige tungmetaller

Indholdet af arsen og forskellige tungmetaller i sedimentprøver fra den egeskoven plantet i 1912 fremgår af figur 5.10. Det dominerende tungmetal er chrom (Cr), der forekommer i

koncentrationer på omkring 60 mg Cr kg⁻¹. For bly (Pb) synes der at være tale om en berigelse i det overfladenære lag, mens indholdet af nikkel (Ni) og cobolt (Co) tilsvarende synes mindsket i dette lag. Zink (Zn) forekommer med undtagelse af prøven fra 4,1 meter i nogenlunde ens koncentrationer i alle dybder. Prøven fra 4,1 meter viser samtidig med det forøget indhold af zink også forholdsvis høje indhold af cadmium, kobber og nikkel. Koncentrationerne af arsen (Ar), kobber og til dels også kviksølv (Hg) er relativt lave og forholdsvis konstante ned gennem profilen.



Figur 5.10. Fordelingen af arsen (As) og forskellige tungmetaller inkl. cadmium (Cd), cobolt (Co), chrom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og zink (Zn) under egeskov plantet i 1912 i Baldersbæk Plantage.

6. Sammenfatning

Undersøgelserne er gennemført indenfor tre geologiske typeområder. I Vestskoven og i Ledøje Plantage på morænefladen af Weichselalder hvor morænelersaflejringer er dominerende. Ved Baldersbæk Plantage, hvor aflejringerne ligeledes er afsat i forbindelse med Weichsel-isen og hvor hedeslettens aflejringer er langt mere sandede som de ved i Vestskoven og i Ledøje Plantage. I Slauggård Plantage er sedimenterne ligeledes karakteriseret ved et betydeligt indhold af ler og er her beskrevet som moræneler. Disse morænelersaflejringer stammer fra næstsidste istid, hvorfor forvitringsprocesserne her har været aktive i en meget længere periode end ved de to andre undersøgelseslokaliteter.

De geokemiske forhold indenfor de tre undersøgelsesområder er i overvejende grad styret af de geologiske forhold på stedet kombineret med den tidsmæssige ramme for de naturlige forvitringsprocesser. I Vestskoven og Ledøje Plantage har naturlige oxidations- og forsuringsprocesser bevirket dannelse to geokemiske miljøer; øverst en oxideret og kalkfri zone der efterfølges af en oxideret og kalkholdig zone. Disse to forskellige geokemiske miljøer efterfølges af en reduceret og kalkholdig zone, der fremstår uændret og med egenskaber som da moræneleren blev aflejret.

De noget ældre morænelersaflejringer i Slauggård Plantage fremstår oxideret og kalkfrie. Det geokemiske miljø i de tre 6 til 7 meter dybe borer i Slauggård Plantage er således sammenligneligt med den 1 til 2 meter dybe overfladenære zone på de sjællandske lokaliteter. Tilstedeværelsen af lag med rester af kalk i to af borerne i Slauggård Plantage tyder på at der findes stort set hyalisk inaktive lommer eller lag af sediment og som derfor ikke har været udsat for de samme naturlige forvitringsprocesser og bl.a. derfor indeholder kalk og fremstår grå farvenuancer i dag. I Slauggård Plantage veludviklede grå og brune farvemønstre i dele af profilen, under det vedvarende græsareal således ned til 6,1 meter under terræn. I Baldersbæk Plantage er alle de undersøgte sedimentprøver oxiderede og kalkfrie. Desuden er indholdet af fine partikler (ler+silt) er meget lavt her.

Sedimenternes indhold af bl.a. ler+silt påvirker deres evne til at tilbageholde vand og derfor er indholdet af vand i den umættede zone generelt højere i morænelersaflejringerne (Vestskove, Ledøje Plantage og Slauggård Plantage) end i hedeslettensand (Baldersbæk området). Under hensyn til disse forskelle fremstod løvskovsarealerne på boringstidspunktet (september og oktober) med generelt lavere naturlige indhold af vand sammenlignet med de vedvarende græsarealer (og rødgran). Den ekstra udtørring bestemt ved løvtræerne øgede vandforbrug kan spores ned til 2-3 meter under terræn. I de grovkornede sediment i Baldersbæk Plantage var det naturlige vandindhold således kun 2-4% under skov hvor det under vedvarende græs var 5-7%.

