

Vejledning til GIS applikation "Muligheder for varmelagring"

Screening af mulighederne for overfladenær, geologisk varmelagring i Danmark

Indhold

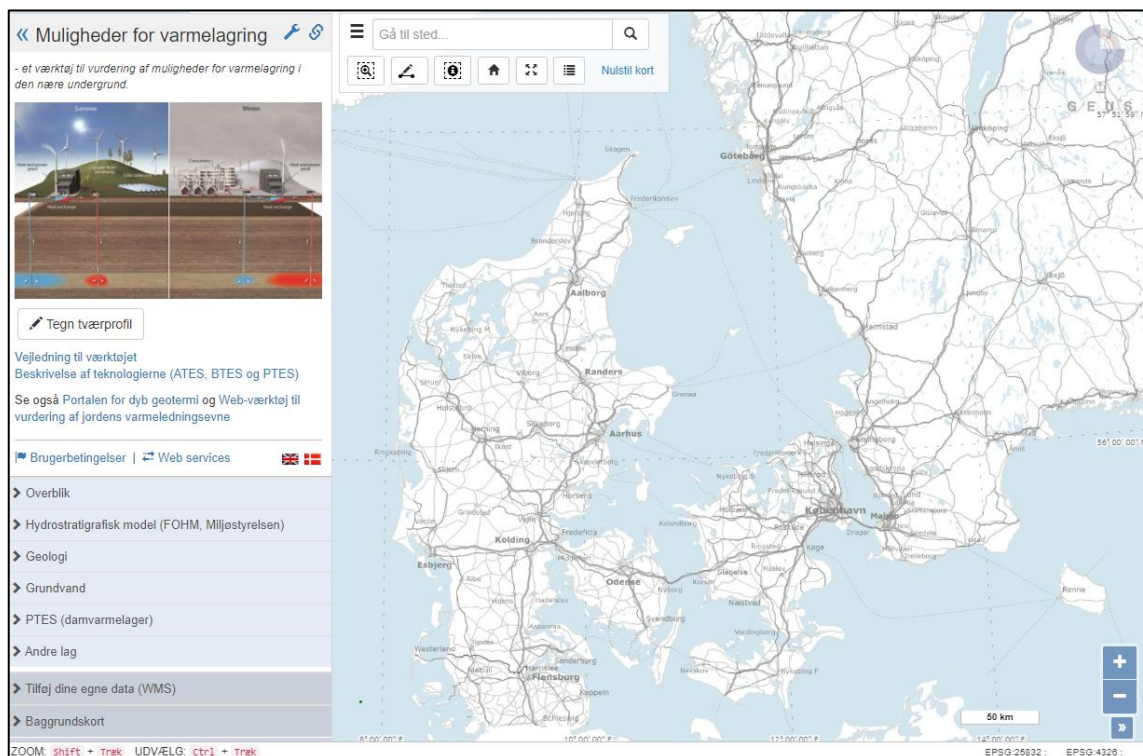
1.	Vejledning til GIS-applikationen "Muligheder for varmelagring"	3
1.1	Introduktion til den generelle funktionalitet.....	3
1.2	Kortet.....	4
1.3	Lagpanelet.....	4
1.4	Tilgængelige data.....	6
1.4.1	Overblik.....	6
1.4.2	Hydrostratigrafisk model (FOHM, Miljøstyrelsen).....	7
1.4.3	Geologi.....	8
1.4.4	Grundvand.....	9
1.4.5	PTES (damvarmelager).....	11
1.4.6	Andre lag.....	11
1.4.7	Baggrundskort.....	11
2.	Anvendte baggrundsdata	12
2.1	Udtræk af eksisterende lukkede jordvarmeboringer og ATES boringer i Jupiter.....	12
2.2	Varmeproducenter.....	12
2.3	Udtræk af faglige rapporter fra GEUS' Rapport-database.....	12
2.4	Geologiske/hydrostratigrafiske modeldata (FOHM).....	12
2.5	Geologiske data.....	13
2.5.1	Data tilknyttet PTES (damvarmelager).....	14
2.6	Drikkevandsinteresser.....	15
2.7	Potentialekort.....	15
2.8	Kortlagte OSD områder – Den nationale grundvandskortlægning.....	16
2.9	Beskyttede naturområder.....	16
2.10	Forurenede grunde.....	16
2.11	Områder med egnede vandførende lag.....	16
2.11.1	Kalk nær terræn.....	17
2.11.2	Kortlagte sandmagasiner med forventet brunt vand.....	17
2.11.3	Dybe vandførende lag.....	18
2.12	Områder med begrænset grundvandsstrømning.....	18
2.12.1	Områder med en tyk umættet zone.....	18
2.12.2	Plastisk ler nær terræn.....	18
2.12.3	Områder med grundfjeld (Bornholm).....	19
3.	Referencer	20

1. Vejledning til GIS-applikationen ”Muligheder for varmelagring”

Formålet med applikationen er at give brugeren mulighed for at screene den øvre undergrunds potentiale som varmelager med fokus på grundvandsmagasiner (egnet til Aquifer Thermal Energy Storage, ATES), samt områder uden grundvand (egnet til Borehole Thermal Energy Storage, BTES). Ligeledes gives et overblik over de terrænnære hydro-geologiske og geologiske forhold med betydning for etablering af damvarmelagre (PTES). Kortet giver mulighed for at sammenstille forskellige relevante temaer, både geologiske, hydrologiske og drikkevands-administrative temaer, der tilsammen giver et forbedret beslutningsgrundlag i den første screeningsfase og interessantinddragelse.

1.1 Introduktion til den generelle funktionalitet

Applikationen består til højre af et kortvindue, hvor forskellige navigationsværktøjer kan vælges. Til venstre findes lag-panel der giver brugeren mulighed for at ”tænde” og ”slukke” forskellige GIS lag, se Figur 1.1.



Figur 1.1. Applikationen er opbygget med et lagpanel til venstre og kortvindue til højre

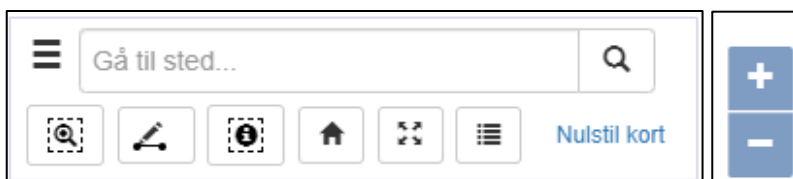
Over lagpanelet findes desuden relevante links til baggrundsviden om teknologierne, relevante værktøjer vedrørende overfladenære aflejrings termiske egenskaber og geotermi i den dybe undergrund:

- **Vejledning til værktøjet** – Nærværende vejledningstekst

- **Beskrivelse af teknologierne (ATES, BTES og PTES)** – Baggrundsviden om teknologierne ATES, BTES og PTES
- **Portalen for dyb geotermi** – Interaktiv kortbaseret geotermi portal over Danmarks dybe undergrund (dybgeotermi.geus.dk)
- **Vurdering af jordens varmeledningsevne** – Værktøj til estimering af jordens varmeledningsevne ([link](#))

1.2 Kortet

Man navigerer i kortet ved hjælp af funktionerne i det vandrette panel i toppen. Forklaring til funktionerne vises, når man rører dem, se Figur 1.2. Foruden disse funktioner findes to zoom knapper i kortets nederste højre hjørne.



