



København. Utterslev Mose.

Grundvandsundersøgelse

Geofysisk undersøgelse og prøvepumpning

Geo projekt nr. 208550

Rapport 1, 2025-03-13

Sammenfatning

Der er udført en reprocessering af eksisterende seismiske data, og Carlsbergforkastningen er lokaliseret i området ved Utterslev Mose. Der er udført en pumpeboring og en monitoringsboring inden for forkastningszonen til det primære grundvandsmagasin i kalken.

I pumpeboringen er der udført et pumpeforsøg for at undersøge grundvandsressourcen. I grundvandet er der konstateret indhold af Barium og PFAS-forbindelser, der vil udgøre et problem ved udledning til Utterslev Mose.

Der er skitseret et anlæg, der kan rense vandet, så det kommer til at overholde miljøkvalitetskriterierne i Utterslev Mose, bortset fra indholdet af fosfor.

En fuld erstatning af det oppumpede vand fra Harrestrup Å svarer til en indvinding på ca. 120 m³/t. Dette vil betyde en reduktion i fosfor-influxen til Utterslev Mose på ca. 35 % eller 110 kg pr. år. Med den nuværende pumpeboring kræver det 2-3 yderligere indvindingsboringer ved Utterslev Mose for at kunne indvinde denne vandmængde. En indvinding af denne størrelsesorden vil sandsynligvis have betydning for de almene vandværker i området, størrelsen af den indvirkning er dog ikke undersøgt. Herudover kræver vandkvaliteten at der opføres en betydelig rensekapacitet. Omkostningerne ved denne løsning estimeres at være kr. 13,1 mio. i anlægsomkostninger og ca. kr. 3 mio. i årlige driftsomkostninger.

Hvis der i stedet oppumpes grundvand til at supplerende vandgennemstrømning, viser beregningerne, at der med en oppumpning på 40 m³/t, kun vil ske en mindre reduktion af fosforbelastningen til Utterslev Mose. Det er uvist om denne lille ændring vil føre til en bedre økologisk tilstand i mosen. Omkostningerne ved denne løsning estimeres at være kr. 4,35 mio. i anlægsomkostninger og ca. kr. 750.000,- i årlige driftsomkostninger.

Yderligere undersøgelser kan afdække indvirkningen på områdets grundvandsressource ved oppumpning på 120 m³/t. I scenariet med oppumpning af 40 m³/t, kan yderligere undersøgelser og dataindsamling afdække den forventede effekt.

Geo projekt nr. 208550

Rapport 1, 2025-03-13

Rekvirentens ref.:

Udarbejdet af

Magnus Marius Rohde

mmr@geo.dk

+45 3174 0105

John Ulrik Bastrup

jub@geo.dk

+45 3174 0117

Udarbejdet for

Københavns Kommune

Teknik- og Miljøforvaltningen

Bygge-, Parkerings- og Miljømyndighed

Njalsgade 13, 1. sal, 1025

2300 København S

Att.: Morten Ejsing Jørgensen

Kontrolleret af

Flemming Damgaard Christensen

fdc@geo.dk

+45 3174 0252

Indhold

1	Baggrund og formål	4
2	Eksisterende forhold i Utterslev Mose	4
3	Feltarbejde og dataindsamling	7
3.1	Seismisk undersøgelse	7
3.2	Borearbejde	8
3.3	Pumpeforsøg	9
3.4	Vandprøvetagning	9
4	Resultater	9
4.1	Geologi	12
4.2	Pumpeforsøg	12
4.2.1	Tolkning af længerevarende pumpeforsøg	12
4.2.2	Tolkning af tre-trins-test	13
4.3	Vandprøvetagning	15
5	Vurderinger	18
5.1	Geologi og hydrogeologi	18
5.2	Andre indvindinger	18
5.3	Grundvandskvalitet	21
5.4	Udledning til Utterslev Mose	22
5.5	Vandbehandling	23
5.5.1	Vandkvalitet	23
5.5.2	Skitsering af mulig vandbehandling	24
5.5.3	Prisoverslag af vandbehandling	25
5.6	Alternative løsninger	27
6	Konklusioner	28
7	Referencer	29

Bilag

- 1.1 Situationsplan
- 1.2 Tolkningsbilag af 3 dages prøvepumpning
- 1.3 Tolkningsbilag for 3-trin-test

Appendiks

- 1.A Seismisk reprocessering
- 1.B Boreprofiler
- 1.C Pumpeforsøg
- 1.D Analyserapporter

1 Baggrund og formål

Utterslev Mose vandmiljø er belastet af nuværende og historiske udledninger af spildevand samt af manglende vandføring om sommeren. Københavns Kommune har derfor besluttet at udføre en foranalyse af muligheden for anvendelse af grundvand fra Carlsbergforkastningen til udledning til Utterslev Mose. En tilførsel af rent grundvand kan være med til at forbedre den generelle vandkvalitet i mosen og det nedstrøms ferske vandsystem i København.

Foranalysen skal undersøge mulighederne for at oppumpe grundvand fra forkastningszonen tilknyttet Carlsbergforkastningen, med henblik på at udlede det til Utterslev Mose. Foranalysen indeholder 2 undersøgelser, en geofysisk undersøgelse for om muligt at fastlægge placeringen af Carlsbergforkastningen. Herefter udføres en geologisk og hydrogeologisk undersøgelse ved udførelse af borer og pumpeforsøg, for at kortlægge områdets grundvandsressource.

Resultaterne af undersøgelsen skal bruges til at planlægge et endeligt projekt, der omfatter oppumpning, evt. rensning og udledning til Utterslev Mose for at forbedre vandmiljøet i mosen. Hvis et endeligt projekt vedtages, er det planen at genbruge undersøgelsesboringen som indvindingsboring.

2 Eksisterende forhold i Utterslev Mose

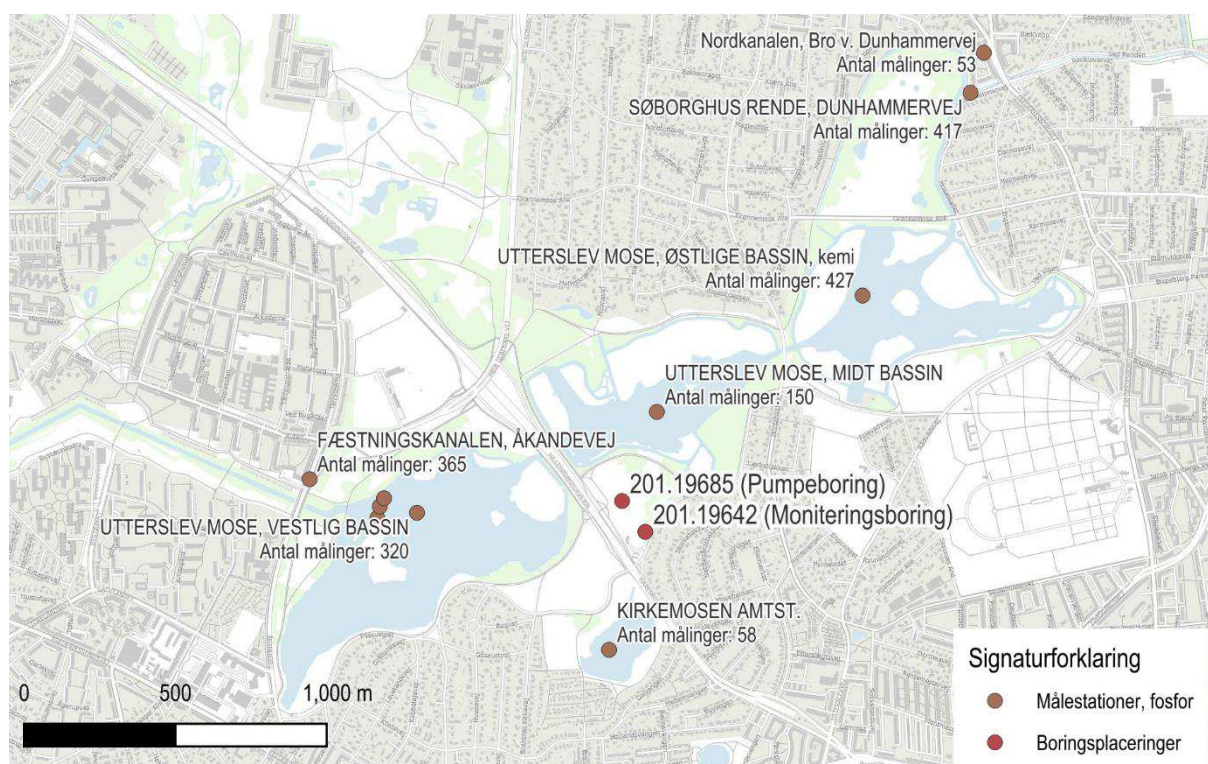
Utterslev Mose består af 3 bassiner Vestmosen, Midtmosen og Østmosen, forbundet med hindanden (se figur 1). Vandet i mosen strømmer ind fra Fæstningskanalen i den vestlige ende af Vestmosen, og ud via Søborghus Rende til Emdrup Sø. En del af vandet renses ved Emdrup Sø, inden det ledes videre til de Indre Søer i København. Resten af vandet ledes til kloak fra Emdrup Sø. Vandet i Fæstningskanalen oppumpes fra Harrestrup Å.

Vandstrømningen gennem Utterslev Mose styres overvejende gennem mængden af oppumpet vand til Fæstningskanalen, hvor styrekoten for vandstanden i Utterslev Mose er sat til +16,92 m DVR90 /6/. Københavns Kommune anslår, at der årligt pumpes mellem 800.000 m³ og 1.400.000 m³ vand til Fæstningskanalen, der efterfølgende strømmer gennem Utterslev Mose, svarende til en gennemsnitlig vandføring på mellem ca. 90 m³/t og 160 m³/t /6/. Fra udløbet af Emdrup Sø ledes ca. 500.000 m³ årligt til de indre søer, svarende til en gennemsnitlig vandføring på ca. 60 m³/t. Københavns Kommune har ikke haft et kontinuerligt monitoringsprogram af vandføringen i vandløbssystemet, så vandføringsestimaterne er behæftet med en stor usikkerhed, ligesom der heller ikke er viden om vandføringen i ekstreme situationer. I tørre perioder, fortrinsvis i sommerhalvåret, antages det, at vandføringen ud af mosen er 0 m³/t. Der er tidligere beregnet vandbalancer for Utterslev Mose i forbindelse med naturovervågningen /1/ og /2/. Der er her beregnet en gennemsnitlig årlig fordampning på ca. 522.000 m³/år. På grund af årstidsvariationer sker ca. 50 % af fordampningen i sommerperioden (juni – august) /4/, omregnet svarer dette til en gennemsnitlig fraførsel af vand i sommermånederne på ca. 120 m³/t.

Den økologiske tilstand i Utterslev Mose er i vandområdeplanerne betegnet som "moderat økologisk tilstand", mens miljømålet er sat til "god økologisk tilstand". Den er bl.a. baseret på en (beregnet) indhold af fosfor (total-P) på mellem 0,284 mg/L og 0,374 mg/L /5/ som tidsvægtet sommergennemsnit. Ved tidligere målinger i år 2000 i Utterslev Mose har man konstateret et indhold af fosfor (total-P) på 0,45 mg/L /2/ som tidsvægtet sommergennemsnit og 0,27 mg/L som årsmiddel /2/.

Målsætningen for fosfor er i vandområdeplanerne fastlagt til 0,053 mg/L total-P, som tidsvægtet sommergenemsnit.

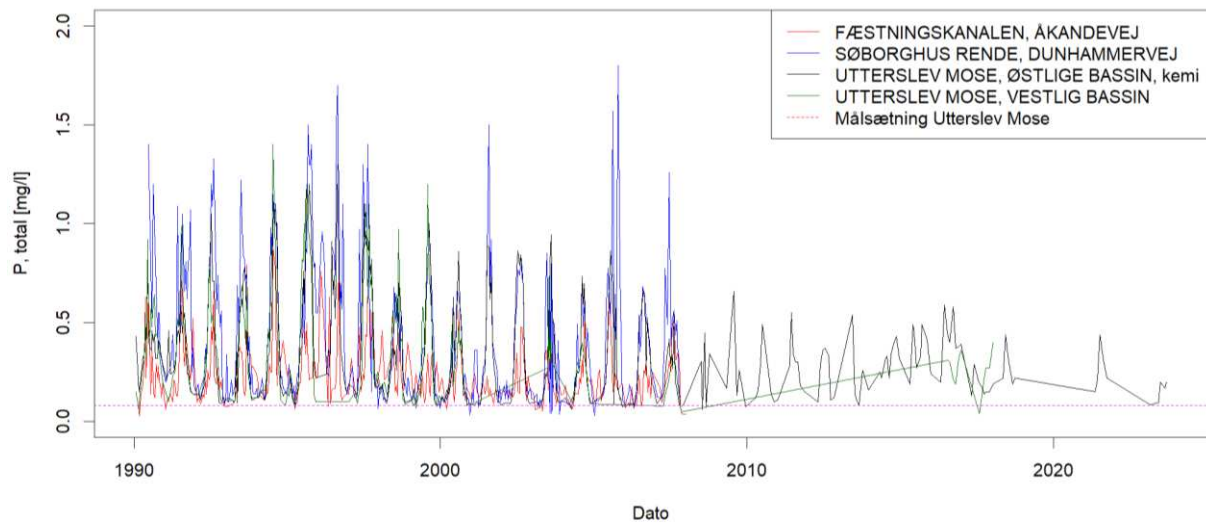
I området ved Utterslev Mose er der flere stationer, hvor der siden 1990 er udtaget prøver til analyse af fosforindhold (Total-P), placeringen af stationerne og antallet af prøver er vist i Figur 1. Data er fra Danmarks Miljøportal.



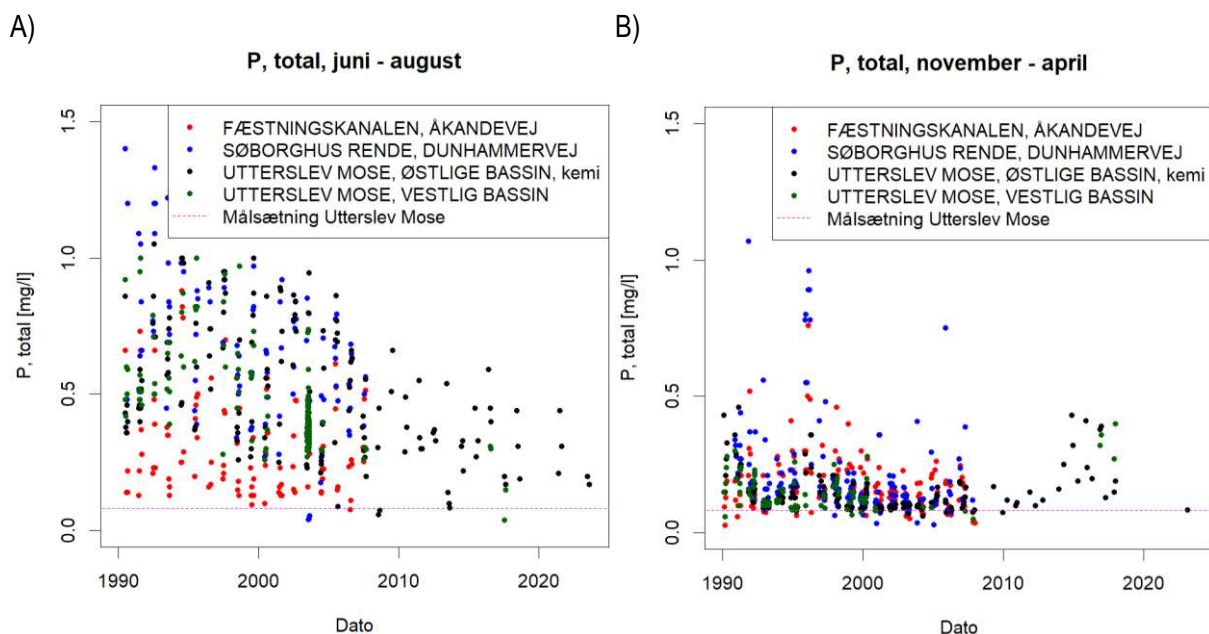
Figur 1. Målestationer for fosfor i Utterslev Mose. Kun målestationer med mere end 10 prøver er vist med navn og antal målinger.

De stationer, der har de længste tidsserier, er Fæstningskanalen, Åkandevej, Utterslev Mose, Vestlig Bassin, Utterslev Mose, Østlige bassin, kemi og Søborghus Rende, Dunhammervej. Tidserierne for fosfor for de 4 målestationer er vist i figur 2. Der er store sæsonudsving i fosforindholdet, der dog er mindre i perioden efter ca. 2009, hvor koncentrationen er højest om sommeren og lavest i vintermånederne.

For bedre at illustrere udviklingen gennem hele perioden er data fra sommer og vinterperioderne opdelt på Figur 3 A og B. I sommerperioden har fosforindholdet været faldende siden 1990 og har ligget på et stabilt niveau siden ca. 2008 i Utterslev Mose. I Fæstningskanalen, hvorfra vandet løber til Utterslev Mose, er fosforindholdet generelt lavere end i selve mosen. I vinterperioden har fosforindholdet været nogenlunde stabilt siden 1990 og fosforindholdet om vinteren ligger på samme niveau i Fæstningskanalen og Utterslev Mose.



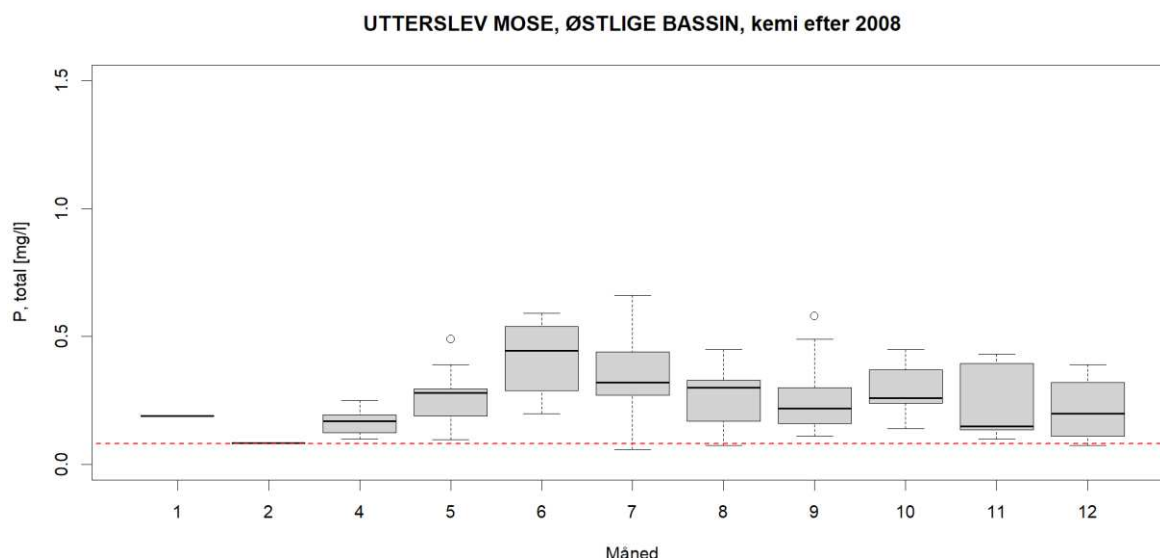
Figur 2. Fosfor indholdet i Utterslev Mose samt Fæstningskanalen og Søborghus Rende i perioden 1990 til ca. 2023



Figur 3. Fosfor indholdet i Utterslev Mose samt Fæstningskanalen og Søborghus Rende i perioden 1990 til ca. 2023. A) Fosfor indholdet i sommerperioden, juni til august. B) Fosfor indholdet i vinterperioden, november til april.

For de enkelte måneder, i perioden siden 2008 er der opstillet et boxplot, der for hver måned viser intervallet af og medianværdien for fosforindholdet i det østlige bassin i Utterslev Mose (Figur 4). Det er på denne måde muligt at illustrere den gennemsnitlige sæsonudvikling i fosforindholdet.

Det gennemsnitlige indhold af fosfor i Utterslev Mose og Fæstningskanalen for sommer- og vinterperioden siden 2008 (2000 for Fæstningskanalen) er opsummeret i Tabel 1 herunder.



Figur 4. Boxplot, der opsummerer fosforindholdet i Utterslev Moses østlige bassin på månedsbasis efter 2008.

Københavns Kommune at den nuværende totale tilførsel af fosfor til Utterslev mose er 304 kg/år /3/. Til sammenligning var den samlede tilførsel af fosfor mellem 221 og 435 kg/år i perioden 1997 til 2000, hvor der findes overvågningsdata /1/ og /2/.

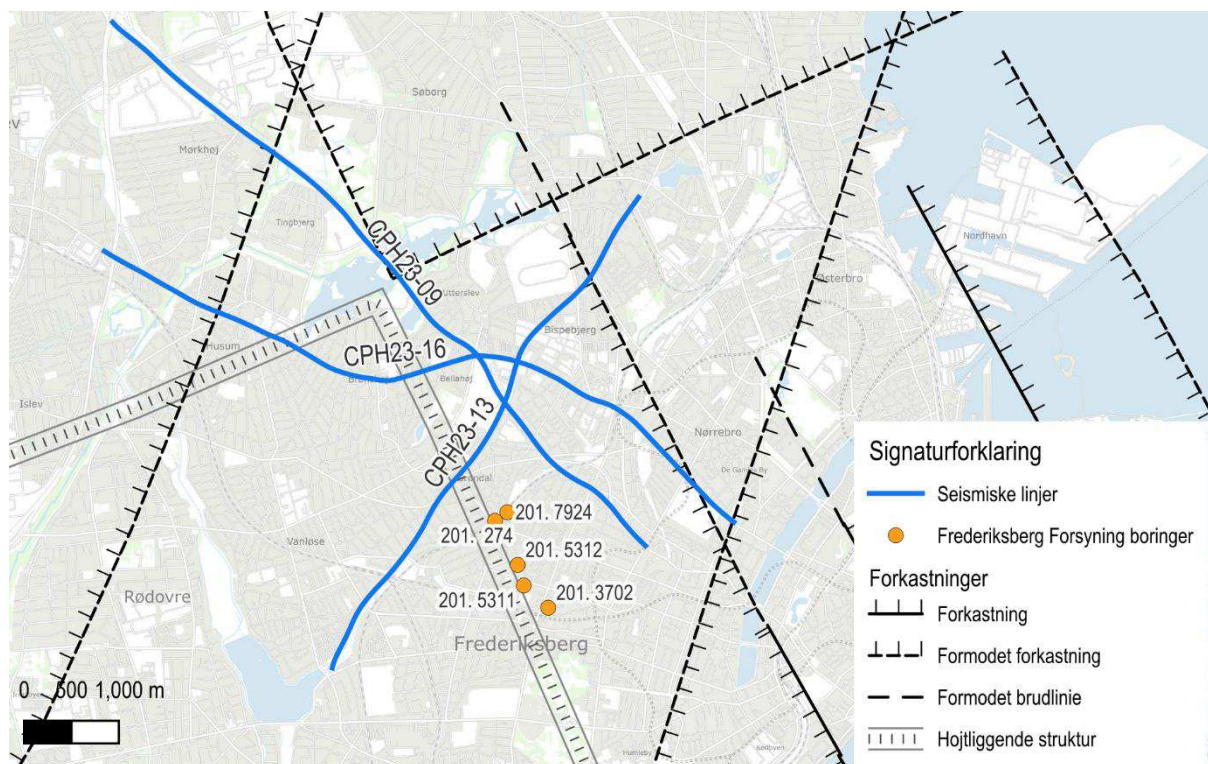
Tabel 1. Gennemsnitlige indhold af fosfor i Utterslev Mose og Fæstningskanalen, efter 2008. For Fæstningskanalen er der sog benyttet data fra 2000 og frem, da der ikke findes data efter 2008 for denne station.

	Fæstningskanalen, Åkandevej (fra 2000) P, total [mg/l]	Utterslev Mose, østlige bassin, kemi P, total [mg/l]	Utterslev Mose, vestlig bassin P, total [mg/l]	Utterslev Mose, midt bassin P, total [mg/l]
Sommer	0,281	0,324	0,200	0,286
Vinter	0,137	0,203	0,338	0,181
Alle	0,199	0,277	0,253	0,221
Antal målinger	155	92	12	18

3 Feltarbejde og dataindsamling

3.1 Seismisk undersøgelse

Den private virksomhed Innargi A/S har i 2023 gennemført en 2D seismisk undersøgelse i Københavnsområdet med henblik på at undersøge mulighederne for geotermiske anlæg til fjernvarme. Tre af undersøgte seismiske linjer forløber tæt omkring Utterslev Mose, og det har været muligt at få Innargi A/S til at stille en del af deres data til rådighed for nærværende grundvandsundersøgelse i Utterslev Mose. Det er udsnit af de 3 seismiske linjer 9, 13 og 16 med en afskåret tovejstid op til 500 ms, svarende til ca. 200 m dybde. Placeringen af de 3 delstrækninger af de seismiske linjer i forhold til Utterslev Mose er vist i figur 5.



Figur 5. De tre blå linjer markere delsegmenterne af linje 9, 13 og 16, der anvendes i tolkningen af Carlsbergforkastningen.

2D seismikken blev indsamlet til dybere geotermiske undersøgelser. Således er en reprocessering af rådata nødvendig for at optimere opløsningen i de øvre lag af undergrunden til tolkning af Carlsbergforkastningen. Den franske private virksomhed Real Time Seismic (RTS) blev hyret som underleverandør til at udføre reprocesseringen af de seismiske data. Reprocesseringsrapporten fra RTS er vedlagt i appendiks 1.A.

3.2 Borearbejde

I området, hvor Carlsbergforkastningen formodes at have påvirket kalken, er der udført 2 borer, en pumpeboring (DGU nr. 201.19685), og en monitoringsboring (DGU nr. 201.19642, bilag 1.1). Boringerne er udført af Awell i perioden 20-11-2024 til 02-12-2024. Ved borearbejdet med pumpeboringen træffedes uventet meget store sten, hvilket medførte at forerør knækkede og boringen måtte opgives og efterfølgende sløjfes (DGU nr. 201.19641). Ved arbejdet med den opgivne boring DGU nr. 201.19641 blev der efterladt ca. 15 m forerør i ca. 27 m u.t. til 42 m u.t. Der blev efterfølgende udført en erstatningsboring (DGU nr. 201.19685) til fuld dybde, 58 m u.t., hvor 43,8 m u.t. til 58 m u.t. står åbent i kalken. Pumpeboringen er udført med en dimension på 480 mm i de kvartære aflejringer og 270 mm i kalken. Fra terræn til 43,8 m u.t. har boringen faststøbt 315 mm PVC-rør. Efter udførelsen af boringen er den blevet udviklet med udsyring.

Monitoringsboringen (DGU nr. 201.19642) er ført til 39 m u.t. og er udført som åbenstående boring i kalken 34 m u.t. til 39 m u.t. Monitoringsboringen er udført med en dimension på 445 mm i de kvartære aflejringer og 241 mm i kalken. Fra terræn til 34 m u.t. har boringen faststøbt 280 mm PVC-rør. Boreprofiler er vedlagt i appendiks 1.B.

3.3 Pumpeforsøg

I pumpeboringen er der udført 3 pumpeforsøg, en kapacitetstest, et tre-trins forsøg og et 3-dages pumpeforsøg. Alle pumpeforsøgene er udført af Awell.

Kapacitetstesten blev udført d. 2024-12-11 med en ydelse på 26,5 m³/t og en varighed på 1 time. Den optegnede kapacitetstest er vedlagt i appendiks 1.C.

Tre-trins pumpeforsøget blev udført d. 2024-12-19 med ydelser på ca. 7,5 m³/t, 15 m³/t og 30 m³/t, hver med en varighed på ca. 1 time. Det optegnede forsøg er vedlagt i appendiks 1.C.

3-dages pumpeforsøget blev udført i perioden d. 2024-12-25 til 2024-12-30, med en varighed på i alt 3 dage. Den gennemsnitlige ydelse under pumpeforsøget var ca. 30 m³/t. Det optegnede pumpeforsøg er vedlagt i appendiks 1.C.

I monitoringsboringen er der udført en kapacitetstest d. 2024-12-17 med en ydelse på ca. 3,2 m³/t og en periode på 1 time. Den optegnede kapacitetstest er vedlagt i appendiks 1.C.

3.4 Vandprøvetagning

Der er udtaget en vandprøve fra pumpeboringen d. 2024-12-19, som er analyseret for indhold af hovedbestanddele, metaller, kulbrinter, PAH'er, BTEX'er, chlorerede opløsningsmidler samt PFAS'er. Analyserne er udført af DONSlab, analyserapporterne er vedlagt i appendiks 1.D. Prøven er udtaget af Awell.

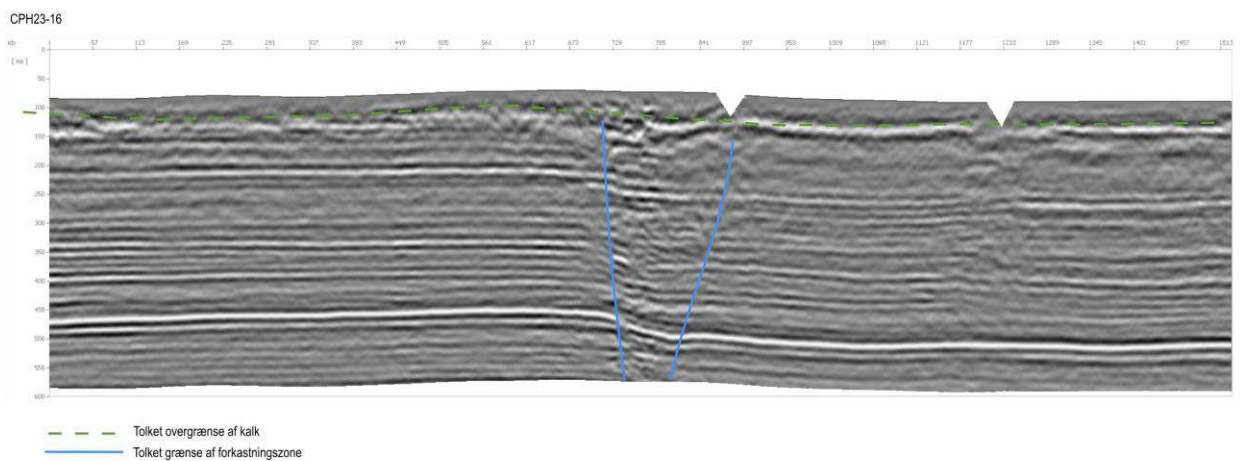
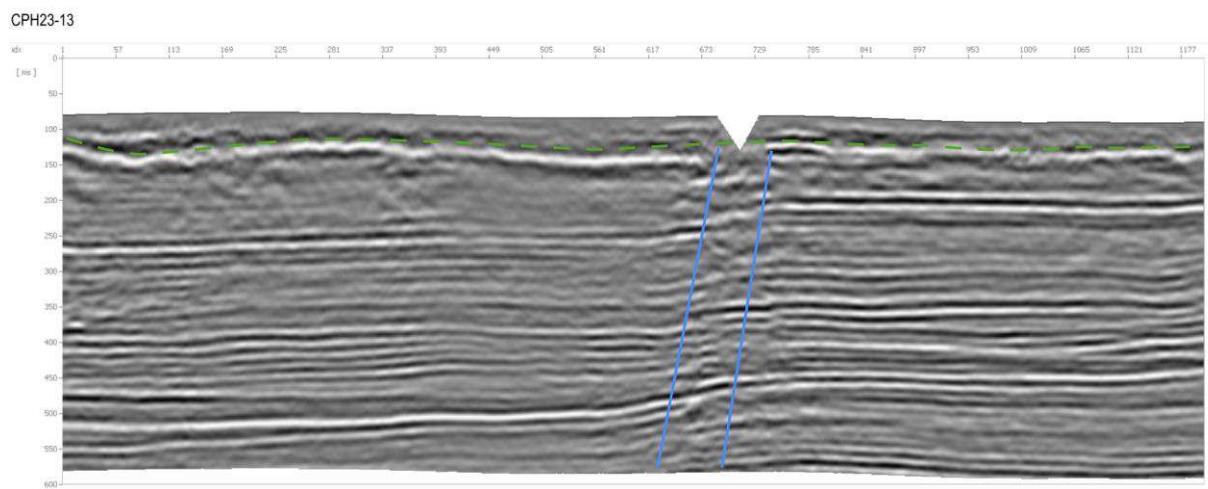
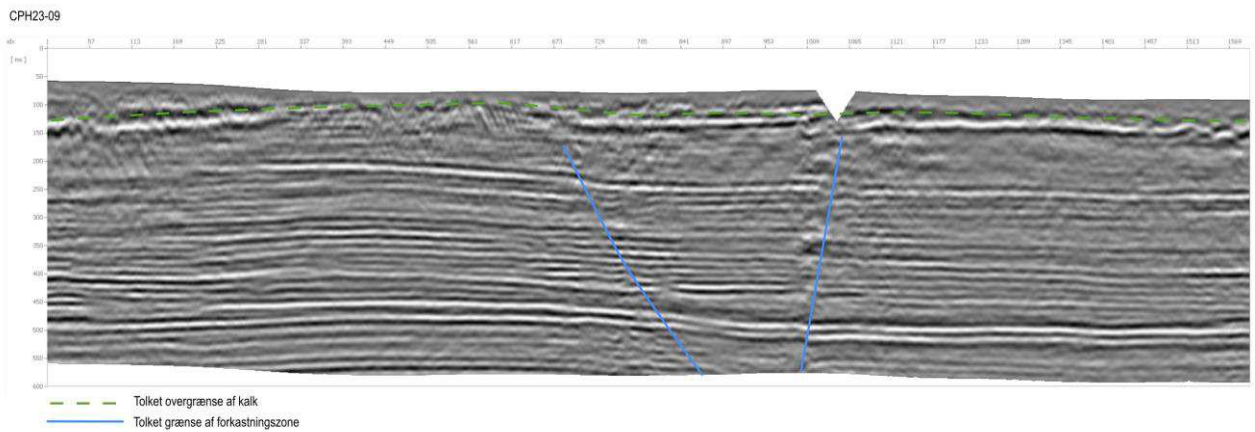
På baggrund af den første vandprøve er der efterfølgende udtaget to vandprøver af Geo i pumpeboringen og i monitoringsboringen d. 2025-02-03. Disse to prøver er analyseret for hovedbestanddele samt PFAS'er. Analyserne er udført af ALS global A/S og analyserapporterne er vedlagt i appendiks 1.D.

4 Resultater

RTS' reprocessering af de tre seismiske linjer omfattede et gennemgribende workflow med fokus på tolkningen af Carlsbergforkastningen. Den største udfordring med reprocesseringen skyldtes designet af den seismiske indsamling oprindeligt havde en dybere kortlægning som formål. Derfor er den overfladenære seismiske data af lavere opløsning og mere støjfyldt, da området ikke var af prioritet for Innargi. To slutprodukter blev afleveret fra RTS til Geo, de reprocesserede de seismiske data og S-bølgeprofiler.

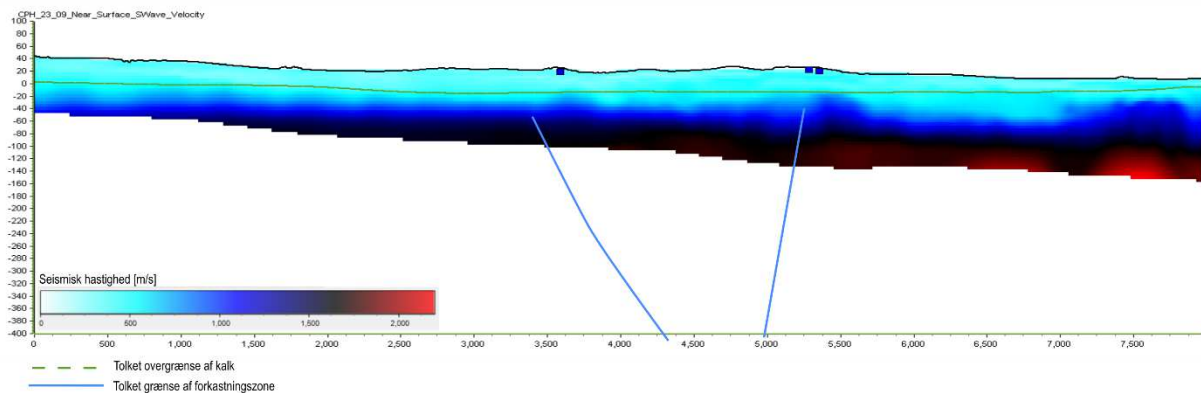
Den reprocesserede data viser mere veldefinerede refleksioner i de tre profiler, hvilket gør det muligt at identificere geologiske strukturer med større sikkerhed. Figur 6 viser de reprocesserede seismiske linjer med ind tegnede tolkningerne af Carlsbergforkastningen (blå linjer) og overgrænsen af kalk (grøn stiplede linje).

Resultaterne fra S-bølgeprofilerne, der viser de seismiske hastigheder, viser nogle svage laterale hastighedsvariationer, men det er ikke muligt at udpege forkastningszonen (figur 7).

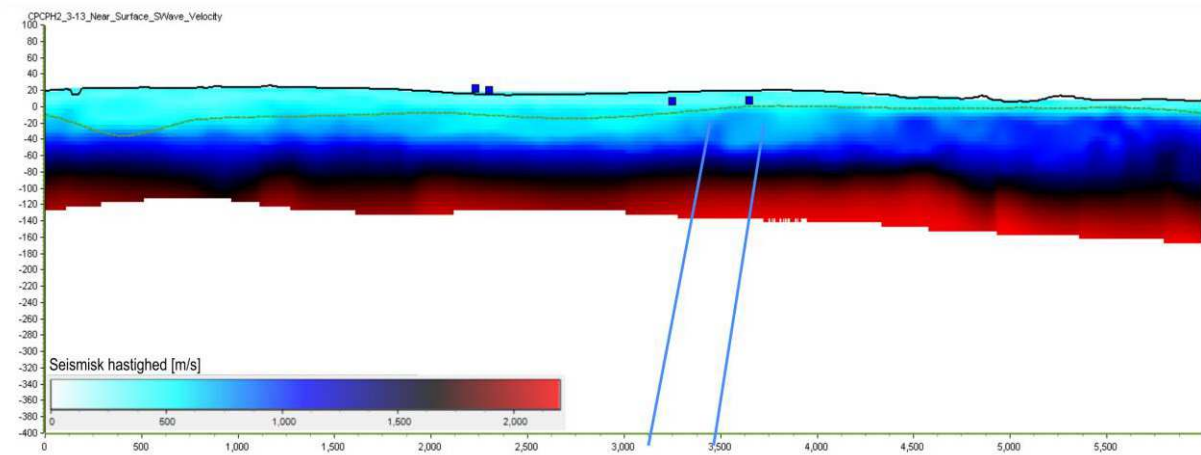


Figur 6. De reprocesserede seismiske linjer med indtegnede tolkningerne af Carlsbergforkastningen (blå linjer) og overgrænsen af kalk (grøn stiplede linje).