I de oprindelig kalkholdige sediment i Vestskoven og i Ledøje Plantage er den laveste pH-værdi (3,6) målt umiddelbart under overfladen i den ca. 200 år gamle løvtræsskov. Under den 29 år gamle egeskov i Vestskoven var pH-værdien i det tilsvarende lag to enheder højere (5,6). Dette er betydeligt højere end under rødgran af samme alder, hvor forsuringsprocesser havde resulteret i en pH værdi på 4.3. Nogenlunde samme værdi blev målt under vedvarende græs. På disse lokaliteter findes høje indhold af frit kalk i de efterfølgende

kalkrige sedimenter som dermed repræsenterer en robust barriere overfor udbredelsen af den sure front. Under rødgransbevoksningen synes en øget syreproduktion at have bevirket et øget forbrug af kalk og kalkgrænsen her ligger ca. 1 meter dybere end for de nærtliggende arealer med egeskov af tilsvarende alder samt for vedvarende græs. Sammenlignet med de øvrige vegetationstyper på den unge moræneler geologiske forhold (lag med højere indhold af grovkornede partikler) ligeledes bidrage dannelsen af en dybere kalkfri zone under rødgran.

I Slauggård Plantage og Baldersbæk Plantage er pH-værdien umiddelbart under jordoverfladen målt til mellem 3,2 og 3,4 hvorefter pH-værdien stiger ned gennem den næste halve til hele meter til omkring 4,5. Eneste undtagelse er de hydraulisk afsnørede lommer/lag i Slauggård hvor forvitringsprocesserne har været mindre intensive og hvor der stadig findes kalk eller spor heraf og hvor pH-værdien stadig er over 7. Under de vedvarende græsarealer er pH-værdien 4 eller højere i de overfladenære lag og skyldes antagelig tidligere tilders tilførsel af jordbrugskalk. Der findes ingen robust barriere mod den sure fronts udbredelse i Slauggård - og Baldersbæk Plantage.

Under alle lokaliteter ses en berigelse af TOC i jordlaget tæt på overfladen. Det højeste indhold af TOC forekommer under den ca. 200 år gamle løvskov (2,1% C) og den gamle egeskov fra 1912 i Baldersbæk Plantage (2,0% C). Under de resterende fire arealer med løvskov varierer koncentrationen mellem 1,1 og 1,4% C, mens den maksimale koncentration under vedvarende græs og rødgran er målt til omkring 0,8% C. Indholdet af organisk stof aftager markant indenfor den øverste halve til hele meter. Med undtagelse af en enkelt lille puls under den gamle egeskov i Baldersbæk Plantage så skyldes stigninger i TOC indholdet sedimenternes oprindelige indhold af organisk stof (reducerede sedimenter eller hydraulisk inaktive lommer/lag) og ikke den nuværende arealudnyttelse.

Indholdet af opløst organisk kulstof (DOC) er generelt meget lavt og udgør en meget ringe del af det totale indhold af organisk stof. Indholdet af DOC aftager normalt indenfor den øverste halve til hele meter, til under 0,02% C. Kun under vedvarende græs i Vestskoven forbliver koncentrationen af DOC over 0,02% C.

De højeste indhold af total kvælstof (N-total) er målt umiddelbart under jordoverfladen, i koncentrationer på op til 2300 mg N kg⁻¹ målt under den 200 år gamle løvskov i Ledøje Plantage. Under den unge egeskov i Vestskoven er koncentrationen af N-total 1700 mg N kg⁻¹, hvor koncentrationen typisk er 1000-1100 mg N kg⁻¹ i toplaget under de jyske skovarealer, vedvarende græs og rødgran. Indholdet aftager indenfor den øverste meter i Vestskoven og Ledøje til 300-500 mg N kg⁻¹ og afspejler her fordelingen af organisk stof med de højeste værdier i den reducerede zone. På de jyske lokaliteter aftager indholdet til omkring 300 mg N kg⁻¹ i Slauggård Plantage og <10-90 mg N kg⁻¹ i Baldersbæk Plantage. En yderst begrænset del af det totale indhold af kvælstof findes opløst i form af nitrat eller som ammonium. Målbare koncentrationer af nitrat forekommer i det overfladenære lag på de sjællandske lokaliteter samt under vedvarende græs i Baldersbæk Plantage. Ammonium forekommer i målbare koncentrationer i de overfladenære lag under den gamle løvskov i Ledøje Plantage samt under vedvarende græs i Baldersbæk Plantage. På de sjællandske lokaliteter findes ammonium ligeledes i målbare koncentrationer ved og i den reducerede zone. Koncentrationen her er knyttet til sedimenternes geologiske egenskaber.