Figur 1.2. Navigationspanel

Særlig skal nævnes "Gå til sted" funktionen, der er en hurtig, effektiv måde at zoome ind på et lokalt område, ved blot at skrive et lokalt bynavn.

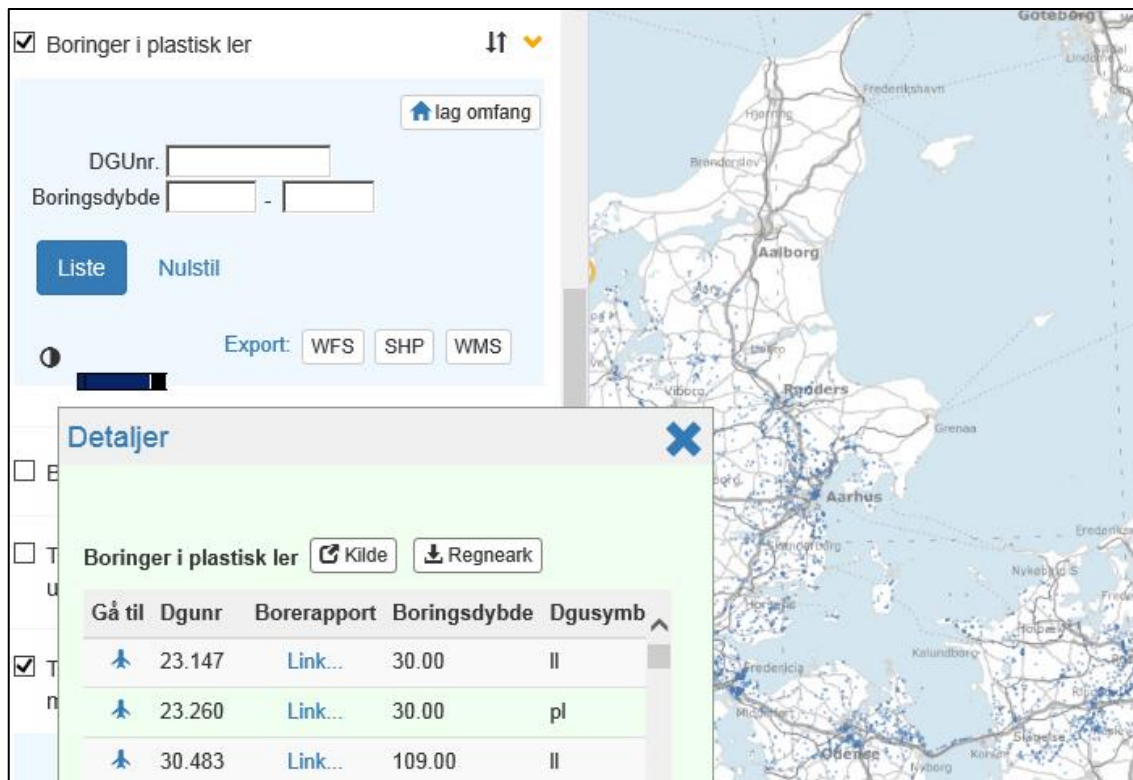
1.3 Lagpanelet

Lagene i lagpanelet er opdelt i seks laggrupper relevante for varmelagring: Overblik, Hydrostratigrafisk model (FOHM, Miljøstyrelsen), Geologi, Grundvand, PTES (damvarmelager) og Andre lag. Herunder findes de to generelle laggrupper Tilføj dine egne data og Baggrundskort. Ved at klikke på en laggruppe åbnes eller lukkes den, så lagene i gruppen bliver tilgængelige og kan aktiveres eller skjules, se Figur 1.3.



Figur 1.3. Lagpanelet

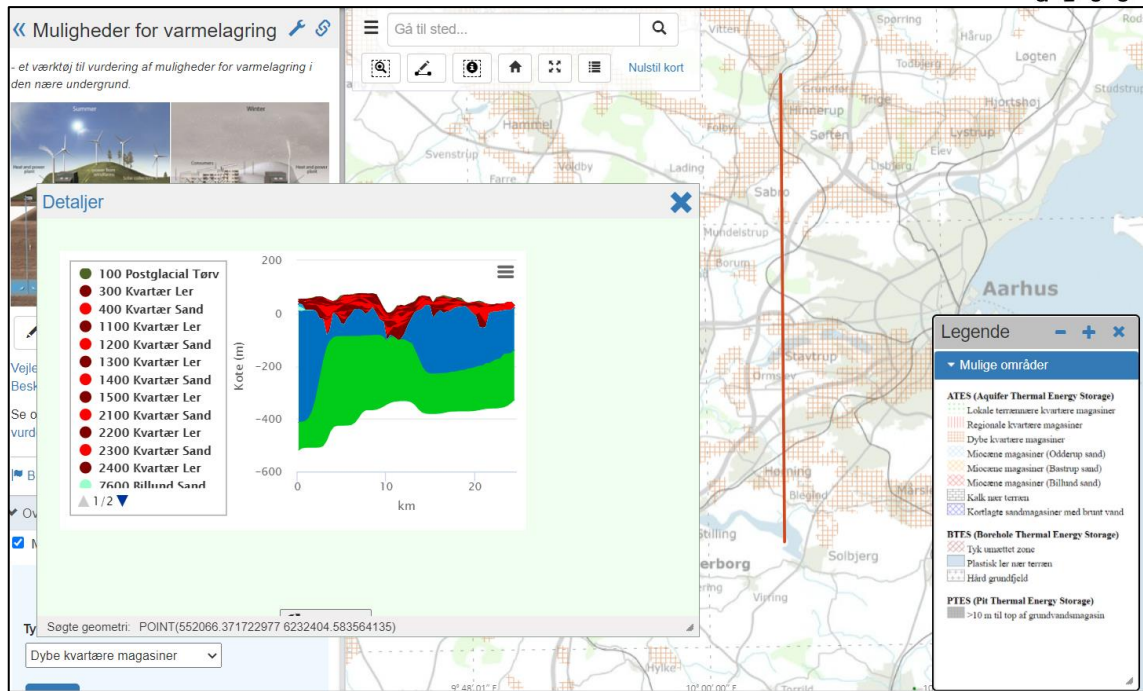
Når man aktiverer et lag, bliver det synligt på kortet, og der åbnes et tilhørende legende-vindue, når laget har en legende. Bemærk at enkelte lag som f.eks. boringscyklogrammer først vises, når der er zoomet ind på et nærområde. Når et lag er aktivt, åbnes desuden mulighed for yderligere tilpasning af visningen og detaljevisning ved tryk på kortet, se Figur 1.4.



Figur 1.4. Når et lag aktiveres, åbnes en undermenu der giver mulighed for tilpasning, eksport og filtrering af det pågældende lags data. De filtrerede data vises i et listevindue. Fra lister med boredata er der f.eks. generelt mulighed for at se individuelle borerapporter fra den nationale boringsdatabase (Jupiter).