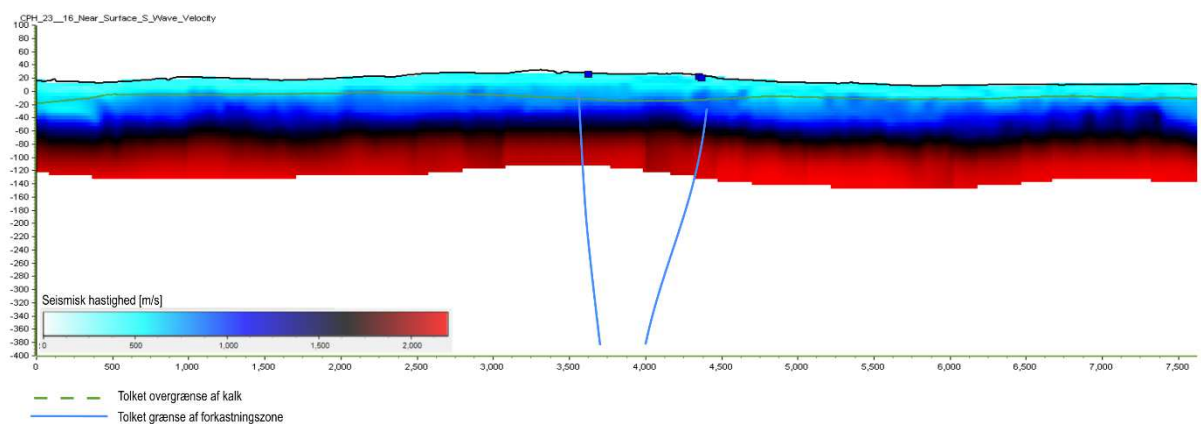
CPH23-09



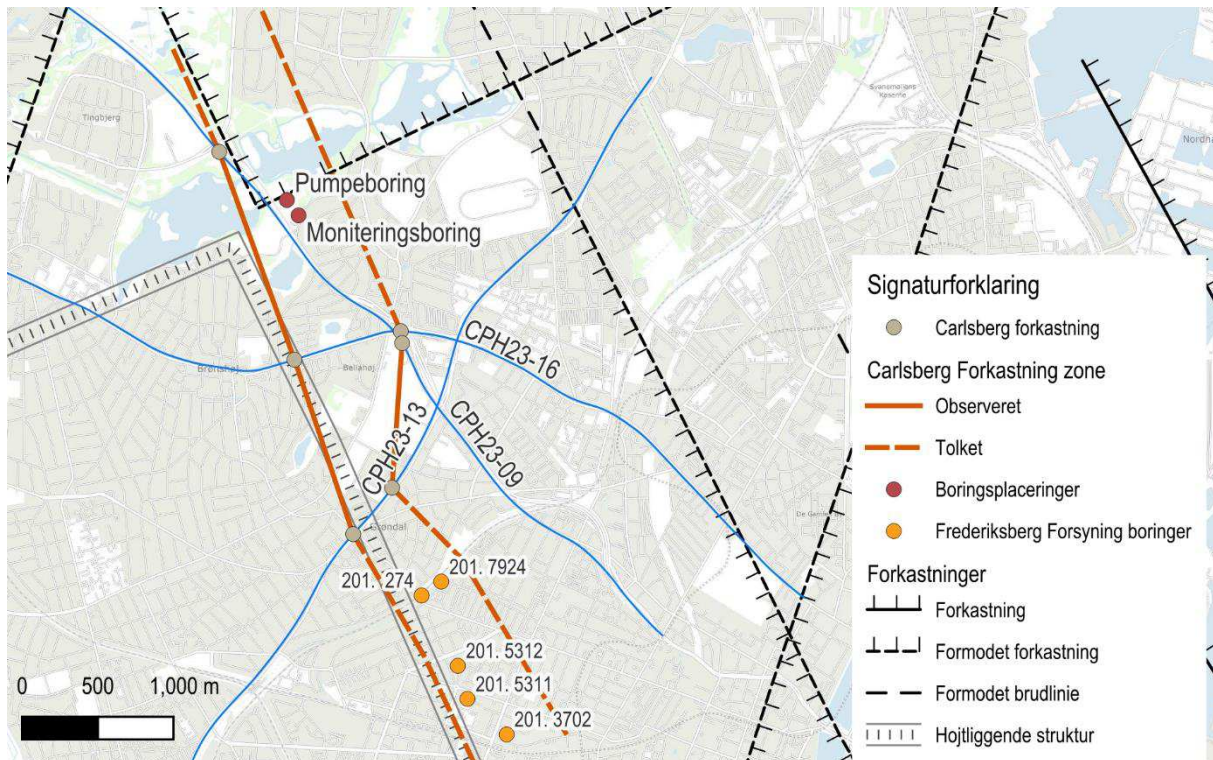
CPH23-13



CPH23-16



Figur 7. Den seismiske hastighed i de reprocesserede linjer. Placeringen af Carlsbergforkastningen er vist med blå linjer.



Figur 8. Placeringen af Carlsbergforkastningen på de 3 seismiske linjer.

Den tolkede placering af Carlsbergforkastningen (figur 6) er indtegnet på kortet i figur 8. Ud fra disse placeringer og tidligere kortlægning af forkastningszonen, er der indtegnet en udbredelse af den zone, der er påvirket af forkastningen.

4.1 Geologi

Den gennemborede geologi ved de to boringer er vist på boreprofilerne i Appendiks 1.B. I begge boringer træffes moræneler til kote ca. +2. Herunder findes et gruslag med sten til kote ca. 0, hvor under der i begge boringer træffes ler eller moræneler til kote -2 til -3. Under morænelerslaget findes et lag med stenet grus umiddelbart oven på kalken, gruslaget er 11 m til 18 m tykt. I pumpeboringen (201.19685) træffes kalken i kote -19,7 m mens den i monitoringsboringen (201.19842) træffes i kote -14,2 m.

4.2 Pumpeforsøg

Der er alene udført tolkninger på det længerevarende 3 dags forsøg samt 3-trins-testen, tolkningerne beskrives i det følgende afsnit

4.2.1 Tolkning af længerevarende pumpeforsøg

Det længerevarende pumpeforsøg er udført med en ydelse i omkring 30 m³/t med opstart den 25-12 kl 14:39. Ydelsen i de første minutter var betydelig højere end 30 m³/t – helt oppe på 40,4 m³/t. Derefter kører pumpen relativt stabilt omkring godt 30 m³/t frem til den 26-12-2024 kl 13:44, hvor ydelsen hæves til 30,7

m³/t. Den 27-12-2024 ved 13 tiden er ydelsen faldet til 29,8 m³/t. og helt ned til 29 m³/t. Dette fremgår ligeledes af optegningen af forsøget i appendiks 1C og det ses, vandstanden i selve pumpeboringen responderer fint i overensstemmelse. Det vurderes dog, at forsøget kan tolkes, som et forsøg med konstant pumpeydelse. Vandstanden er monitoreret i både pumpeboringen (DGU nr.: 201.19685) og i monitoringsboringen (DGU nr.: 201.19642) i afstanden 127 meter fra pumpeboringen.

Pumpeboringen er alene tolket med Cooper-Jacob retlinjet metode, mens monitoringsboringen er tolket både med en Theis brøndløsning og en Hantush-Jacob brøndløsning, som inkluderer lækage til magasinet. Tolkningerne er vist i bilag 1.2. og resultaterne er opsummeret i tabellen herunder. For hver brøndløsning er der en værdi for sænkingsdata og for stigningsdata.

For pumpeboringen er der alene tolket en transmissivitet, som er fundet til at være $4 \cdot 10^{-3}$ m²/s, mens transmissiviteten for monitoringsboringen vurderes til at være omkr. $6 \cdot 10^{-3}$ m²/s, når der medtages effekten af lækage. Magasintallet kan alene vurderes fra data fra monitoringsboringen og her fås et magasinental på $7,7 \cdot 10^{-4}$ (middelværdi af Hantush-Jacob, men magasinental fra Theis løsningen ligger i samme niveau).

Der vurderes en betydelig lækage koefficient på $1,1 \cdot 10^{-8}$ m²/s/m, som dog er usikker bestemt. Bestemmelsen kunne være bedre, hvis forsøget var over en længere periode samt der var inkluderet flere monitoringsboringer i forskellige afstande fra pumpeboringen.

Boring	Transmissivitet [m ² /s]		Transmissivitet [m ² /s]		Transmissivitet [m ² /s]	
	Retlinjet-metode		Theis typekurve		Hantush-Jacob typekurve	
201.19685	$3,41 \cdot 10^{-3}$	$4,66 \cdot 10^{-3}$	#	#	#	#
201.19642	#	#	$7,91 \cdot 10^{-3}$	$7,35 \cdot 10^{-3}$	$5,82 \cdot 10^{-3}$	$6,22 \cdot 10^{-3}$

Boring	Magasintal [-]		Magasintal [-]	
	Theis typekurve		Hantush-Jacob typekurve	
201.19642	$6,53 \cdot 10^{-4}$	$7,38 \cdot 10^{-4}$	$6,69 \cdot 10^{-4}$	$8,76 \cdot 10^{-4}$

Boring	Lækage koefficient [m ² /s/m]	
	Hantush-Jacob typekurve	
201.19642	$1,10 \cdot 10^{-8}$	$1,11 \cdot 10^{-8}$

4.2.2 Tolkning af tre-trins-test

Tre-trins-testen blev udført d. 2024-12-19 med gennemsnitlige ydelser 7,5 m³/t, 14,9 m³/t og 29,6 m³/t, hver med en varighed på 1 time. Det optegnede forsøg er vedlagt i appendiks 1.C. Appendiks og her fremgår det at særlig det sidste trin øges ydelsen.

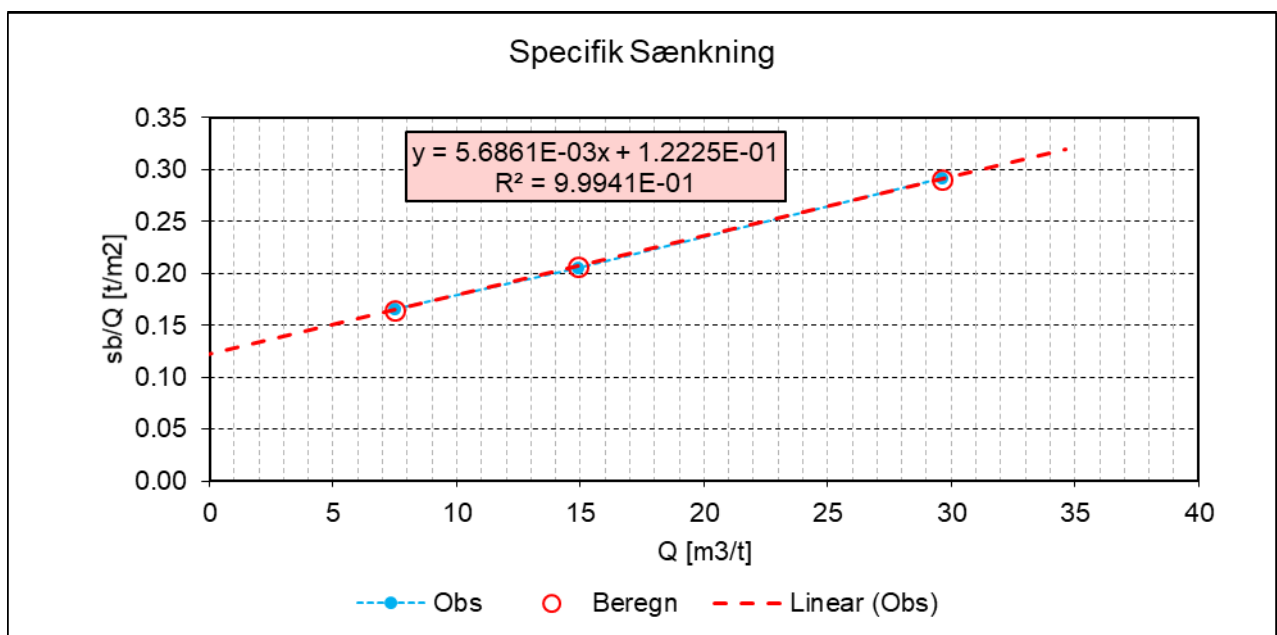
På trods af dette er der udført en tolkning af tre-trins-test, som fremgår af bilag 1.3, som viser en transmissivitet på $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Dette er lidt lavere end fundnet ved den længerevarende pumpeforsøg, men i samme niveau. Ved at sætte magasintallet til $7,7 \cdot 10^{-4}$ kan virkningsgraden bestemmes til ca. 50 %.

Der er lavet en analyse af en trinvis varieret prøvepumpning for at skønne over sænkingsbidrag fra det vandførende lag og fra pumpeboringen. Dette kan skrives som

$$S_b = BQ + CQ^2 = (B_1 + B_2)Q + CQ^2,$$

Hvor S_b er sænkningen i boringen
 B er koefficient for laminært tab (tabet i det vandførende lag, B_1 + andet laminært tab B_2). Enhed $[\text{s}/\text{m}^2]$
 C kaldes filtertabsfaktoren. Turbulent strømning i boringen og i boringens allernærmeste omgivelser.
 Enhed $[\text{s}^2/\text{m}^5]$
 Q pumpeydelse $[\text{m}^3/\text{s}]$

Ved plote den specifikke ydelse (S_b/Q) vs. Q bestemmes koefficienter B og C og den fremtidige sænkning i boringen kan skønnes. Dette er udført i figur 4 og koefficienterne B og C er bestemt til hhv. 440 og 73692. Koefficienten C er ganske høj og filtertabet i boringen er følsom for pumpeydelsen.



Figur 9 Specifikke ydelse (S_b/Q) vs. Q til bestemmelse af B og C koefficienterne, se bilag 3.2.

I tabellen herunder (tabel 2) er forskellen i sænkning mellem observeret og beregnet vist og der ses en meget lille forskel. Det skal dog bemærkes, at analysen er udført efter trinvis pumpeperioder på 60 minutter og sænkningen vil øges med tiden. Ved den længerevarende prøvepumpning så en sænkning på 9-9,4 meter efter 3 døgn med pumpning svarende til trin 3, men sænkningen forventes stabiliseres bl.a. på grund af lækage samt andre hydrauliske faktorer.

Tabel 2. Sammenhold mellem observeret og beregnet sænkning for de tre trin.

Parameter	Trin1	Trin2	Trin3
Q [m ³ /t]	7,5	14,9	29,6
Total sænkning, observeret [m]	1,25	3,06	8,62
Specifik ydelse (Sænkning/Q [time/m ²])	0,17	0,21	0,29
Beregnet Sænkning [m] ved brug af B og C	1,24	3,08	8,60
Specifik ydelse (Beregnet Sænkning/Q [time/m ²])	0,16	0,21	0,29
Sænkning (obs.) -Sænkning (beregnet)	0,01	-0,02	0,02

4.3 Vandprøvetagning

Analyseresultaterne af de udtagne vandprøver er vedlagt i appendiks 1.D. I Tabel 3 er udvalgte analyseresultater vist og i Tabel 4 er vist analyseresultater for PFAS'er.

Der er konstateret overskridelser af Miljøkvalitetskravene for ferskvand for Bor, Kobolt, Zink, Barium, og Nikkel. Der er desuden konstateret overskridelse af målsætningen for total kvælstof i 1 analyse, samt total fosfor i 1 analyse. Der er konstateret overskridelser af Miljøministeriets grundvandskvalitetskriterium for sum af 4 PFAS'er i alle prøver

De øvrige analyseresultater fremgår af analyserapporterne i appendiks 1.D.

Tabel 3. forklaring:

<: under detektionsgrænsen.

i.a.: ikke analyseret

*: Miljøkvalitetskravet må forøges med den naturlige baggrundskoncentration af stoffet. Dette er angivet hvis det findes.

**: Beregnet sum af total kvælstof beregnet fra indhold af ammonium, nitrat og nitrit.

***: Kravværdien er den laveste mulige kravværdi uafhængigt af vandets hårdhed.

****: Analyseresultaterne for chlorid og flourid er sandsynligvis ombyttet fra analyselaboratoriet. De har efter henvendelse ikke fremkommet med rettet analyserapport.

Fed og grå baggrund: koncentration overskrider miljøkvalitetskravet for ferskvand eller målsætningen for Utterslev Mose

Fed og grå baggrund, skrå skrift: koncentration overskrider miljøkvalitetskravet for ferskvand, men er ikke målt på filtreret prøve.

Tabel 3. Udvalgte analyseresultater for de udtagne vandprøver.

Stof		201.19685	201.19685	201.19685	201.19642	Miljøkvalitets- krav, fersk- vand /7/	Målsætning, Utterslev Mose
		19-12-2024	27-12-2024	03-02-2025	03-02-2025		
pH	pH	7,1	7,1	7,3	7,5		
Ledningsevne	mS/m	135	110	94	95		
Mangan, Mn	mg/l	0,078	0,062	0,093	0,097		
Calcium, Ca ²⁺	mg/l	174	132	100	95		
Magnesium, Mg ²⁺	mg/l	10	10	9,2	8,8		
Kalium, K ⁺	mg/l	5,8	5,9	6,3	15		
Natrium, Na ⁺	mg/l	76	76	74	83		
Jern, Fe	mg/l	3,6	4,0	4,3	2,7		
Ammonium+ammoniak, NH ⁴⁺	mg/l	1	1,1	1,2	1,8		
Nitrit, NO ²⁻	mg/l	0,002	0,043	< 0,0010	< 0,0010		
Nitrat, NO ³⁻	mg/l	0,5	< 0,3	< 0,10	< 0,10		
Kvælstof total **	mg/l	0,89	0,90	0,94	1,4		1,31
Oxygen, opløst, O ₂	mg/l	5,8	2,2	< 0,1	0,3		
Total phosphor, P	mg/l	0,25	0,052	0,061	0,036		0,053
Chlorid, Cl ⁻	mg/l	214 ****	168	120	120		
Fluorid, F ⁻	mg/l	< 1,5 ****	0,42	0,52	0,5		
Sulfat, SO ₄ ²⁻	mg/l	23	31	20	1,9		
Hydrogencarbonat, HCO ₃ ⁻	mg/l	369	347	320	350		
Arsen, As	µg/l	2,7	1,9	1,5	1,9		
Bor, B	µg/l	137	137	110	100	94*	
Barium, Ba	µg/l	114	114	120	140		
Kobolt, Co	µg/l	2,6	1,5	0,37	0,51	0,28*	
Nikkel, Ni	µg/l	13	10	2,6	2,5	4	
Strontium Sr	µg/l	1310	1310	i.a.	i.a.	2100	
Bly Pb	µg/l	0,23	0,46	i.a.	i.a.		
Cadmium Cd	µg/l	0,036	0,0045	i.a.	i.a.		
Krom, total Cr	µg/l	< 0,3	1,5	i.a.	i.a.		
Kobber Cu	µg/l	< 3	< 3	i.a.	i.a.		
Kviksølv Hg	µg/l	< 0,0010	< 0,0010	i.a.	i.a.		
Zink Zn	µg/l	12	12	i.a.	i.a.		
Kiselsyre - Filtreret 0,45 µm SiO ₂	mg/l	20	21	i.a.	i.a.		
Mangan, filtreret 0,45 µm Mn	mg/l	0,073	0,061	i.a.	i.a.	0,15	
Arsen, filtreret 0,45 µm	µg/l	2,6	2	i.a.	i.a.	4,3	
Krom, filtreret 0,45 µm Cr	µg/l	< 0,3	< 0,3	i.a.	i.a.	3,4	
Jern, filtreret 0,45 µm Fe	mg/l	3,7	3,9	i.a.	i.a.		
Kobber, filtreret 0,45 µm Cu	µg/l	< 3	< 3	i.a.	i.a.	1	
Zink, filtreret 0,45µm Zn	µg/l	18	34	i.a.	i.a.	7,8	
Calcium, filtreret 0,45 µm Ca ²⁺	mg/l	172	133	i.a.	i.a.		
Magnesium, filtreret 0,45 µm	mg/l	10	10	i.a.	i.a.		
Natrium, filtreret 0,45 µm	mg/l	75	74	i.a.	i.a.		
Kalium, filtreret 0,45 µm	mg/l	5,8	5,9	i.a.	i.a.		
Barium, filtreret 0,45 µm Ba	µg/l	112	115	i.a.	i.a.	19+15*	
Bly, filtreret 0,45 µm Pb	µg/l	0,077	0,092	i.a.	i.a.	1,2	
Bor, filtreret 0,45 µm B	µg/l	142	135	i.a.	i.a.	94*	
Cadmium, filtreret 0,45 µm Cd	µg/l	0,026	0,0099	i.a.	i.a.	0,08***	
Kobolt, filtreret 0,45 µm Co	µg/l	2,6	1,5	i.a.	i.a.	0,28*	
Kviksølv, filtreret 0,45 µm Hg	µg/l	< 0,0010	< 0,0010	i.a.	i.a.	0,07	
Nikkel, filtreret 0,45 µm Ni	µg/l	13	11	i.a.	i.a.	4	

Tabel 4. Analyseresultater for PFAS'er

Stof		201.19685	201.19685	201.19685	201.19642	Miljøkvalitets- krav, ferskvand /7/	GKK
		19-12-2924	27-12-2024	03-02-2025	03-02-2025		
Perfluorononansyre, PFNA	ng/l	0,86	0,47	0,99	1,3		
Perfluoroheptansyre, PFHpA	ng/l	2,8	2,1	3,9	3,8		
Perfluoroktansyre, PFOA	ng/l	9,7	7,4	6,8	6,5		
Perfluorhexansulfonsyre, PFHxS	ng/l	2	1,9	1,3	0,91		
Perfluoroktansulfonsyre, PFOS	ng/l	17	15	26	28	0,65	
Perfluorodekansulfonsyre, PFDS	ng/l	< 0,3	< 1	< 0,30	< 0,30		
Perfluoroktansulfonamid, PFOSA	ng/l	< 0,3	i.a.	< 0,30	< 0,30		
Perfluorhexansyre, PFHxA	ng/l	4,2	3,5	6,1	6,2		
Perfluorobutanoate, PFBA	ng/l	1,3	1,9	4,1	4,6		
Perfluorodekansyre, PFDA	ng/l	< 0,3	< 1	< 0,30	< 0,30		
Fluortelomersulfonsyre (6:2 FTS)	ng/l	< 0,3	i.a.	< 0,30	< 0,30		
Perfluorpentansyre, PFPeA	ng/l	2,3	1,8	4,5	4,6		
Perfluorbutansulfonsyre, PFBS	ng/l	0,58	< 1	1	0,83		
Perfluorpentansulfonsyre, PFPeS	ng/l	0,54	< 1	0,4	< 0,30		
Perfluorheptansulfonsyre, PFHpS	ng/l	0,34	< 1	< 0,30	< 0,30		
Perfluorundecansulfonsyre, PFUnDS	ng/l	< 1	i.a.	< 1,0	< 1,0		
Perfluornonansulfonsyre, PFNS	ng/l	< 0,3	i.a.	< 0,30	< 0,30		
Perfluordodekansulfonsyre, PFDoDS	ng/l	< 1	i.a.	< 1,0	< 1,0		
Perfluortridekansulfonsyre, PFTrDS	ng/l	< 1	i.a.	< 1,0	< 1,0		
Perfluorundecansyre, PFUnDA	ng/l	< 0,3	< 1	< 0,30	< 0,30		
Perfluordodekansyre, PFDoDA	ng/l	< 0,3	< 1	< 0,30	< 0,30		
Perfluortridekansyre, PFTrDA	ng/l	< 1	< 1	< 1,0	< 1,0		
PFAS sum (22)*	ng/l	42	34	55	57		100
SUM PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS*	ng/l	30	25	35	37		2
Perfluoro(2-methyl-3-oxahexanoic) acid	ng/l	< 0,3	< 0,3	i.a.	i.a.		
ADONA	ng/l	< 1	< 0,001	i.a.	i.a.		
PFTeDA	ng/l	< 1	< 0,001	i.a.	i.a.		
PFHxDA	ng/l	< 1	< 0,001	i.a.	i.a.		
PFODA	ng/l	< 1	< 0,001	i.a.	i.a.		
C6O4	ng/l	< 10	< 0,01	i.a.	i.a.		
06:02 FTOH	ng/l	< 10	< 0,05	i.a.	i.a.		
08:02 FTOH	ng/l	< 10	< 0,05	i.a.	i.a.		
Sum af 24 PFOA ækvivalent **	ng/l	55,7	44,485	72,0	78,4	4,4	

<: under detektionsgrænsen

i.a.: ikke analyseret

*: Beregnet sum, fra analyselaboratorierne

**: Beregnet sum af 24 PFOA-ækvivalenter, detaljer for beregningen kan ses i bilag 1.

Fed og grå baggrund: koncentration overskrider miljøkvalitetskravet for ferskvand

Fed: koncentration overskrider grundvandskvalitetskriteriet

5 Vurderinger

5.1 Geologi og hydrogeologi

Ved den seismiske undersøgelse har det været muligt at lokalisere Carlsbergforkastningen på alle 3 seismiske linjer (figur 8). Placeringen af Carlsbergforkastningen stemmer overens med tidligere kortlægning af forkastningszonen. På profilerne med de seismiske hastigheder er det dog ikke muligt at se forskelle mellem kalken inden for forkastningszonen og kalken uden for forkastningszonen. Det er således ikke muligt at identificere en evt. opsprækket zone ud fra den seismiske undersøgelse. Dette betyder endvidere, at der ikke nødvendigvis kan forventes højere hydraulisk ledningsevne i forkastningszonen ved Utterslev Mose end der ellers findes i kalken i Københavnsområdet.

De to borer der er udført på lokaliteten, er placeret i forkastningszonen (figur 7 og bilag 1.1). Borejournalerne for borerne er vedlagt i appendiks 1.B. Der er konstateret et op til 18 m tykt sandlag direkte oven på kalken, og det må formodes, at sandet og kalken er i hydraulisk kontakt. Kalken og sandet umiddelbart herover udgør det primære grundvandsmagasin i området.

Omkring kote 0 er der i begge borer konstateret et ca. 2 m tykt sandlag, men det er ikke kendt om dette sandlag er en del af et større sekundært magasin.

Baseret på prøvepumpningerne vurderes det, hvis der indvindes kontinuerligt i boringen med en pumpehøjere end ca. 40 m³/t, vil der kunne opstå frie magasin forhold i sandet og kalken, der udgøre det primære grundvandsmagasin i området. Herved vil der kunne opstå iltningsprocesser i det primære grundvandsmagasin, hvilket kan medføre en risiko for bl.a. frigivelse af nikkel og arsen pga. oxidationen af pyrit i kalken.

Hvis der skal indvindes en vandmængde fra grundvandet svarende til den nuværende vandmængde der op-pumpe fra Harrestrup Å, (800.000 m³/år – 1.400.000 m³/år) kræver dette en oppumpning på ca. 120 m³/t. Hvis det antages at yderligere indvindingsboringer haver samme karakteristika som boring 201.19685, vil det kræve mindst yderligere 2 borer (3 i alt).

I forbindelse med prøvepumpningen er der indikation af lækage og denne lækage kan give anledning til på-virkninger af terrænære magasiner eller overfladevand påvirker, hvis boringen sættes i drift.

5.2 Andre indvindinger

I nærområdet er der en del almene vandforsyninger, som bør indgå i en ressourcevurdering i forbindelse med indvinding til Utterslev mose. Det drejer sig særligt om Frederiksberg Forsyning (FF) mod syd, som indvinder fra Carlsberg Forkastningen, samt mod nordøst Søborg Vandværk, se figur 10. Derudover er der HOFOR kildepladser herunder deres lokale værker. Frederiksberg Forsyning arbejder desuden med at sprede indvindingen på flere borer og overvejer at søge mod Bellahøj området og evt. på sigt øge indvindingen fra deres nuværende tilladelse på 2,5 mio. m³ om året.

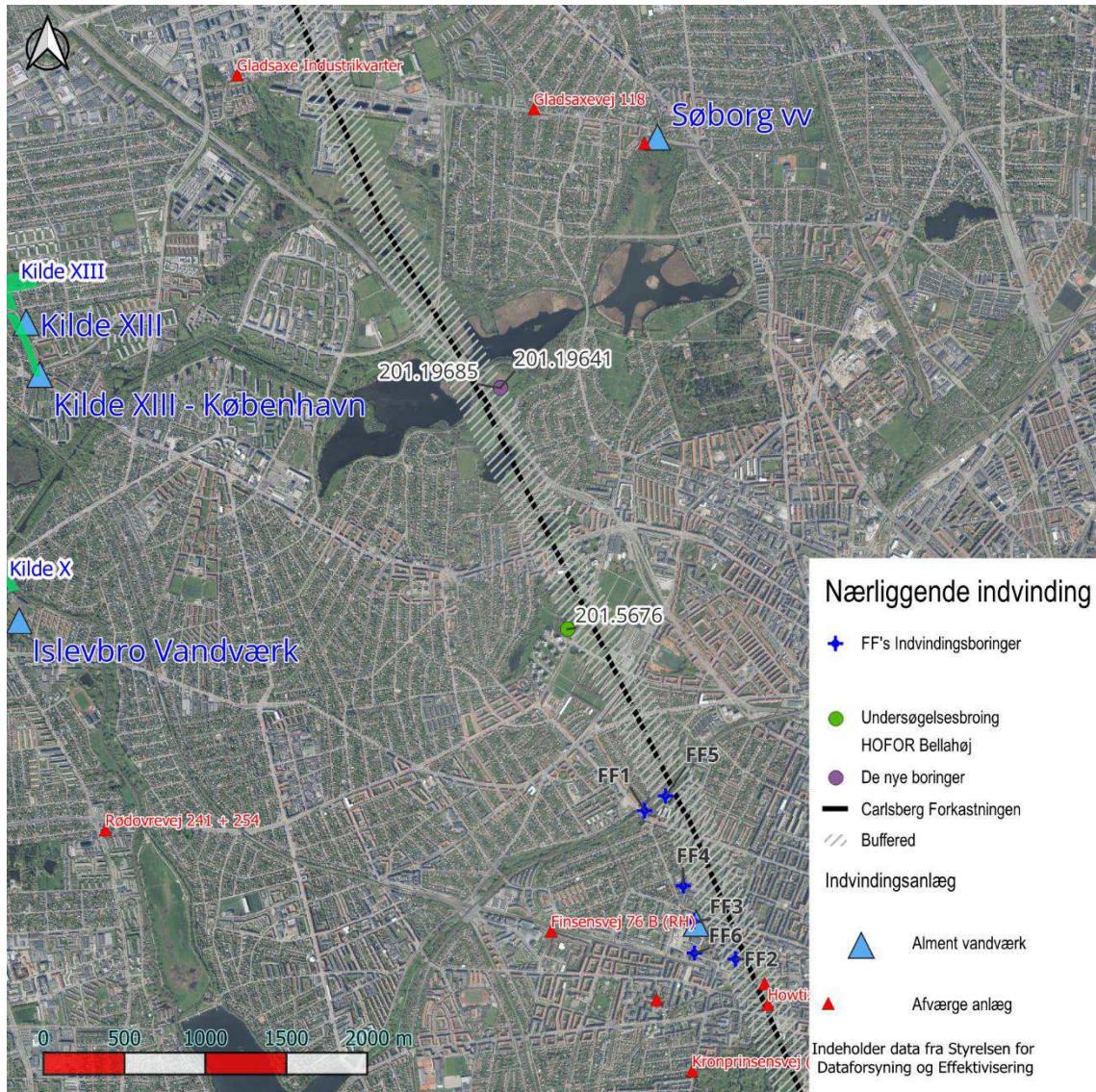
For at vurdere hvilke af de omkringliggende indvindinger, der kan blive påvirket af en evt. fremtidig indvinding ved Utterslev Mose, er der udført beregninger af analytiske indvindingsoplande jf. /8/. Forudsætnin-
gerne og de resulterende analytiske udstrækninger er vist i tabel 5. På baggrund af beregningerne er de re-
sulterende oplande skitseret i figur 11, hvor de er vist sammen med de eksisterende oplande i området.

De skitserede oplande er vist i figur 11, og de dækker et betydeligt område af indvindingsoplandet for Sø-
borg Vandværk og en del af oplandet for Frederiksberg Forsyning. Det vurderes på den baggrund sandsyn-
ligt at en evt. indvinding af grundvand fra boring 201.19685 og evt. yderligere borer, vil have indflydelse
på den del af områdets grundvandsressource, der i dag udnyttes til drikkevand.

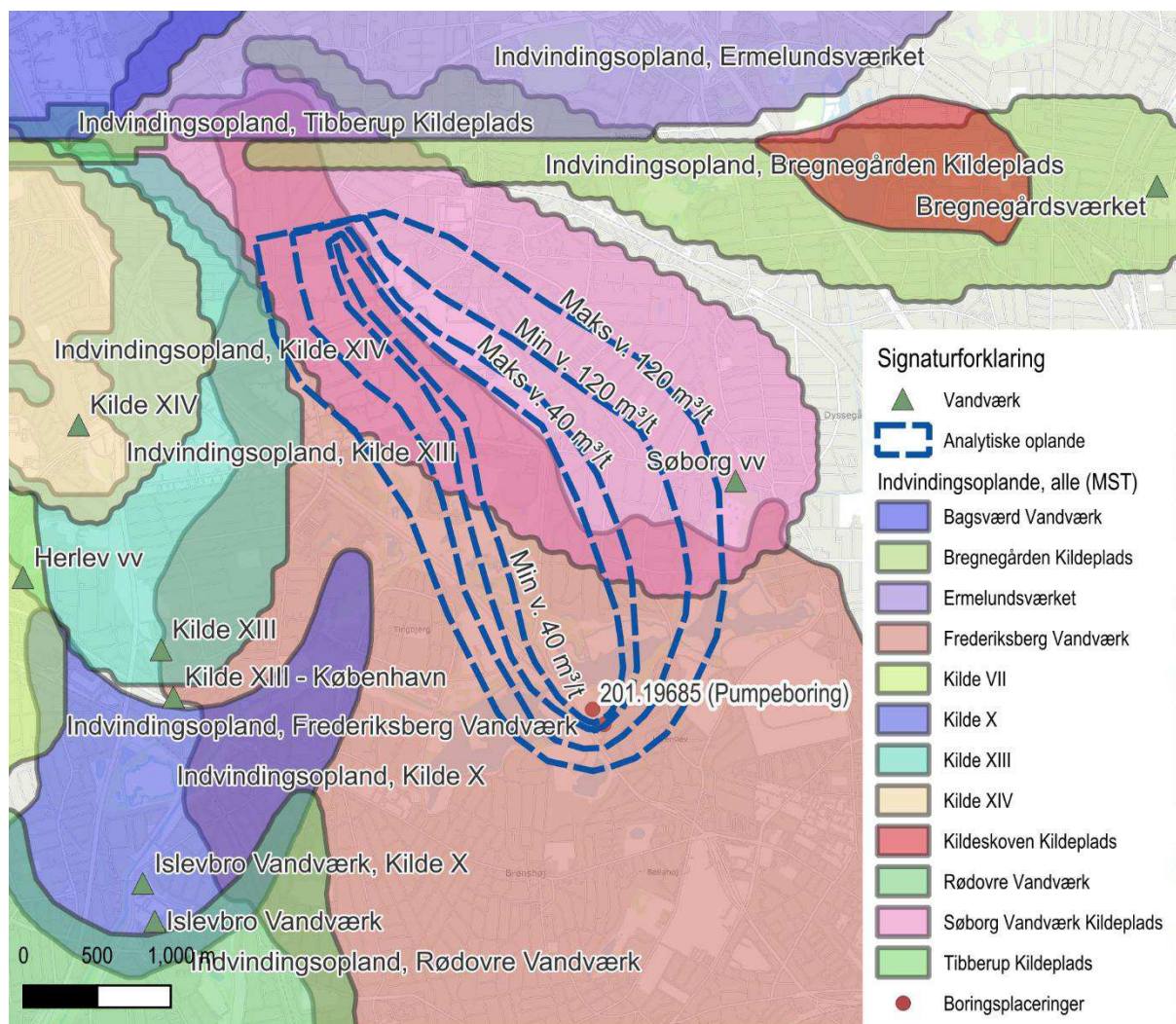
Tabel 5. Forudsætninger og resultater af analytiske oplandsberegninger.

	Indvinding i eksisterende boring		Indvinding fra 3 borer	
Q [m ³ /t]	40	40	120	120
T [m ² /s]	4×10^{-3}	6×10^{-3}	4×10^{-3}	6×10^{-3}
Stagnationspunkt [m]:	133	88	398	265
Bredde v. boring [m]	417	278	1250	833
Asymptotisk bredde [m]	833	556	2500	1667

Der er således en betydelig udnyttelse af grundvandsressourcen, og inden en indvinding til Utterslev Mose
iværksættes, skal det sikres f.eks. ved en integreret grundvandsmodellering, inkl overfladevandssystemet, at
indvinding til Utterslev Mose ikke får uacceptable negative konsekvenser på de nuværende almene indvin-
dinger. Det bemærkes, at HOFOR tidligere har undersøgt Bellahøj området, men der var en risiko for nega-
tiv påvirkning af Frederiksberg Forsynings indvindingsboringer /9/ og /10/.



Figur 10. Oversigtskort over almene forsyninger, afværgeanlæg samt Frederiksberg Forsynings indvindingsboringer



Figur 11. Udstrækningen af de skitserede analytisk beregnede oplande for evt. indvindinger v. Utterslev Mose.