Indholdet af lettilgængeligt forsfor ($\text{P-NH}_4\text{Cl}$) er forholdsvis lavt (omkring $0,2 \text{ mg P kg}^{-1}$) på alle forsøgslokaliteter. I toplaget under den gamle løvskov og arealet med rødgran ($26\text{-}56 \text{ mg P kg}^{-1}$) samt under den øverste meter under vedvarende græs ($35\text{-}54 \text{ mg P kg}^{-1}$) er indholdet af forsfor bundet til jern og aluminium (P-NaOH) forholdsvis højt, hvor det i øvrige prøver er $<10 \text{ mg P kg}^{-1}$. Fordelingen af fosfor bundet til calcium og magnesium (P-HCl) tyder på at denne pulje er opbrugt i lagene tæt på overfladen idet koncentrationen normalt stiger med tiltagende dybde. Det høje indhold af kalk der findes fra en eller to meters dybde i Vestskove eller Ledøje Plantage giver her anledning til markant højere koncentrationer af P-HCl ($300\text{-}400 \text{ mg P kg}^{-1}$) end på de jyske lokaliteter ($3\text{-}100 \text{ mg P kg}^{-1}$). Således er det kun den øveste ca. 1 meter under vedvarende græs i Baldersbæk Plantage samt de hydraulisk afsnørede lommer/lag under Slauggård Plantage er karakteriseret ved et højere indhold. Indholdet af fosfor bundet til organisk stof (P-organisk bundet) varierer en del, men er ofte under 20 mg P kg^{-1} . Med undtagelse af bøgeskoven fra 1936 i Slauggård Plantage ($5\text{-}33 \text{ mg P kg}^{-1}$) synes P-organisk bundet at være generelt lavere på de jyske lokaliteter ($1\text{-}10 \text{ mg P kg}^{-1}$) end tilsvarende sjællandske lokaliteter ($7\text{-}33 \text{ mg P kg}^{-1}$). Den totale pulje af fosfor bestemt ved ekstraktion med svovlsyre ($\text{P-H}_2\text{SO}_4$) viser et samlet tab af fosfor ned til maksimalt 2 meter på lokaliteterne i Vestskoven, Ledøje Plantage og Slaggård Plantage. Indholdet af $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ egeskovene i Baldersbæk Plantage er generelt meget lavt og kun under den vedvarende græs synes tidligere tiders tilførsel af fosforgødning at bidrage til til en berigelse af fosfor ned til ca. 1 meters dybde.

I den gamle løvskov i Ledøje Plantage er chrom (Cr), zink (Zn), nikkel (Ni) og kobber (Cu) der er de mest almindelige tungmetaller. Under den gamle bøgeskov i Slauggård Plantage er det ligeledes disse fire tungmetaller, der sammen med bly er mest almindelige mens det under den gamle egeskov i Baldersbæk Plantage er chrom og kobber, der er de mest almindelige. Under hensyntagen til den naturlige variation der knytter sig til de geologiske forhold så tyder fordelingen af specielt bly og til dels også kobber på en berigelse i Ledøje Plantage og Balders bæk Plantage i det overfladenære lag. Forsuringsprocesser tyder derimod på, at der er sket et tab af specielt chrom og nikkel og til dels også cobalt og arsen fra det mest overfladenære lag, mens forsuringsprocesser tilsyneladende i langt mindre grad har påvirket fordelingen af andre tungmetaller.