Der er mulighed for filtrering af en delmængde af lagets data, f.eks. boringers dybde. De valgte data kan vises i et særskilt listevindue. Fra alle lister med boringer er der link til borerapporter i databasen Jupiter, og listen kan eksporteres som et regneark. Desuden er der mulighed for eksport til eget lokale GIS miljø. Endelig kan justeres på hvor transparent signaturen ønskes i kortvinduet, se Figur 1.4.

Ved tryk på knappen "tegn tværprofil" øverst i lagpanelet kan der optegnes en linje ved et klik på kortet. Profillinjen kan bestå af flere knæpunkter og afsluttes med dobbeltklik, hvorefter et nyt browservindue med profilet åbnes automatisk, se Figur 1.5. De geologiske lag vist på profiler er hentet fra den seneste version af FOHM modellen (Fælles Offentlig Hydrostratigrafisk Model), se nærmere under afsnit 1.4.2.

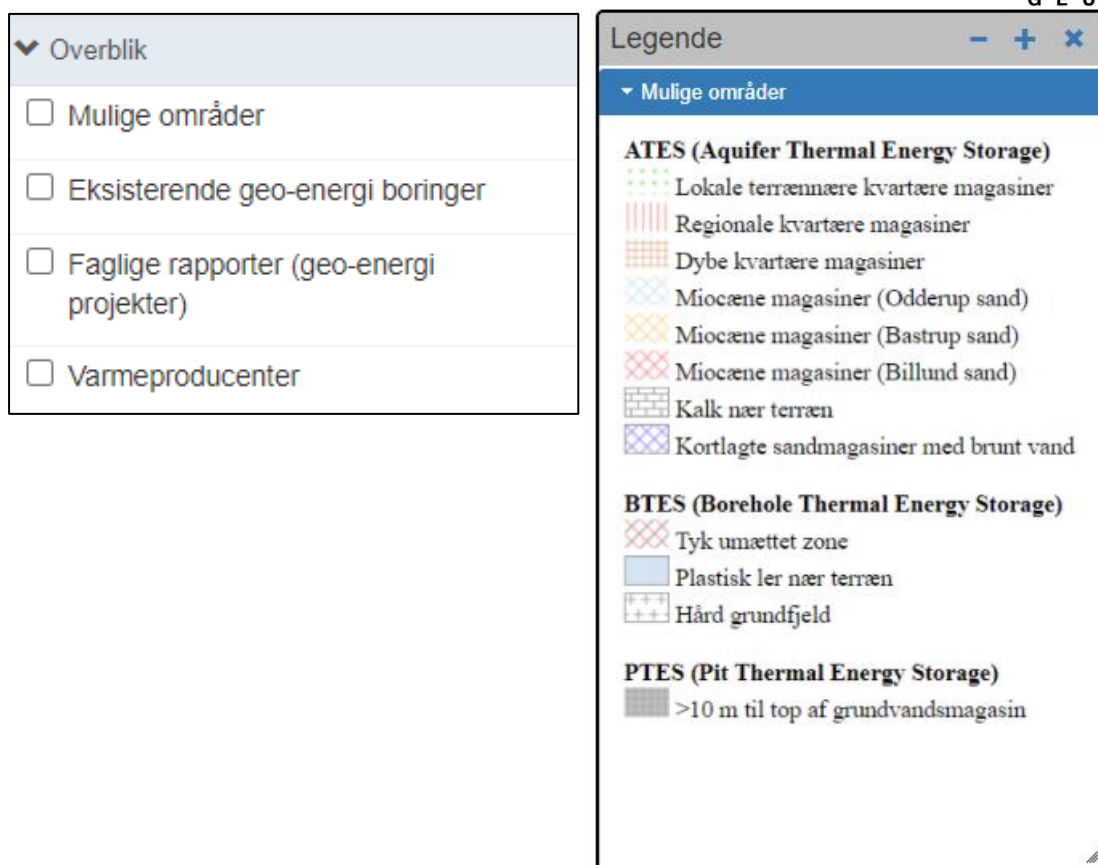


Figur 1.5. Visning af tværprofil ved brug af funktionen "Tegn tværprofil".

1.4 Tilgængelige data

1.4.1 Overblik

Via laggruppen Overblik får man adgang til laget Mulige områder. Det er områder, potentielt egnet til varmelagring. Der er generelt lavet en opdeling i vandførende lag (magasiner) med mulighed for etablering af grundvandsbaserede anlæg (ATES), områder med begrænset grundvandsstrømning egnet til borehulslagre (BTES), samt potentielle områder med mulighed for etablering af PTES (damvarmelager) på baggrund af eksisterende viden og grundvandsniveauer mv., se Figur 1.6. De viste data stammer dels fra en screening i EUDP projektet "Kortlægning af mulighederne for etablering af geologisk varmelagring" (j. nr. 1887-0017) dels kortlagte grundvandsmagasiner fra den Nationale Grundvandskortlægning, Miljøstyrelsen.



Figur 1.6. Overblik over mulige områder. Til venstre: Valgmuligheder under laggruppen. Til højre: Legende for "mulige områder"

Efter aktivering af laget bliver det muligt at filtrere en af de i alt 12 områdetyper til separat visning på kortet. Kriterierne og databehandling ved udvælgelse/screening af områderne i EUDP projektet 1887-0017 er beskrevet af Ditlefsen m.fl. (2019). For baggrundsviden om de øvrige datasæt henvises til følgende underafsnit.

Fra panelet Overblik kan endvidere vises beliggenhed og baggrundsdata for indberettede *geo-energi borer* (lukkede jordvarmeboringer og ATES borer), *faglige rapporter* og varmereproducenter i Danmark, [se eksempel](#). Temaet er udarbejdet af Energistyrelsen 2018.

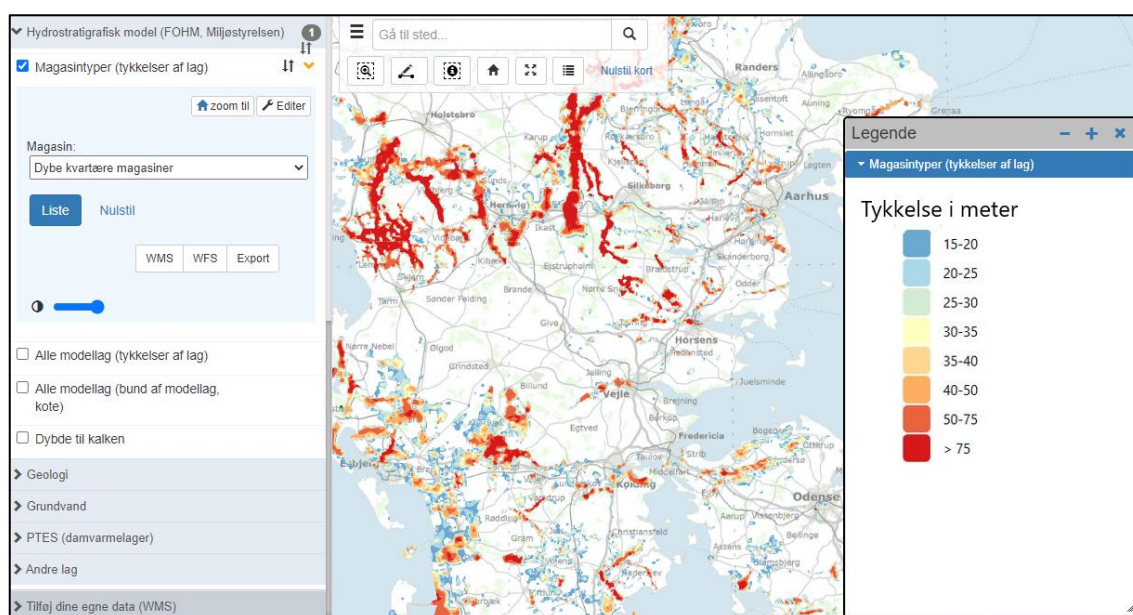
1.4.2 Hydrostratigrafisk model (FOHM, Miljøstyrelsen)

Via laggruppen Hydrostratigrafisk model (FOHM, Miljøstyrelsen) opnås adgang til 3D geo-model data udarbejdet i forbindelse med Grundvandskortlægningen (Miljøstyrelsen).