5.3 Grundvandskvalitet

Der er udtaget i alt 4 vandprøver til analyser af vandkvaliteten i borerne, resultaterne fremgår af afsnit 4.3. I pumpeboringen er der udtaget 3 prøver til analyse, 1 i slutningen af 3 trins pumpeforsøgt, 1 i slutningen af 3 dages pumpeforsøget og 1 ca. en måned efter afslutningen af pumpeforsøgene. Mellem de tre prøver sker der en markant udvikling i vandkvaliteten, når denne bedømmes ud fra de kemiske hovedbestanddele. Der sker et fald i ledningsevnen samt koncentrationen af Calcium, Ca^{2+} , Total phosphor, P, Chlorid, Cl^- , Nikkel, Ni, og Kobolt, Co. Samtidig sker der en stigning af pH på 0,2. Det vurderes at denne ændring skyldes en reboundeffekt fra den store påvirkning af pH og vandkemi, der sker ved udsyring af boringen (boringen behandles med flere hundrede liter saltsyre). Udsyringen blev udført inden pumpeforsøgene. Det vurderes at resultaterne af den seneste vandprøve fra 03-02-2025 er mest repræsentativ for kvaliteten af grundvandet med hensyn til kemiske hovedbestanddele, Nikkel og Kobolt, herunder total-P. De øvrige parametre er ikke blevet påvirkede i samme grad af udsyringen.

I vandprøverne fra pumpeboringen (201.19685) er der konstateret overskridelser af miljøkvalitetskriterierne for fosfor (total P), PFOS, PFOA-ækvivalenter Barium, Kobolt, Nikkel, Zink og Bor. For fosfor, Nikkel og Kobolt, er der konstateret en udvikling i koncentrationen, og det vurderes at det skyldes en reboundeffekt efter udsyringen af boringen. For Nikkel er der i den seneste prøve ikke konstateret overskridelse af miljøkvalitetskriteriet.

For Bor gælder grænseværdien tillagt den naturlige baggrundsværdi, men der er ikke udarbejdet naturlige baggrundsværdier for danske søer og vandløb /11/. Samme situation er gældende for Barium /12/.

De værdier der overskrider miljøkvalitetskravene er angivet i Tabel 8, hvor de mest repræsentative analyseresultat fra pumpeboringen er udvalgt.

5.4 Udledning til Utterslev Mose

For at vurdere effekten af en udledning af grundvand på vandkvaliteten i Utterslev Mose er der foretaget nogle simple modelberegninger for belastningen af fosfor. De er udført på baggrund af beregninger fra Københavns Kommune /3/, der er tilpasset det aktuelle projekt. Der regnes på to fremtidige situationer med udledning af grundvand. Den ene modelberegning simulerer en situation, der udledes grundvand som supplement til vandet fra Harrestrup. Den udledte mængde forudsættes til 40 m³/t, hvilket vurderes at være den maksimalt mulige indvinding fra den udførte pumpeboring. Den anden beregning simulerer en situation, hvor hele den udledte vandmængde fra Harrestrup Å erstattes af oppumpet grundvand. Der pumpes her ca. 120 m³/t, svarende til 1,1 mio m³/år.

Den totale (eksterne) belastning for fosfor i Utterslev Mose beregnes ved at opsummere den årlige fosfor flux fra de eksterne kilder, baseret på disse kilders vand flux og fosforkoncentration. Den beregningsmæssige koncentration af fosfor i de enkelte typer af kilder er oplistet i Tabel 6. Koncentrationen i det udledte grundvand er 0,06 mg/l svarende til det målte i pumpeboringen (Tabel 3).

Tabel 6. Total P i diverse kilder.

Kilder	Total P
Grundvand	0,06 mg/L
Hillerødmotorvejen	0,21 mg/L
Middelværdi i Harrestrup Å 1985-2008	0,15 mg/L
Overløbsvand	2 mg/L

Resultatet af modelberegningen ses i Tabel 7, hvor den beregnede fosforbelastning for de 2 modelberegne situationer er vist sammen med den nuværende, anslåede tilstand. I situationen med udledning af ca. 40 m³ grundvand pr. time vil der ske en reduktion af den samlede fosfor-influx på ca. 35 kg pr. år svarende til ca. 12 %. Hvis der i stedet udledes grundvand med 120m³/t, vil reduktionen i fosfor-influx være ca. 110 kg pr. svarende til ca. 35 %.

I sommerperioden er den forventede fordampning i størrelsesordenen 120 m³/t, som beskrevet i afsnit 2. En udledning af grundvand på 40 m³/t kan derfor ikke forventes at erstatte det fordampede vand i sommerperioden, og en udledning på 40 m³/t kan ikke forventes at opretholde en gennemstrømning af vand i Utterslev

Mose. Derimod kan det forventes at en oppumpning på 120 m³/t vil kunne opretholde en gennemstrømning af vand gennem Utterslev Mose, også i perioder uden nedbør.

Tabel 7. Resultater af modelberegninger for fosforbelastningen i Utterslev Mose.

	Influx, vand [m ³ /år]			Influx fosfor [kg total P/år]		
	Status (nuværende)	Supplement (40 m ³ /t)	Erstatning (120 m ³ /t)	Status (nuværende)	Supplement (40 m ³ /t)	Erstatning (120 m ³ /t)
Oppumpet fra Harrestrup Å	1.100.000	749.600	0	165	112	0
Oppumpet grundvand	0	350.400	1.100.000	0	17	55
Direkte nedbør mv.	150.000	150.000	150.000	0	0	0
Hillerød motorvej	36.720	36.720	36.720	8	8	8
Overløb, alle	65.760	65.760	65.760	132	132	132
I alt	1.352.480	1.352.480	1.352.480	304	269	194

5.5 Vandbehandling

5.5.1 Vandkvalitet

De i alt 4 udførte analyser af vandkvaliteten i boringen fremgår af afsnit 4.3. Overordnet er formålet med projektet at forbedre vandkvaliteten i Utterslev Mose. Dette skal ske ved, at udlede grundvand til mosen med et lavt indhold af næringsstoffer, primært fosfor.

Indholdet af fosfor i grundvandet overskrider dog også målsætningen for Utterslev Mose, men fosfor er ikke medtaget i vandbehandlingen. Hvis der skal udføres vandrensning for fosfor, vil det sandsynligvis mere mindre omkostningstungt og mere effektivt at udføre denne rensning direkte på vandet i Utterslev Mose.

Der er dog også nogle uønskede stoffer i grundvandet, der ikke umiddelbart må udledes. Det fremgår af analyserapporterne, at det primært er Barium og PFOS, der er udfordringen. Der er også fundet spor af andre PFAS'er og klorerede forbindelser, jf. rapporterne vedlagt i appendiks 1.D, men de overskrider ikke kravværdierne og regnes i øvrigt medtaget i rensningen af grundvandet inden evt. udledning. De fundne indhold sammenholdt med kravværdierne for udledning fremgår af Tabel 8.

Tabel 8. Indhold kritiske parametre og kvalitetskrav

Stof	Indhold i grundvand	Kvalitetskrav i overfladevand	Overskridelsesfaktor
Barium Ba, µg/l	120	34	3,5
Bor, B, µg/l	110	94	1,2
Kobolt, Co, µg/l	0,37	0,28	1,3
Zink, Zn, µg/l	12-18	7,8	1,5 – 2,3
Perfluoroktansulfon-syre, PFOS ng/l	26	0,65	40
Sum af 24 PFOA ækvi-valent	72	4,4	16,4

For metaller er den største overskridelse for Bariumindholdet, der overskrider kvalitetskravet med ca. 3,5 gange, mens de øvrige metaller har overskridelser der er mellem 1 og 2 gange kvalitetskriteriet. Indhold af PFOS ligger ca. 40 gange over udledningskravet, mens summen af PFOA ækvivalenter ligger ca. 16 gange over kvalitetskravet. Derfor skal der skitseres en afhjælpning heraf inden udledning af oppumpet grundvand fra området.

Da de største overskridelser er for Barium og PFOS, er rensebehovet for disse stoffer størst og mest kritisk. Vandbehandlingsanlægget er derfor skitseret primært med henblik på rensebehovet for disse stoffer.

5.5.2 Skitsering af mulig vandbehandling

De anbefales der forfiltrering med sandfiltrering i trykfiltre inden egentlig rensning for PFAS og barium. Forfiltrering i 2 sandfiltre i serie som for- og efterfilter skal udføres for reduktion af jern, ammonium, mangan samt CO₂. Der vil også ske en reduktion af Kobolt og måske Zink i forfiltreringen.

Derudover er der behov for efterfølgende at formindske indholdet af barium og PFAS. Der findes forskellige metoder til fjernelse af PFAS-stoffer i grundvand, herunder kulrensning, boblefraktionering, membranfiltrering og ionbytning mfl. Nano-membranfiltrering/Omvendt osmose kan fjerne PFAS, men er meget dyre metoder, selvom man med fordel kan lave noget opblanding af rensset og urensset vand. Nanofiltrering er mindre energikrævende end omvendt osmose, men kan være tilstrækkelig til op til ca. 98% PFAS fjernelse ved langkædede stoffer som her. Der kræves herudover forbehandling af vandet for at imødegå tilstopning af filtrene. Foam-fraktionering (bobler) er en farbar metode for PFOS, men den vil dog være en del mere effektiv ved højere koncentrationer, set i forhold til de høje anlægs- og driftsomkostninger ved denne metode med så betydende vandmængder som i dette tilfælde.

Herudover er der adsorptionsteknikkerne, som er effektive for PFOS, da den er en langkædet PFAS og man dermed kan opnå en høj fjernelsesgrad. Den mest gængse og velkendte teknik af disse, er rensning på aktivt kul. I forhold til aktivt kul skal man dog være opmærksom på, at der er en lavere kapacitet/affinitet for PFOS og andre PFAS-stoffer end mange andre forureningstyper og de meget lave kravværdier vil betyde et meget stort kulforbrug, idet der vil kunne ses et tidligt gennembrud af forureningsstoffer og dermed en meget dyr metode. Der findes derfor forskellige flokkuleringsmidler, som med fordel kan tilsættes det forurenede

vand som en forbehandling før kulrensning for at få en bedre affinitet og rensning af PFAS-stofferne. I stedet for kul eller også i kombination med kulrensning kan andre adsorptionsmidler ligeledes benyttes for at effektivisere rensprocessen, herunder modificerede organo-lerprodukter.

Herudover er der selektiv ionbytning med målrettede resiner, der er en anden moden teknologi, hvor der findes kommercielle produkter på markedet som er mere effektive end rensning på aktivt kul og som kræver færre udskiftninger og dermed mindre driftsomkostninger. Der findes flere veldokumenterede målrettede resiner for PFAS fjernelse på markedet som er mere effektive end kulrensning.

Fælles for metoderne er, at der bliver et restprodukt, hvis håndtering også skal indregnes i totalomkostningerne. For adsorptionsmetoderne kræves udskiftning og efterfølgende destruktion af de mættede kul/resiner efterfølgende.

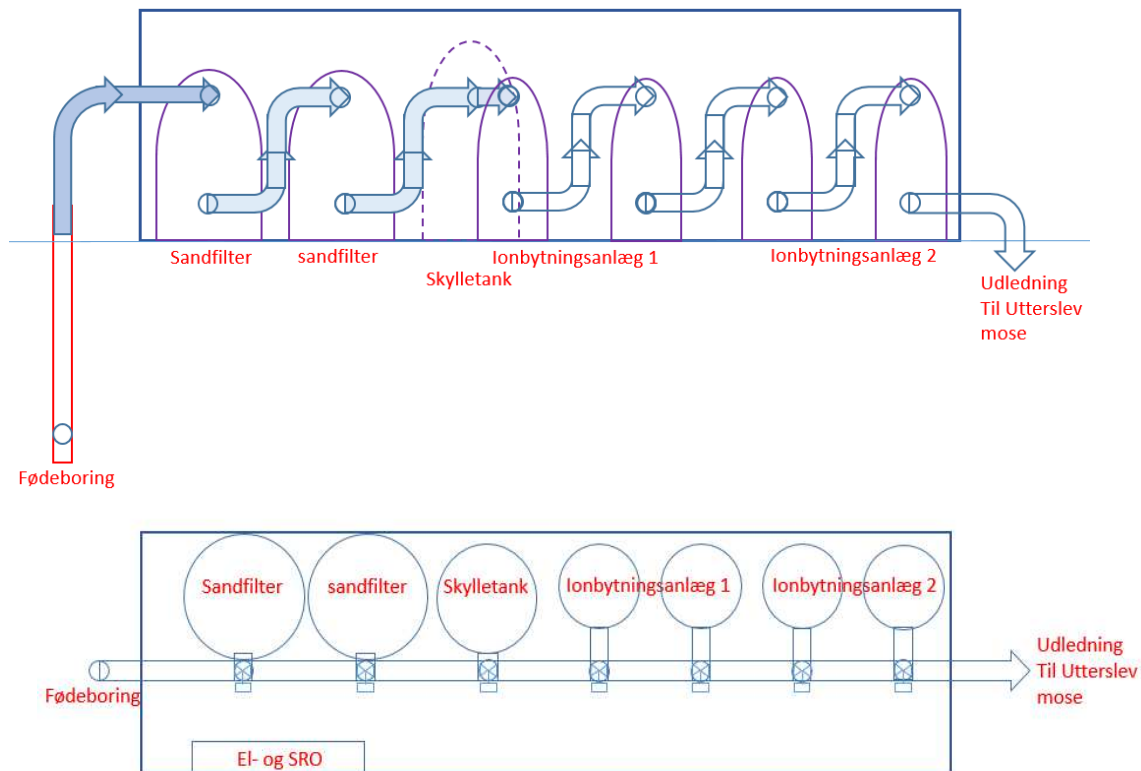
For barium kan nogle af de samme metoder benyttes. Således kan man udover adsorptionsteknikker benytte membranfiltrering med omvendt osmose eller nanofiltrering. Dog vil der blive et uforholdsmæssigt stort koncentrat, som skal bortledes og det er omkostningstungt i udledningsafgift mm. Ved almindelig kationbytning (blødgøringsionbytter) vil man fjerne mange almindelige ioner såsom calcium, magnesium, natrium og kalium mfl. Og der findes kun en lille koncentration af barium. Men man behøver alligevel ikke selektiv ionbytning, men kan godt nøjes med en almindelig ionbytnings-resin som en effektiv rens metode, fordi barium ligger fint i affinitetsrækken, idet man først i processen opsamler barium og strontium, men også calcium, magnesium på bytteren under frigivelse af natrium. Når bytteren er fyldt med byttede ioner begynder ionbytteren således at opsamle barium og strontium og frigive calcium og magnesium. Derved vil der være en lang holdbarhed inden regenerering/udskiftning af resiner og dermed en optimal økonomi forbundet med denne metode. Desuden vil en almindelig kationbytter også fjerne de andre problematiske metaller i grundvandet, men dette vil forkorte holdbarheden inden regenerering/udskiftning.

5.5.3 Prisoverslag af vandbehandling

På basis af gennemgang af stoftyper og rens metoder vurderes følgende behandlingsanlæg at være optimale:

- Forfiltrering (sandfilter/parallel- eller seriedrift) og med mulighed for automatisk returskyllning)
- 1. ionbytning (Barium og andre metaller)
- 2. ionbytning (PFOS)

En principskitse af behandlingsanlægget er vist på figur 12.



Figur 12. Principskitse for behandlingsanlæg.

For dimensionering af beholderstørrelser skal nødvendig opholdstid defineres. I forhold til forfiltrene anbefales beholderstørrelse på ca. $2 \times 2,5 \text{ m}^3$ for en ydelse på $30 \text{ m}^3/\text{t}$ (fx som type Grundfos/Silhorco TFB50) og det dobbelte for en ydelse på $60 \text{ m}^3/\text{t}$ (fx som TBF100). Ved den dobbelte ydelse, kan man enten vælge at etablere 2 større filtre eller alternativt 4 stk. ca. $2,5 \text{ m}^3$ filtre (parallel- og serieforbundne).

Ionbytningsfiltrene vil typisk have en mindre størrelse end sandfiltrene. Barium-beholdere vil for $30 \text{ m}^3/\text{t}$ have et volumen på ca. $1,2 \text{ m}^3$ pr. stk. og vil kunne indeholde ca. 1500-1700 liter resin eller 1 stk. større ionbytter beholder med ca. 3.300 liter ionbytter (Fx som type Grundfos/Silhorco STFA 35). Det samme vil nogenlunde gøre sig gældende for PFAS-filtrene.

Der kan evt. med fordel laves 1 stk. større anlæg ved $60 \text{ m}^3/\text{t}$ eller alternativt 2 ens anlæg á $30 \text{ m}^3/\text{t}$, der i så fald køres som 2 strenge. Man vil sandsynligvis med fordel kunne separere sandfiltre og ionbytning i 2 forskellige klimaskærme (fx isolerede containere eller pavilloner).

I tabel 9 fremgår et prisoverslag for anslåede anlægsomkostninger af det skitserede behandlingsanlæg.

Behandlingsanlæg	Pumpeydeler	
Anlægsomkostninger	30 m ³ /t	60 m ³ /t
Klimaskærm, overjordisk	500.000,-	850.000,-
Forfiltrering	600.000,-	850.000,-
Ionbytning barium (filtre og resiner)	500.000,-	700.000,-
Ionbytning PFOS (filtre og resiner)	950.000,-	1.700.000,-
El- og SRO	250.000,-	300.000,-
Etablering af 100 meter ledning til sø	250.000,-	250.000,-
Projektering og fagtilsyn mv.	500.000,-	550.000,-
I alt: DKK	3.550.000,-	5.200.000,-
Driftsomkostninger pr. år	30 m ³ /t	60 m ³ /t
Drift-, vedligehold og servicering	70.000,-	100.000,-
Skift/Regenerering af resiner (barium)	200.000,-	400.000,-
Skift/Regenerering af resiner (PFOS)	450.000,-	900.000,-
El-omkostninger	30.000,-	50.000,-
I alt: DKK	750.000,-	1.450.000,-

Tabel 9. Prisoverslag anlægs- og driftsomkostninger for vandrensningen.

Ved prissætning af ionbytter for barium er den anslåede levetid for bariumbyttaren i dette tilfælde sat til et gennemløb på 190.000 m³ med en pris for en ny fyldning på ca. kr. 135.000,-. Dette svarer til at der skal skiftes fyldninger efter ca. ¾ år for barium.

Ved prissætning af ionbytter for PFOS er den anslåede levetid for PFOS-byttaren i dette tilfælde sat til et gennemløb på 370.000 m³ med en pris for en ny fyldning på ca. kr. 680.000,-. Dette svarer til at der skal skiftes fyldninger efter ca. 1½ år for PFOS.

Der er anvendt markedspris for sammenlignelige resiner, svarende til ca. kr. 40,-/liter for bariumbyttaren (blødgøringsbytter), mens den selektive PFAS-resin er betydelig dyrere, nemlig ca. kr. 200,-/liter. Dette svarer til materialer for kr. 135.000,- (barium) og kr. 680.000,- (PFOS) for fyldning af de 3.300 liter filtre i det lille anlæg (30 m³/t) og det dobbelte for en ydelse på 60 m³/t. I driftsomkostningerne er medregnet mætning og skift af et ionbytterfyldning hvert andet år for et gennemløb på 30 m³/t og pr. år ved 60 m³/t.

Udformningen af klimaskærm svarer til en container på terræn.

5.6 Alternative løsninger

Utterslev Mose er et fredet område, og der må ikke opføres bygninger i området, undtaget herfra er dog tekniske anlæg til moses drift og opretholdelse. For at der kan opføres et vandrensningsanlæg skal de mulige fysiske udformninger derfor detaljeres, for at undersøge om de kan opføres inden for fredningens ramme. Her kan det komme på tale at opføre hele rensningsanlægget nedgravet under terrænniveau, for ikke at ændre på landskabsformen i mosen.

Desuden er det muligt, da pumpeboringen er udført på en bakke, at anlægge tilløbet af vand til mosen som et kunstigt vandløb på terræn. Der vil herved opstå yderligere muligheder for forskelligartet natur i Utterslev Mose. En sådan ændring skal dog ligeledes kunne udføres inden for rammen af fredningen af Utterslev Mose.

Omkostningerne ved disse to alternative løsninger er ikke estimeret nærmere.

Vandrensnings behovet for barium er bestemt af grænseværdien på $19 \mu\text{g/l}$, der er tillagt den naturlige baggrundsværdi. Dog er datagrundlaget for at bedømme det naturlige indhold af barium i søer meget begrænset. Den benyttede værdi er beregnet for vandløb. Det kan derfor undersøges om der ved at udføre målinger i søer, kan estimeres en mere retvisende værdi for det naturlige baggrundsniveau af barium. Herved kan den samlede grænseværdi muligvis hæves, hvorved rensbehovet for barium nedsættes eller helt fjernes.

6 Konklusioner

En fuld erstatning af det oppumpede vand fra Harrestrup Å svarer til en oppumpning, rensning og udledning på ca. $120 \text{ m}^3/\text{t}$. dette vil betyde en reduktion i fosfor-influxen til Utterslev Mose på ca. 35 % eller 110 kg pr. år. Sammen med den nuværende pumpeboring kræver det 2-3 yderligere indvindingsboringer ved Utterslev Mose for at kunne indvinde denne vandmængde. En indvinding af denne størrelsesorden vil sandsynligvis have betydning for de almene vandværker i området, hvilket dog ikke er undersøgt nærmere.

Det skal også noteres, at mulige indvindinger af denne størrelsesorden tidligere er blevet opgivet på grund af den overudnyttede grundvandsressource i området. Herudover kræver vandkvaliteten at der opføres en betydelig renskapacitet.

Hvis der i stedet oppumpes grundvand til at supplere vandgennemstrømningen, viser beregningerne at der med en oppumpning på $40 \text{ m}^3/\text{t}$, kun vil ske en mindre reduktion af fosfor-influxen på ca. 12 % eller 35 kg til Utterslev Mose. Denne oppumpning er ydermere ikke tilstrækkelig til at erstatte det vand, der tabes ved fordampning i Utterslev Mose i sommerperioden. Det er uvist om denne lille ændring vil føre til en bedre økologisk tilstand i mosen. Dette kan dog undersøges ved at tilvejebringe bedre datagrundlag for mosen tilstand, samt mere tilbundsående modellering.

De samlede omkostninger for de to løsninger er skitseret i tabellen herunder, men det skal noteres at disse overslag ikke indeholder omkostninger til at tilpasse den fysiske udformning af anlæggene, så de kan opføres inden for fredningen af Utterslev Mose.

Tabel 10. Samlede prisoverslag for de skitserede anlæg i kr.

Udledning til Utterslev Mose	40 m ³ /t i tørre perioder	120 m ³ /t kontinuerligt	
Effekt på fosfor	Lille, måske ubetydelig	Stor	
Udarbejdelse af ansøgningsmateriale, VVM, dispensation fra fredning mv.	500.000,-	500.000,-	
Detaljeret design af anlæg inkl. evt. kunstigt vandløb	300.000,-	300.000,-	
Anlæg af pumpeboringer	0,-	1.300.000,-	Baseret på omkostningerne ved boring 201.19685
Anlæg vandrensning	3.550.000*	11.000.000**	
Sum anlægsomkostninger	4.350.000,-	13.100.000,-	
Årlige driftsomkostninger	750.000,-	3.000.000,-	

*: Det anslås, at omkostningerne ved 40 m³/t ikke overstiger omkostningerne ved 30 m³/t **: Vandrensningsanlægget for 120 m³/t er estimeret som 2 gange omkostningen til et anlæg med kapacitet på 60 m³/t.

Samlet vurderes det at løsningen med oppumpning af 40 m³/t ikke vil være tilstrækkelig til at opnå målsætningen for fosfor i Utterslev Mose. Løsningen med oppumpning af 120 m³/t vil medføre en betydelig reduktion af fosforbelastningen på Utterslev Mose, men den vil sandsynligvis påvirke den del af områdets grundvandsressource, der i dag benyttes til drikkevand af Frederiksberg Forsyning og Søborg Vandværk.

7 Referencer

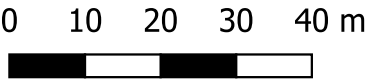
- /1/ Utterslev Mose 1998. Vandmiljøovervågning NOVA 2003. Maj 1999. Københavns Kommune.
- /2/ Utterslev Mose 2000. Vandmiljøovervågning NOVA 2003. Maj 2001. Københavns Kommune.
- /3/ Københavns Kommune marts 2025 2024. E-mail fra Nina Riemer Johansson Miljøsagsbehandler Vand og Natur
- /4/ DMI Klimaatlas, referencescenarie, <https://www.dmi.dk/klima-atlas/data-i-klimaatlas?paramtype=evap&maptype=grid>
- /5/ Vandplandata, hentet fra <https://vandplandata.dk/vp3genbesoeg2024/vandomraade/soe/DKLAKE788>
- /6/ Københavns Kommune juni 2024. E-mail fra Nina Riemer Johansson Miljøsagsbehandler Vand og Natur
- /7/ BEK nr. 1022, 25. august 2010. Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.
- /8/ Geo - Vejledning 2. Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende oplande (Del 1). Claus Holst Iversen, Lisbeth Ulsøe Lauritsen, Thomas Nyholm og Jan Kürstein. GEUS. November 2008.

- /9/ Københavns Energi - Forsyning (nu HOFOR) 2003. Drikkevandsindvinding i Brønshøj. Kildepladsundersøgelse. Carl Bro Maj 2003.
- /10/ Københavns Kommune Miljø- og forsyningsudvalget 2003. Dagsorden august 2003, se sagsbeskrivelse.
- /11/ Miljøstyrelsen. Fastsættelse af kvalitetskriterier for vandmiljøet. Bor og borforbindelser. CAS nr. 7440-42-8. December 2022. <https://mst.dk/media/ohmfonxh/bor-7440-42-8.pdf>
- /12/ Jesper Bak, Martin M. Larsen. Baggrunds niveau for barium, zink, kobber, nikkel og vanadium i fersk- og havvand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Dato: 9/12, 2014

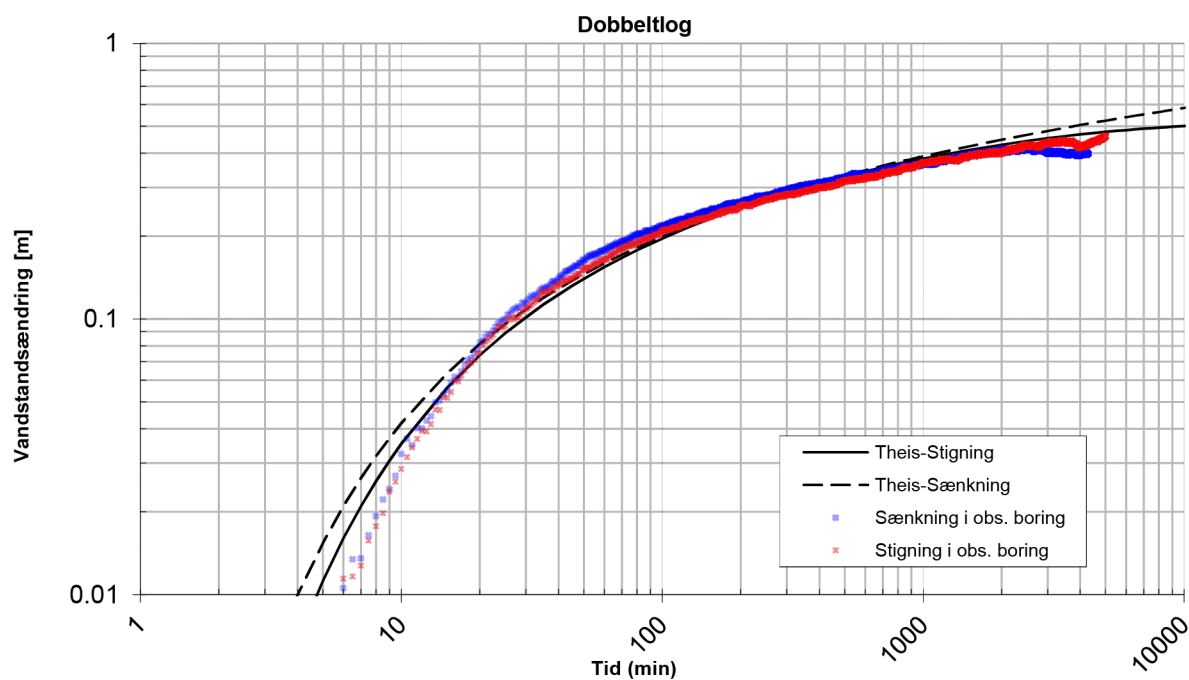
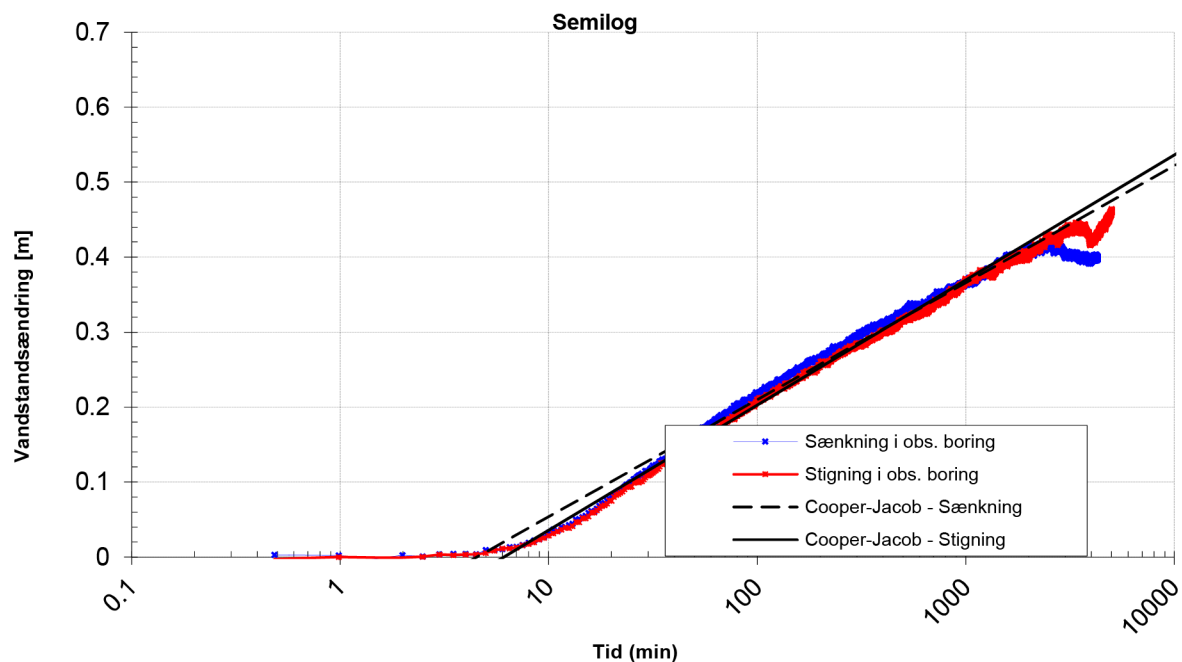


Signatur:

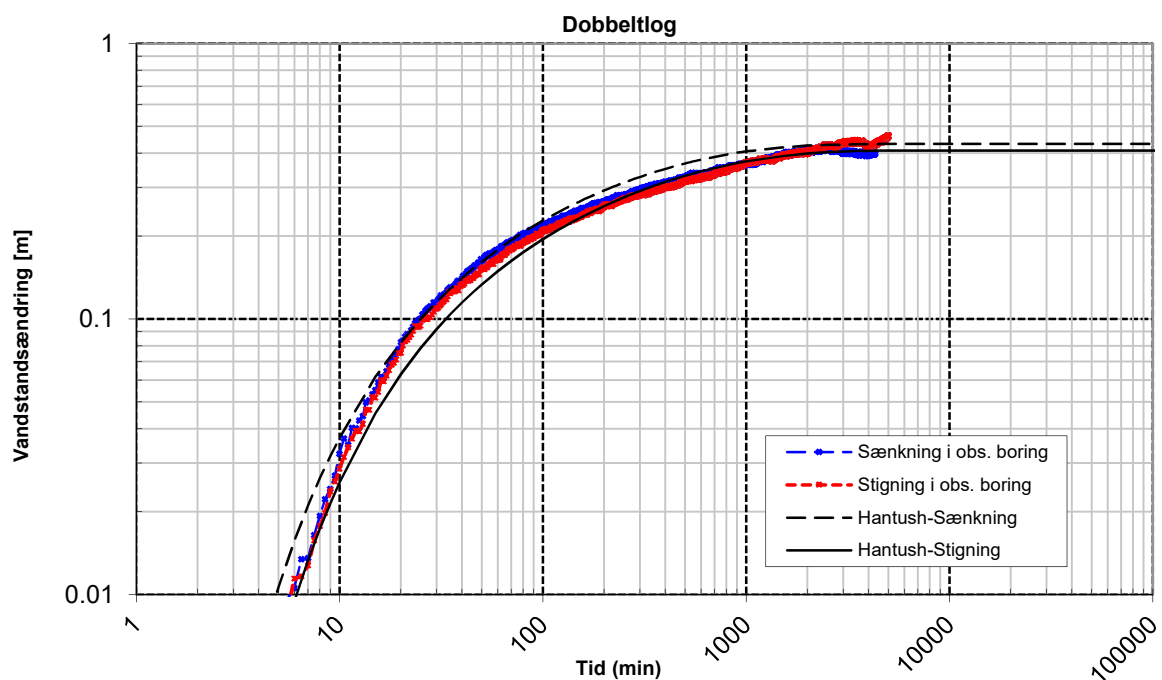
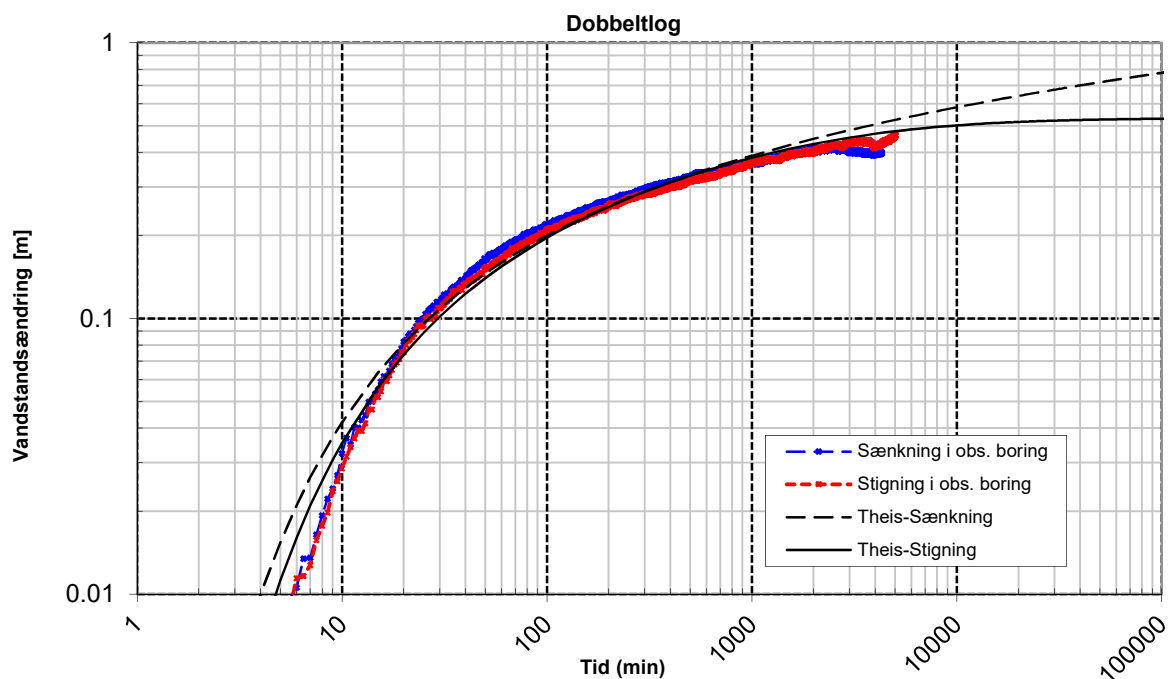
- Carlsberg Forkastning zone
- Boringsplaceringer
- Observeret
- Tolket