Under laggruppen kan vælges:

- [Magasintyper \(tykkelser af lag\)](#)
 - Her kan vælges mellem forskellige typer af grundvandsmagasiner, idet der er fortaget en gruppering af magasintyper fra FOHM modellen. Tykkelserne er akkumulerende tykkelser for de enkelte grupperede magasiner.

- [Alle modellag \(tykkelser af lag\)](#)
 - Her kan vælges mellem de primære lag i FOHM modellen. Bemærk at flere lag har en begrænset regional udbredelse og derfor ikke er til stede i alle dele af landet.
- [Alle modellag \(bund af modellag, kote\)](#)
 - Her kan vises bundkoter for de enkelte modellag fra FOHM modellen.
- [Dybde til kalken](#)
 - Her vises den vurderede dybde fra overfladen til toppen af kalk aflejringer i flg. modellen.



Figur 1.7. Under laggruppen er der mulighed for at vise lagtykkelser for grupperede magasintyper, tykkelser for de enkelte modellag i FOHM, bundkoter af lagene, samt dybde til kalken.

1.4.3 Geologi

For nærmere at kunne vurdere den geologiske lagfølge omkring et muligt varmelager, findes en række støttetemaer, som, hvor det er muligt, opdateres kontinuerligt ved online udtræk direkte fra boringsdatabasen Jupiter (Hansen & Pjetturson, 2011).

- [Boredata vist på kort som cyklogrammer](#)
 - Grafisk plot af boringer til at give overblik over lagfølge og vandspejl
- [Boringer dybere end 10 m med beskrevet lagfølge.](#)
 - Udtrækket har til formål at vise boringer med relevant information for geologisk varmelagring ved at udelade meget korte boringer, og boringer hvor lagfølgen ikke kendes.
- [Tykkelse af sand og grus i boringer indenfor bestemte dybdeintervaller](#)
 - Disse udtræk har til formål at støtte vurdering af, om der i et område kan findes et egnet magasin til ATES, eller undersøge for fravær af vandførende

lag til BTES. Tykkelsen af sand i det pågældende interval er vist med farvekode for den enkelte boring.

- [Boringer der træffer palæogent plastisk ler](#)
 - Udtrækket har til formål at støtte vurderingen af mulighederne for at etablere et borehulslager i plastisk ler i et givet område.
- [Begravede dale](#)
 - Dette tema viser udbredelse, type og usikkerhed på bestemmelsen af begravede dale i Danmark, Sandersen & Jørgensen (2016). Temaet er i nærværende sammenhæng bl.a. nyttigt ved vurdering af, om der i dybe begravede dale kan findes grundvandsmagasiner uden drikkevandsinteresser.

1.4.4 Grundvand

For nærmere at kunne vurdere grundvandsforholdene omkring et muligt varmelager, findes en række støttetemaer, som, hvor det er muligt, er opdateret online ved udtræk direkte fra boringsdatabasen Jupiter.

- [Vandspejl \(m under terræn\)](#)
 - Seneste pejling i boringer dybere end 10 m. Temaet er relevant for alle anlægstyper, hvor dybden til grundvandsspejlet har betydning.
- [Boringsydelse](#)
 - Specifikke pumpeydelse m³/time pr. meter sænkning. Temaet er især relevant for ATES anlæg
- [Vandtyper](#)
 - Grundvandets redoxkemiske vandtype med angivelse af indtagenes dybde og analysernes alder. Temaet er relevant til vurdering af, i hvor høj grad der er risiko for kemisk udfældning i forbindelse med cirkulering af grundvandet.
- [Almene indvindingsboringer](#)
 - Med estimat af koordinat sikkerhed. Temaet er for alle typer overfladenære varmelagre er vigtigt ved vurdering afstande til og mulig påvirkning af almene indvindingsboringer.
- [Alle indvindingsboringer](#)
 - Med estimat af hvor der aktuelt indvindes vand vha. en vægtet score, hvor 1 er ringe sandsynlighed, mens 10 er overvejende sandsynlig.
- [Drikkevandsinteresser](#)
 - Temaet viser områder med [Særlige Drikkevandsinteresse \(OSD\)](#) og områder med [Drikkevandsinteresser \(OD\)](#) samt indvindingsoplande uden for OSD. Temaet, der er udarbejdet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning, inddrages normalt i kommunernes sagsbehandling af

jordvarmeanlæg og anlæg til varmelagring. Det kan dog variere, hvad den enkelte kommune tillader inden for OSD. Af temaet fremgår desuden implicit, hvor der er Begrænsede drikkevandsinteresser. Disse områder ligger ofte ud til kysten, og rummer potentielt en mulighed for tilladelse til varmelagring ved højere temperaturer.

- [Grundvandskortlægning](#)
 - Hovedresultaterne fra den nationale grundvandskortlægning er tilgængelige via temaet Grundvandskortlægning, der viser de områder, hvorfra der foreligger opsummerende redegørelsesrapporter fra den nationale grundvandskortlægning. Temaet giver ved "klik" inden for det kortlagte område mulighed for at downloade den tilhørende rapport og studere kortlægningsresultater fra lokalområder i detalje.
- [Modelleret dybde til terrænnært grundvand \(sommer og vinter situation\)](#)
 - Kortet giver et landsdækkende overblik over dybden til det terrænnære grundvand i høj rumlig opløsning (10x10 meter) for en typisk vinter situation og en typisk sommer situation på basis af grundvandsdata for perioden 1990-2019. Dybden er angivet i meter, og er et vigtigt redskab til vurdering af om der er udfordringer med terrænnært grundvand.
 - Kortet er hentet som WFS fra Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE).
- **Potentialekort**
 - I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning blev der udarbejdet regionale og lokale kort over trykniveauet i forskellige grundvandsmagasiner – såkaldte potentialekort. Potentialekortene giver et billede af den overordnede strømningsretning af grundvandet (vinkelret på potentialelinjerne) i det pågældende grundvandsmagasin. Der er i laggruppen Grundvand mulighed for at vise potentialekort for tre typer af grundvandsmagasiner:
 - En samling af [regionale potentialekort](#), typisk udarbejdet af amterne for det såkaldte primære grundvandsmagasin. Med det primære magasin menes det grundvandsmagasin, hvor vandindvindingen primært foregår fra. Det vil typisk være forskellige magasiner fra landsdel til landsdel. I lagpanelet kan man filtrere, så der kun vises et enkelt af disse kort. Skønt et sådant potentialekort ikke præcist repræsenterer det grundvandsmagasin, hvor der planlægges varmelagring, vil man ved hjælp af kortet kunne få en indikation på grundvandets overordnede strømningsretning i området. Se kort [her](#).
 - [Potentialekort for grundvandsmagasinet i kalken](#) er udarbejdet i de dele af landet, hvor der er tilstrækkeligt med pejlinger af grundvandsstanden i kalken. Se kort [her](#).
 - [Potentialekort for det overfladenære grundvandsmagasin](#) i det centrale Vestjylland (Ringkøbing Amt), se kort [her](#).