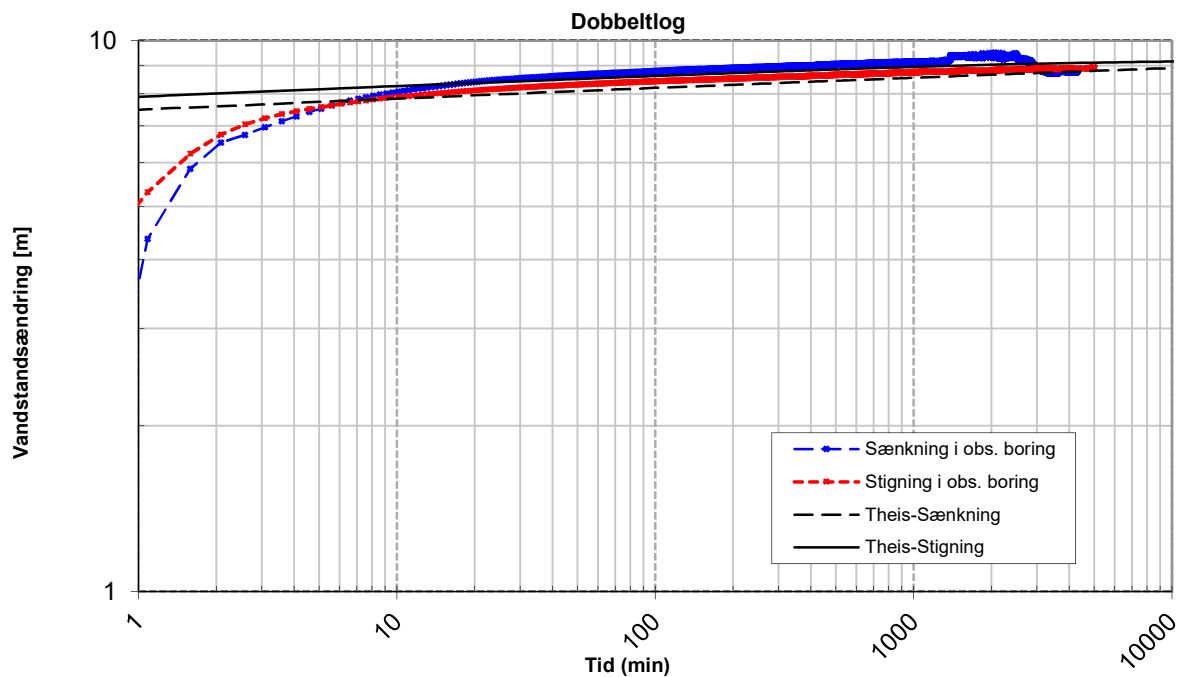
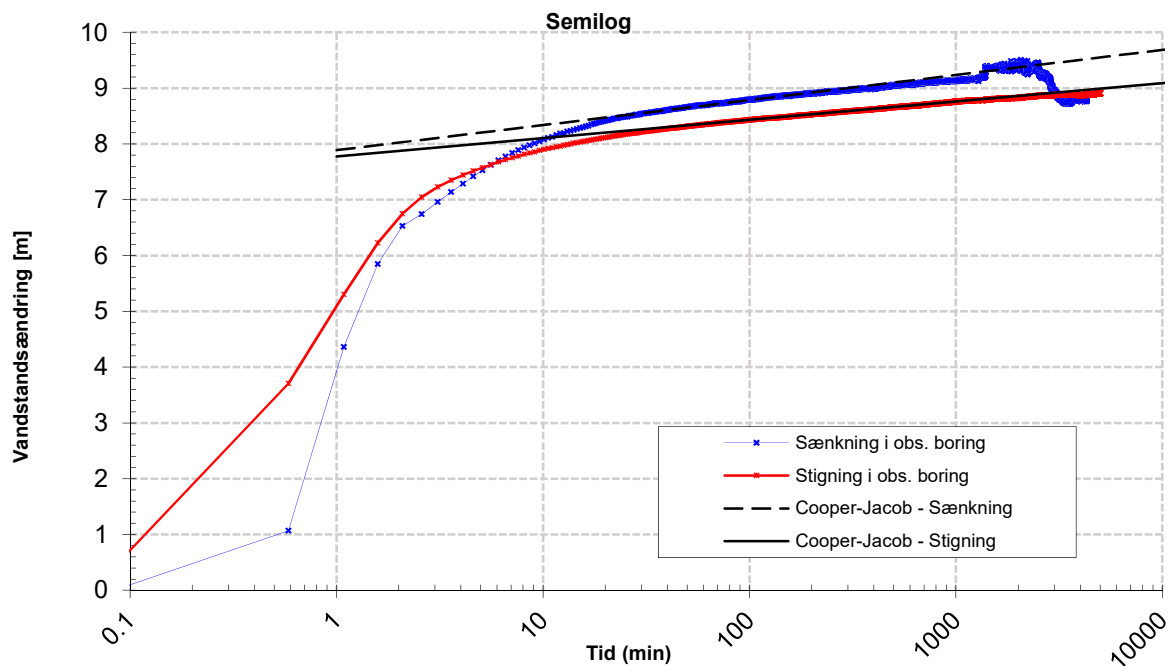
Projekt: 208550 Utterslev Mose		
Emne: Situationsplan, vandprøvetagning		
Mål: 1:1,000	Side: 1/1	
Rapport: 1	Bilag: 1	
	København Aarhus	+45 4588 4444 +45 4588 3111



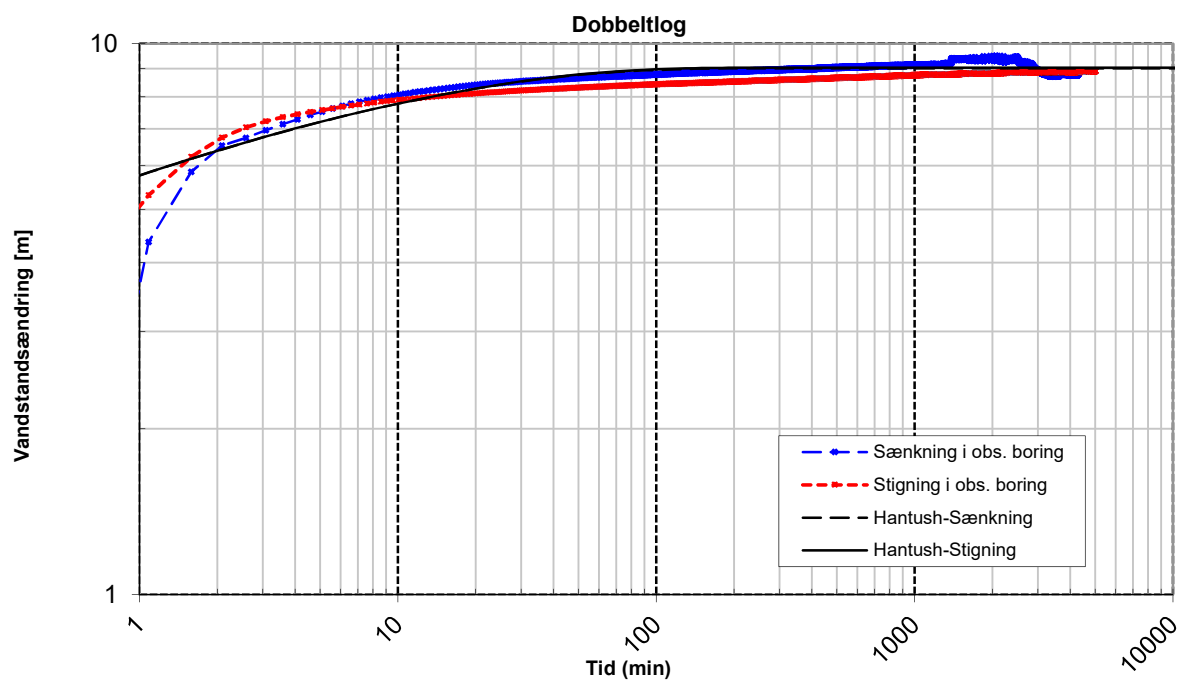
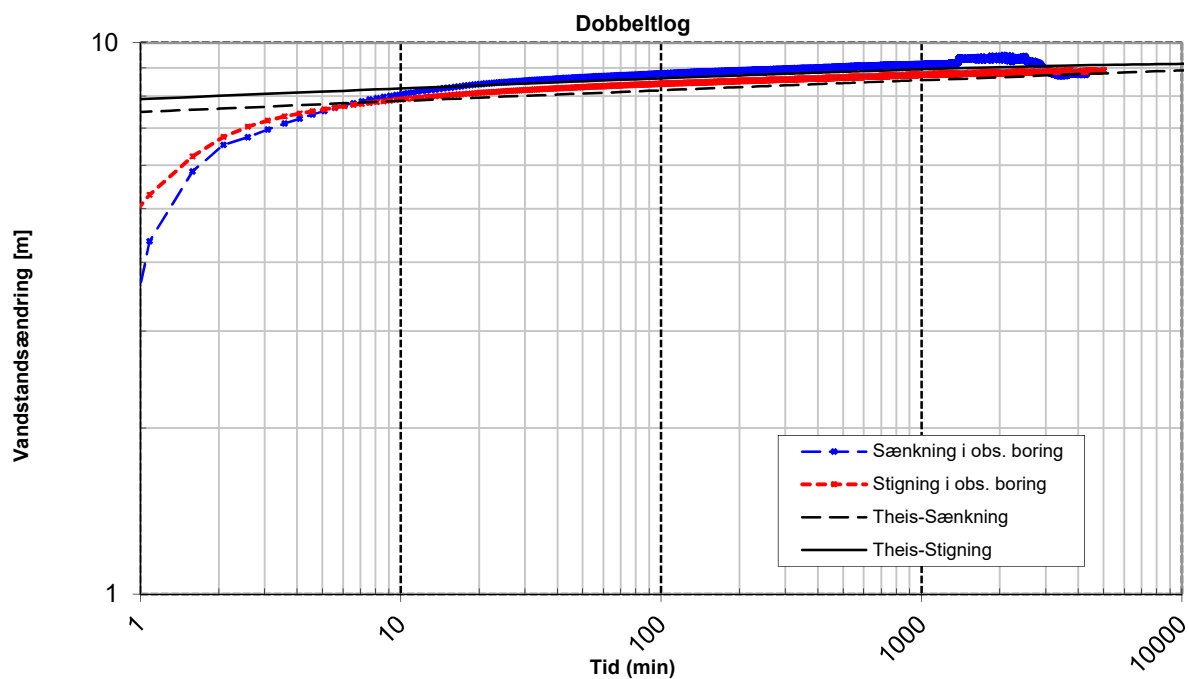
Pumpedato: 2024-12-25	Pumpeboring: 201.19685	Obs. Boring: 201.19642
Pumpetid: 2.97 døgn	Ydelse: 30.2 m ³ /t	Afstand: 127.0 m
Sænkningsdata		
Parameter	Theis typekurve	
Transmissivitet T [m ² /s]		7.91E-03
Magasintal S [-]		6.53E-04
Stigningsdata		
	Cooper-Jacob	Theis typekurve
	9.20E-03	7.35E-03
	4.67E-04	7.38E-04
Udført: JPF	Dato: 2025-01-25	Projekt: 207406 Utterslev Mose
Kontrolleret: FDC	Dato: 2025-02-10	Emne: Prøvepumpning i 201.19685
Geo Geo København +45 4588 4444 Geo Aarhus +45 8627 3111 Rapport nr.: 1 Bilag nr.: 1.2 Side: 3/4		



Pumpedato: 2024-12-25	Pumpeboring: 201.19685	Obs. Boring: 201.19642
Pumpetid: 2.97 døgn	Ydelse: 30.2 m ³ /t	Afstand: 127.0 m
Sænkingsdata		Stigningsdata
Parameter	Theis typekurve	Hantush typekurve
Transmissivitet T [m ² /s]	7.91E-03	5.82E-03
Magasintal S [-]	6.53E-04	6.69E-04
Lækage Kz/b [1/s]		1.10E-08
Udført: JPF	Dato: 2025-01-25	Projekt: 207406 Upperslev Mose
Kontrolleret: FDC	Dato: 2025-02-10	Emne: Prøvepumpning i 201.19685
Geo		
Geo København	+45 4588 4444	
Geo Aarhus	+45 8627 3111	
Rapport nr.: 1	Bilag nr.: 1.2	Side: 4/4



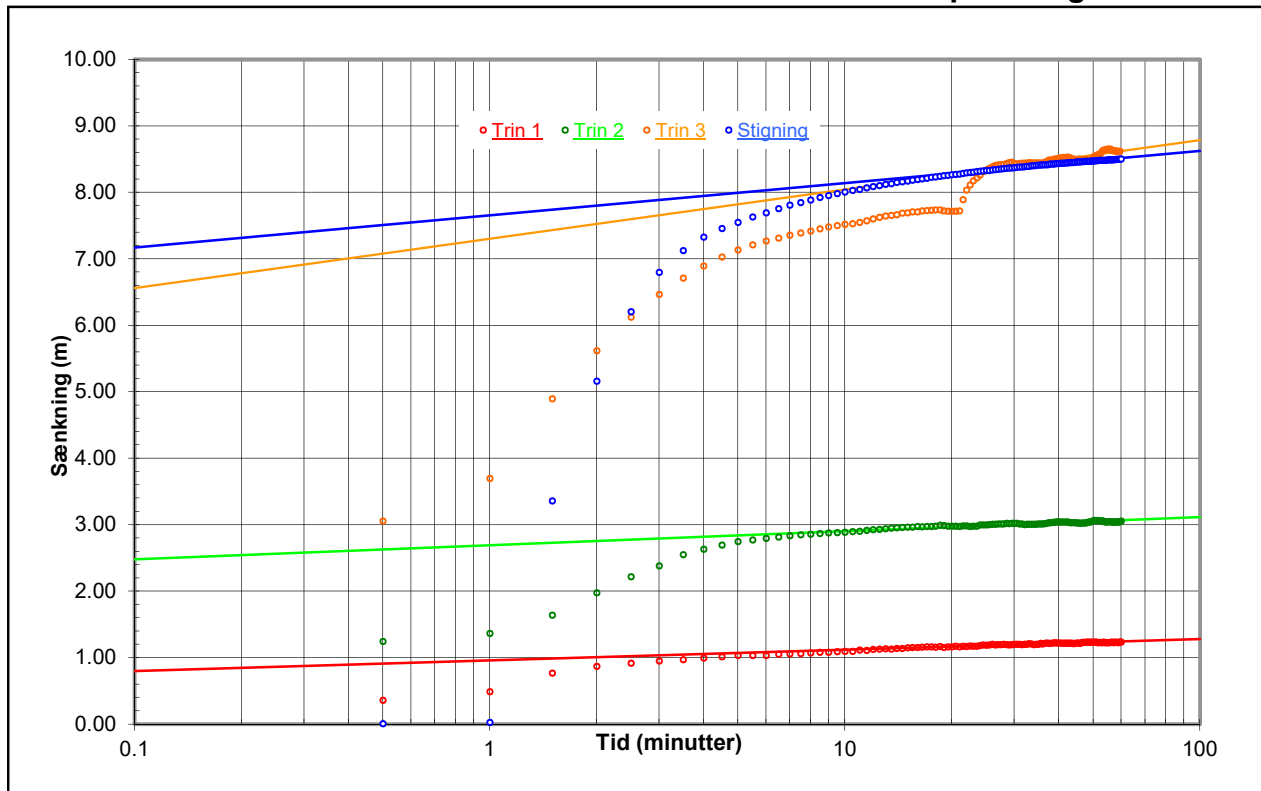
Pumpedato: 2024-12-25	Pumpeboring: 201.19685	Obs. Boring: 201.19685
Pumpetid: 2.97 døgn	Ydelse: 30.2 m ³ /t	Afstand: 0.16 m
Sænkingsdata		
Parameter	Cooper-Jacob	Theis typekurve
Transmissivitet T [m ² /s]	3.41E-03	4.32E-03
Magasintal S [-]		
Stigningsdata		
Parameter	Cooper-Jacob	Theis typekurve
	4.66E-03	4.27E-03
Udført: JPF	Dato: 2024-01-21	Projekt: 208550 Kbh Utterslev Mose grundvandsundersøgelse
Kontrolleret: FDC	Dato: 2025-02-10	Emne: Prøvepumpning i 201.19685
Geo Geo København +45 4588 4444 Geo Aarhus +45 8627 3111 Rapport nr.: 1 Bilag nr.: 1.2 Side: 1/4		



Pumpedato: 2024-12-25	Pumpeboring: 201.19685	Obs. Boring: 201.19685
Pumpetid: 2.97 døgn	Ydelse: 30.2 m ³ /t	Afstand: 0.16 m
Sænkningsdata		Stigningsdata
Parameter	Theis typekurve	Hantush typekurve
Transmissivitet T [m ² /s]	4.32E-03	7.11E-04
Magasintal S [-]		
Lækage Kz/b [1/s]		2.45E-06
Udført: JPF	Dato: 2024-01-21	Projekt: 208550 Kbh Utterslev Mose grundvandsundersøgelse
Kontrolleret: FDC	Dato: 2025-02-10	Emne: Prøvepumpning i 201.19685
Geo Geo København +45 4588 4444 Geo Aarhus +45 8627 3111		Rapport nr.: 1 Bilag nr.: 1.2 Side: 1/4

Tretrinstest

Pumpeboring: 201.197



Tolkning af transmissivitet, T

Test udført:

19-12-2024

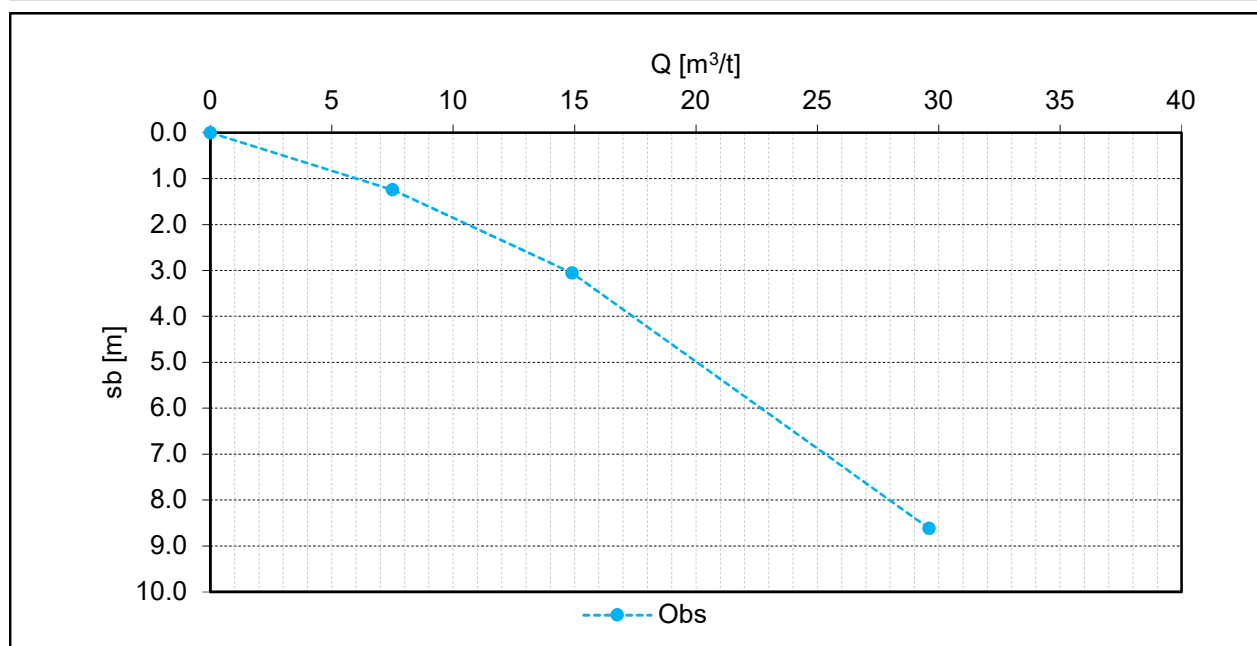
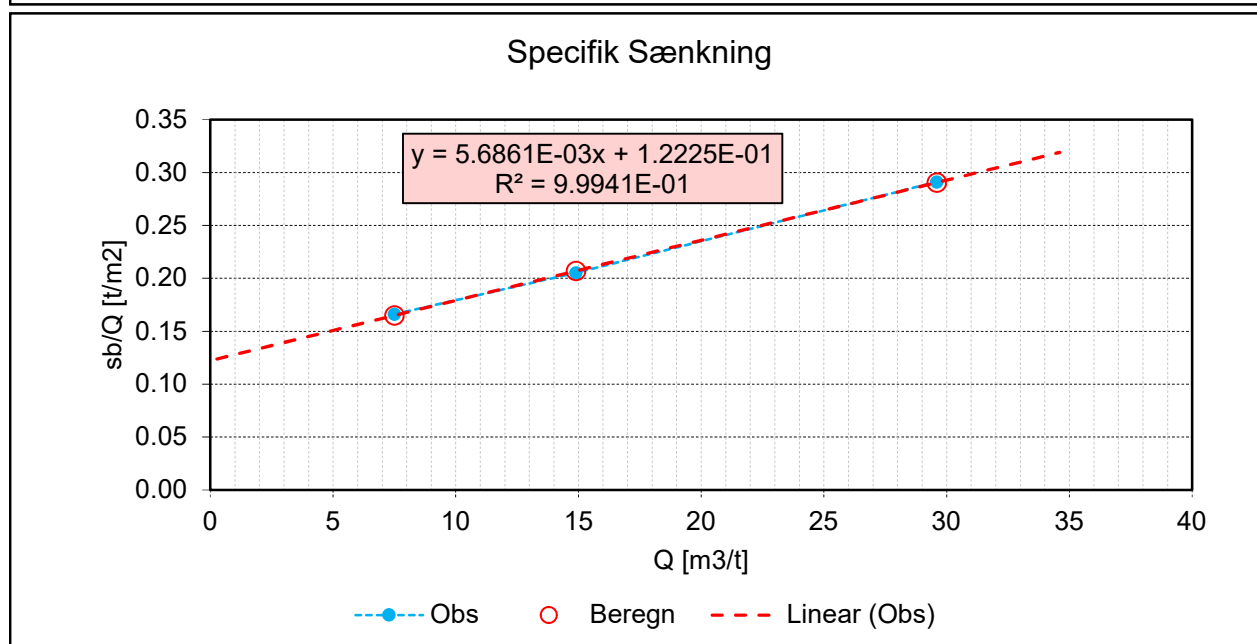
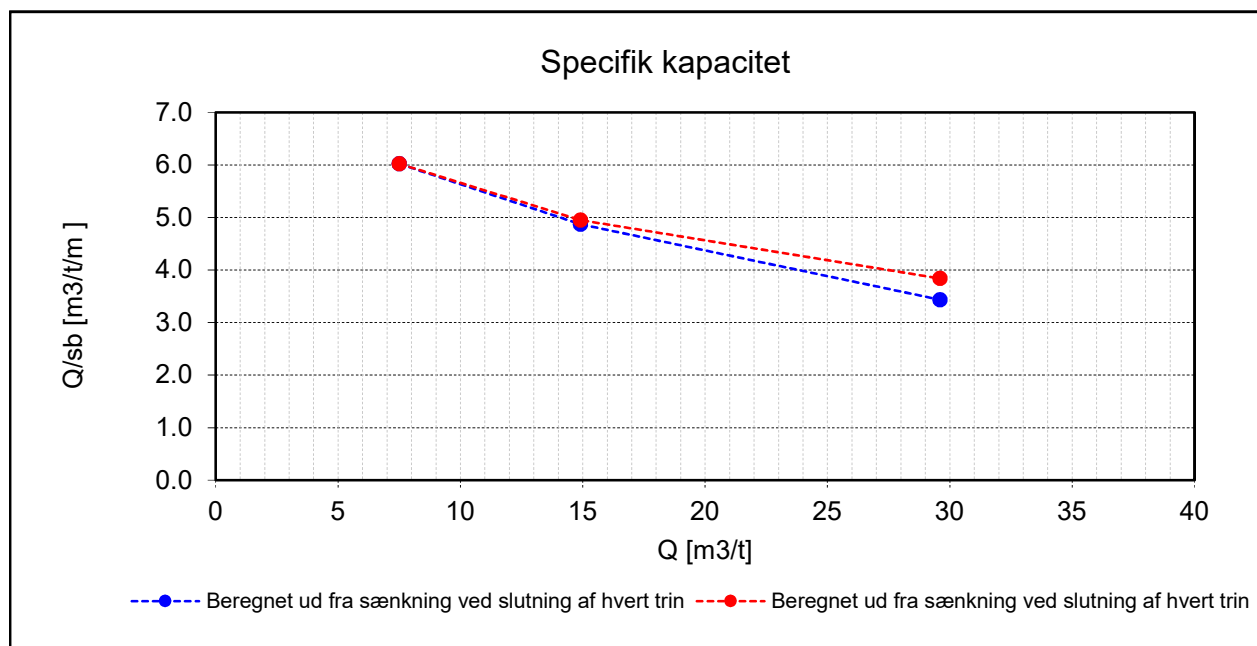
Trin	Tid [min]	Sw[m]	Tid [min]	Sw [m]	Log cyclus	t [min]	t0 [min]	Q [m³/time]	T [m²/s]
1	100	1.28	0.1	0.80	3	60.0	10	7.5	2.369E-03
2	100	3.12	0.1	2.48	3	60.0	10	14.9	2.311E-03
3	100	8.79	0.1	6.56	3	60.0	10	29.6	1.255E-03
Stigning	100	8.62	0.1	7.17	3	60.0	10	29.6	2.401E-03

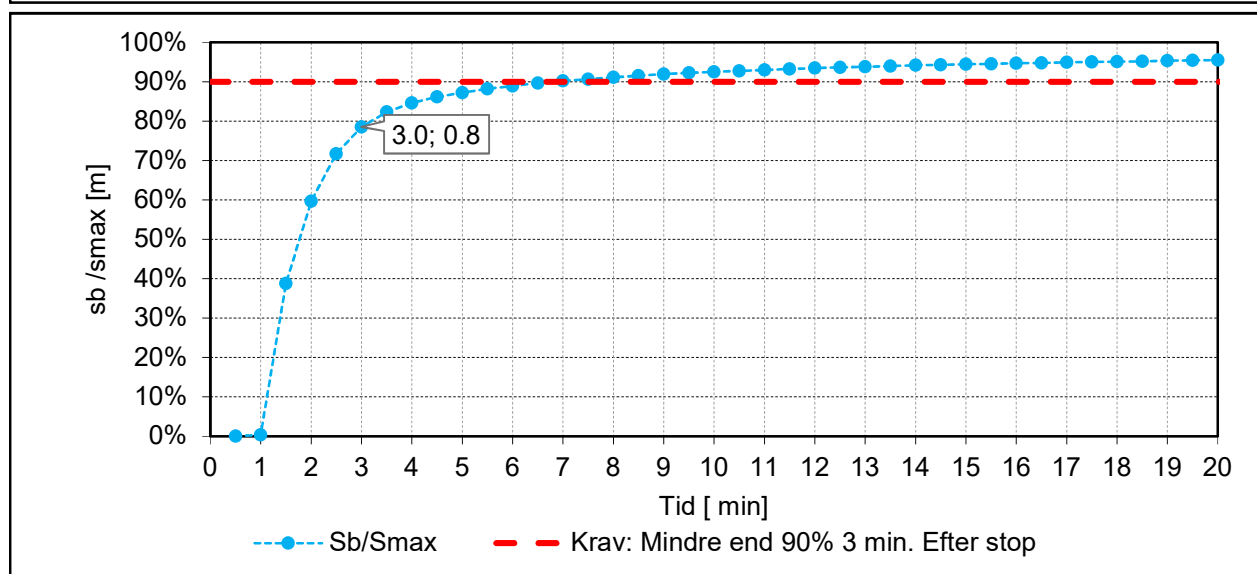
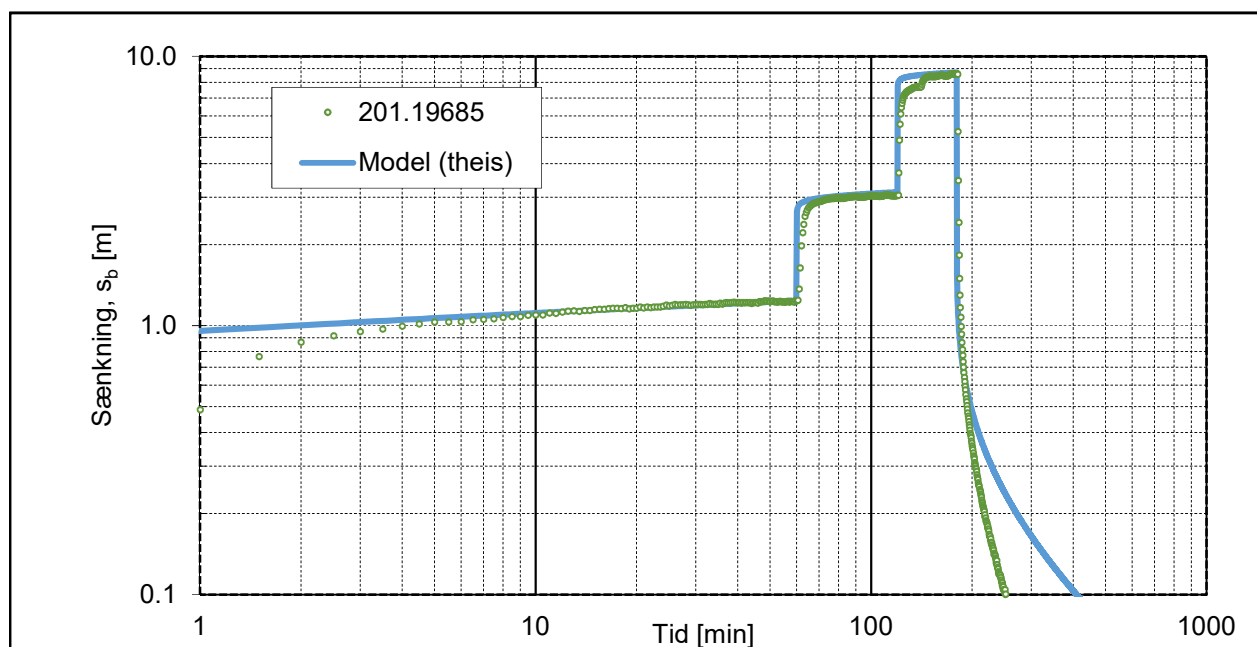
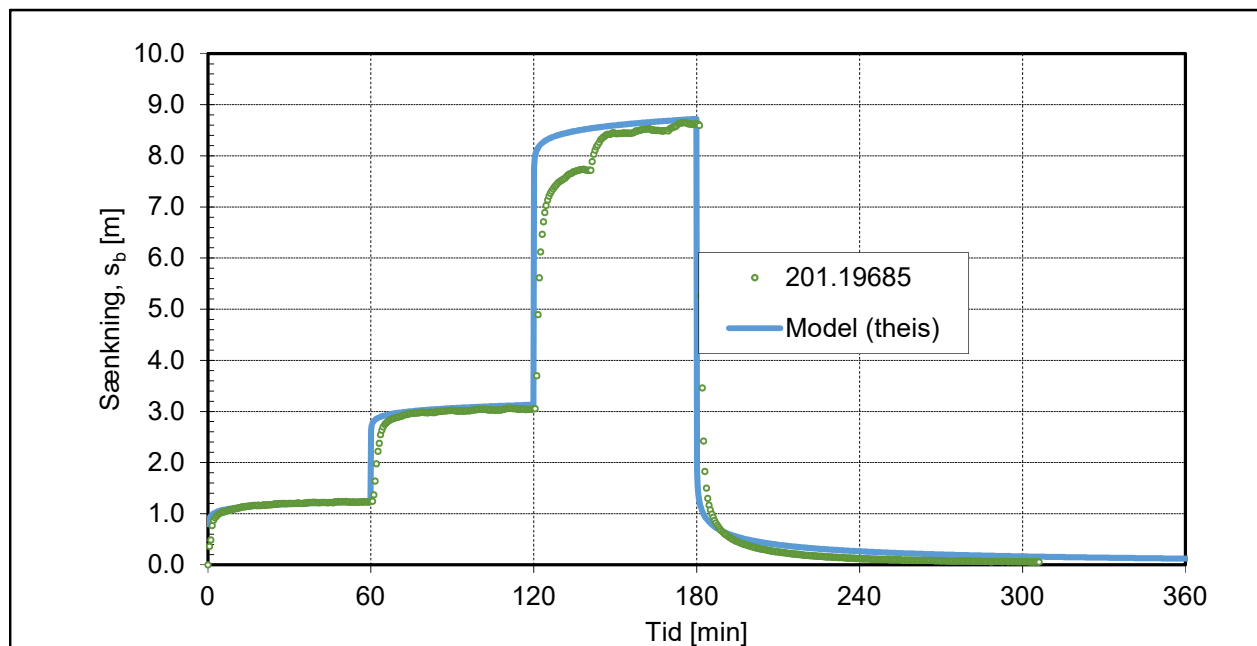
Beregning af virkningsgrad

Udsyret:	Ja	Boringstype: Foret tørboring/luft hæ				Transmissivitet, T (m ² /s):		2.40E-03	
Trin	sw, målt [m]	Ydelse [m ³ /time]	tid [min]	1. del	2. del	sw, bergn. [m]	Virknings grad [%]		
1	1.25	7.5	60.0	6.90E-02	9.24E+04	1.07	86		
2	3.06	14.9	120.0	6.81E-02	9.24E+04	2.18	71		
3	8.62	29.6	180.0	1.35E-01	9.24E+04	4.35	51		
Stign	8.49	0.0	240.0	-2.72E-01	9.24E+04	0.12	50		
Magasintal:	7.70E-04	Boringsdiameter [m]:			0.135				

$s_b = B \cdot Q + C \cdot Q^2$	Værdi	Enhed
B = skæring ved x=0	440.1	[s/m²]
$B_2 = B - B_1$	-28.6	[s/m²]
$S_{skin} = B_2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot T$	-0.43	[-]
C, filtertabsfaktoren	73692	[s/m⁵]

Ydelse	7.5	14.9	29.6	[m³/t]
B*Q er lig laminært tab	0.92	1.82	3.62	[m]
C * Q², turbulent tab	0.32	1.26	4.98	[m]
Estimeret $s_{b,max}$ for trin	1.24	3.08	8.60	[m]





Appendiks 1.A

Reprocesseringsrapporten fra Real Time Seismic (RTS)

**Projekt 208505. København.
Utterslev Mose - Grundvandsundersøgelse**



realtimeseismic



GEO

Utterslev Mose reprocessing

Data Processing Report

16.11.2024

2024-DK-PR-0346

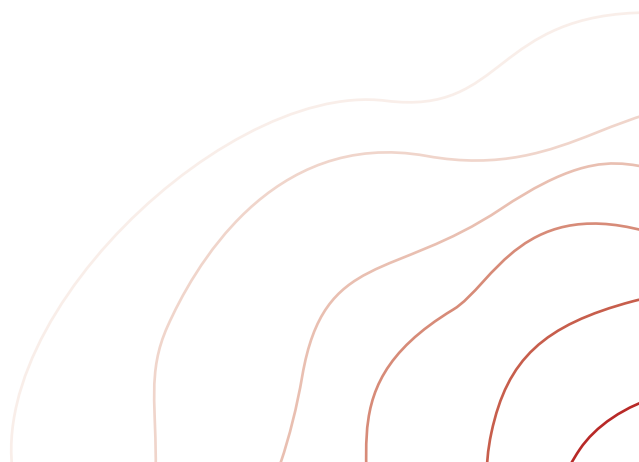
Table of Contents

1 Introduction	1
2 Technical Framework	2
2.1 Acquisition parameters	
2.2 Time Processing Workflow	
2.3 Surface Wave Analysis Workflow	
2.4 QC Methodology	
3 Processing results	11
3.1 Data Quality, Processing Challenges and Solutions	
3.2 Data Analysis	
3.3 Processing Sequence	
3.4 Final results	
4 Surface Wave Analysis results	26
5 Output CRS, Final Datum, Replacement Velocity, Phase and Polarity	29
6 Project Deliverables	30
6.1 Textual Header (EBCDIC)	
7 Conclusions	32
8 Glossary	33

List of Figures

1.1 Project location	1
2.1 An Example of Preliminary Surface Wave Analysis on CPH23_13	3
2.2 An example Dispersion Image from CPH23_09	4
2.3 Example Dispersion Image from CPH23_13	4
2.4 Example Dispersion Image from CPH23_16	5
2.5 Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse	5
2.6 Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse	6
2.7 Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse	6
2.8 Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse	6
2.9 Example of Dispersion Pick Preconditioning for CPH23_13	7
2.10 Example of Dispersion Pick Preconditioning for CPH23_16	7
2.11 Overlay of Picked, Inversion Modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_09	8
2.12 Overlay of picked, Inversion modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_13	9
2.13 Overlay of picked, Inversion modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_16	9
3.1 Data Inspection and analysis	11
3.2 Shot ID 1685 from line CPH23-09 energy rms distribution (left) and traces after a linear move out application (right)	12
3.3 Shot record, pre and post AGC and accompanying Frequency Spectrum	13
3.4 First break picking in common offset domain for line CPH23_13	13
3.5 Near-surface velocity depth model for line CPH23_13	14
3.6 An example of FB muting applied to a shot in line CPH23_13	14
3.7 Example of application of primary refraction and reflection residual statics to a shot record post FB mute	15
3.8 Depiction of surface-wave noise removal	15
3.9 An example of deconvolution application	16
3.10 A comparison of a raw and pre-conditioned shot record	17
3.11 Line CPH23_13: Time domain migration velocity analysis example	18
3.12 Line CPH23_16: comparison between zero-offset stack and Kirchhoff Pre-Stack Time Migration	19
3.13 Utterslev Mose 2D migrated stacks intersections	20
3.14 Zoom on RMO effect on the migrated gathers of the line CPH23_16	21
3.15 SOD effect on line CPH23_16	22
3.16 Common Image Gather before and after pre-stack signal enhancement	23
3.17 Post-processing result on line CPH23_16	24
3.18 Final result on the three lines	25
4.1 S-wave velocity profile for CPH23_09	26
4.2 S-wave velocity profile for CPH23_13	27

4.3 S-wave velocity profile for CPH23_16	27
--	----



List of Tables

2.1 Acquisition Parameters	2
3.1 Surface Consistent Deconvolution Parameters	16
6.1 Deliverables	30



1 INTRODUCTION

GEO (GEO) is engaged on a project for their client Innargi in the Utterslev Mose region of Copenhagen, Denmark.

The objective of the project is to find a suitable drilling site in a water-saturated fault zone.

The area is covered with 2D seismic that was acquired in 2023; this project concerns the reprocessing of three (3) of these lines shown in red see Fig. 1.1



Fig. 1.1. Project location
Lines to be reprocessed in red.

These three (3) lines will be cropped to 0.5 s TWT and reprocessed with particular focus on mapping geological features in this zone (0-0.5 s). Refraction analysis will also be performed to obtain layer velocities in this interval.

2 TECHNICAL FRAMEWORK

2.1 Acquisition parameters

The following table summarises the parameters of the acquisition.

Table 2.1. Acquisition Parameters

Parameter	Value
Survey Name	Utterslev_Mose
Acquisition Contractor	INNARGI
Energy Source	Vibroseis shots
VP Interval	20 m (exceptions at 40 m)
Receivers	Stryde nodal system (accelerometers)
Receiver Interval	10 m
Sweep Length (s)	20 s
Sweep Frequencies (Hz)	5 Hz - 96 Hz
Number of Channels	1200
Record Length (s) Correlated	6 s
Acquisition Sample Rate	2 ms
Polarity	Compression Positive

2.2 Time Processing Workflow

PRE-PROCESSING AND NEAR-SURFACE CORRECTIONS
Load field data
Reconstruct and apply geometry, perform a Geometry Quality Control
First break picking: iterations of picking, tomography and raytracing to define picking guide and automatic picking - final manual editing for optimal picks
Pre-processing: bad shots and traces editing
Refraction (diving wave) tomographic inversion, using all picks, using constraints from upholes
Generation of consistent near-surface velocity models to estimate primary statics
Definition of floating and intermediate datum- computation of primary statics
Decomposition of residuals for refraction-residual statics
Preliminary 2D velocity picking, generation of QC stacks
RESIDUAL STATICS, PROCESSING
First break mute, Surface Wave Attenuation, surface consistent deconvolution, incoherent noise attenuation, signal enhancement, generation of QC stacks
Residual reflection statics
2D stacking velocity picking, generation of QC stacks
Second iteration of residual reflection statics - further iterations if needed, generation of QC stacks
MIGRATION – POST-MIGRATION PROCESSING
High density velocity picking, on full pre-stack Kirchhoff migrated sections
Full pre-stack time migration
RMO precondition, picking and application
Outer mute
TRIM statics applied if beneficial
Structurally oriented denoise (SOD)
Stacking
Post-Stack Enhancement

2.3 Surface Wave Analysis Workflow

Theory

Surface waves, a type of seismic wave that travels along the Earth's surface, are characterised by lower frequencies (typically 0 - 45 Hz) and higher amplitude energy, which often dominates other wave types in seismic data. The signal train of surface waves generally exhibits low velocity (ranging from 100 to 2000 m/s, with potential values up to 4000-5000 m/s) and follows linear or piece-wise linear trends that can be dispersive, meaning they propagate at different phase and group velocities depending on the frequency. The dispersive nature often results in differing dips in linear or piece-wise linear signal trends. Surface waves can be further classified into Rayleigh and Love waves, differentiated by their particle motion: Rayleigh waves move particles in an elliptical, vertical plane, while Love waves exhibit horizontal, side-to-side particle motion. Surface waves are often multi-modal (higher modes often exhibit higher phase-velocities than the fundamental mode for the same frequency band), with the fundamental mode capturing the macro-model of the near-surface S-wave profile, while higher modes provide further refinement of the S-wave velocity, particularly at greater depths.

Initial Data Analysis and Preconditioning

To develop a preliminary understanding of the spatial, temporal, kinematic, and frequency extents of the surface wave energy in the data, an initial analysis of common shot, and common receiver gather data is applied. The operator assesses gathers along each line by analysing F-K and F-phase-velocity dispersion images, alongside frequency-band gathers of the shot record. Once appropriate extents on frequency, wave-number, phase-velocity, offset, and time are obtained, the data is preconditioned to try and best isolate the surface wave energy. This often involves the application of a refraction mute as well. An example of initial data analysis is depicted in Fig. 2.1 showing a single shot-gather, a preliminary dispersion image in phase-velocity - frequency domain, and frequency bands clearly delineating frequencies that encompass surface wave and non-surface wave energy.

Fig. 2.1

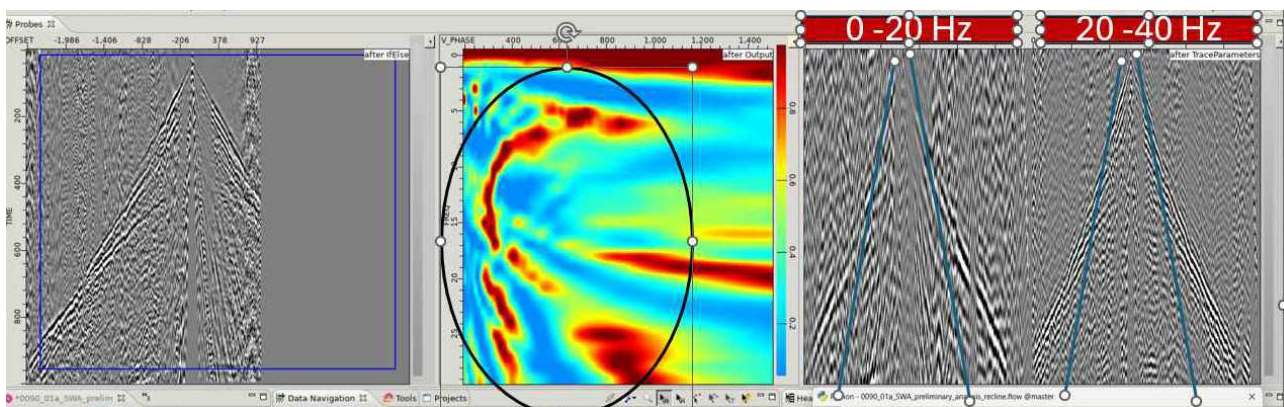


Fig. 2.1. An Example of Preliminary Surface Wave Analysis on CPH23_13

Dispersion Image Analysis

To analyse the dispersion of surface waves, we isolate the fundamental-mode Rayleigh wave phase-velocity curve. We begin by creating dispersion images for each shot and receiver location. The dispersion images contain information about the dispersion energy trends for multiple-modes. Examples of such dispersion images are depicted in Fig. 2.2 - Fig. 2.4 for CPH23_09, 13, and 16 respectively.

Fig. 2.2

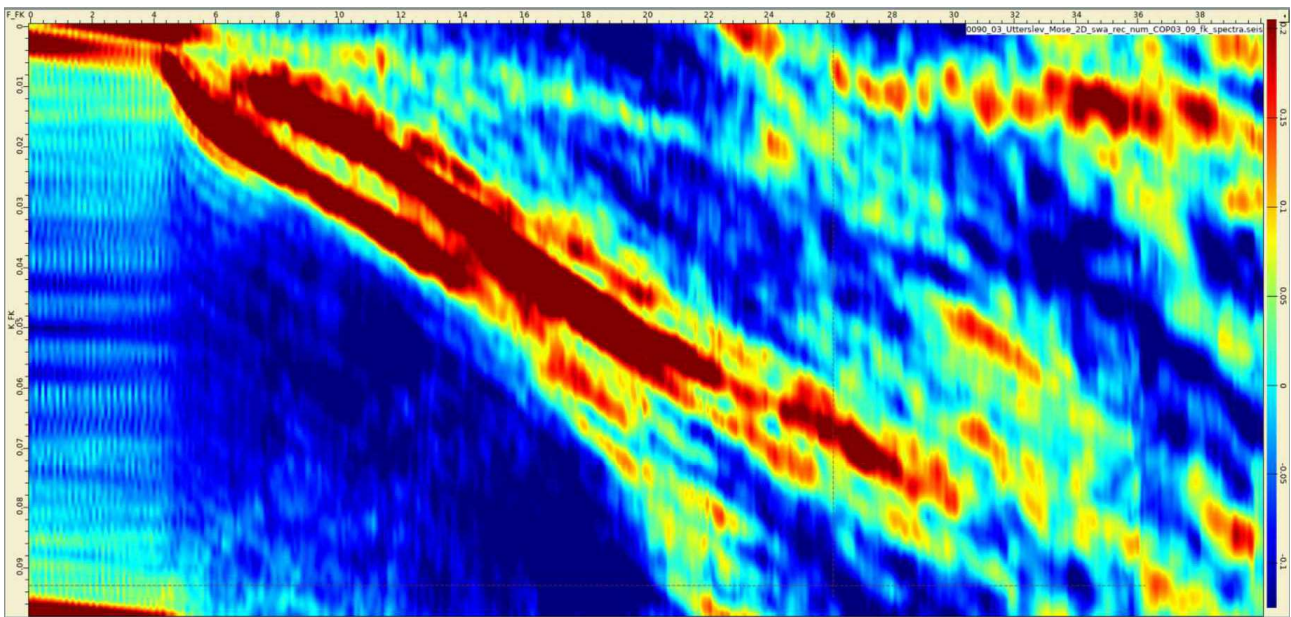


Fig. 2.2. An example Dispersion Image from CPH23_09
Dispersion Image from CPH23_09 with fundamental, and first order modal dispersion energy.

Fig. 2.3

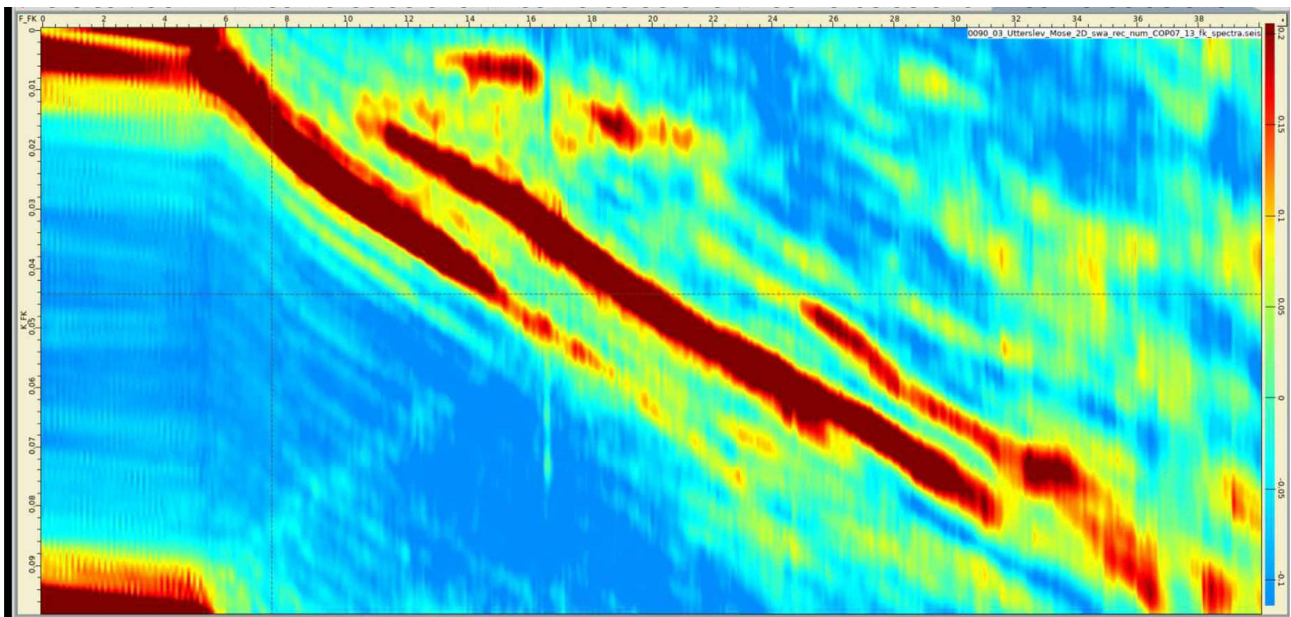


Fig. 2.3. Example Dispersion Image from CPH23_13
Dispersion image from CPH23_13 with fundamental, first order, and second order modal dispersion energy

Fig. 2.4

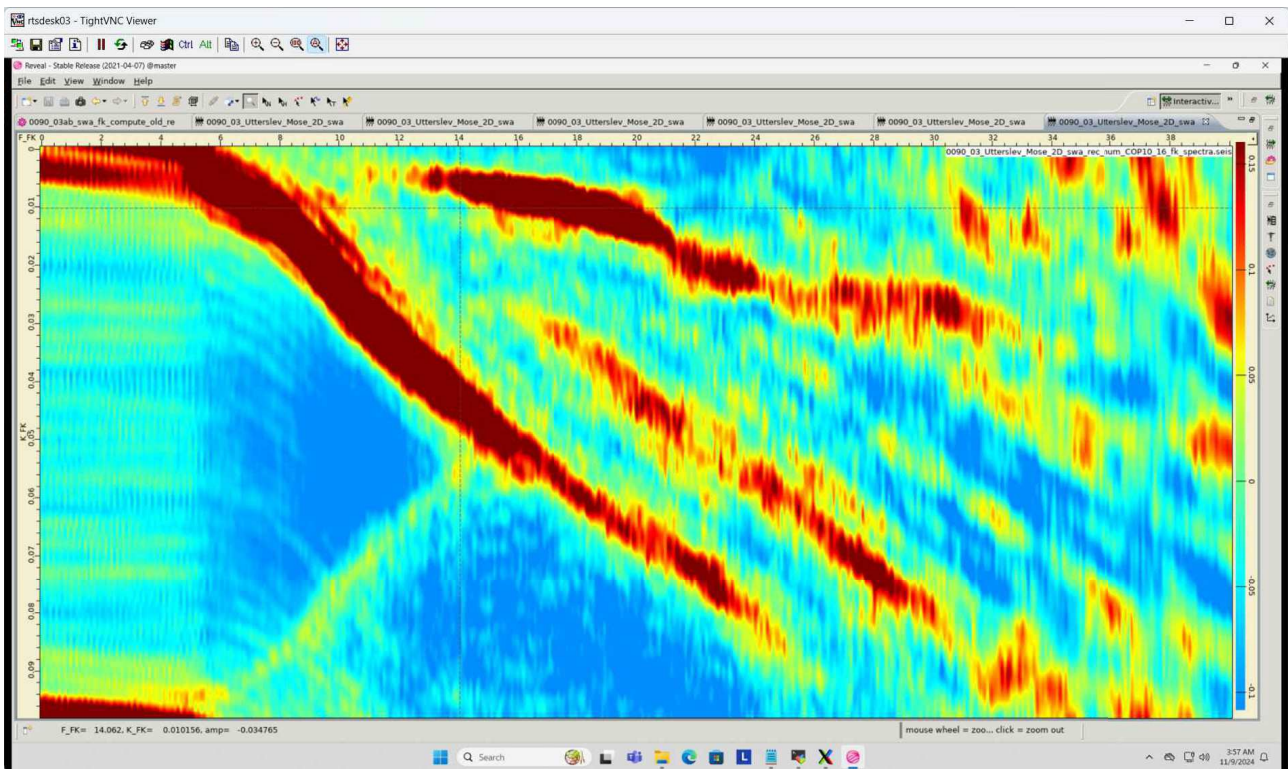


Fig. 2.4. Example Dispersion Image from CPH23_16

Dispersion image from CPH23_16 with fundamental, first order, and second order modal dispersion energy

The quality of the dispersion energy discernment in dispersion images is governed by many factors including, offset, spacing, noise, source, near-surface complexity, and choice of dispersion-imaging transform algorithm used. The fundamental-mode dispersion curve is then manually picked as a guide, followed by an automatic picking process that utilises the manually picked curve as a soft constraint figures; Fig. 2.5 - Fig. 2.8.

Fig. 2.5

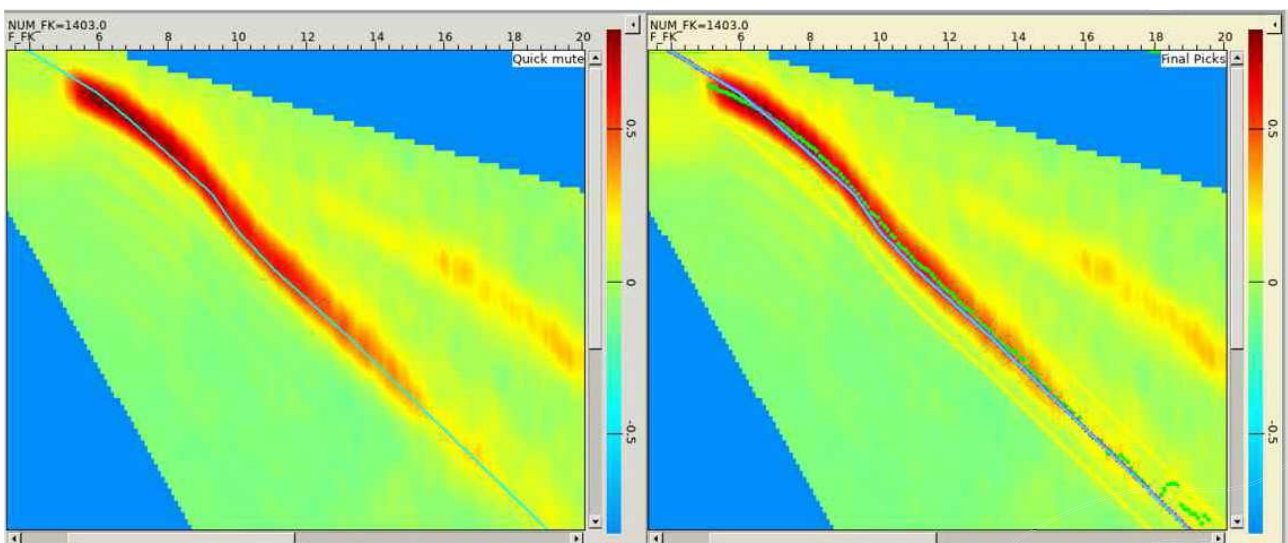


Fig. 2.5. Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse

Fig. 2.6

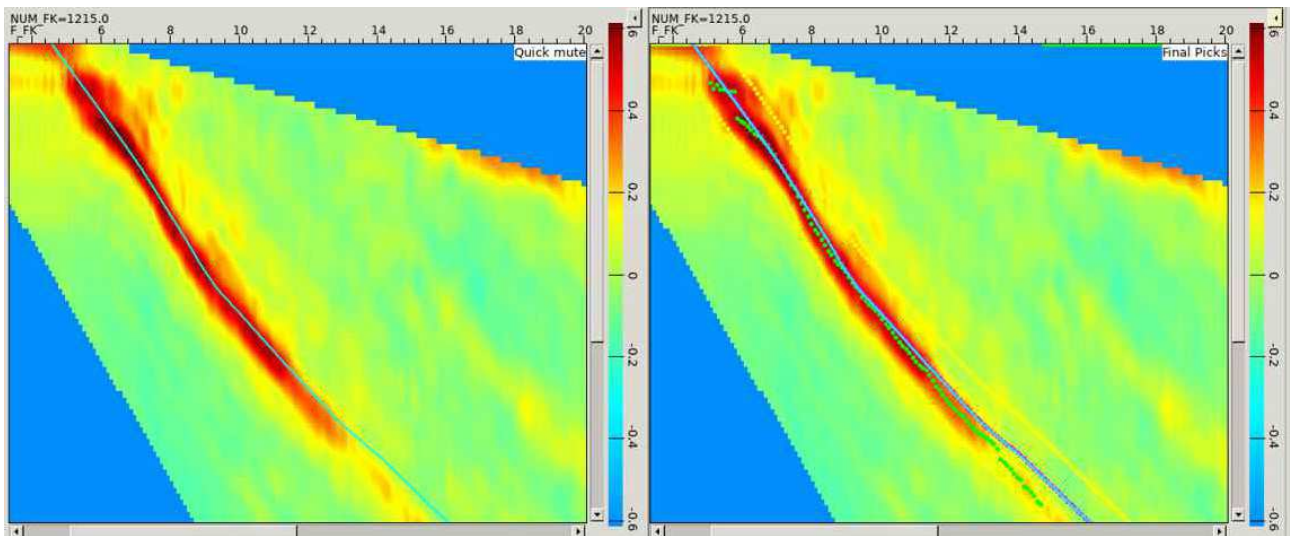


Fig. 2.6. Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse

Fig. 2.7

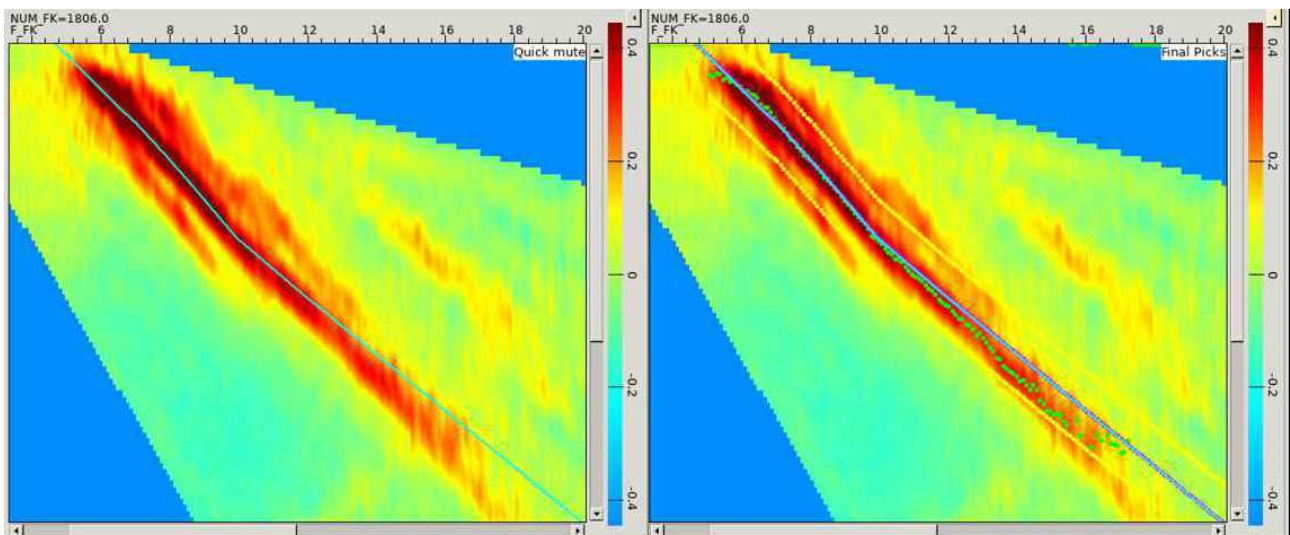


Fig. 2.7. Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse

Fig. 2.8

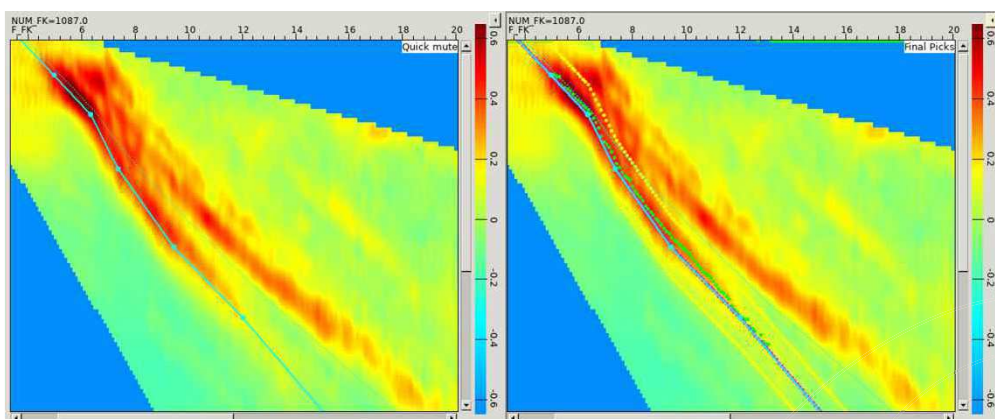


Fig. 2.8. Example of Dispersion Picking on Utterslev Mosse

Dispersion Pick Preconditioning

Once dispersion picks are made for all locations, they undergo a preconditioning process to filter out outliers and bad picks. This filtering process includes an analysis of the picks, followed by outlier muting and filtering. Outliers are identified based on abrupt lateral changes in phase velocity with frequency, unrealistic velocity values, low bin count in phase-velocity-frequency pairs, and wavelength limitations (where certain wavelengths are deemed sparse or unreliable). To remove wavelength bias, we filter picks that are densely packed in terms of wavelength, ensuring a consistent spacing between picks. Examples of the pick-preconditioning for CPH23_13 and CPH23_16 are depicted in Fig. 2.9 - Fig. 2.10.

Fig. 2.9

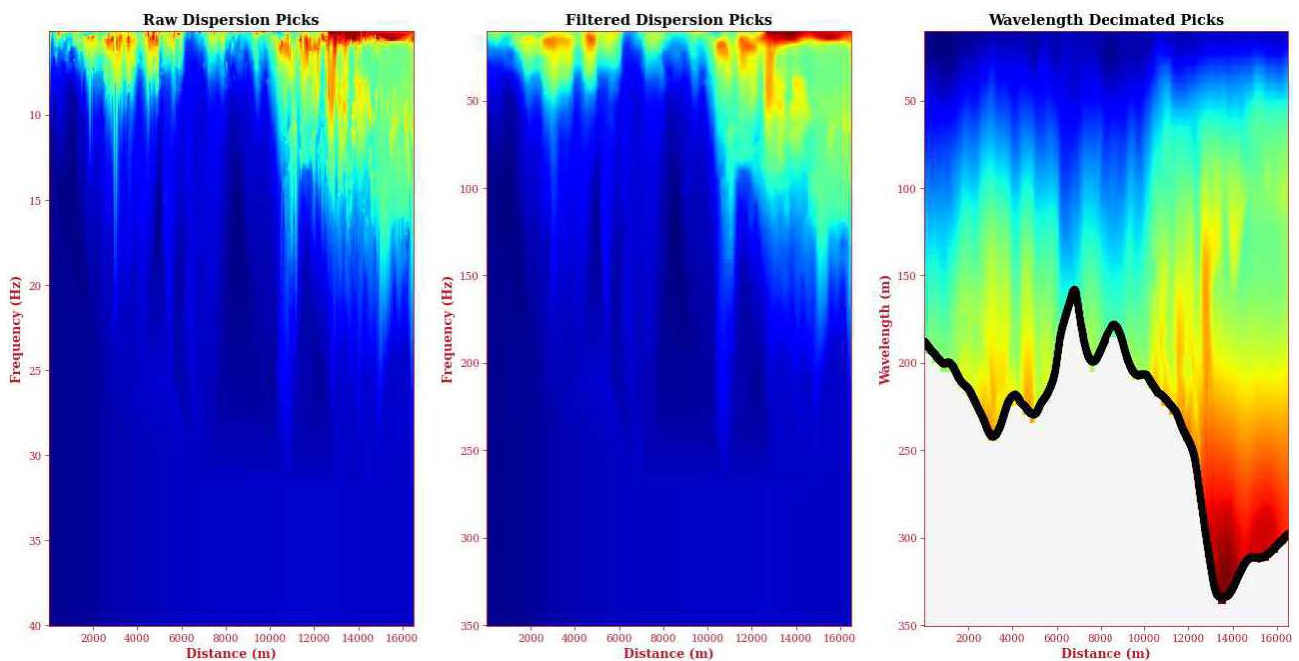


Fig. 2.9. Example of Dispersion Pick Preconditioning for CPH23_13

Fig. 2.10

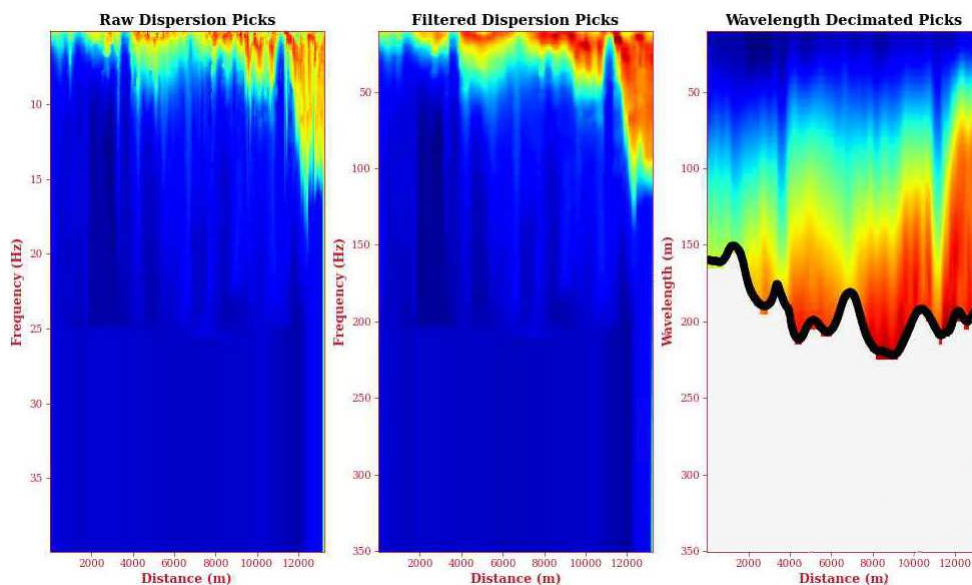


Fig. 2.10. Example of Dispersion Pick Preconditioning for CPH23_16

Surface Wave Inversion

At each location, the preconditioned picks are inverted to obtain a 1D S-wave velocity profile. Dispersion curves at each location of forward modelled with the goal minimising the misfit between modelled dispersion curves and the picked curves. An initial model is produced based off analysis of the wavelength and phase-velocity of the picked dispersion curves at each location. Examples for lines CPH23_9, 13, and 16 of picked, inversion modelled, and initial dispersion curves are displayed in Fig. 2.11 - Fig. 2.13 respectively. These individual 1D profiles are combined to create a 2D near-surface S-wave velocity model. The depth of investigation is used to mute unreliable S-wave velocities in the half-space, and the model is adjusted to elevation with S-wave velocities above the surface set to 0 m/s, representing the S-wave velocity of air.

Fig. 2.11

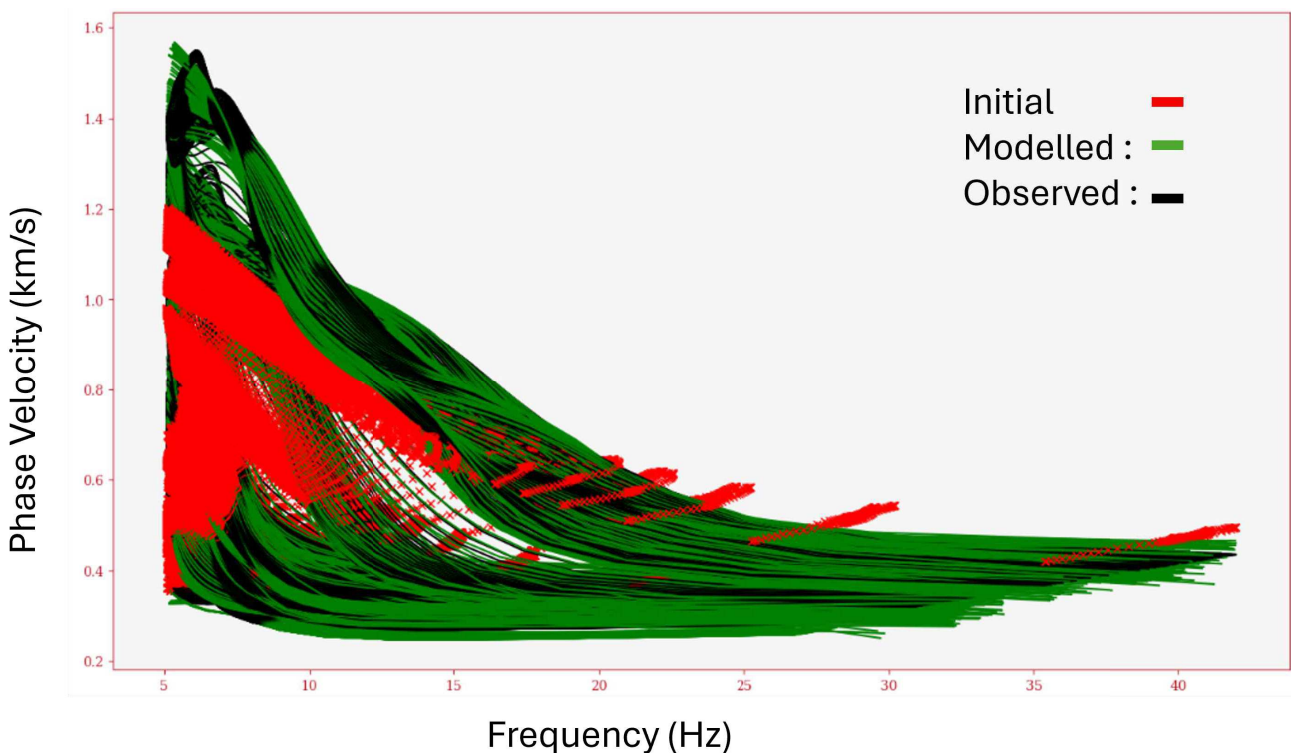


Fig. 2.11. Overlay of Picked, Inversion Modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_09

Fig. 2.12

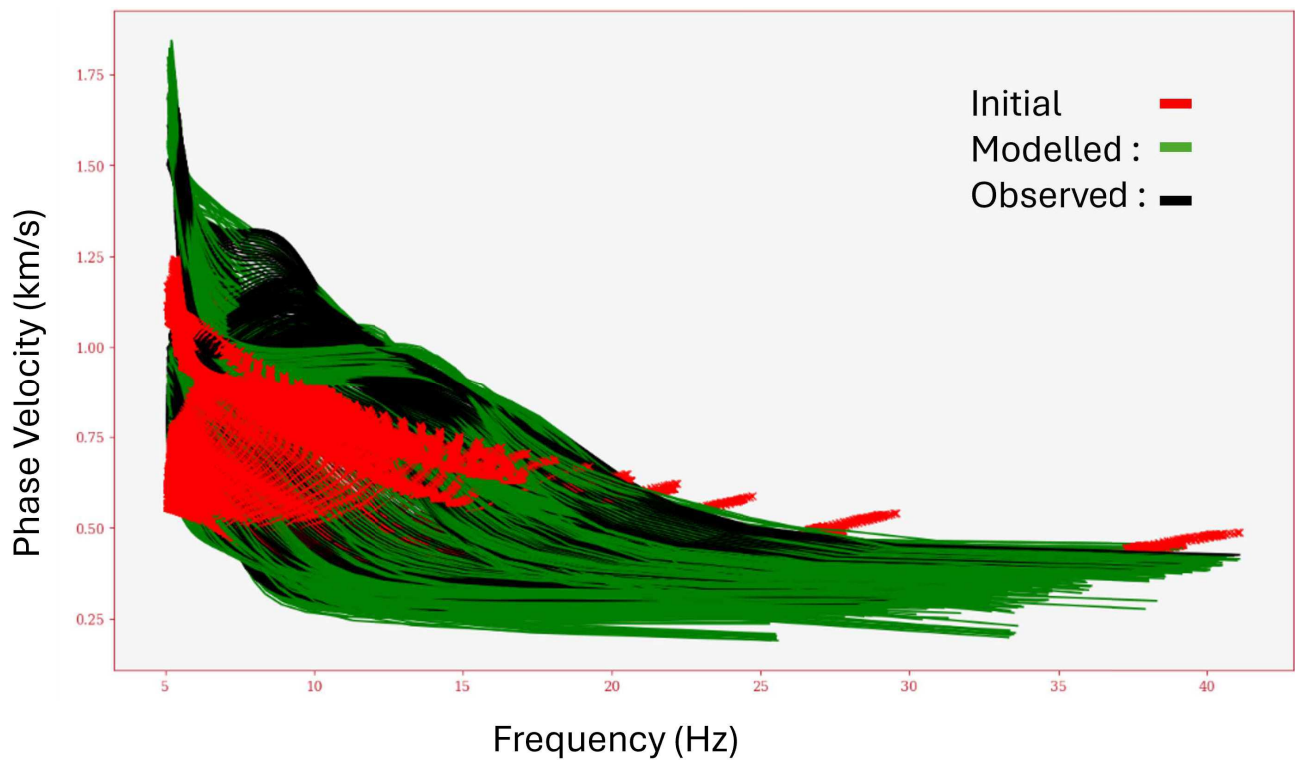


Fig. 2.12. Overlay of picked, Inversion modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_13

Fig. 2.13

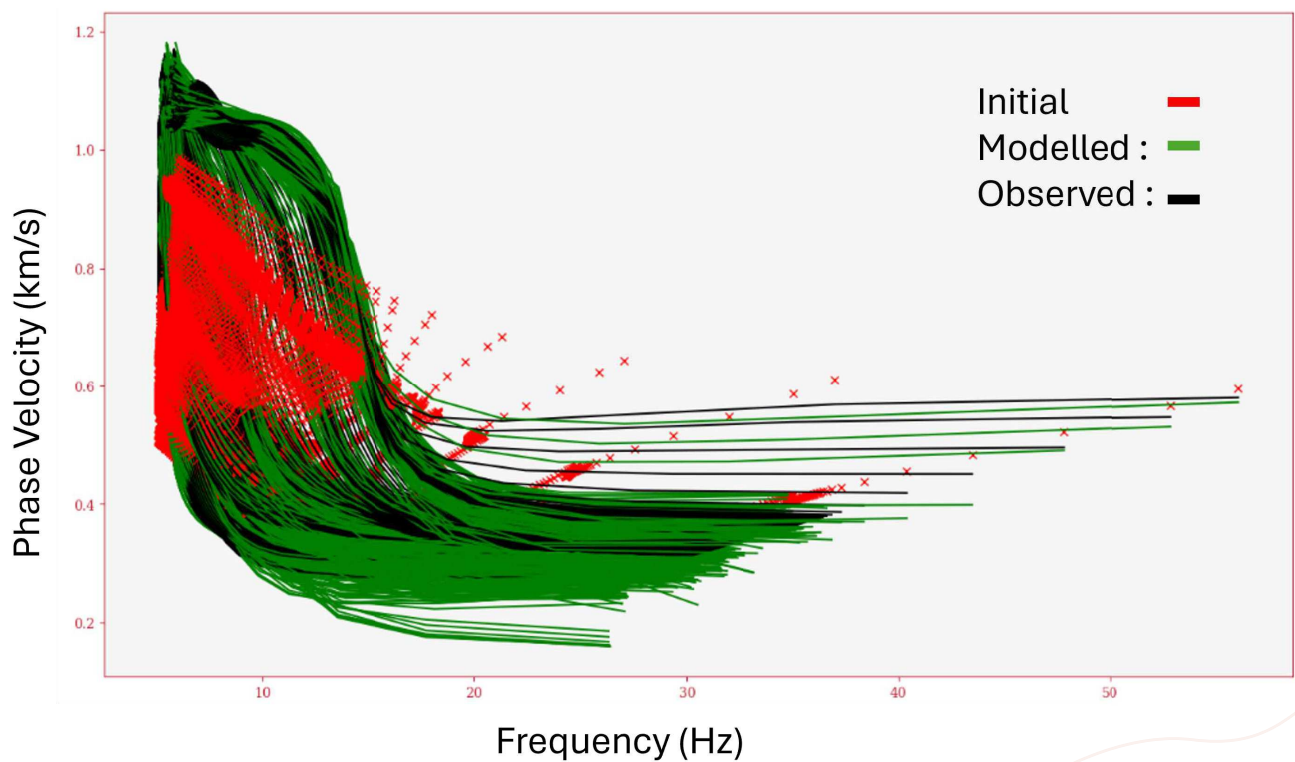


Fig. 2.13. Overlay of picked, Inversion modelled, and Initial Modelled Dispersion Curves for CPH23_16

2.4 QC Methodology

Quality Control

RTS presents the following QA/QC guidelines that will be implemented during the project, and which are general guidelines followed by RTS on every project:

1. Analyse and diagnose data to recognize issues – adapt flow and parameter accordingly
2. Give a full account of the processes and procedures
3. Justify job flow design
4. Justify processes parameter choice
5. Check consistency of production run with test results
6. Verify the results:
 - Use before, after and difference plots
 - View stacks
 - Compare results to previous processing efforts to ensure the quality is moving forward

RTS will conduct internal QC and QA of all testing and production.