1.4.5 PTES (damvarmelager)

Via laggruppen PTES (Damvarmelager) er det muligt at tilgå relevante temaer ved screening af et områdes grundvandsforhold og jordbundsforhold, der har betydning ved etablering af et damvarmelager:

- [Jordarter beskrevet som silt eller blødbund \(GEUS jordartskort 1:25.000\)](#)
 - Der er udsøgt jordbundstyper beskrevet som silt eller blødbund (gytje, tørv) i GEUS' jordartskort (1:25.000). Det skal bemærkes, at jordartskortet dækker ca. 90 % af landet (version 5, 2020), så der områder i Midt- og Nordjylland som endnu ikke er færdigkortlagt.
- [Dybde til top af grundvandsmagasin](#)
 - Dybden til det øverste vandførende lag med grundvandsstrømning har betydning for om de lokale forhold er egnede til etablering af et damvarmelager. Temaet er et sammensat på baggrund af tolkede magasindybder fra DK-modellen (2019).

1.4.6 Andre lag

Via lagpanelet Andre lag kan vises andre temaer, der kan have betydning ved etablering af geologiske varmelagre:

- [Beskyttede naturområder](#)
 - Med henblik på indledende at kunne vurdere, om der kan være forhold, som man skal være særlig opmærksom på, er der mulighed for i applikationen at vise temakort over forskellige følsomme naturtyper.
- [Forurenede grunde](#)
 - For om muligt på forhånd at tage højde for eksisterende jord- (og grundvands-) forurening på et areal, hvor der planlægges varmelagring, kan Regionernes registrerede jordforureninger udstilles på hhv. vidensniveau 1 (begrundet mistanke om til forurening) og vidensniveau 2 (dokumentation for forurening), vises.

1.4.7 Baggrundskort

Under kortpanelet Baggrundskort kan vælges mellem en række standard baggrundskort og hjælpelag. Der er primært tale om forskellige geografiske grundkort, men bl.a. også jordartskort fra GEUS.

2. Anvendte baggrundsdata

Den udførte screening bygger på eksisterende geologiske og administrative data tilgængelige hos GEUS, Danmarks Miljøportal, Miljøstyrelsen og Energistyrelsen.

2.1 Udtræk af eksisterende lukkede jordvarmeboringer og ATES boringer i Jupiter

Der er foretaget et udtræk af alle boringer i Jupiter, som er angivet med et energiformål. Enten lukket jordvarmeboring eller indvindings-/injektions-boring til et ATES anlæg. Det er stillet som et krav, at boringerne ikke er sløjfet. De viste ATES boringer har desuden angivet et filterinterval i databasen.

Forbehold: Historikken for at indberette ATES boringer er ikke entydig, hvilket vanskeliggør en præcis udsøgning af samtlige udførte ATES boringer. Nogle kan f.eks. være registreret under anvendelsen "proces/industri".

2.2 Varmeproducenter

Ud fra indberetninger fra branchen foretager Energistyrelsen årlige opgørelser over [varme-producenterne i Danmark](#) inklusive angivelse af de enkelte anlægs beliggenhed. Seneste opgørelse dateret oktober 2018 er sammenholdt med resultaterne af den geologiske screening i nærværende rapport. Anlæggenes beliggenhed og specifikke anlægsdata kan endvidere ses i den udviklede webapplikation, se [eksempel](#).

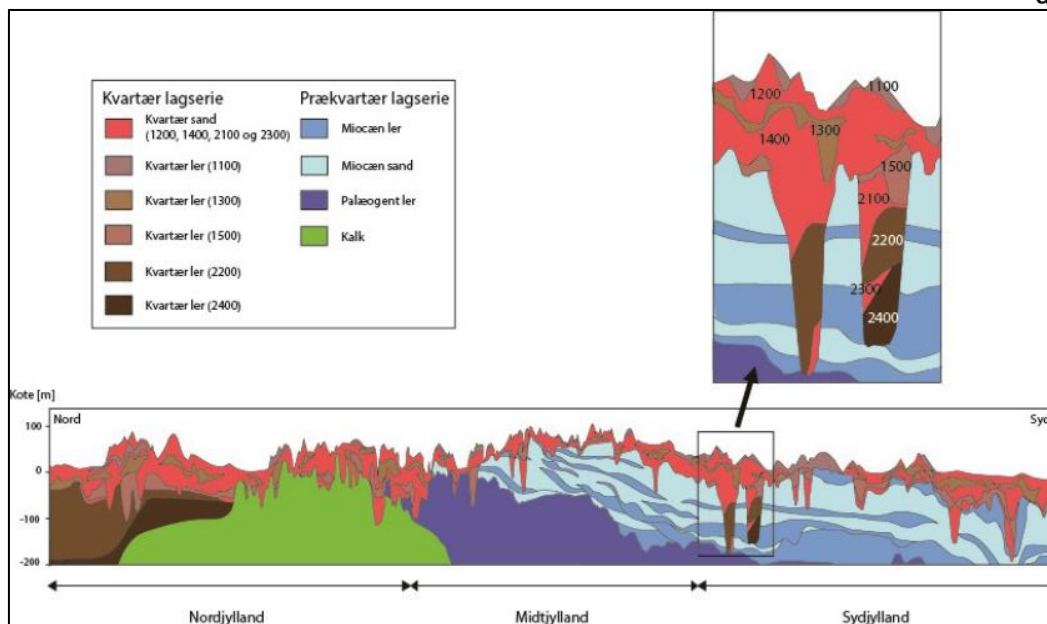
2.3 Udtræk af faglige rapporter fra GEUS' Rapport-database

Alle indlæste rapporter i GEUS Rapport-database markeret med nøgleordet "varmelagring" kan tilgås på kortet Bl.a. er geologiske screeningsrapporter for udvalgte områder med forskellige geologiske karakteristika (fra HEATSTORE projektet) tilgængelige på kortet.

2.4 Geologiske/hydrostratigrafiske modeldata (FOHM)

Den Fælles Offentlig Hydrostratigrafisk Model (FOHM, Miljøstyrelsen) omfatter en samling af lokale geologiske modeller for Jylland, Fyn samt Sjælland og Sydhavsøerne. FOHM modellen udgør det hydrogeologiske grundlag i GEUS' DK-Model, og udgør således det geologiske/hydrostratigrafiske modelgrundlag for både Miljøstyrelsens Vandplanlægning og Grundvandskortlægning.

Modellen består af mange tolkede lag – et øvre lag bestående af postglacial blødbund, en kvartær lagserie bestående af 12 sand/lerlag, en miocæn lagserie bestående af 28 sand/lerlag (kun tilstede i Jylland), et lag af Palæogent ler, og lag af hhv. i Danien kalk og Skrivekridt (Miljøstyrelsen 2020).



Figur 2.1. Tværsnitseksempel fra FOHM Jylland modellen. Her skitseres modellen i et profil gående fra Nordjylland til Sydvestjylland (Miljøstyrelsen 2020).

FOHM modellen er beskrevet nærmere på Miljøstyrelsens hjemmeside ([direkte link](#)) og udstilles til fri download på GEUS' hjemmeside:

<https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/grundvandskort-og-data/fohm>

2.5 Geologiske data

De anvendte geologiske data stammer primært fra geologiske kort og databaser på GEUS. Der er bl.a. tale om data indsamlet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning (Thomsen m.fl. 2004), boredata fra den nationale boringsdatabase Jupiter (Hansen & Pjeturson 2011) og geofysik-data fra den nationale geofysikdatabase GERDA, (Møller m.fl. 2009).

Der er etableret en række online udtræk fra Jupiterdatabasen, som er tilgængelige som hjælpeprogramer i den udviklede webapplikation. Disse er delt i geologiske udtræk og grundvandsrelaterede udtræk:

Geologiske udtræk

- [Boredata vist på kort som cyklogrammer](#)
 - Cyklogrammer (Andersen 1973) giver overblik over lagfølge og vandspejl i boringer
- [Boringer dybere end 10 m med beskrevet lagfølge.](#)
 - Udtrækket har til formål at vise boringer med relevant information for geologisk varmelagring ved at udelade meget korte boringer og boringer hvor lagfølgen ikke kendes.

- [Tykkelse af sand og grus i boringer indenfor bestemte dybdeintervaller](#)
 - Disse udtræk har til formål at støtte vurdering af, om der i et område kan findes et egnet magasin til ATES, eller undersøge for fravær af vandførende lag til BTES. Tykkelsen af sand i det pågældende interval er vist med farvekode for den enkelte boring

- [Boringer der træffer palæogent plastisk ler](#)
 - Udtrækket har til formål at støtte vurdering af mulighederne for at etablere et borehulslager i plastisk ler i et givet område. Palæogent plastisk ler er en tæt lerformation, som i dele af Østjylland, Himmerland og det vestlige Limfjordsområde findes forholdsvis overfladenært og potentielt er interessant til BTES lagre.

- [Begravede dale](#)
 - Dette tema viser udbredelse, type og usikkerhed på bestemmelsen af begravede dale i Danmark, se Sandersen & Jørgensen (2016). Temaet er i nærværende sammenhæng bl.a. nyttigt ved vurdering af, om der i dybe begravede dale kan findes grundvandsmagasiner uden drikkevandsinteresser.

Grundvandsrelaterede udtræk:

- [Vandspejl \(m under terræn\)](#)
 - Seneste pejling i boringer dybere end 10 m

- [Boringsydelser](#)
 - Specifikke ydelser m³/time pr. meter sænkning

- [Almene indvindingsboringer](#)
 - Med estimat af koordinat sikkerhed

- [Alle indvindingsboringer](#)
 - Med et estimat af hvor der aktuelt indvindes vand vha. en vægtet score, hvor 1 er ringe sandsynlighed mens 10 er overvejende sandsynlig.

- [Kemisk vandtype](#)
 - Grundvandets redoxkemiske vandtype med angivelse af indtagenes dybde og analysernes alder

2.5.1 Data tilknyttet PTES (damvarmelager)

Der er vist to vigtige datakilder til at lave en første screening af de lokale jordbund med henblik op etablering af et damvarmelager:

- [Jordarter beskrevet som silt eller blødbund \(GEUS jordartskort 1:25.000\)](#)
 - Der er udsøgt jordbundstyper beskrevet som silt eller blødbund (gytje, tørv) i GEUS jordartskort (1:25.000). Det skal bemærkes, at jordartskortet

dækker ca. 90 % af landet (version 5, 2020), så der områder i Midt- og Nordjylland som endnu ikke er færdigkortlagt.

- [Dybde til top af grundvandsmagasin](#)
 - Dybden til det øverste vandførende lag med grundvandsstrømning har betydning for om de lokale forhold er egnede til etablering af et damvarmelager. Temaet er et sammensat på baggrund af tolkede magasindybder fra DK-modellen (2019 version anvendt i Vandplan 3).

2.6 Drikkevandsinteresser

I forbindelse med etablering af den nationale grundvandskortlægning (Thomsen m.fl. 2004), er landet opdelt i tre typer af interesseområder. Områderne er oprindeligt administrativt udpegede, men er til dels efterfølgende justeret på baggrund kortlægningens resultater. Mere detaljerede kortlægningsresultater findes i områdespecifikke redegørelsesrapporter, der også kan tilgås fra applikationen.

Områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) er områder, hvor regnvandet nedsiver og danner grundvand, som bruges til vandforsyninger af regional betydning, eller som kan få regional betydning i fremtiden.

Områder med drikkevandsinteresser er områder der har, eller kan have, betydning for vandindvinding til mindre vandværker og erhverv.

Områder med begrænsede drikkevandsinteresser er områder, hvor grundvandets vurderede mængde og kvalitet gør, at det kun i begrænset omfang kan udnyttes til drikkevandsforsyning.

Gældende kort med udbredelse af [områder med drikkevandsinteresser inklusive indvindingsoplande uden for OSD](#) vises online fra Danmarks Miljøportal.

2.7 Potentialekort

I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning blev der ud fra pejledata udarbejdet regionale og lokale kort over trykniveauet i forskellige grundvandsmagasiner – såkaldte potentialekort. Potentialekortene giver et billede af den overordnede strømningsretning af grundvandet (vinkelret på potentialelinjerne) i det pågældende grundvandsmagasin. Der er i webapplikationen givet mulighed for at vise potentialekort for tre typer af grundvandsmagasiner:

1. Det overfladenære grundvandsmagasin i det centrale Vestjylland (Ringkøbing Amt), se kort [her](#).
2. En samling af regionale potentialekort for det såkaldte primære grundvandsmagasin, hvilket typisk er udarbejdet af amternes grundvandsafdelinger. Med det primære magasin menes det grundvandmagasin, hvor vandindvindingen primært foregår fra. Det vil typisk være forskellige magasiner fra landsdel til landsdel. Skønt et potentialekort ikke præcist repræsenterer det grundvandsmagasin, hvor der planlægges

varmelagring, vil man ved hjælp af kortet kunne få en indikation på grundvandets overordnede strømningsretning i området. Se kort [her](#).

3. Potentialekort for i kalken er udarbejdet i de dele af landet, hvor der er tilstrækkelig med pejledata af grundvandsspejlet i kalken. Se kort [her](#)

2.8 Kortlagte OSD områder – Den nationale grundvandskortlægning

I webapplikationen er desuden valgt at vise et GIS tema med de områder, hvorfra der foreligger opsummerende redegørelsesrapporter fra den nationale grundvandskortlægning. Temaet giver mulighed for at downloade disse rapporter og studere resultaterne i detalje, se kort [her](#)

2.9 Beskyttede naturområder

Inden for beskyttede naturområder kan der være særlige forhold, man skal tage højde for i vurderingen af, om terrænnær varmelagring er muligt. Præcist hvad der skal tages særlig højde for, vil afhænge af naturtypen og de evt. påvirkninger det underjordiske lager vil påføre miljøet – potentielt en ændring af jordtemperaturen i nærheden af lageret.