The QC procedures depend on the steps and on their roles in the sequence: the assessment of the performance of the different steps will be conducted by comparing shot gathers, unmigrated and migrated stacks, superimposing velocities over sections, displaying before-after displays, producing interactive presentations allowing the navigation between options.



3 PROCESSING RESULTS

3.1 Data Quality, Processing Challenges and Solutions

The Data was of excellent quality with a good signal-to-noise ratio, however the signal had a strong component of surface waves, fortunately for the section of 0 - 500 ms, the impact of these surface waves is less and the incoherent noise level is found to be very high at some areas. Data was received correlated and sorted in common shot gathers and in segd format with the geometry already applied and stored in the headers.

3.2 Data Analysis

An analysis of the data identified key challenges to be handled in the processing (Fig. 3.1):

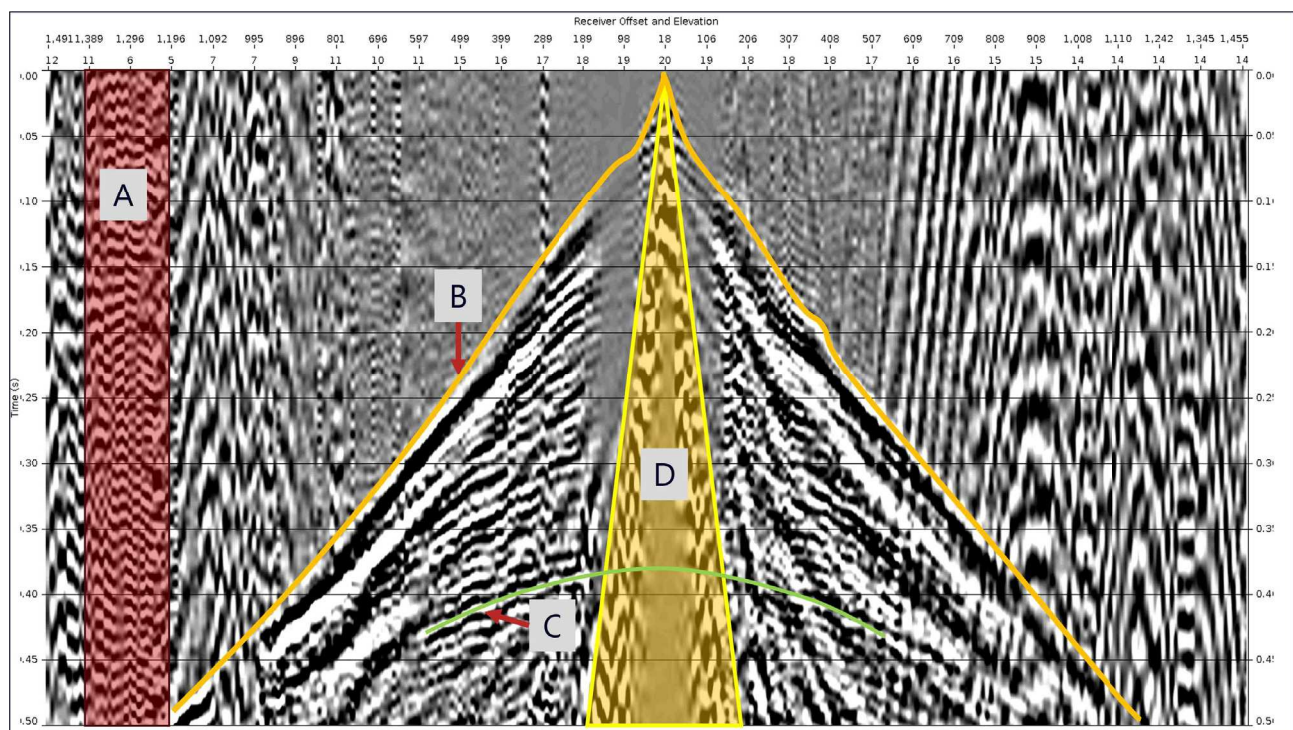


Fig. 3.1. Data Inspection and analysis

- Incoherent noise (A) is present throughout, on some areas the noise levels is as high as the signal level.
- The first arrivals (B) are well-defined which allows an accurate first break picking.
- The near-surface is well-behaved with mild static perturbations. Sub-weathering is well characterised despite the limited offset range (<1500 metres) that the 500 ms of data allowed.
- The coherent noise consists primarily of low-velocity Rayleigh surface-waves, indicated in yellow (D).
- Primary reflections are well-defined in the pre-stack data (C) and are only mildly hindered by coherent and incoherent noise.

The overall quality of the raw data was found to be good and adequate to reach the processing objectives.

3.3 Processing Sequence

3.3.1 Geometry Reconstruction

All received data were analysed systematically for all lines. The geometry was built from segd headers, then verified by analysing the coordinates and elevations of each station from the headers of the created geometry shots. The geometry shots were also examined with and without linear move out (LMO) in shot, receiver and offset domain as shown in Fig. 3.2, to ascertain whether any geometry errors were present. In the event of a geometry error, the support information was reviewed, and the geom shots recreated when the issue was rectified.

Fig. 3.3 Shows a typical shot point with a spectrum computation. An AGC (Automatic Gain Control) is applied on the seismic displays so see the level of organised signal and coherent noises versus the background noise. The frequency content appears to be between 5 and 96 Hz in this case. Low velocity coherent noise representing the Rayleigh surface waves is present in the near offsets, clear reflection events are present down to 400ms despite the presence of noisy traces throughout the record. The reflectivity is even more apparent in the record post-AGC. The refraction energy exhibits a high degree of clarity and distinctiveness especially in the near offsets, allowing for easy identification and accurate characterization.

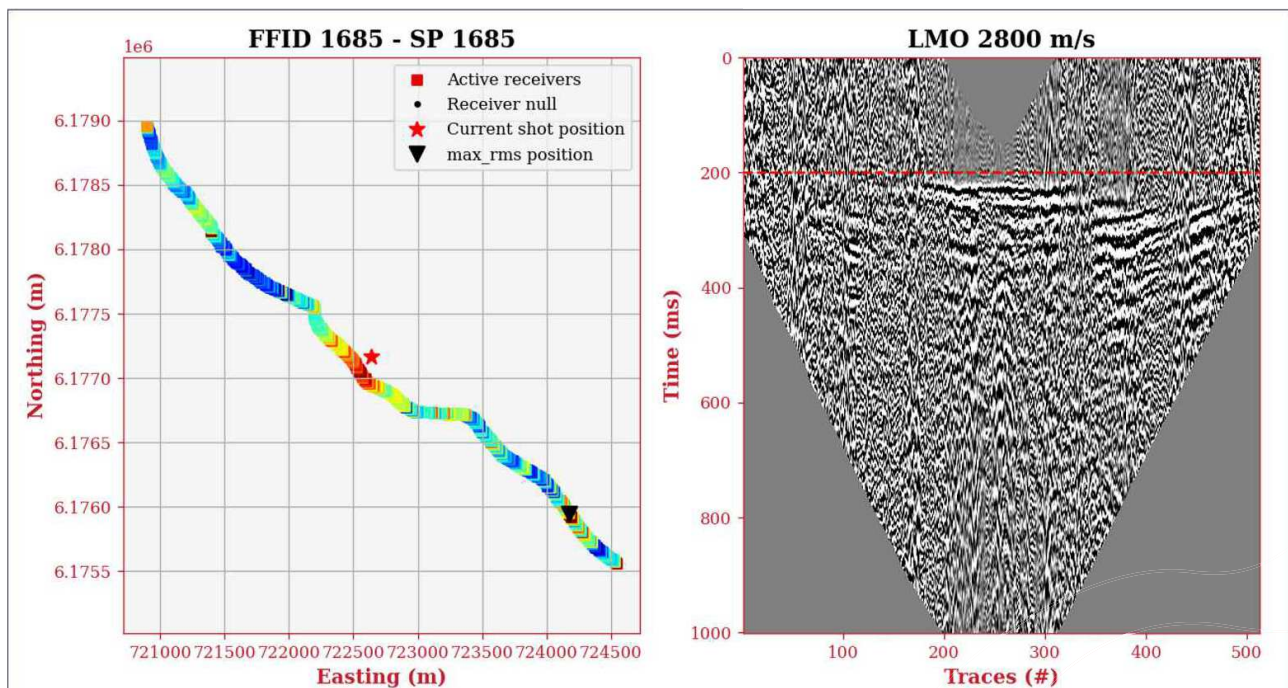


Fig. 3.2. Shot ID 1685 from line CPH23-09 energy rms distribution (left) and traces after a linear move out application (right).

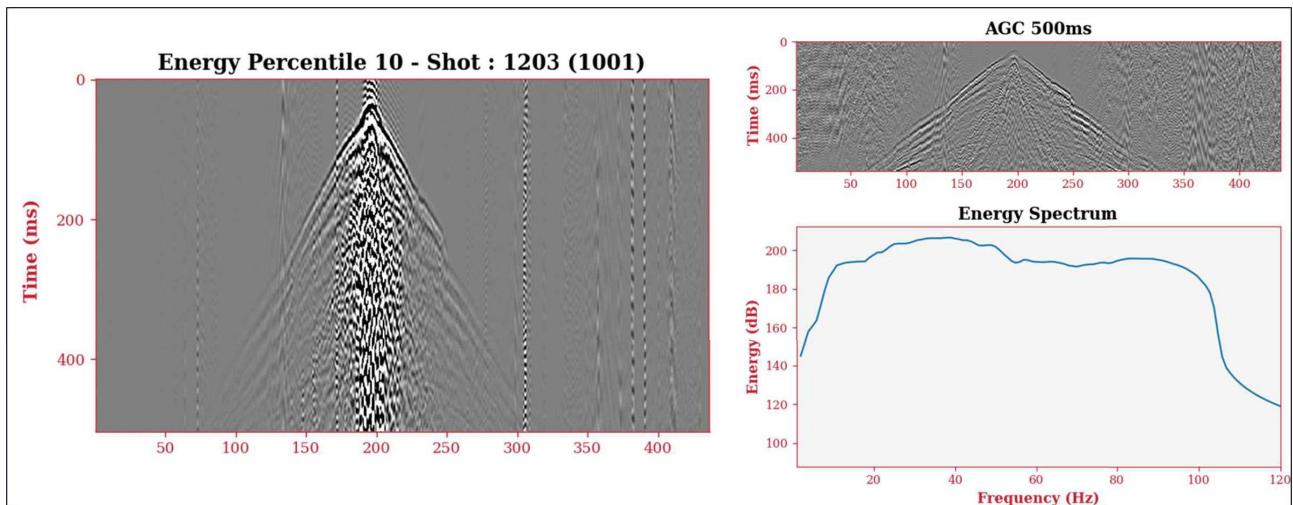


Fig. 3.3. Shot record, pre and post AGC and accompanying Frequency Spectrum

3.3.2 First Break Picking and Near Surface Tomography

The first break picking was performed automatically, checked and updated manually. Data were inspected in common shot, common receiver and common offset domains. During this stage, the trace editing was performed: the editing included the editing of noise bursts, dead traces due to skipped receivers and so on. An example of a picked common offset gather is shown in Fig. 3.4.

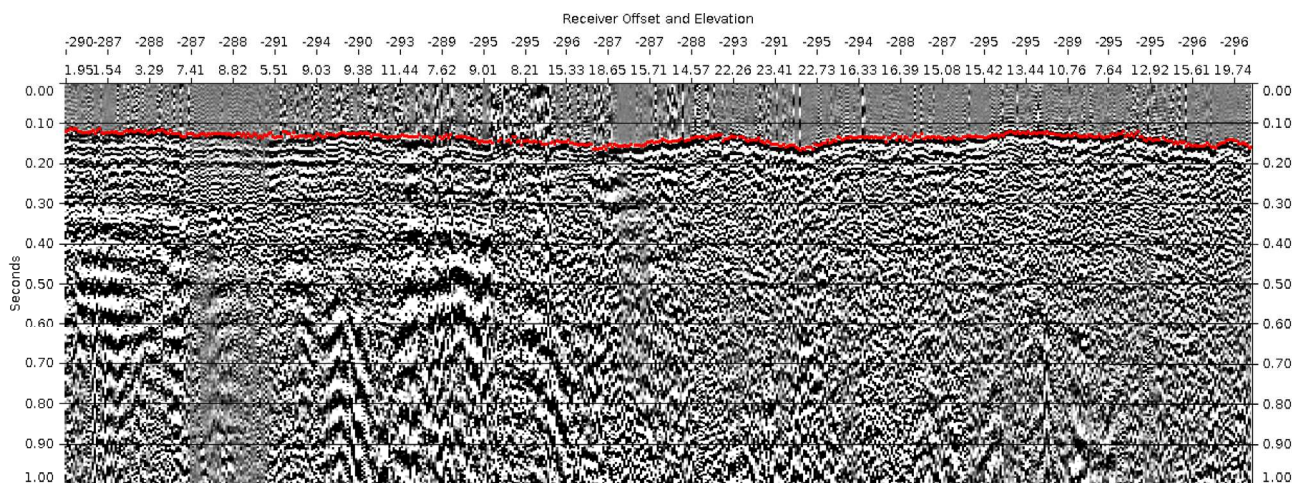


Fig. 3.4. First break picking in common offset domain for line CPH23_13

After the first-arrival picks were validated, the velocity-depth model for the near-surface was estimated. The RMS misfit plots for each shot allowed to check the difference between the computed and the actual picked travel times. Once the final velocity-depth model for the near-surface was determined (Fig. 3.5), the intermediate and floating datum can be defined. The intermediate datum (representing the interface between the near surface with relatively low velocities and the subsurface with higher velocities) is positioned. The floating datum (the main processing reference) was obtained converting to time a smoother form of the topography.

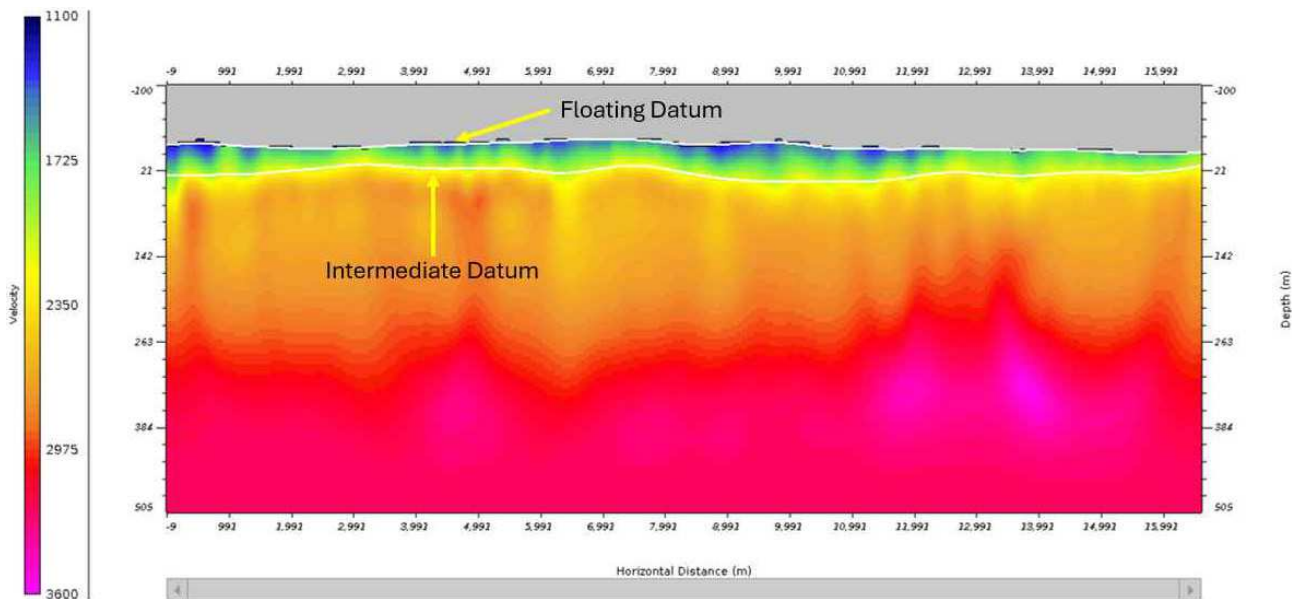


Fig. 3.5. Near-surface velocity depth model for line CPH23_13

3.3.3 Pre-Conditioning up to Velocity Analysis

3.3.3.1 First Break Mute

The goal of applying a First Break (FB) mute is to remove the noise recorded before the first breaks but not only: the direct wave and the refracted wave, which are considered as coherent noises in this case, are also attenuated with the use of a taper, but since the target is very shallow the mute is performed with caution in order to preserve the very shallow reflections. An example of FB muting is depicted in Fig. 3.6

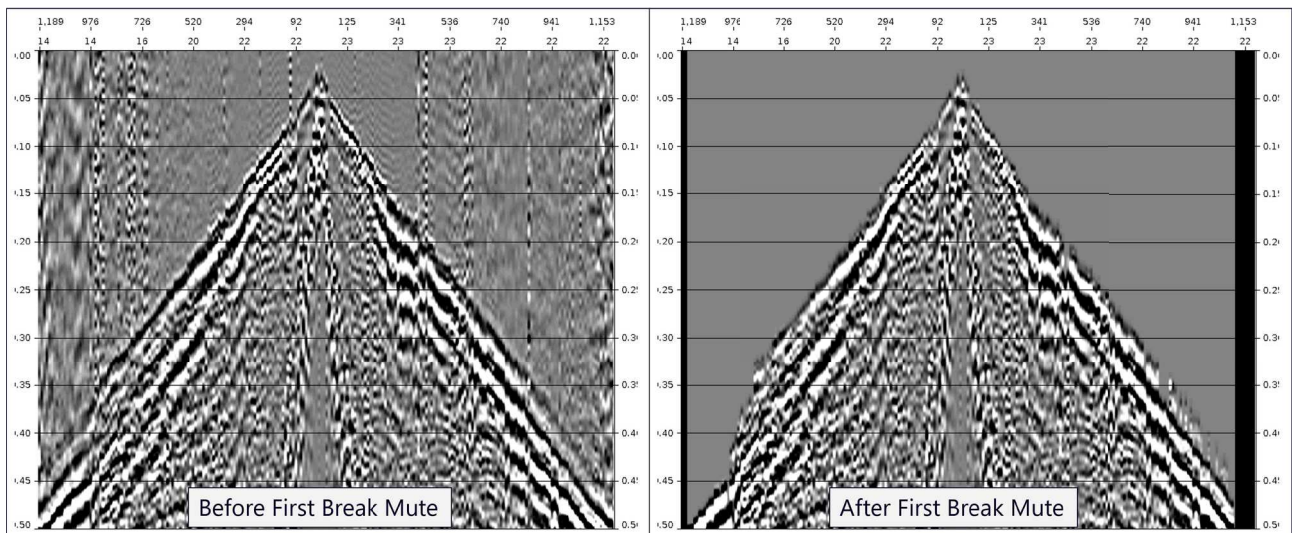


Fig. 3.6. An example of FB muting applied to a shot in line CPH23_13

Application of an FB mute has removed most of the refraction energy as well as first arrival reverberations and ambient noise at times before the first arrivals.

3.3.3.2 Primary Statics

After having defined the near-surface model, the floating and intermediate datums, and the replacement velocity, the shot and receiver surface-consistent statics are computed and applied to each trace.

This is done in two steps. The first step is the determination and application of primary refraction statics (Fig. 3.7). The second step is the determination and application of refraction residual statics.

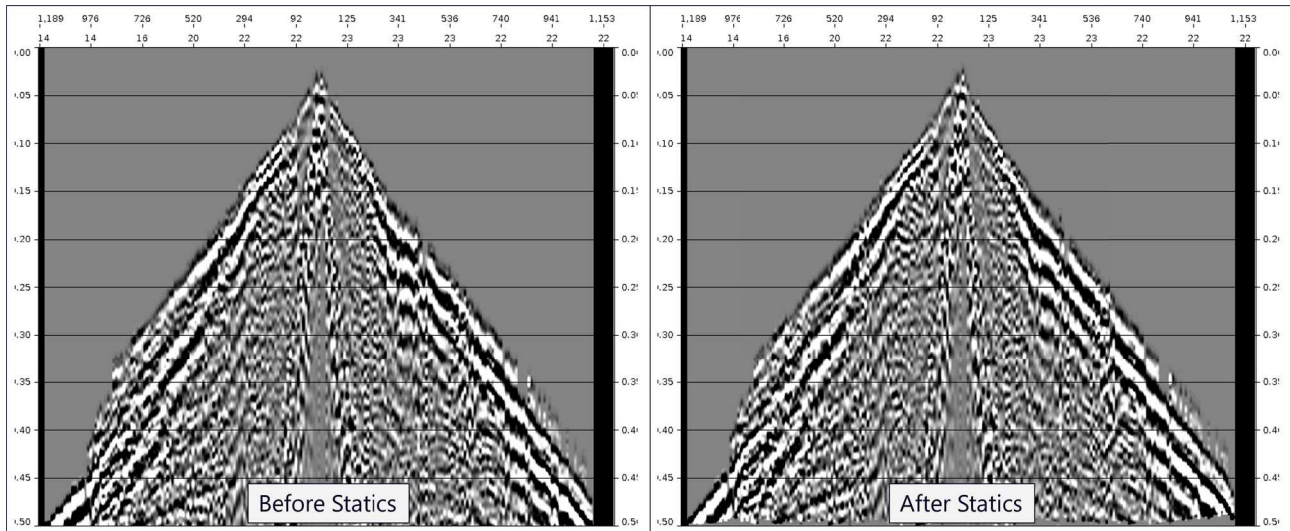


Fig. 3.7. Example of application of primary refraction and reflection residual statics to a shot record post FB mute. An example of the application of primary refraction and reflection residual statics is depicted applied to a shot gather from line HS84_H.

3.3.3.3 Surface Wave Attenuation

Surface wave attenuation is the removal of the Rayleigh surface waves (direct and scattered), with the best possible signal protection.

It starts by performing a preliminary analysis of the data that aimed at the estimation of the surface wave properties such as phase velocity and the frequency in which the surface waves are ranging. These parameters were used to tune the noise attenuation function.

Surface Waves are fairly apparent in this acquisition. Fig. 3.8 Depicts a processed shot record before and after the surface wave attenuation. Amongst other processing effects, the Rayleigh surface waves have been heavily attenuated and a noticeable improvement in near-offset reflection energy is observable.

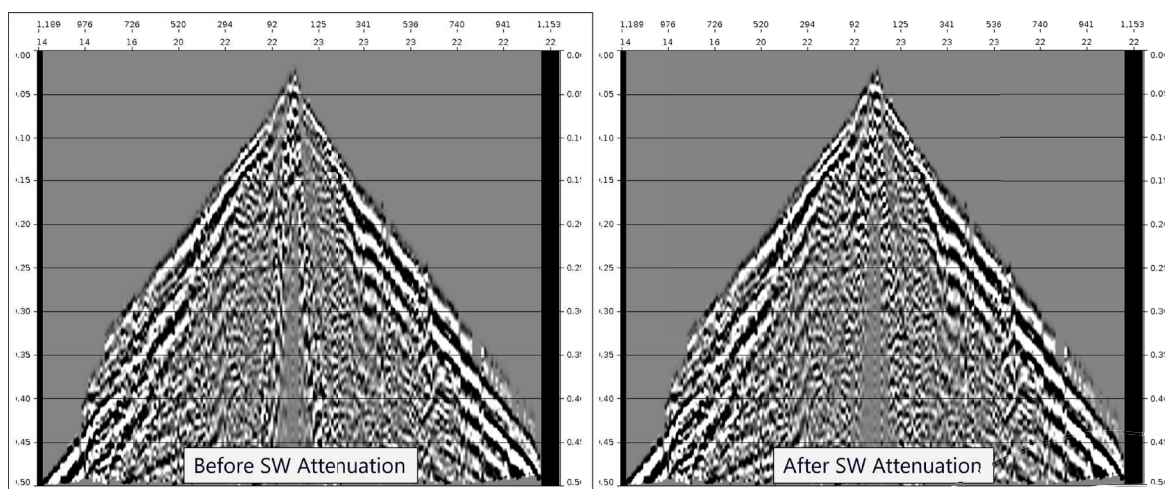


Fig. 3.8. Depiction of surface-wave noise removal
The surface wave in question (direct Rayleigh wave) has been heavily attenuated making it possible to better delineate signal in the near offsets. This example shows a shot gather on line HS84_H.

3.3.3.4 Surface Consistent Deconvolution

The surface consistent deconvolution is always a crucial step. It helps improve the temporal resolution, compressing the wavelet, removing reverberations and short period multiples, and as a by-product attenuating noise. It is a key parameter in removing the laterally variant wavelet distortions and to extract meaningful attributes. By choosing a very short gap, surface consistent deconvolution can greatly help to maximise the resolution through wavelet compression. However, being too aggressive can lead to undesired effects (signal leakage, signal smear, noise enhancement, etc.).

The final set of parameters was decided looking at the final migration, reviewing the parameters to improve the resolution.

Table 3.1. Surface Consistent Deconvolution Parameters

Parameter	Value
Operator length	160ms
Gap length	8ms
Pre-whitening	1%

An example of the resultant deconvolution on a shot record from line CPH23_14 is depicted in Fig. 3.9

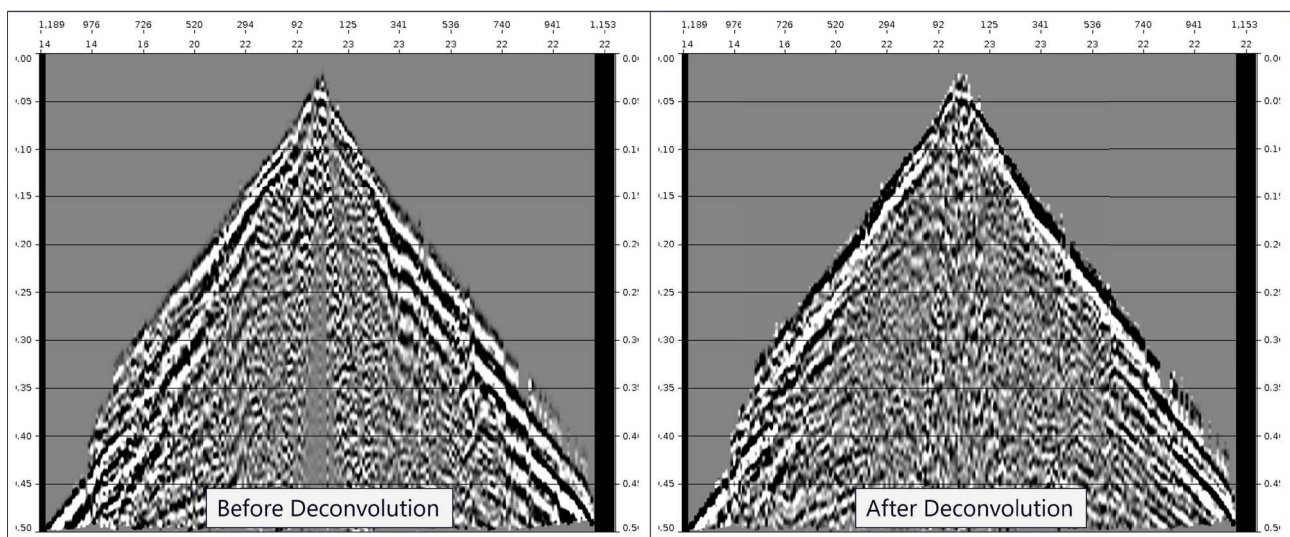


Fig. 3.9. An example of deconvolution application

The wavelet compression (spectral whitening) resulting from deconvolution is apparent when comparing the Amplitude spectra. This manifests in the data as sharpness (more compression) in the desired signal.

3.3.3.5 Denoising And Signal Enhancement

Different levels of denoising were compared in the course of the project. What is referred to as denoising consists of multiple steps of coherent noise attenuation and signal enhancement in shot domain, receiver domain and offset domain.

Fig. 3.10 shows a shot gather before and after processing.

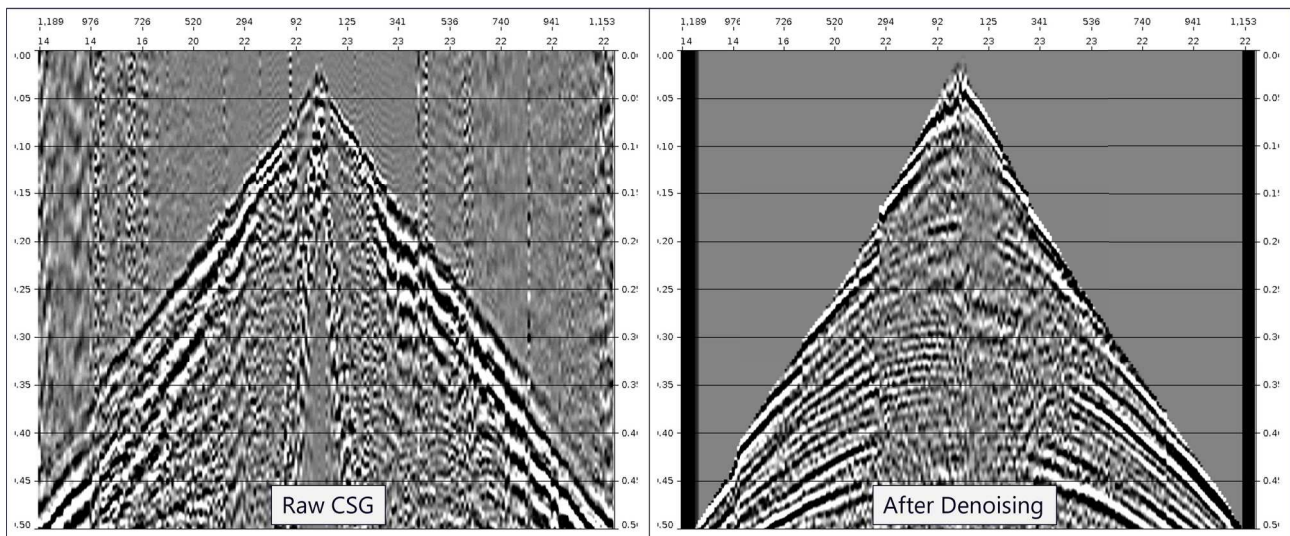


Fig. 3.10. A comparison of a raw and pre-conditioned shot record

An example of a shot record before and after pre-conditioning/ processing. The processed record is now well-balanced, sharp, and denoised (reflection energy is far more apparent and coherent noise is heavily suppressed).

3.3.4 Velocity Analysis for Stacking and Migration

Even when the velocity field is not particularly tricky, the velocity picking stage requires a very high attention to detail, since it is a very important step for the entire processing project.

In this reprocessing test, the importance of the velocity picking was detected at the analysis stage, and the high sensitivity comes from the geological content, the geophysical attributes and from the data peculiarities. The poor quality of the near-offset data creates unbalanced gathers resulting in a very high sensitivity to the velocity.

In order to deliver an accurate, dense velocity field, the following approach was implemented.

A constant-velocity stack cube is generated, and the velocity is picked on conventional CMP velocity semblance plots, but also on horizon consistent semblance plots. The conventional semblance plots can sometimes be difficult to pick in noisy areas, on the edges of the survey. When this happens, the horizon consistent velocity picking function can be very helpful. The horizon consistent velocity picking is based on the analysis of constant velocity stacks (sections in 2D and cubes in 3D), on the identification of horizons with high reflectivity, and on the picking of the semblance along these events. Fig. 3.11 shows the interface of the software used that allows to pick velocity along horizons/strands.

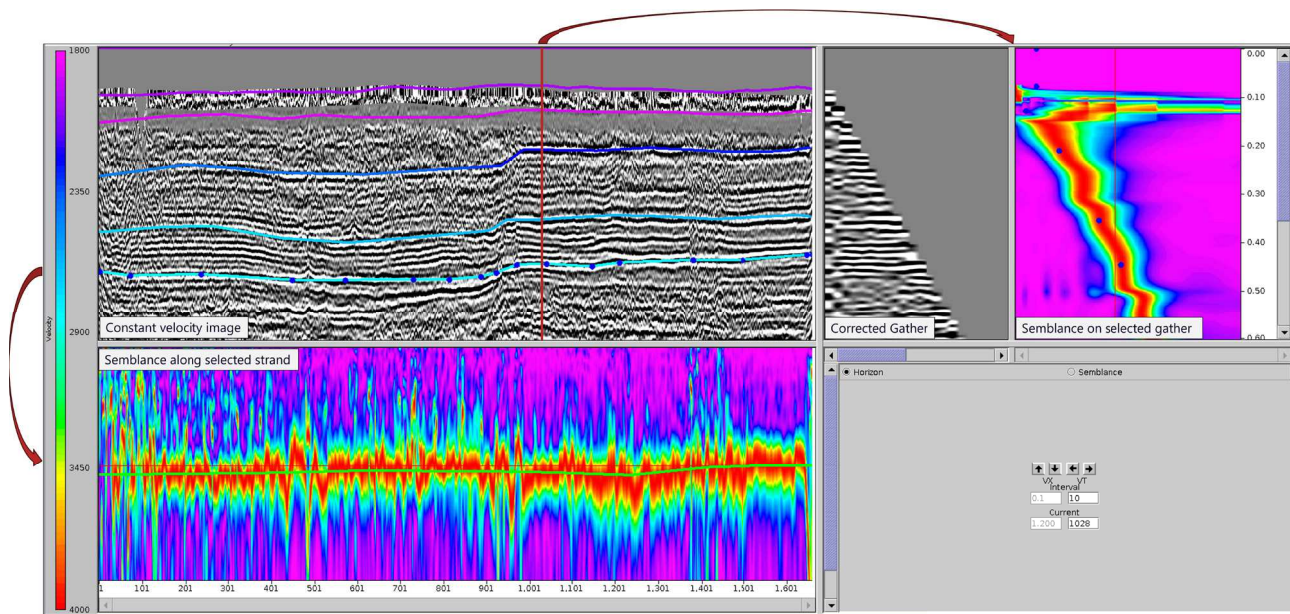


Fig. 3.11. Line CPH23_13: Time domain migration velocity analysis example

A depiction of the picked strands/horizons for the time domain migration (RMS) velocity analysis of line CPH23_13. Strands/horizons are picked using constant velocity Kirchhoff PSTM images (left) as a data-driven guide for the picker. Picking is also facilitated by the time-velocity semblance spectrum (right). The picks are geologically consistent and the velocity trends appear reasonable. There is good agreement between the horizon picks and the trend of the semblance spectrum maxima.

Stacks and PSTM migration images were produced. Stack is the result of summing the information sorted in Common Mid Point after NMO correction. Stack assumes earth is a 1D model, and it is one of the reasons why it is considered inaccurate. Stack corresponds to a zero offset response where the reflectivity along the trace is assumed to come from the vertical of the trace. This assumption falls apart in dipping environment.

Nevertheless, stacks are always produced because they are used for computing residual reflection statics. Additionally, they represent a first level benchmark for imaging.

3.3.5 Kirchhoff Pre-Stack Time Migration (Pre-STM)

To migrate the data in time, the latest RMS migration velocity model was used for ray-tracing.

Kirchhoff migration is an imaging process that repositions correctly the reflectivity in space and allows a proper imaging process, in particular collapsing the diffractions to their point of origin. The reflectivity along the trace is no more assumed to come from an event at the vertical of the mid point like for a Zero Offset Stack, but can come from anywhere in the 2D space. The process used here is called Pre-Stack Time Migration (PSTM) because the summation of the information is made after migrating multiple class offsets, each of them providing its contribution as a trace in the CIGs. After migration, the CIGs are summed together (stacked) to obtain a single trace, properly positioned in the 2D/3D space.

A comparison between Stack image and KPre-STM image for the same line is presented in Fig. 3.12. By incorporating information from neighbouring traces and accounting for the dip and curvature of the reflectors, the PSTM migration operator is capable of suppressing unwanted noise and artefacts that may be present in the Stack image. As a result, the PSTM image exhibits reduced noise levels, offering a clearer and more reliable representation of the subsurface features and reflections.

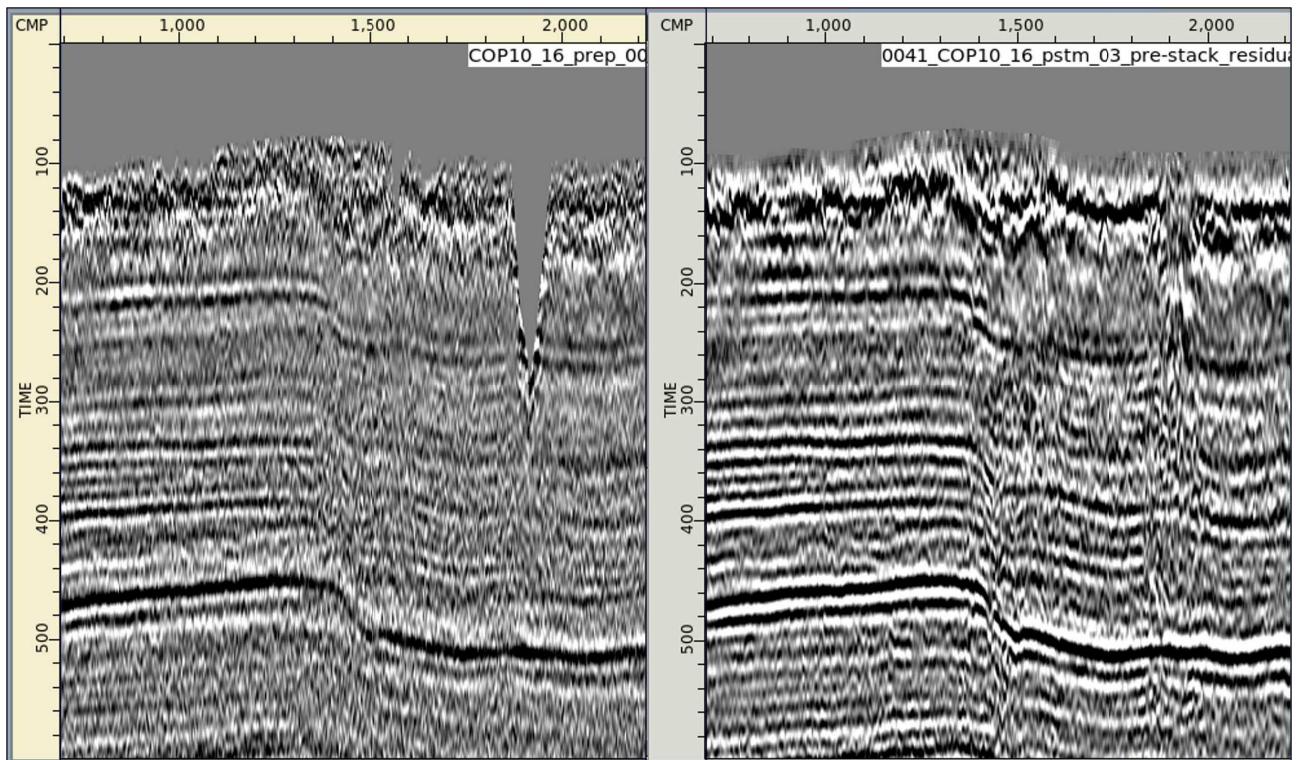


Fig. 3.12. Line CPH23_16: comparison between zero-offset stack and Kirchhoff Pre-Stack Time Migration

The Kirchhoff Pre-Stack Time Migration (KPre-STM) algorithm was used to generate the time-migrated sections. This algorithm produces a migrated image and the associated Common Image Point gathers (CIG), representing the migrated traces at different offsets (these CIGs can be defined as a migrated representation of the CMP, Common Mid Point gathers). The migration, when the RMS velocity is correct, produces flat gathers on the CIGs collection.