Med henblik på indledende at kunne vurdere, om der kan være forhold, som man skal være særlig opmærksom på, er der mulighed for i applikationen at vise temakort over forskellige følsomme naturtyper, se kort [her](#).

2.10 Forurenede grunde

For om muligt på forhånd at tage højde for eksisterende jordforurening og/eller grundvandsforurening på et areal, hvor der planlægges varmelagring, giver GIS-applikationen mulighed for at vise Regionernes registrerede jordforureninger udstillet på hhv. vidensniveau 1 (begrundet mistanke om forurening) og vidensniveau 2 (dokumentation for forurening), se kort [her](#).

2.11 Områder med egnede vandførende lag

Områder med udvalgte vandførende lag (grundvandsmagasiner) er screenet med henblik på at finde egnede steder til grundvandsbaserede varmelagre (ATES-anlæg). Der er i screeningen foretaget en gruppering af magasintyper på tværs af Danmark baseret på lagene i FOHM modellen (se afsnit 2.4):

- [Lokale terrænnære kvartære magasiner](#)
 - Magasintypen omfatter lokale sand-/grus-magasiner, der typisk har en begrænset udbredelse og tykkelse.
- [Regionale kvartære magasiner](#)
 - Magasintypen omfatter større regionale grundvandsmagasiner, og f.eks. hedeslette sandmagasiner i det vestlige Jylland. Magasinerne vil typisk også blive anvendt som drikkevandsressource i mange områder.
- [Dybe kvartære magasiner](#)
 - Denne magasintype kan overvejende henføres til begravede dalsystemet, hvor store kanaler er blevet spulet ud under gletscherne gennem de

seneste istider. Dalene er så senere fyldt op med leret og/eller sandet materiale, og udgør dermed potentielt grundvandmagasiner. Magasintypen ligger ofte dybt og kortlagt med få data, hvilket betyder flere magasiner er forholdsvis usikkert bestemt.

- [Miocæne magasiner \(Odderup, Bastrup og Billund\)](#)
 - Magasintypen "Miocæne magasiner" udgør ældre sandmagasiner med forekomster begrænset til Jylland. Typen er opsplittet i tre hovedgrupper Odderup, Bastrup og Billund der repræsenterer forskellig alder, udbredelse og til dels sediment sammensætning. Mere information om de miocæne magasiner kan bl.a. tilgås i (Kristensen et al. 2015).

2.11.1 Kalk nær terræn

Som del af screeningen er der kortlagt områder, hvor der træffes kalkbjergarter nær terræn. Ved screeningen er udvalgt områder, der ifølge det geologiske undergrundskort har forekomster af faststående kalk, og hvor kort over prækvartærets højdeforhold (Binzer og Stockmarr 1994) sammenholdt med en terrænmodel indikerer, at overfladen af kalken findes mindre end 25 m u.t.

De udpegede områder træffes primært langs Limfjorden, ved Mariager, på Djursland samt på det østlige Sjælland, Lolland og det østligste Fyn. Se kort [her](#).

Hvorvidt kalken er egnet til ATES anlæg afhænger primært af permeabiliteten lokalt i kalken. Regionale studier på Sjælland har vist, at de største permeabiliteter generelt træffes i de øverste 10-15 m af kalken, hvor den ofte er opsprækket, Klitten m. fl. (2006). Der vil dog som regel være behov for at kende de specifikke pumpeydelse, der er opnået lokalt i kalken, for nærmere at vurdere mulighederne for ATES, se eksempel [her](#).

I forbindelse med den nationale grundvandskortlægning er der etableret regionale kort over trykniveauet i kalken – såkaldte potentialekort, se afsnit 6.2. Potentialekortene giver et billede af den overordnede strømningsretning af grundvandet i kalken (vinkelret på potentialelinjerne, se eksempel [her](#)).

2.11.2 Kortlagte sandmagasiner med forventet brunt vand

Med henblik på at kortlægge områder, der potentielt kan være egnet til varmelagring ved højere temperaturer end de 20 °C, der uden dispensation tillades i gældende lovgivning, er en række dybere sandede formationer i det vestlige Jylland screenet for drikkevandsinteresser. Områderne, der ligger uden for OSD, er fundet ved hjælp af eksisterende geologiske lokalmodeller opstillet ved den nationale grundvandskortlægning. Endvidere er benyttet eksisterende grundvandskemiske analyser til at finde indikationer på dårlig, naturlig vandkvalitet. Det drejer sig primært om saltvandspåvirket grundvand og grundvand med en kemisk sammensætning, der indikerer "brunt vand".

I alt er der udpeget 9 områder som primært indeholder miocæne formationer af kvartssand og med begrænset grundvandskvalitet. Inden for disse træffes 25 varmereproducerende anlæg. De geologiske forhold i de 9 områder er nærmere beskrevet i bilag 1.

2.11.3 Dybe vandførende lag

For en vurdering af udbredelse, temperaturforhold, og geotermisk potentiale af dybe sandstenslag under kalken henvises til Vosgerau m.fl. (2016). For en specifik vurdering af mulighederne for at lagre varmt vand i sandstenslagene ved Aalborg henvises til Kristensen m.fl. (2016) og Guldager m. fl. (2018).

2.12 Områder med begrænset grundvandsstrømning

Lag med begrænset grundvandsstrømning er screenet med henblik på at finde egnede steder til borehulslagere (BTES-anlæg). Der er i screeningen kortlagt tre typer af områder med begrænset grundvandsstrømning, se nedenstående. Andre typer, f.eks. områder med tæt moræneler, vil muligvis også kunne bruges. Dette vil dog kræve en nærmere undersøgelse af det lokale område, bl.a. for at afgøre, hvorvidt der forekommer grundvandsstrømning i moræneleret.

2.12.1 Områder med en tyk umættet zone

Der er ved screening udsøgt områder med mere end 20 m til grundvandsspejlet, opdelt i områder med 20-30 m til grundvandsspejlet og områder med mere end 30 m til grundvandsspejlet. Dette er gjort på baggrund af pejlinger af vandstanden, som findes i Jupiterdatabasen kombineret med en digital terrænmodel. I første omgang er borerer med mere end 20 m til vandspejlet (seneste målte pejling uden pumpedrift) udtrukket fra Jupiter. I områder, hvor der er overvægt af sådanne pejlinger, er udbredelsen af området vurderet på baggrund af terrænforholdene angivet i den digitale terrænmodel. Se eksempel [her](#).

Der er i denne udvælgelse ikke taget særlig hensyn til områder med særlige drikkevandsinteresser, da et potentielt borehulslager vil blive placeret over grundvandsspejlet, og resultater fra mere end 4 år monitoring af det eksisterende lager i Brædstrup indikerer, at varmeudbredelsen nedefter er begrænset (2°C over 4 år 14 m under lageret, Schmidt & Sørensen (2018)). Denne type lager vurderes derfor ved rigtig projektering at kunne opføres inden for et område med særlige drikkevandsinteresser.

Effektiviteten af denne type anlæg, inklusive varmetab og potentielle påvirkninger af omgivelserne, er estimeret ved modelberegninger i WP2, (Poulsen 2019) og målt i praksis (Schmidt & Sørensen 2018)

De fundne områder er på grund af de naturgivne højde- og grundvandsforhold primært beliggende i Jylland øst for Hovedopholdslinjen. I alt er der fundet 70 varmeproducerende anlæg inden for denne type i området. Heraf vurderes der at være > 30 m til grundvandsspejlet ved 21 anlæg og mellem 20 og 30 m til vandspejlet ved 49 anlæg.

2.12.2 Plastisk ler nær terræn

I områder med tæt plastisk ler (fra [Palæogen](#)) forventes ingen grundvandsstrømning og dermed heller ikke grundvandsinteresser. Disse områder forventes umiddelbart at kunne

benyttes ved etablering af borehulslagre. Det skyldes bl.a. at den plastisk ler har en lav varmeledningsevne (Ditlefsen & Sørensen 2014), og forventeligt en høj varmekapacitet på grund af et højt naturligt vandindhold.

Effektiviteten af denne type anlæg, inklusive varmetab og potentielle påvirkninger af omgivelserne ved denne type anlæg, estimeres ved modelberegninger i WP2 af dette projekt, se Poulsen (2019).

Ved screeningen er der udvalgt områder, der ifølge det geologiske undergrundskort har forekomster af faststående plastisk ler, og hvor kort over prækvartærets højdeforhold (Binzer og Stockmarr 1994) sammenholdt med en terrænmodel indikerer, at overfladen af leret findes mindre end 25 m u.t. I udarbejdelse af kortet er endvidere inddraget tidligere boringsbaserede søgninger efter palæogent ler i forbindelse med en screening af mineralske råstoffer i Danmark (Ditlefsen m. fl. 2015).

De udpegede områder er fundet i et bælte fra den vestlige Limfjord over Himmerland og videre sydpå langs den østjyske kyst. Endvidere træffes enkelte områder på Fyn og Sjælland. Se eksempel [her](#).

2.12.3 Områder med grundfjeld (Bornholm)

På Bornholm træffes fast grundfjeld af granit, gnejs og hårde sandsten tæt på terræn over det meste af øen. Overordnet forventes disse bjergarter fra et stykke under overfladen at være relativt tætte og usprækkede uden for de på undergrundskortet kortlagte forkastningszoner, og varmelagring forventes primært at kunne ske med BTES teknologi i borehulslagre. I forvejen findes en række lukkede jordvarmeboringer på øen. se kort [her](#). Nogle af disse ligger dog inden for OSD, hvilket der må tages højde for ved forundersøgelser til et eventuelt anlæg.

Bjergarterne forventes at have forholdsvis høje varmeledningsevner og varme-udvekslingen forventes at ske relativt hurtigt. Eksisterende erfaringer med borehulslagre i grundfjeld i Sverige er beskrevet af Manonelles (2014) og Kallesøe m.fl. (2019). Effektiviteten af BTES anlæg i grundfjeld er desuden estimeret ved modelberegninger af Poulsen (2019).

3. Referencer

Andersen, L., J. (1973): Cyclogram Technique for Geological Mapping of Borehole Data. Danm. Geol. Unders. III, Række 41, 25 p.

Binzer, K. & Stockmarr, J., 1994: Geologisk kort over Danmark. 1:500.000. Prækvarteroverfladens højdeforhold. Danmarks Geologiske Undersøgelse Kortserie nr. 44, 10 sider.

Ditlefsen, C., Kallesøe, A. J., Bjørn, H., (2019): Geologisk Varmelagring. Screening af mulighederne for overfladenære geologisk varmelagring i Danmark. Rapport leverance D1.1. til EUDP-projekt J. Nr. 1887-0017: Kortlægning af mulighederne for geologisk varmelagring i Danmark.

Ditlefsen, C., Lomholt, S., Skar, S., Jakobsen, P. R., Kallesøe, A.J., Keiding, J.K. & Kalvig, P. (2015) Danske mineralske råstofressourcer Kvantitativ analyse baseret på geologiske og geofysiske data. MiMa rapport 2015/1, GEUS.

Ditlefsen, C. & Sørensen, I. 2014: EUDP rapport D6 Overfladenære jordarters termiske egenskaber (in Danish with English summary), 30 pp. http://geoenergi.org/xpdf/d6_jordarters_termiske_egenskaber.pdf

Fleuchaus, P., Godschalk, B., Stober, I. & Blum, P. 2018. "[Worldwide application of aquifer thermal energy storage – A review](#)," [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#), Elsevier, vol. 94(C), pages 861-876.

Guldager, C, Poulsen, S. E. & Balling, N. (2018). Numerisk modellering af varmelagring i dybe sedimentære reservoirer med særligt henblik på Aalborg-området. [EUDP rapport](#).

Vosgerau et al., 2016: A WebGIS portal for exploration and of deep geothermal energy based on geological and geophysical data. Review of Survey activities 2015. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 35. Reference is also made to: <http://dybgeotermi.geus.dk/>

Hansen, M. & Pjetturson, B. (2011) Free, online Danish shallow geological data. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 23, 53–56. GEUS 2011.

Kallesøe, A. J., Vangkilde-Pedersen, T., Dideriksen, K., Nielsen, J. E., Sørensen, P. A., Bakema, G., Drijver, B., Pittens, B. Biuk, N., Egermann, P., Rey, C., Maragna, C., Hamm, V., Guglielmetti, L., Hann, F. & Nardini, I. (2019): HEATSTORE. Existing UTES systems and lessons learned. Report D 1.1. www.heatstore.eu

Kristensen M., Vangkilde-Pedersen T., Skovbjerg Rasmussen E., Dybkjær K., Møller I. & Andersen L.T. 2015 . Miocæn 3D, opdateret 2015, Den rumlige geologiske model, GEUS rapport 2015/90

Miljøstyrelsen 2020: Samling af geologiske modeller i Jylland – FOHM – Fælles Offentlig Hydrologisk Model, rapport, 26. juni 2020

Møller, I., Søndergaard, V.H. & Jørgensen, F. 2009: Geophysical methods and data administration in Danish groundwater mapping. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 17, 41–44

Naturstyrelsen (2013): Vejledning om boringer på land. ISBN nr.: 978-87-7279-617-8. Redaktion John Bastrup, Jens Baumann og Bente Villumsen. Redaktion: Tønder, M. T., Christensen, S. C. B., Larsen S. L., Albrechtsen, H-J, Boe-Hansen, R. & Sørensen, S. N.

Naturstyrelsen (2016): Mikrobiologisk risikovurdering af øgede temperaturer i grundvandet ved ATES. ISBN nr. 978-87-7175-564-0.

Sandersen, P. B. E. & Jørgensen, F. (2016): Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010 – 2015. Særudgivelse, GEUS November 2016.

Schmidt, T. & Sørensen, P. A. (2018): Monitoring Results from Large Scale Heat Storages for District Heating in Denmark. Abstract from HeatSTORE2018, 14th. International Conference on Energy Storage, Ankara.

Poulsen, S. E.: (2019): Varmelagring i de øverste 1000 m af den danske undergrund. Beregningsundersøgelser af lukkede og åbne jordvarmeanlæg. EUDP rapport til projekt om kortlægning af mulighederne for geologisk varmelagring, (J.nr. 1887-0017), leverance 2.1.