The migration was run in shot domain.

At this stage, the intersections are checked to make sure that the consistency of the statics is preserved. Fig. 3.13 illustrates the three intersections of the Utterslev Mose reprocessing project, the intersection points are represented with the vertical orange lines where we can clearly see the nearly perfect tie between the three lines.

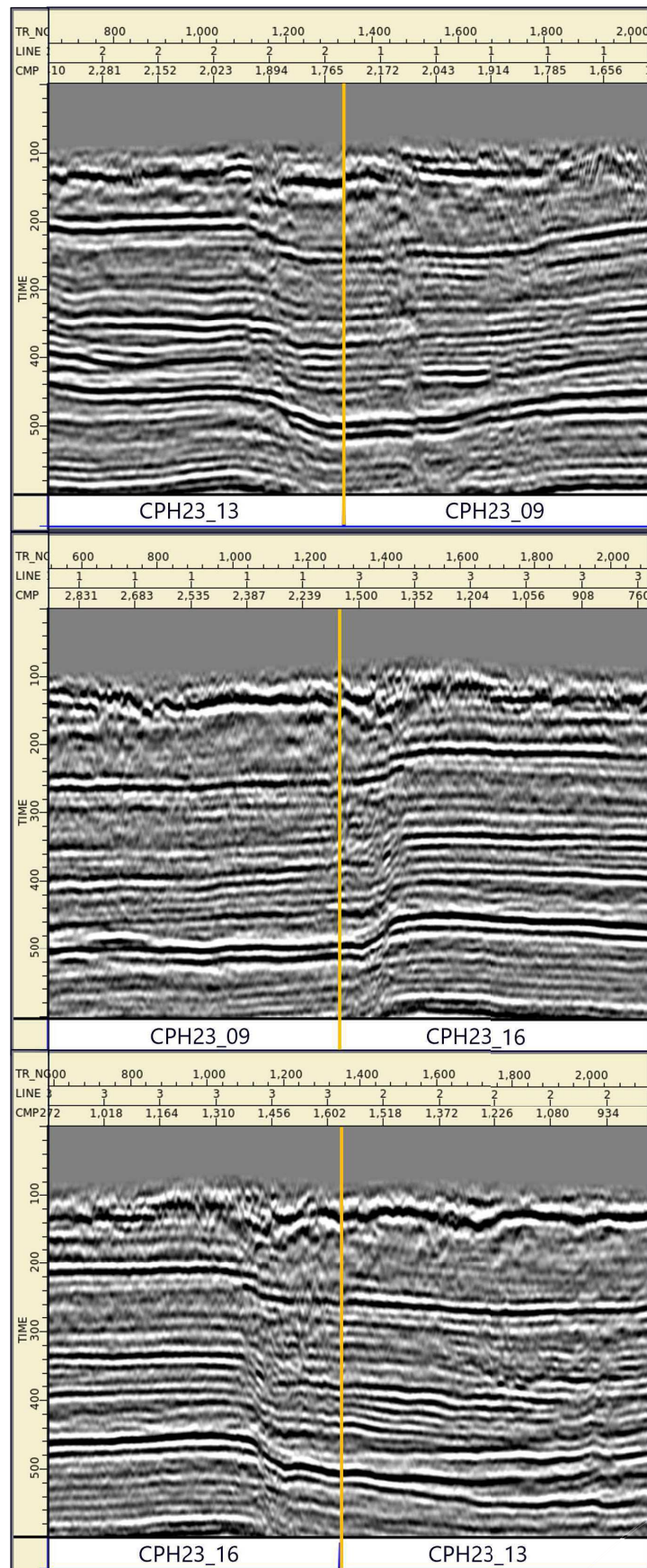


Fig. 3.13. Utterslev Mose 2D migrated stacks intersections

3.3.6 Post-Processing

After migrating the data, a post-processing sequence is performed to correct for residual move-out, migration noises or artefacts and residual noises. It is carried out as the final step of imaging enhancement. It is comprised of a set of steps applied in the CIG domain

3.3.6.1 RMO (Residual Move-Out)

A residual move-out correction was picked and applied in order to improve the gather flattening and the stack power.

A very mild RMO was applied, since the PSTM velocity was picked very carefully and densely.

Fig. 3.14 shows how the RMO correction effect on migrated gathers where the flattening of the gathers is considerably improv.

3.3.6.2 Structure Oriented Denoise

The Structure-Oriented-Denoise (SOD) is applied for enhancing useful reflections by removing dipping random noise of seismic data. Fig. 3.15 displays the SOD effect on a portion of line CPH23_16.

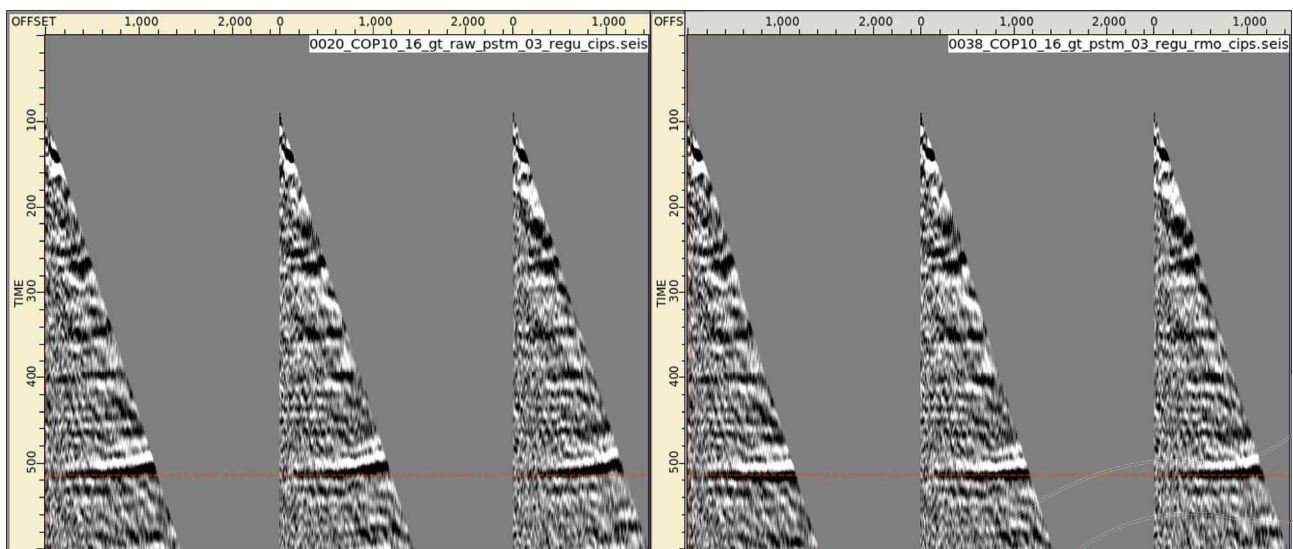


Fig. 3.14. Zoom on RMO effect on the migrated gathers of the line CPH23_16.
Left: Migrated gathers before residual move-out correction.
Right: Migrated gathers after residual move-out correction.

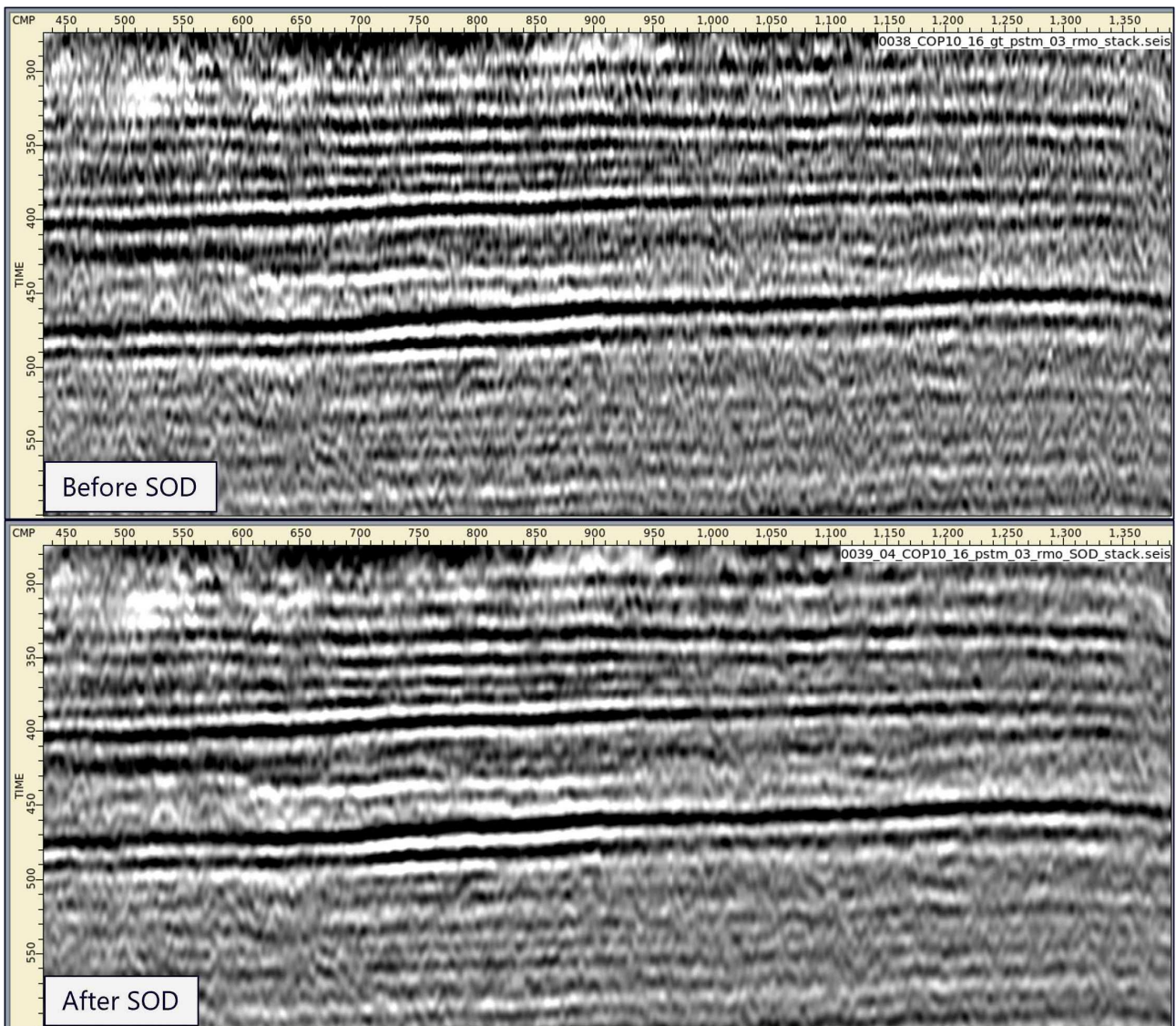


Fig. 3.15. SOD effect on line CPH23_16
Before applying SOD (Top), and after (Bottom)

3.3.6.3 Pre-Stack Enhancement

The traces within each image point gather were enhanced and filtered, then stacked to form a single output trace. The traces can be uniformly weighted or weighted by offset dependent scale factors if supplied. In this case the resultant trace was normalised sample by sample using the function $(1/n)$.

Fig. 3.16

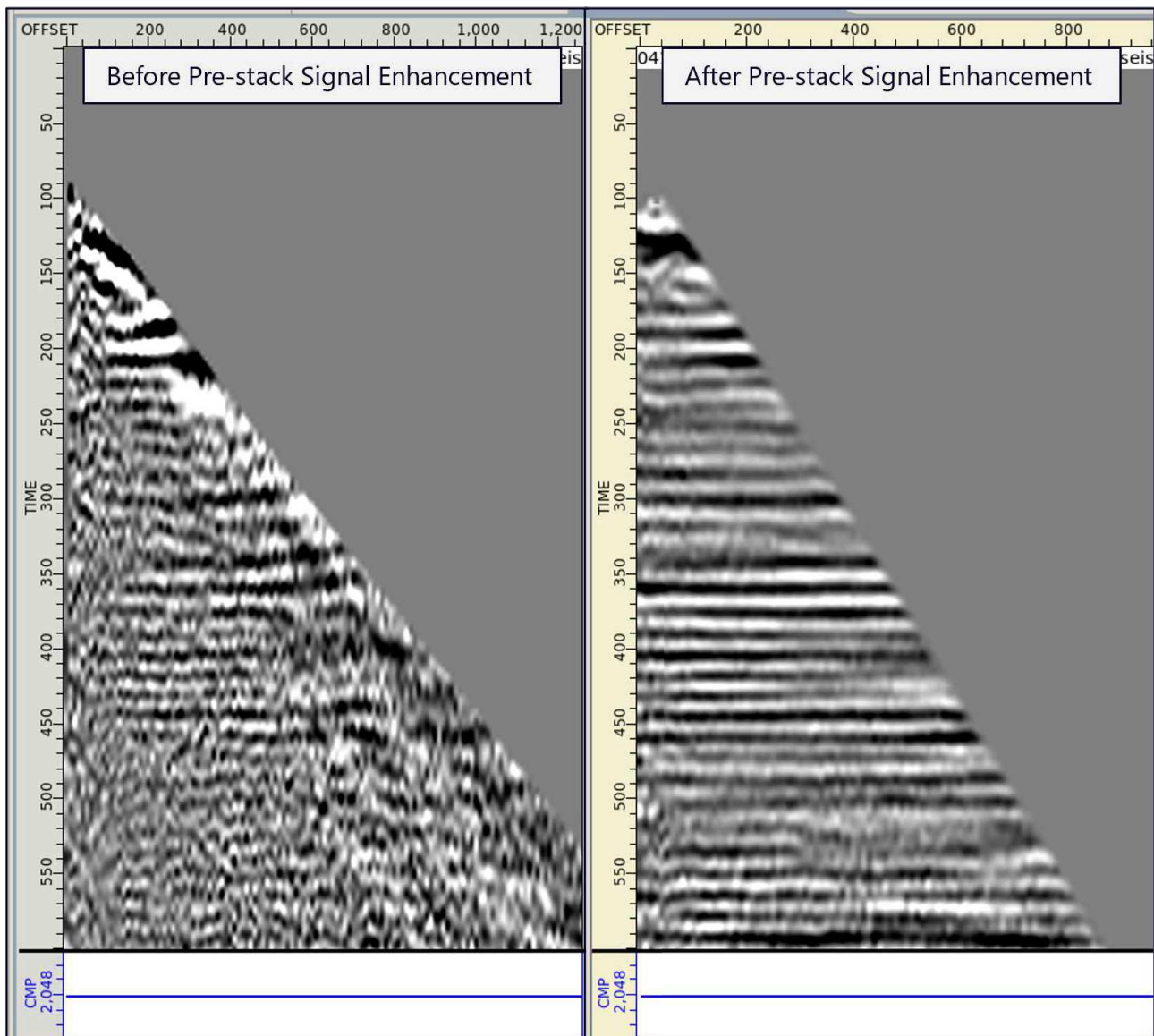


Fig. 3.16. Common Image Gather before and after pre-stack signal enhancement
CIP 2048 from line CPH23_13.

3.3.6.4 Post-Stack Enhancement

This step aims to equalize or normalize the amplitudes within the seismic image. Amplitudes are augmented to correct for variations introduced during data acquisition, processing, and migration. A non-exhaustive list of amplitude balancing techniques include; AGC, gain recovery, and spectral whitening. A mild combination of high amplitude noise scaling and AGC were utilised to provide better lateral balancing in the amplitudes of the final PSTM stacks. Amplitude balancing is important as it facilitates processes like; QA, interpretation, visualisation, and Preservation of reflective energy amongst other utilisations.

The final results of the PSTM after Post Processing for line CPH23_16 is presented in **Fig. 3.17**

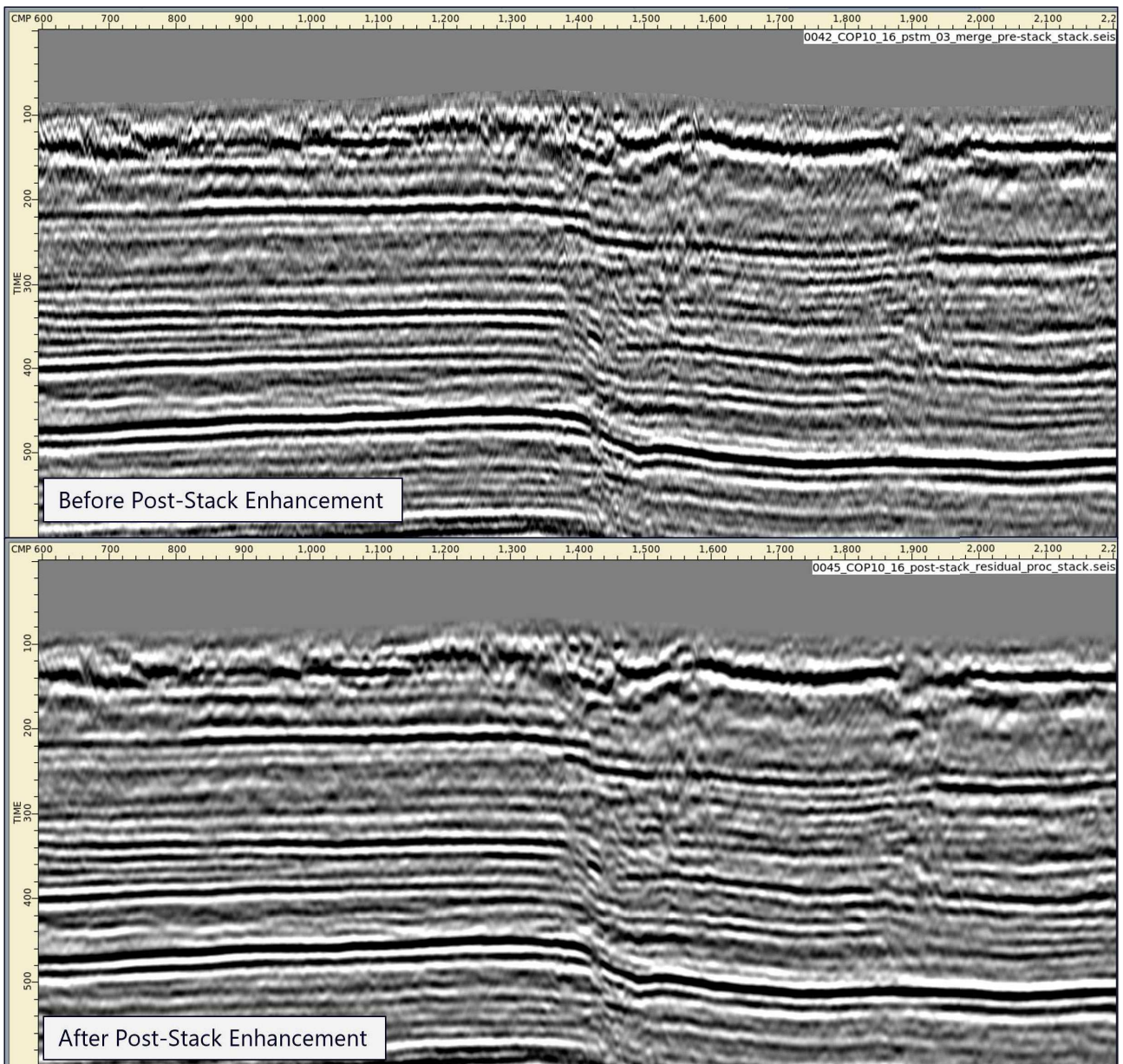


Fig. 3.17. Post-processing result on line CPH23_16

3.4 Final results

The reprocessing successfully delineated the structure and horizons of the near surface area. The following results depicted in these sections provide some representation of this success.

In Fig. 3.18, the final PSTM for the three lines is presented. These sections reveal distinct structural geology along the whole profile. Prominent features include faults and stratigraphy.

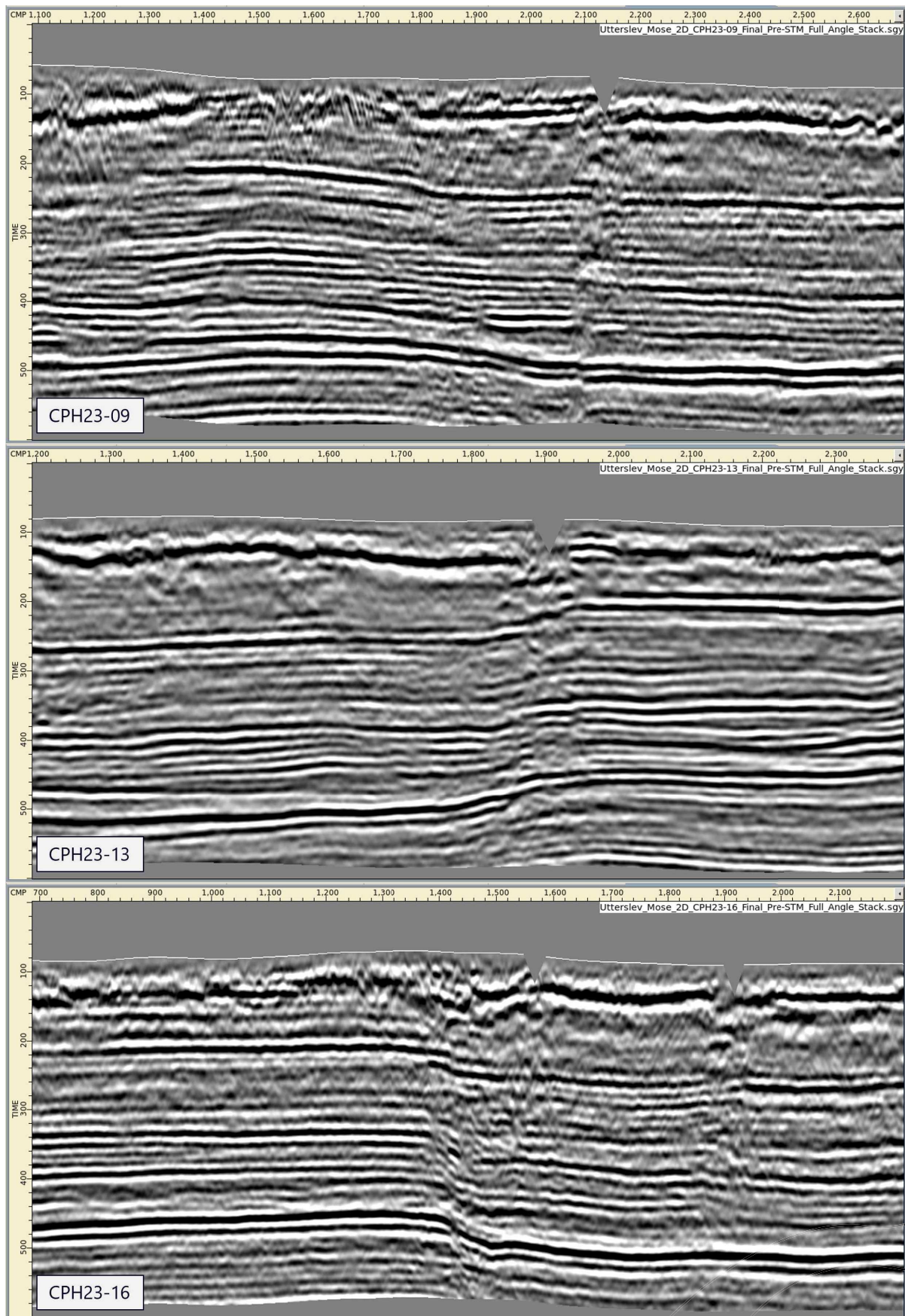


Fig. 3.18. Final result on the three lines



4 SURFACE WAVE ANALYSIS RESULTS

Upon dispersion image extraction, dispersion curve picking, preconditioning, and surface wave inversion the final S-wave profiles for lines CPH23_09, 13, and 16 are presented respectively in figures Fig. 4.1 - Fig. 4.3.

Fig. 4.1

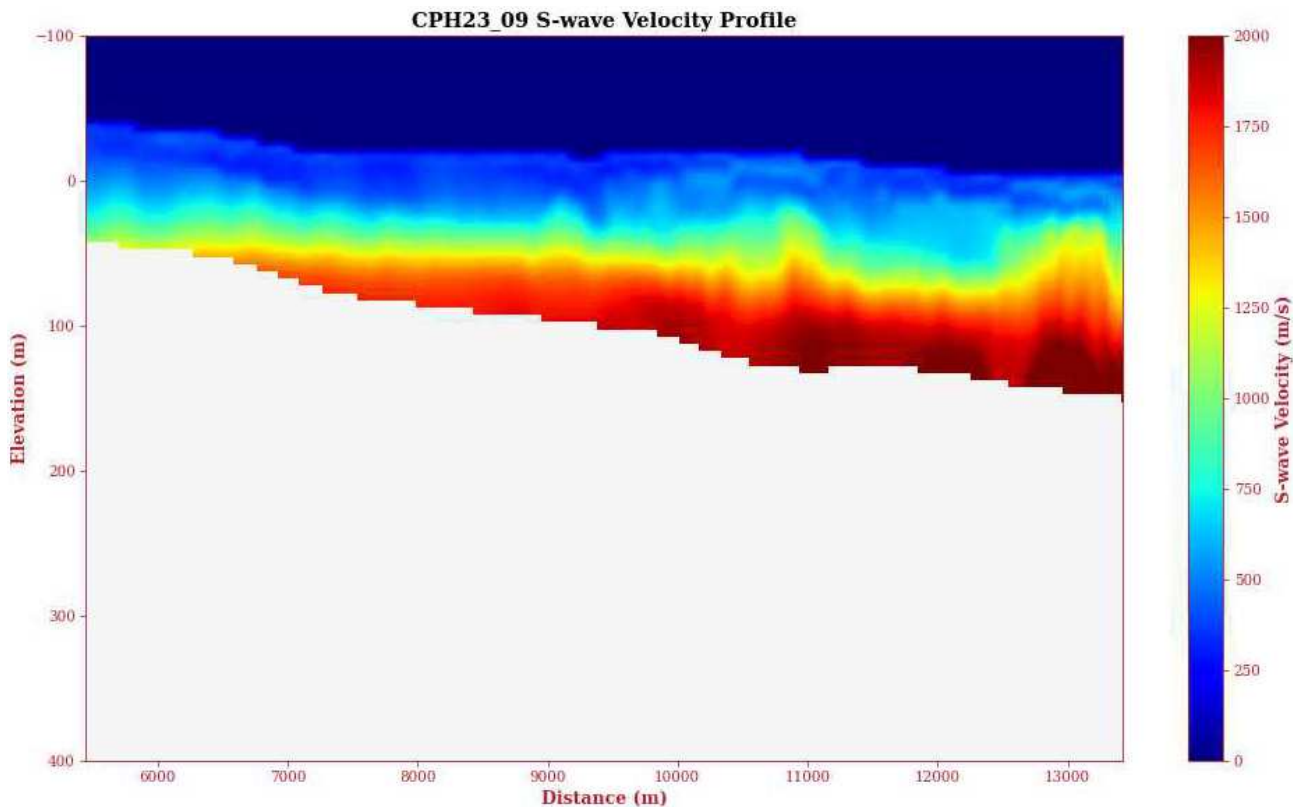


Fig. 4.1. S-wave velocity profile for CPH23_09

Fig. 4.2

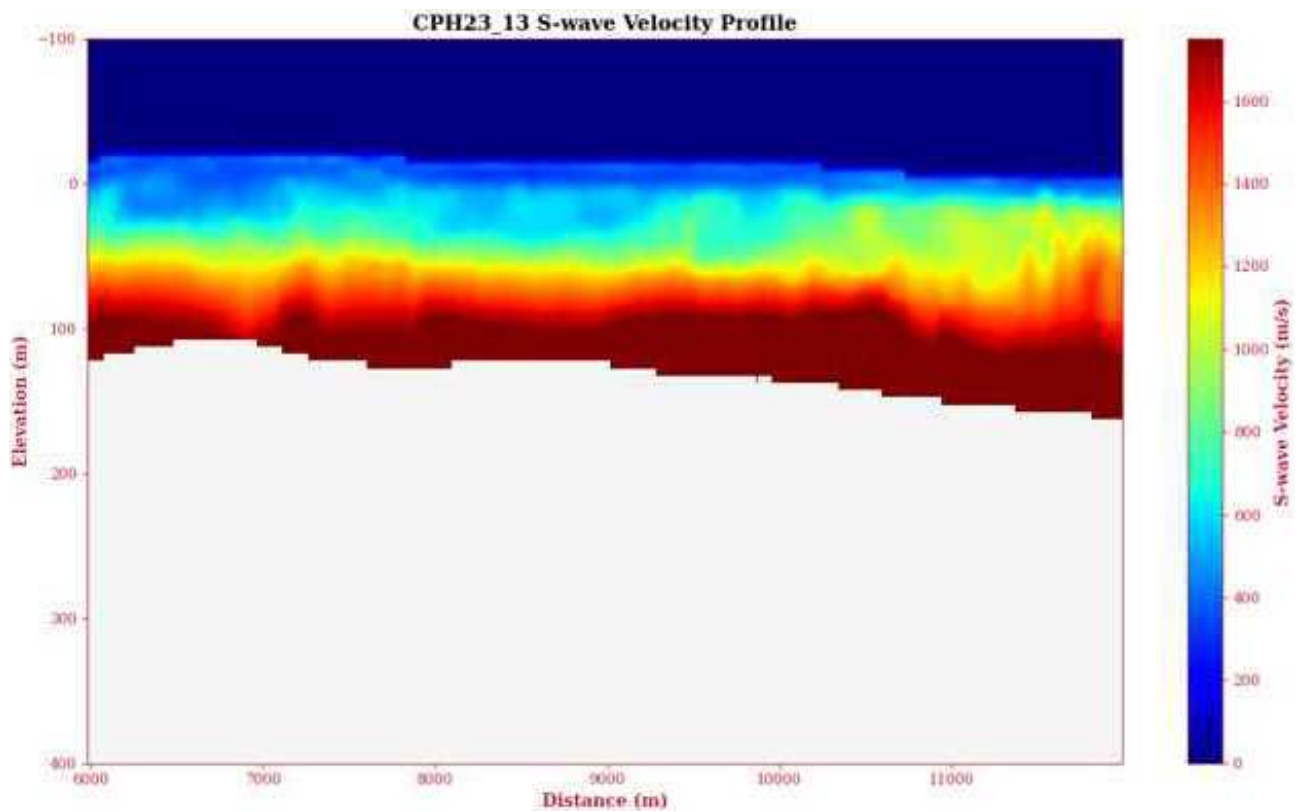


Fig. 4.2. S-wave velocity profile for CPH23_13

Fig. 4.3

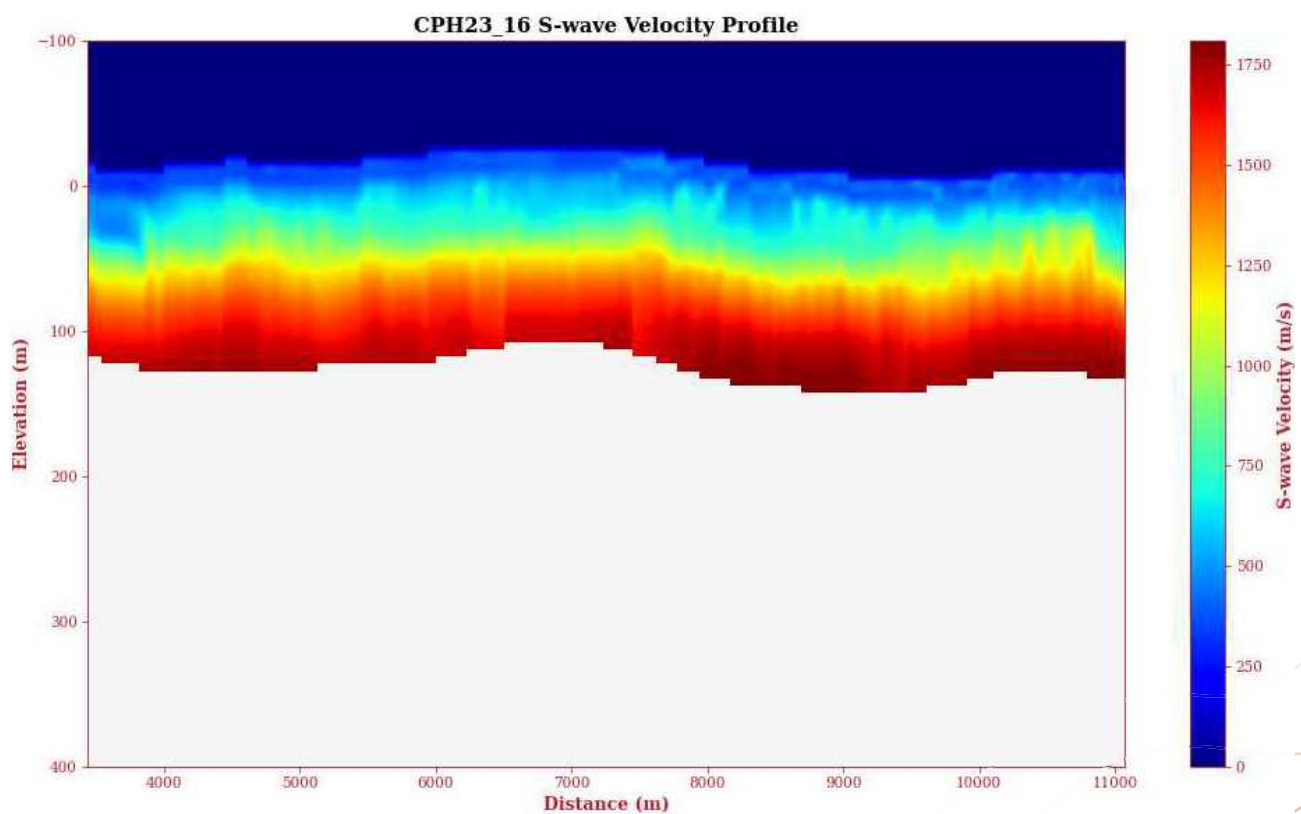


Fig. 4.3. S-wave velocity profile for CPH23_16



Overall results indicate that the S-wave profiles are laterally consistent with similar S-wave velocity ranges. CPH23_09 lacked some larger wavelength coverage on the left flank of the model where the terrain rose. This can be observed by the lack of higher S-wave velocities in the left-hand side of Fig. 4.1.

5 OUTPUT CRS, FINAL DATUM, REPLACEMENT VELOCITY, PHASE AND POLARITY

The client requested that all deliverables have the CRS: **ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)**.

The replacement velocity used was 2000 m/s.

The seismic reference datum is 100 m amsl.

The deliverables were sent with standard positive polarity and near to zero phase.

Important: in the final SEGYS, the data are not really shifted, but a time delay is introduced in the bytes 109-110. The final user will be able to load the data either referenced at Datum 0 m aMSL by deactivating this header or at Datum 100 m aMSL by activating it. When deactivating the shift, the TOFS (time of first sample) is -100ms.



6 PROJECT DELIVERABLES

Listed below are the standard archive products delivered at the end of the project.

Table 6.1. Deliverables

Deliverable	Format
Geometry QC presentations	PPT
Final processing report	PDF
Raw Pre-STM Full Stacks	SEG Y
Final Pre-STM Full Stacks	SEG Y
Near Surface Velocity (Diving wave tomography and Surface waves)	SEG Y
Final migration velocities	SEG Y

6.1 Textual Header (EBCDIC)

```

C01 CLIENT      : GEO
C02 PROJECT     : UTTERSLEV MOSE 2D
C03 CONTRACTOR  : REALTIMESEISMIC
C04 DATASET     : FINAL PRE-STM FULL ANGLE STACK
C05 POLARITY    : SEG POSITIVE POLARITY
C06 LINE       : CPH23-16
C07
C08 ACQ YEAR    : 2023
C09 PROCESSING DATE : NOV 2024
C10 SRC POINT INTVL : 20 M
C11 RCV POINT INTVL : 10 M
C12 SOURCE TYPE   : VIBROSEIS
C13 SWEEP FREQUENCY : 5 - 96 Hz
C14 REPLACEMENT VEL : 2000 M/S
C15 EPSG CODE     : 25832
C16 SAMPLE RATE   : 1 MS
C17 ----- PROCESSING SEQUENCE -----
C18 DATA ANALYSIS AND GEOMETRY RECONSTRUCTION /
C19 FIRST-BREAK PICKING / FIRST-BREAK QC / INITIAL VELOCITY MODEL BUILDING /
C20 NON LINEAR REFRACTION TOMOGRAPHY / PRIMARY REFRACTION STATICS /
C21 RESIDUAL REFRACTION STATICS / DESPIKING / SPHERICAL DIVERGENCE COMPENSATION
C22 RANDOM NOISE ATTENUATION / SURFACE WAVE ATTENUATION / AMPLITUDE CORRECTION
C23 PREDECTIVE DECONVOLUTION / STACKING VELOCITY PICKING /
C24 RESIDUAL REFLECTION STATICS / COHERENT NOISE ATTENUATION /
C25 3D DATA REGULARIZATION /
C26 RMS MIGRATION VELOCITY PICKING / PRE-STACK KIRCHHOFF TIME MIGRATION /
C27 RESIDUAL MOVE-OUT CORRECTION / PRE-STACK RESIDUAL DENOISING /
C28 POST-STACK STRUCTURALLY ORIENTED DENOISE / POST-STACK RESIDUAL DENOISING /
C29 EXPORT IN SEG Y FORMAT.
C30
C31 ----- TRACE HEADER INFORMATION -----
C32 |HEADER|LOCATION|FORMAT|HEADER|LOCATION|FORMAT
C33 |CMP|021 - 024|32 BIT INT|CMP-X|73-76/81-84/181-184|32 BIT INT
C34 | | | |CMP-Y|77-80/85-88/185-188|32 BIT INT
C35 |FOLD|033 - 034|16 BIT INT|CMP-ELEV|041-044/053-056|32 BIT INT
C36
C37
C38
C39
C40 END EBCDIC

```



7 CONCLUSIONS

The project was completed on schedule thanks to the collaboration strategy with GEO set at the beginning of the project, with complete information to consider the specific challenges of the data with clear description of the objectives, of the geological settings and the properties of the targets.

Challenges

The input data quality was very good but affected by surface waves and guided waves however the acquisition was designed for deeper targets which led to a low fold in the shallow section due to the receiver and source spacings making the imaging of the very shallow subsurface very challenging.

The main challenges of the project have been the imaging and the velocity modelling for the very shallow subsurface with data acquired and designed for deeper targets, the presence of gaps and turnings of the 2D profiles impact directly the near surface imaging.

Solutions

A mild pre-migration noise attenuation strategy has been adopted to avoid signal leakage and smearing in the shallow area. A careful, dense, and horizon consistent velocity picking has been performed to capture the velocity variations in the direct shallow subsurface where the fold is very low and signal stacking is very sensitive to velocity variations. The data regularization is used to limit the impact of the turnings and gaps on the shallow part of the final image.

Quality of Results

The spatial consistency of the static corrections allowed to obtain a coherent subsurface imaging between the 2D profiles as shown in Fig. 3.13.

The processing of the different lines delivered a clear imaging suitable for interpretation and reached the objectives of the reprocessing as depicted in Fig. 3.18.

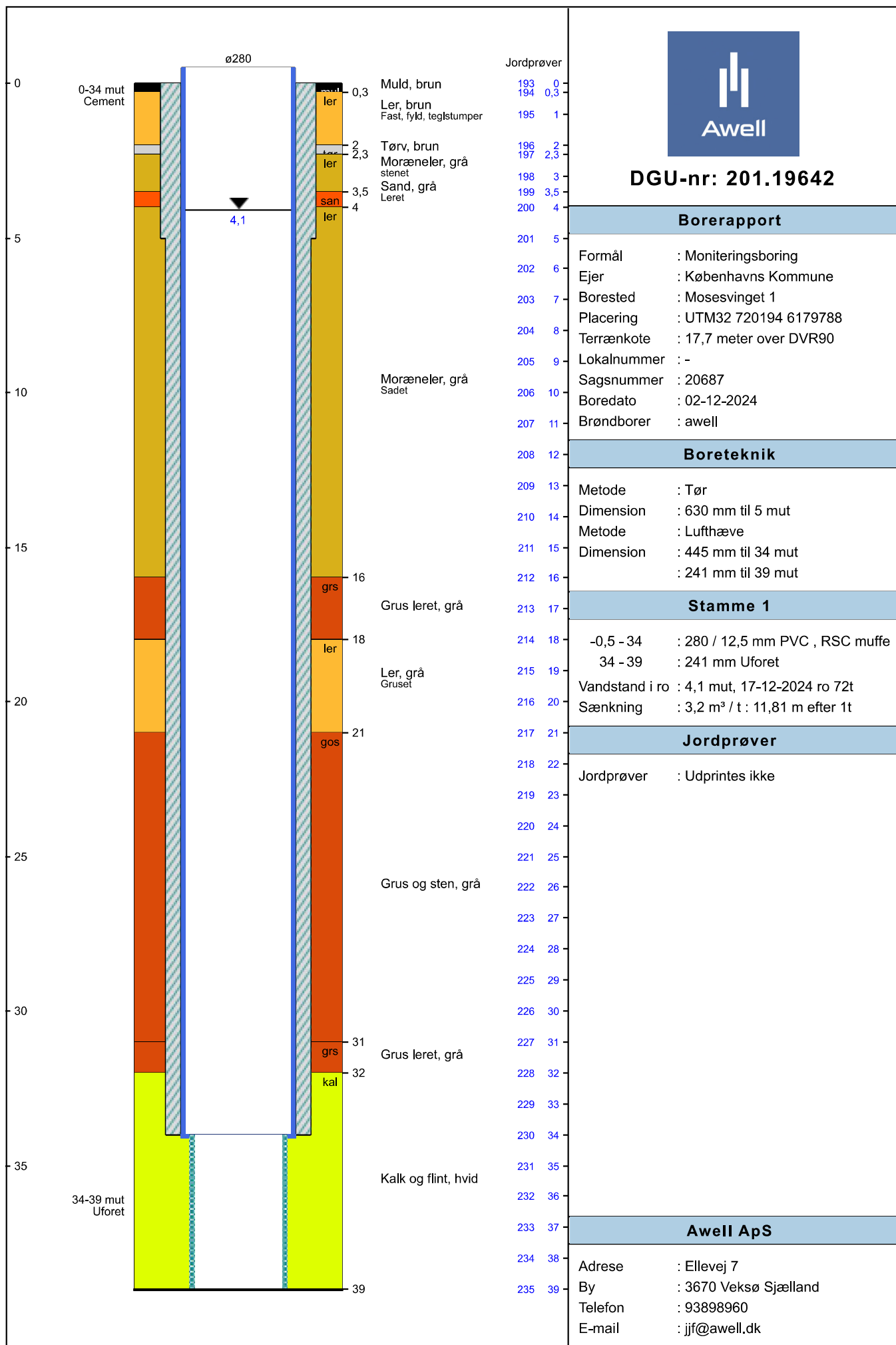
8 GLOSSARY

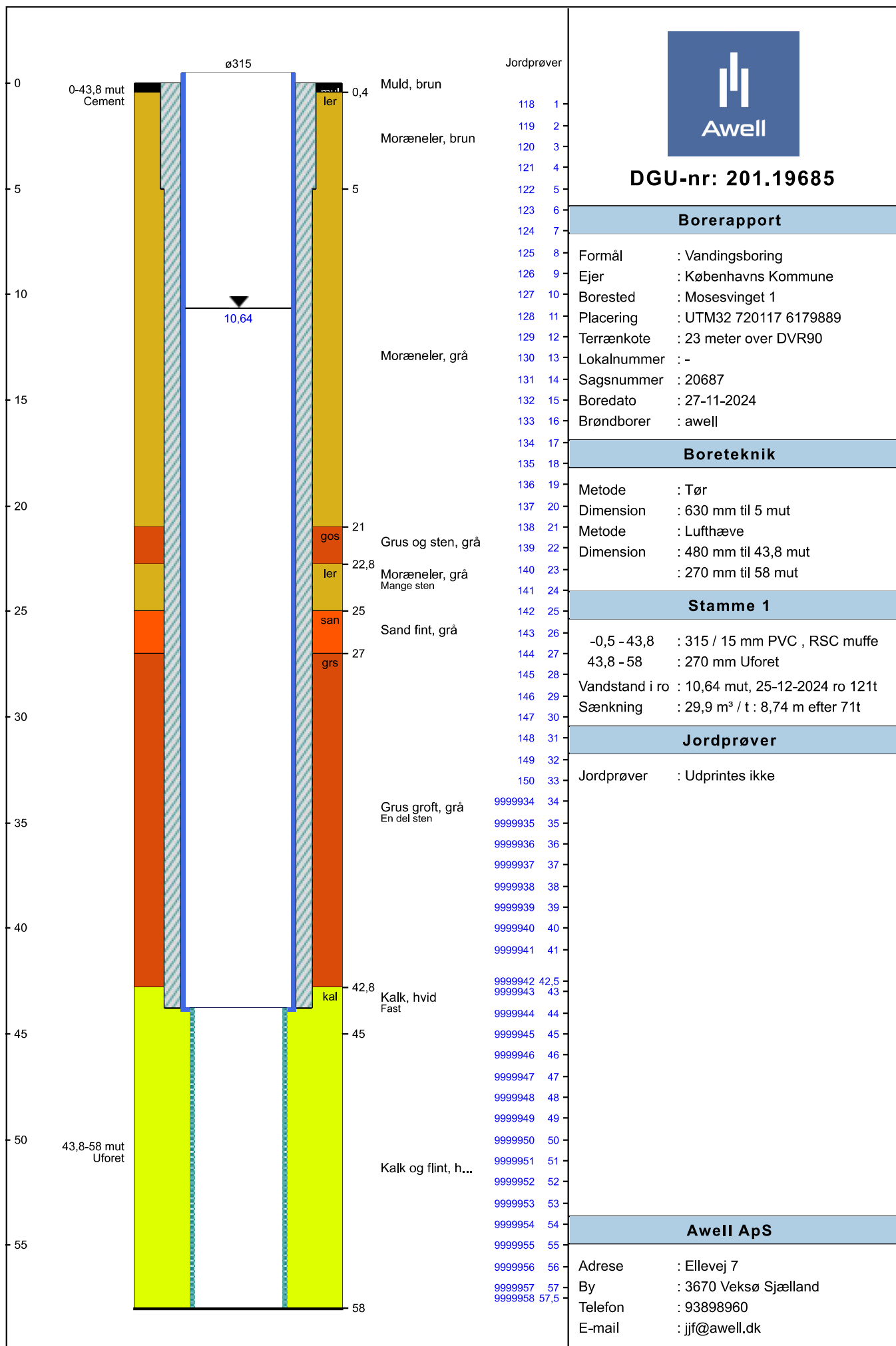
AGC	Automatic Gain Control
aMSL	above Mean Sea Level
bMSL	below Mean Sea Level
CDP	Common Depth Point
CIG	Common Image Gather
CIP	Common Image Point
CMP	Common Mid-Point
COG	Common Offset Gather
CRG	Common Receiver Gather
CRS	Coordinate Reference System
CSG	Common Shot Gather
DWT	Diving Wave Tomography
FB	First Break
FFID	Field File Identification Number
HR	High Resolution
LMO	Linear Move-Out
m	meters
NMO	Normal Move-Out
PSTM	Pre-Stack Time Migration
RMO	Residual Move-Out
RMS	Root Mean Square
RNA	Random Noise Attenuation
RTS	RealTimeSeismic
SNR	Signal to Noise Ratio
SOD	Structural-Oriented Denoising
SRD	Seismic Reference Datum
SWA	Surface Wave Attenuation / Surface Wave Analysis
TOFS	Time Of First Sample

Appendiks 1.B

Boreprofiler fra Awell

**Projekt 208505. København.
Utterslev Mose - Grundvandsundersøgelse**

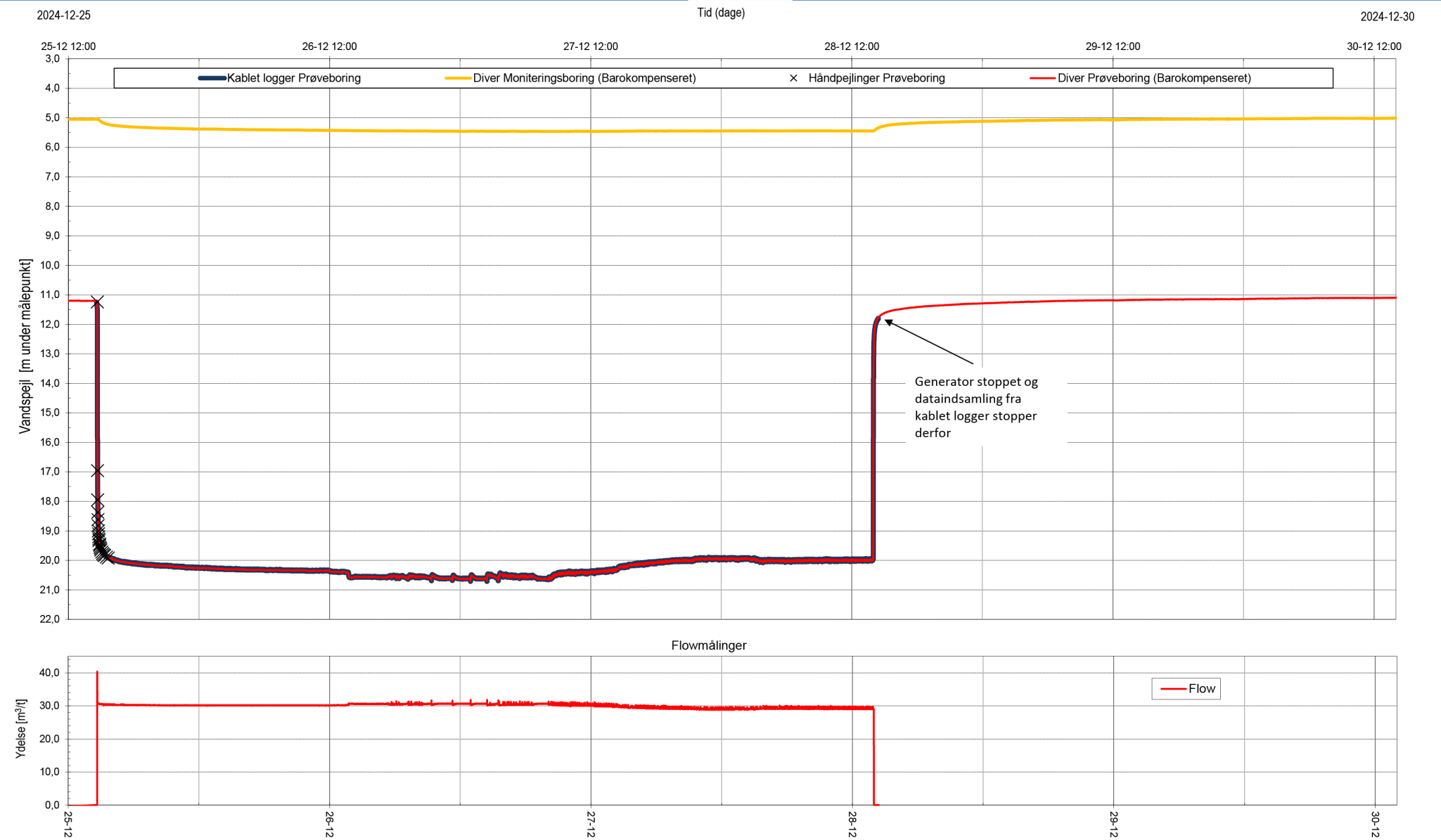




Appendiks 1.C

Optegning af pumpeforsøg fra Awell

**Projekt 208505. København.
Utterslev Mose - Grundvandsundersøgelse**



Appendiks 1.D

Analyserapporter for de udtagne vandprøver. ALS

**Projekt 208505. København.
Utterslev Mose - Grundvandsundersøgelse**

Awell
Ellevej 7
3670 Veksø

Analysereport nr. 20250120/002
24. januar 2025
Blad 1 af 5

Kopi til:



Rapporten må kun gengives i uddrag, hvis laboratoriet har godkendt uddraget. Resultatet gælder udelukkende for den analyserede prøve

DIREKTE UNDERSØGELSE		Prøvested: Grundvand Utterslev Mose Prøvedato: 2024-12-19 Kl. 12:10 Prøvetager: Rekvirenten*			
Temperatur	10,3 °C				
FYSISK-KEMISK UNDERSØGELSE		RESULTAT	Vandkvalitetskrav ¹⁾	METODE	U _{rel}
Se blad 2.					

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023.
Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Tegn forklaring
! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering
i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_r: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)

Karin Spanggaard, EH, laborant

Awell
Grundvand
Utterslev Mose
Prøvedato: 2024-12-19 Kl. 12:10

Analysereport nr. 20250120/002
24. januar 2025
Blad 2 af 5

FYSISK - KEMISK UNDERSØGELSE			RESULTAT	Vandkvalitetskrav 1)	METODE	U _{rel}
pH	pH		7,1		DS/EN ISO 10523:2012, M051	
Ledningsevne (ref v. 20 °C)	mS/m		135		DS/EN27888:2003	15%
Ikke flygtigt org. kulstof (NVOC) C	mg/l		5,4		SM5310 Ed.2012, M032	5%
Calcium	Ca ²⁺ mg/l		174		ICP-OES, M069	10%
Magnesium	Mg ²⁺ mg/l		10		ICP-OES, M069	15%
Natrium	Na ⁺ mg/l		76		ICP-OES, M069	15%
Kalium	K ⁺ mg/l		5,8		ICP-OES, M069	5%
Jern, total	Fe mg/l		3,6		ICP-OES, M069	10%
Mangan, total	Mn mg/l		0,078		ICP-OES, M069	5%
Ammonium*	NH ₄ ⁺ mg/l		1,0		ISO 7150/1:1984, M004	15%
Bicarbonat	HCO ₃ ⁻ mg/l		369		DS/EN9963-1:1996, M037	2%
Klorid	Cl ⁻ mg/l		< 1,5		DS/EN10304:2009	10%
Fluorid	F ⁻ mg/l		214		DS/EN10304:2009	15%
Sulfat	SO ₄ ²⁻ mg/l		23		DS/EN10304:2009	10%
Nitrat	NO ₃ ⁻ mg/l		0,5		DS/EN10304:2009	10%
Nitrit	NO ₂ ⁻ mg/l		0,002		DS/EN 26777:2003, M006	6%
Fosfor, total	P mg/l		0,25		DS/EN ISO 6878:2004 Del 7, M011	10%
Hårdhed, total	°dH		27		Beregnet	3,5 %
Arsen	As µg/l		2,7		ICP/MS, M069	10%
Barium	Ba µg/l		114		ICP-OES, M069	10%
Strontium	Sr µg/l		1310		ICP-OES, M069	10%
Bly	Pb µg/l		0,23		ICP/MS, M069	10%
Bor	B µg/l		137		ICP-OES, M069	10%
Cadmium	Cd µg/l		0,036		ICP/MS, M069	10%
Krom, total	Cr µg/l		< 0,3		ICP-OES, M069	10%
Kobber	Cu µg/l		< 3		ICP-OES, M069	10%
Kobolt	Co µg/l		2,6		ICP/MS, M069	10%
Kviksølv	Hg µg/l		< 0,0010		DS/EN ISO 12846	10%
Nikkel	Ni µg/l		13		ICP/MS, M069	10%
Zink	Zn µg/l		12		ICP-OES, M069	10%
Suspenderet stof	mg/l		< 5		DS 207	5 %
Ilt	O ₂ mg/l		5,8		DS/EN ISO 17289:2014, M022	5%
Kiselsyre - Filtreret 0,45 µm	SiO ₂ mg/l		20		Intern	
Mangan, filtreret 0,45 µm	Mn mg/l		0,073		ICP-OES, M069	5%
Arsen, filtreret 0,45 µm	µg/l		2,6		ICP/MS, M069	
Krom, filtreret 0,45 µm	Cr µg/l		< 0,3		ICP-OES, M069	10%
Jern, filtreret 0,45 µm	Fe mg/l		3,7		ICP-OES, M069	10%
Kobber, filtreret 0,45 µm	Cu mg/l		< 3		ICP-OES, M069	10%
Zink, filtreret 0,45µm	Zn µg/l		18		ICP-OES, M069	10%
Calcium, filtreret 0,45 µm	Ca ²⁺ mg/l		172		ICP-OES, M069	15%
Magnesium, filtreret 0,45 µm	mg/l		10		ICP/MS, M069	15%
Natrium, filtreret 0,45 µm	mg/l		75		ICP-OES, M069	15%
Kalium, filtreret 0,45 µm	mg/l		5,8		ICP-OES, M069	5%
Barium, filtreret 0,45 µm	Ba µg/l		112		ICP-OES, M069	10%
Bly, filtreret 0,45 µm	Pb antal/l		0,077		ICP-OES, M069	25%
Bor, filtreret 0,45 µm	B µg/l		142		ICP-OES, M069	10%
Cadmium, filtreret 0,45 µm	Cd µg/l		0,026		ICP-OES, M069	10%
Kobolt, filtreret 0,45 µm	Co µg/l		2,6		ICP-OES, M069	10%
Kviksølv, filtreret 0,45 µm	Hg µg/l		< 0,0010		DS/EN ISO 12846	10%

Nikkel, filtreret 0,45 µm	Ni	µg/l	13		ICP/MS, M069	10%
1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023.			Oplysninger om analysedato kan rekvireres.			
Metaller (filtreret) er udført af ALS, akkr.nr. 361, rapport nr. 298192/24, kopi kan rekvireres.						
Tegn forklaring:						
! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering						
i.m.: Ikke målelig U _{rel} og S _p : Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)						
						
			Karin Spanggaard, EH, laborant			

Analyserapport nr. 20250120/002
24. januar 2025
Blad 3 af 5

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023. Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Org. mikroforureninger og metaller er udført af ALS, akkr.nr. 361, rapport nr. 298193/24, kopi kan rekvireres.

Tegn forklaring:

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering

i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_F : Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)


Karin Spanggaard, EH, laborant

Analyserapport nr. 20250120/002
24. januar 2025
Blad 4 af 5

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023. Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering
i.m.: Ikke målelig U_{res} og S_p: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)

Karin Spanggaard, *EH, laborant*

Awel
Grundvand
Utterslev Mose
Prøvedato: 2024-12-19 Kl. 12:10

Analysereport nr. 20250120/002
24. januar 2025
Blad 5 af 5

UNDERLEVERANDØR			
ORGANISKE MIKROFORURENINGER	RESULTAT	Vandkvalitetskrav 1)	METODE U _{rel}
PFAS-FORBINDELSER	Påvist		
Perflouoronansyre, PFNA	µg/l0,00086		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroheptansyre, PFHpA	µg/l0,0028		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroktansyre, PFOA	µg/l0,0097		ISO 21675:2019 50%
Perfluorhexansulfonsyre, PFHxS	µg/l0,0020		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroktansulfonsyre, PFOS	µg/l0,017		ISO 21675:2019 50%
Perfluordecansulfonsyre, PFDS	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroktansulfonamid, PFOSA	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluorhexansyre, PFHxA	µg/l0,0042		ISO 21675:2019 50%
Perfluorobutanoate, PFBA	µg/l0,0013		ISO 21675:2019 50%
Perfluorodecansyre, PFDA	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Fluortelomersulfonsyre (6:2 FTS)	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluorpentansyre, PFPeA	µg/l0,0023		ISO 21675:2019 50%
Perfluorbutansulfonsyre, PFBS	µg/l0,00058		ISO 21675:2019 50%
Perfluorpentansulfonsyre, PFPeS	µg/l0,00054		ISO 21675:2019 50%
Perfluorheptansulfonsyre, PFHpS	µg/l0,00034		ISO 21675:2019 50%
Perfluorundecansulfonsyre, PFUnDS	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluornonansulfonsyre, PFNS	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluordodecansulfonsyre, PFDoDS	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluortridecansulfonsyre, PFTrDS	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorundecansyre, PFUnDA	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluordodecansyre, PFDoDA	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
Perfluortridecansyre, PFTrDA	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFAS sum (22)*	µg/l0,042		Beregnet
SUM PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS*	µg/l0,030		Beregnet
Perfluoro(2-methyl-3-oxahexanoic) acid	µg/l< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
ADONA	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFTeDA	µg/l< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFHxDA	µg/l< 0,001		ISO 21675:2019 50%
PFODA	µg/l< 0,001		ISO 21675:2019 50%
C6O4	µg/l< 0,010		ISO 21675:2019 50%
6:2 FTOH	µg/l< 0,010		ISO 21675:2019 50%
8:2 FTOH	µg/l< 0,010		ISO 21675:2019 50%

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023. Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Org. mikroforureninger og metaller er udført af ALS, akkr.nr. 361, rapport nr. 298193/24, kopi kan rekvireres.

Tegn forklaring

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering

i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_p: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)



Karin Spanggaard, EH, laborant

Awel
Ellevevej 7
3670 Veksø

Analysereport nr. 20250124/018
6. februar 2025
Blad 1 af 5

Kopi til:



Rapporten må kun gengives i uddrag, hvis laboratoriet har godkendt uddraget. Resultatet gælder udelukkende for den analyserede prøve

DIREKTE UNDERSØGELSE			Prøvested: Råvand Utterslev Mose Prøvedato: 2024-12-27 Kl. 14:05 Prøvetager: Laboratoriet DS/ISO5667-5:2006			
Temperatur	9,5	°C				
FYSISK-KEMISK UNDERSØGELSE			RESULTAT	Vandkvalitetskrav ¹⁾	METODE	U _{rel}
Se blad 2.						

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023.

Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Tegn forklaring:

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering
i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_r: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)


Morten Due, civ. ing.

Awell
Råvand
Utterslev Mose
Prøvedato: 2024-12-27 Kl. 14:05

Analysereport nr. 20250124/018
6. februar 2025
Blad 2 af 5

FYSISK - KEMISK UNDERSØGELSE			RESULTAT	Vandkvalitetskrav 1)	METODE	U _{rel}
pH	pH		7,1		DS/EN ISO 10523:2012, M051	
Ledningsevne (ref v. 20 °C)	mS/m		110		DS/EN27888:2003	15%
Inddampningsrest	mg/l		650		DS204:1980, M029	5%
Ikke flygtigt org. kulstof (NVOC) C	mg/l		5,8		SM5310 Ed.2012, M032	5%
Calcium	Ca ²⁺	mg/l	132		ICP-OES, M069	10%
Magnesium	Mg ²⁺	mg/l	10		ICP-OES, M069	15%
Natrium	Na ⁺	mg/l	76		ICP-OES, M069	15%
Kalium	K ⁺	mg/l	5,9		ICP-OES, M069	5%
Jern, total	Fe	mg/l	4,0		ICP-OES, M069	10%
Mangan, total	Mn	mg/l	0,062		ICP-OES, M069	5%
Ammonium*	NH ₄ ⁺	mg/l	1,1		ISO 7150/1:1984, M004	15%
Bicarbonat	HCO ₃ ⁻	mg/l	347		DS/EN9963-1:1996, M037	2%
Klorid	Cl ⁻	mg/l	168		DS/EN10304:2009	10%
Fluorid	F ⁻	mg/l	0,42		DS/EN10304:2009	15%
Sulfat	SO ₄ ²⁻	mg/l	31		DS/EN10304:2009	10%
Nitrat	NO ₃ ⁻	mg/l	< 0,3		DS/EN10304:2009	10%
Nitrit	NO ₂ ⁻	mg/l	0,043		DS/EN 26777:2003, M006	6%
Fosfor, total	P	mg/l	0,052		DS/EN ISO 6878:2004 Del 7, M011	10%
Hårdhed, total	°dH		21		Beregnet	3,5 %
Strontium	Sr	µg/l	1310		ICP-OES, M069	10%
Suspenderet stof	mg/l		< 5		DS 207	5 %
Ilt	O ₂	mg/l	2,2		DS/EN ISO 17289:2014, M022	5%
Kiselsyre - Filtreret 0,45 µm	SiO ₂	mg/l	21		Intern	
Mangan, filtreret 0,45 µm	Mn	mg/l	0,061		ICP-OES, M069	5%
Jern, filtreret 0,45 µm	Fe	mg/l	3,9		ICP-OES, M069	10%
Calcium, filtreret 0,45 µm	Ca ²⁺	mg/l	133		ICP-OES, M069	15%
Magnesium, filtreret 0,45 µm		mg/l	10		ICP/MS, M069	15%
Natrium, filtreret 0,45 µm		mg/l	74		ICP-OES, M069	15%
Kalium, filtreret 0,45 µm		mg/l	5,9		ICP-OES, M069	5%

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023.

Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

**Metaller (filtreret) er udført af ALS, akkr.nr. 361,
rapport nr. 3899/25, kopi kan rekvireres.**

Tegn forklaring:

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering

i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_i: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)



Morten Due, civ. ing.

Analyserapport nr. 20250124/018
6. februar 2025
Blad 3 af 5

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023. Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Alah Dine

Morten Due, *civ. ing.*

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering
i.m.: Ikke målelig U_{res} og S_p: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)

Awell
Råvand
Utterslev Mose
Prøvedato: 2024-12-27 Kl. 14:05

Analysereport nr. 20250124/018
6. februar 2025
Blad 4 af 5

UNDERLEVERANDØR					
ORGANISKE MIKROFORURENINGER		RESULTAT	Vandkvalitetskrav 1)	METODE	U _{rel}
KLOREREDE OPLØSNINGSMIDLER		Påvist			
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
Trichlorethen (Trichlorethylen)	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
Tetrachlorethen (Tetrachlorethylen)	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
1,1,1-Trichlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
1,2-dichlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
Vinylchlorid	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
1,1-dichlorethylen	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
trans-1,2-dichlorethylen	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
cis-1,2-dichlorethylen	µg/l	0,055		GC/MS	20%
1,1-dichlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
Dichlormetan	µg/l	< 0,10		GC/MS	20%
1,1,2-Trichlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
1,1,1,2-Tetrachlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
1,1,2,2-Tetrachlorethan	µg/l	< 0,020		GC/MS	20%
PAH-FORBINDELSER		Ikke påvist			
Acenaphten	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	12 %
Acenaphtylen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	12 %
Naphtalen	µg/l	< 0,010		GC/MS/MS	20%
Polyc. aromat. kulbr. PAH (sum)	µg/l	< 0,010		GC/MS	12 %
Benz(a)pyren	µg/l	< 0,0050		GC/MS/SIM	30%
Benzo(g,h,i)perylen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	30%
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	30%
Fluoranthren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	30%
Benzo(b+j+k)fluoranthren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	30%
Phenantren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Fluoren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Pyren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Chrysen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Benzo(e)pyren	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Benzo(a)anthracen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	
Anthracen	µg/l	< 0,010		GC/MS/SIM	14%

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023. Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Org. mikroforureninger og metaller er udført af ALS, akkr.nr. 361,
rapport nr. 3900/25, kopi kan rekvireres.

Tegn forklaring
! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering
i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_p: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)


Morten Due, civ. ing.

Awel
Råvand
Utterslev Mose
Prøvedato: 2024-12-27 Kl. 14:05

Analysereport nr. 20250124/018
6. februar 2025
Blad 5 af 5

UNDERLEVERANDØR				
ORGANISKE MIKROFORURENINGER		RESULTAT	Vandkvalitetskrav 1)	METODE U _{rel}
OLIEPRODUKTER		Ikke påvist		
Total Kulbrinter (C6 - C35)	µg/l	< 5,0		GC/FID 30
Kulbrintefraktion C10-C15*	µg/l	< 5,0		GC/FID
Kulbrintefraktion C15-C20*	µg/l	< 5,0		GC/FID
Kulbrintefraktion C20-C35*	µg/l	< 5,0		GC/FID
Kulbrintefraktion C6-C10*	µg/l	< 5,0		GC/FID 20%
PFAS-FORBINDELSER		Påvist		
Perfluorononansyre, PFNA	µg/l	0,00047		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroheptansyre, PFHpA	µg/l	0,0021		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroktansyre, PFOA	µg/l	0,0074		ISO 21675:2019 50%
Perfluorhexansulfonsyre, PFHxS	µg/l	0,0019		ISO 21675:2019 50%
Perfluoroktansulfonsyre, PFOS	µg/l	0,015		ISO 21675:2019 50%
Perfluordecansulfonsyre, PFDS	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorhexansyre, PFHxA	µg/l	0,0035		ISO 21675:2019 50%
Perfluorobutanoate, PFBA	µg/l	0,0019		ISO 21675:2019 50%
Perfluorodecansyre, PFDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorpentansyre, PFPeA	µg/l	0,0018		ISO 21675:2019 50%
Perfluorbutansulfonsyre, PFBS	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorpentansulfonsyre, PFPeS	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorheptansulfonsyre, PFHpS	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluorundecansyre, PFUnDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluordodecansyre, PFDoDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
Perfluortridecansyre, PFTTrDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFAS sum (22)*	µg/l	0,034		Beregnet
SUM PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS*	µg/l	0,025		Beregnet
Perfluoro(2-methyl-3-oxahexanoic) acid	µg/l	< 0,00030		ISO 21675:2019 50%
ADONA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFTeDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFHxDA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
PFODA	µg/l	< 0,0010		ISO 21675:2019 50%
C6O4	µg/l	< 0,010		ISO 21675:2019 50%
6:2 FTOH	µg/l	< 0,050		ISO 21675:2019 50%
8:2 FTOH	µg/l	< 0,050		ISO 21675:2019 50%

1) Anførte vandkvalitetskrav er fra BEK. 1023 af 29/06/2023.

Oplysninger om analysedato kan rekvireres.

Org. mikroforureninger og metaller er udført af ALS, akkr.nr. 361,
rapport nr. 3900/25, kopi kan rekvireres.

Tegn forklaring

! Vandkvalitetskrav ikke overholdt. * uden for akkreditering

i.m.: Ikke målelig U_{rel} og S_p: Måleusikkerhed (se BEK nr 529 af 14/05/2023)

Morten Due, civ. ing.



TEST Reg nr. 301

Ordrenr: 908097
Sagsnavn: 208550ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Geo
Maglebjergvej 1
2800 Lyngby
Att.: GeoUdskrevet: 06-02-2025
Version: 1
Modtaget: 03-02-2025
Analyseperiode: 03-02-2025 -
06-02-2025
Ordrenr.: 908097Sagsnavn: 208550
Lokalitet: Utterslev Mose
Udtaget: 03-02-2025
Prøvetype: Råvand
Prøvetager: Rekv/JPF
Kunde: Geo, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby, Att. Magnus Marius Rohde

Prøvenr.:	21792/25	21793/25		
Prøvested:	DGU 201.19685-1	DGU 201.19642-1		
Dybde:	43.8 - 58 m u.t.	34 - 39 m u.t.		
Kommentar	*1	*1		
Parameter			Enhed	Metode
PFAS-forbindelser, Drikkevand			-	ASTM D7979-20
PFHpA, Perfluorheptansyre	3.9	3.8	ng/l	ASTM D7979-20
PFOA, Perfluoroctansyre	6.8	6.5	ng/l	ASTM D7979-20
PFNA, Perfluoronansyre	0.99	1.3	ng/l	ASTM D7979-20
PFNS, Perfluoromansulfonsyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFBS, Perfluorbutansulfonsyre	1.0	0.83	ng/l	ASTM D7979-20
PFHxS, Perfluorhexansulfonsyre	1.3	0.91	ng/l	ASTM D7979-20
PFOS, Perfluoroctansulfonsyre	26	28	ng/l	ASTM D7979-20
PFDS, Perfluordecansulfonsyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFOSA, Perfluoroctansulfonamid	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFHxA, Perfluorhexansyre	6.1	6.2	ng/l	ASTM D7979-20
PFBA, Perfluorbutansyre	4.1	4.6	ng/l	ASTM D7979-20
PFHpS, Perfluorheptansulfonsyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFUnDA, Perfluorundecansyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFPeA, Perfluorpentansyre	4.5	4.6	ng/l	ASTM D7979-20
PFPeS, Perfluorpentansulfonsyre	0.40	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFDA, Perfluordecansyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
6:2 FTS (6:2 fluortelomersulfonsyre)	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFDODA, Perfluordodecansyre	<0.30	<0.30	ng/l	ASTM D7979-20
PFTTrDA, Perfluortridecansyre	<1.0	<1.0	ng/l	ASTM D7979-20
PFUnDS, Perfluorundecansulfonsyre	<1.0	<1.0	ng/l	ASTM D7979-20
PFDODS, Perfluordodecansulfonsyre	<1.0	<1.0	ng/l	ASTM D7979-20
PFTTrDS, Perfluortridecansulfonsyre	<1.0	<1.0	ng/l	ASTM D7979-20
Sum af 4 PFAS (PFHxS, PFNA, PFOA, PFOS)	# 35	37	ng/l	ASTM D7979-20
Sum af påviste PFAS, 22 stoffer	# 55	57	ng/l	ASTM D7979-20
Laboratoriets målinger:				

side 1 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r).
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.
Oplysninger om måleusikkerhed findes på www.alsglobal.dkTegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret



TEST Reg. nr. 301

Ordrenr: 908097
Sagsnavn: 208550ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	21792/25	21793/25		
Prøvested:	DGU 201.19685-1	DGU 201.19642-1		
Dybde:	43.8 - 58 m u.t.	34 - 39 m u.t.		
Kommentar	*1	*1		
Parameter			Enhed	Metode
pH	7.3	7.5	pH	DS/EN ISO 10523:2012
Ledningsevne	94	95	mS/m	DS/EN 27888:2003
Ammonium+ammoniak, NH4+	1.2	1.8	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013+DS224:1975Mod
Nitrit, NO2-	<0.0010	<0.0010	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Nitrat, NO3-	<0.10	<0.10	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013 + beregning
Oxygen, opløst, O2	<0.1	0.3	mg/l	DS 2205:1990
Total phosphor, P	0.061	0.036	mg/l	DS/EN ISO 6878 Del 7:2004 + DS/EN ISO 15681-2:2018
Chlorid, Cl-	120	120	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Fluorid, F-	0.52	0.50	mg/l	DS 218:1975,MOD
Sulfat, SO4--	20	1.9	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Hydrogencarbonat, HCO3-	320	350	mg/l	DS/EN ISO 9963-1:1996
Aggressiv kuldioxid, CO2	<5	<5	mg/l	DS 236:1977
NVOC	6.4	7.5	mg/l	DS/EN 1484:1997+SM 5310B:2014
Partikler i prøve efter konservering	#	Nej	-	-
Mangan, Mn	0.093	0.097	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Calcium, Ca++	100	95	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Magnesium, Mg++	9.2	8.8	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Kalium, K+	6.3	15	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Natrium, Na+	74	83	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Jern, Fe	4.3	2.7	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Arsen, As	1.5	1.9	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2023
Bor, B	110	100	µg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Barium, Ba	120	140	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2023
Kobolt, Co	0.37	0.51	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2023
Nikkel, Ni	2.6	2.5	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2023

Kommentar

*1 Grundet indhold af HCO3 > 100 mg/l er detektionsgrænsen for Aggressiv CO2 hævet fra 2 til 5 mg/l.

Erik Werner Breitenstein Nielsen

side 2 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r).
Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.
Oplysninger om måleusikkerhed findes på www.alsglobal.dkTegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret