

# Vurdering af potentialet for geologisk varmelaring (UTES) - Ringkøbing-Videbæk området

HEATSTORE

Mette Hilleke Mortensen & Anders Juhl Kallesøe

# Vurdering af potentialet for geologisk varmelaring (UTES) - Ringkøbing-Videbæk området

HEATSTORE

Mette Hilleke Mortensen & Anders Juhl Kallesøe

## Indhold

<b>1.</b>	<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
1.1	Baggrund.....	6
<b>2.</b>	<b>Område - vestlige Jylland: Ringkøbing og Videbæk</b>	<b>7</b>
2.1	Introduktion til område og interessenter.....	7
2.2	Interessenter .....	8
2.3	UTES teknologier i fokus.....	9
2.4	Dataoverblik.....	12
2.5	Geologisk ramme .....	13
<b>3.</b>	<b>Geologisk sammenstilling og tolkning</b>	<b>17</b>
3.1	Tolkning af geologiske enheder og strukturer.....	17
3.2	Seismiske data og geologiske modeller.....	20
3.3	Gennemgang af dybe boringer .....	21
3.4	Grundvand, vandkemi og drikkevandsinteresser.....	22
3.5	Interesseområder angivet af interessenter .....	25
<b>4.</b>	<b>Vurdering af UTES varmelagringspotentiale</b>	<b>32</b>
4.1	HT-ATES .....	32
4.2	Anbefalinger til mulig dataindsamling .....	34
<b>5.</b>	<b>Referencer</b>	<b>35</b>

## English Summary

Within the EU GEOTHERMICA project HEATSTORE, a survey of interests in Underground Thermal Energy Storage (UTES) technologies has been carried out among c. 400 district heating (DH) utilities in Denmark. The outcome of this survey is a first national overview of utilities considering seasonal heat storage of surplus heat from e.g. waste combustion, sun collectors, biogas, industry etc. Based on the survey results, a follow-up dialog has taken place with a net selection of utilities with an actual interest in Aquifer-, Borehole- or Pit Thermal Energy Storage (ATES, BTES or PTES) and with access to a present excess heat source.

Two district heating companies, Ringkøbing Fjernvarme and Videbæk Energiforsyning, have indicated interest in the possibilities of storing surplus heat as an integrated part of the DH network in the future. Within the same area the private dairy company Arla Foods would be able to supply excess heat to a UTES and have been in dialog with Videbæk Energiforsyning. The area around Ringkøbing and Videbæk has been selected as representative of a geological setting describing the deeper Miocene aquifers, which are located in parts of Jutland.

The focus of this report is on evaluating the potential for high temperature ATES (HT-ATES) in the deeper Miocene aquifers which are located c. 200-250 m below ground level. The areas around Ringkøbing, Videbæk and the production site of Arla Foods, where the surplus heat sources are located, have been studied in detail, but a general overview of the greater area has also been conducted.

Available data from boreholes, geophysical data and seismic data have been utilized in the evaluation of the UTES potential as well as the Miocene3D and FOHM (fællesoffentlig hydrostratigrafisk model) models of Miljøstyrelsen. Throughout the area, key boreholes are found with highly detailed data on the subsurface. Data from the target depth are, however, few and consists mainly of seismic data as well as a limited number of deep boreholes.

The geological interpretation of the available data in the area shows that the Quaternary deposits are highly variable in thickness due to the presence of several buried valleys, especially in the western part of the area. A few of the buried valleys are estimated to reach depths of more than 200 meters, and it is therefore possible that Quaternary sediments locally are in contact with the deepest of the Miocene formations.

The Miocene sediments consists of sands and clays with a high content of organic matter as well as coarser quartz sands. The upper Miocene aquifers are extensively used for drinking water purposes. The water quality in the deepest aquifers often indicates groundwater with a high content of organic matter, which is less suitable for drinking water purposes. The hydrological properties of the deep aquifers are not well known due to very few data. The aquifers are highly inhomogeneous and in places with clay layers.

To clarify the potential for UTES in the area it is suggested to establish a borehole reaching the target depth with thorough data collection of sedimentology, hydrology and stratigraphy. The borehole data could be supplemented by additional seismic data.

# 1. Introduktion

GEUS og PlanEnergi deltager sammen med en række andre europæiske partnere i projektet HEATSTORE ([www.heatstore.eu](http://www.heatstore.eu)), som er støttet af det danske EUDP program og EU-programmet GEOTHERMICA.

Den danske del af HEATSTORE projektet har blandt andet til formål at udforske potentialet for varmelagring i undergrunden (Underground Thermal Energy Storage, benævnte UTES) i Danmark og bidrage med vigtig og nødvendig viden i forhold til udnyttelse af mulighederne.

Vi definerer i HEATSTORE geologisk lagring af varme som en af følgende tre teknologier:

- Akviferlagring (eller Aquifer Thermal Energy Storage, ATES), herunder:
  - o Høj-Temperatur ATES, HT-ATES, 60°C -90°C
  - o Medium-Temperatur ATES, MT-ATES, 30°C – 60°C
  - o Lav-Temperatur ATES, LT-ATES, <30°C
- Borehulslagre (eller Borehole Thermal Energy Storage, BTES)
- Damvarmelagre (eller Pit Thermal Energy Storage, PTES)

GEUS har tidligere sammen med en række danske partnere i et EUDP projekt om varmelagring gennemført en første overordnet screening af mulighederne for geologisk lagring af varme i Danmark (Ditlefsen et al., 2019). Baseret på input fra en interessentundersøgelse er der i HEATSTORE projektet mulighed for mere indgående karakterisering af undergrunden i udvalgte områder med fokus på de nævnte varmelagringsteknologier. Denne rapport omfatter en del af dette arbejde, og vil kunne understøtte den videre beslutningsproces hos aktører med interesse i varmelagring i undergrunden.

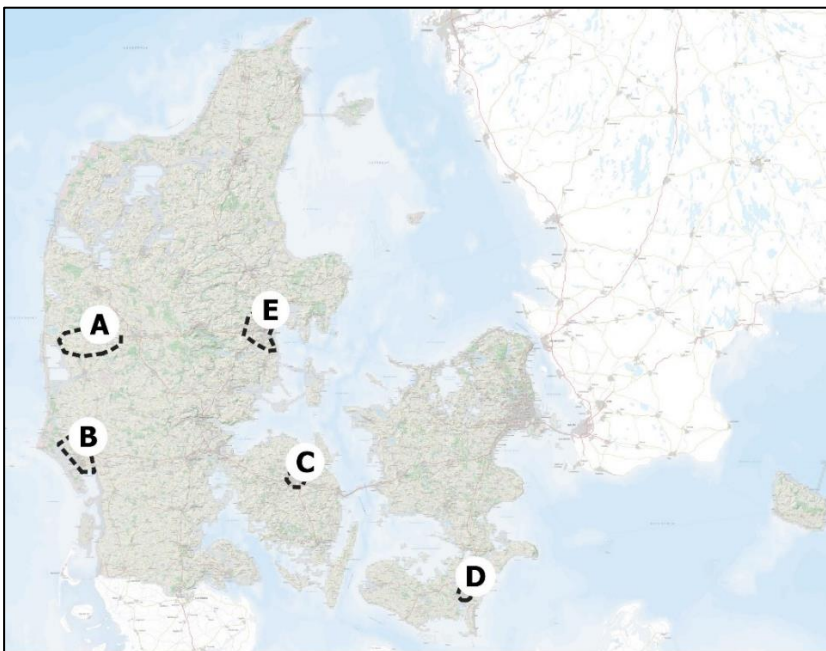


## 1.1 Baggrund

I regi af HEATSTORE gennemførte GEUS i 2019 en spørgeskemaundersøgelse blandt ca. 400 danske fjernvarmeselskaber om interesse og planer for etablering af anlæg til geologisk lagring af varme. Spørgeskemaet blev besvaret af 82 selskaber, og disse besvarelser har dannet grundlag for gruppering og udvælgelse af interessent-områder med forskelligartet og repræsentativ geologi (ca. 0-300 m's dybde) på tværs af Danmark. Bevæggrundene for udvælgelse af lokaliteter har blandt andet været, hvorvidt der er tilkendegivet reelt ønske fra adspurgte forsyninger om energilagring i større skala, og konkrete overvejelser af ATES, BTES eller PTES som en mulighed. Ligeledes er nuværende eller forventet nærhed til mulige kilder til overskudsvarme vægtet højt.

Det er ud fra ovenstående vurderet relevant at arbejde videre med fem overordnede inddelinger, der bredt imødekommer de førnævnte kriterier for udvælgelse. Her gennemføres en vurdering af potentialet for UTES ud fra eksisterende data og viden, se også Figur 1.1. Oversigt over udvalgte lokaliteter.

- A. **Miocæne aflejringer i dele af Vest- og Midtjylland.** Nærmere undersøgelse af de miocæne aflejringer i et udvalgt område i Vest/Midtjylland
- B. **UTES potentiale ved Esbjerg.** Nærmere undersøgelse af geologien under Esbjerg, hvor undergrunden udgøres af kvartære og miocæne aflejringer
- C. **UTES potentiale ved Odense.** Nærmere undersøgelse af geologien under Odense, hvor undergrunden udgøres af kvartære sedimentter der overlejrer mergel og kalk
- D. **Regionale områder med kalk og kridt tæt på overfladen.** Nærmere undersøgelser af område ved Nykøbing Falster og Guldborgsund, hvor kalk og kridt aflejringer findes overfladenært
- E. **Aarhus.** I samarbejde med EU-projektet MUSE (<https://geoera.eu/projects/muse3/>) undersøges potentialet for overfladenær geotermi og geologisk varmelagring i og nær Aarhus by



Figur 1.1. Oversigt over udvalgte lokaliteter.

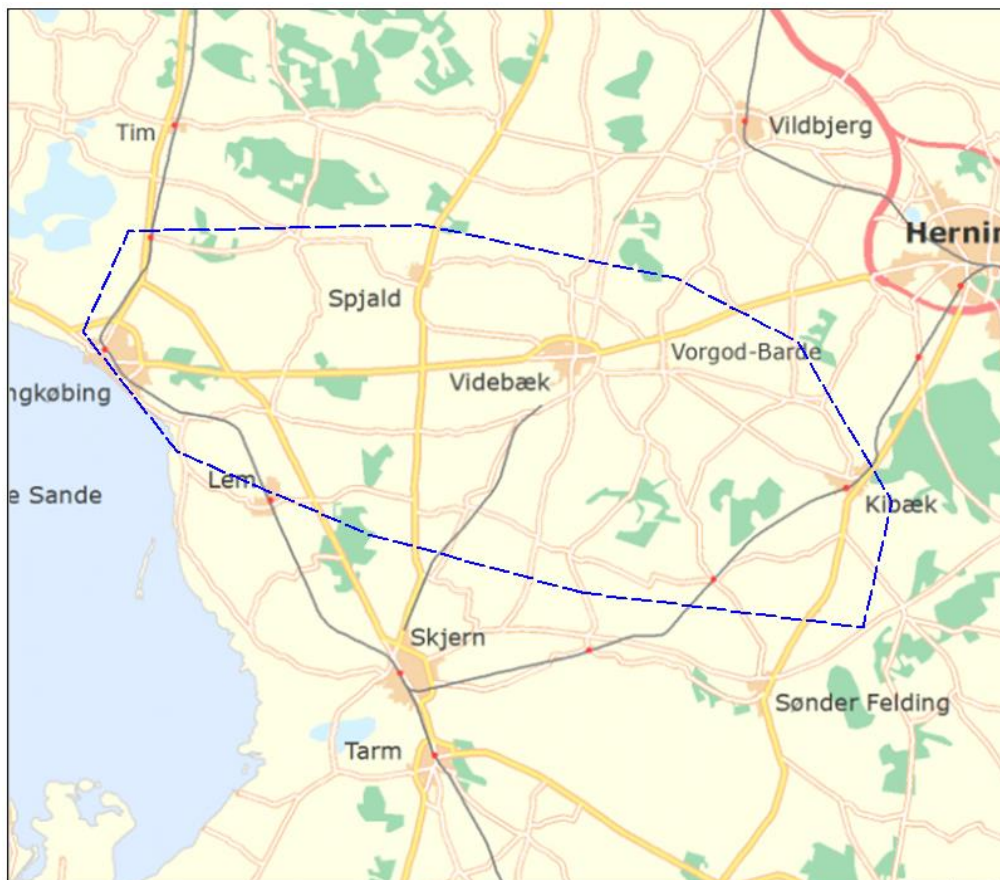
## 2. Område - vestlige Jylland: Ringkøbing og Videbæk

### 2.1 Introduktion til område og interessenter

I det vestjyske område omkring Ringkøbing, Videbæk og Nørre Vium er der et tilkendegivet behov og ønske om storskala varmelagring. Interessen for at sæsonlagre og udnytte eventuel overskudsvarme, gør det relevant at undersøge nærmere hvorvidt geologisk varmelagring bør tages i betragtning som en potentiel og rentabel teknologi til varmelagring i området.

I nærværende rapport er der gennemført en sammenstilling af eksisterende geologisk viden med henblik på at beskrive de geologiske forhold i relation til geologisk varmelagring, med fokus på HT-ATES, mere indgående end en første screening foretaget i et tidligere EUDP-projekt (Ditlefsen et al., 2019).

Der er ikke indsamlet nye data i forbindelse med denne geologiske sammenstilling. Nye målrettede data vil derfor kunne give et forbedret fagligt grundlag til at be- eller afkræfte nogle af de forbehold som vil være til stede i den geologiske tolkning. Det primære fokusområde ses på Figur 2.1.



Figur 2.1: Primært fokusområde, markeret med stiplet blå linje.

## 2.2 Interessenter

De største interessenter i området er Ringkøbing Fjernvarmeværk, der forsyner ca. 4600 forbrugere, og Videbæk Energiforsyning, der forsyner ca. 1900 forbrugere. Derudover har Arla et produktionsselskab i området, der genererer overskudsvarme.

### 2.2.1 Vurderet lagringsbehov

#### Ringkøbing Fjernvarme

Efter samtale med Ringkøbing Fjernvarme erfares det, at fjernvarmeselskabet har mulighed for at øge produktionen fra solvarme, varme- og elkedler, men da der på nuværende tidspunkt ikke er mulighed for at sæsonlagre, så udnyttes dette ikke. Der varmelagres i dag i buffertanke, som dog har en begrænset kapacitet.

Ringkøbing Fjernvarme har stor interesse i varmelagring, da de ser et meget stort potentiale for deres selskab, hvis det er økonomisk realistisk at implementere.

Ringkøbing Fjernvarme angiver et eventuelt årligt behov for lagring på op til ca. 30.000-50.000 MWh, og optimalt en retur temperatur fra lageret på omkring 70°C.

#### Arla Foods Danmark Protein og Arla Foods Ostemejeri

Efter samtale med Arla erfares det, at produktionsenheden årligt har 20.000 MWh overskudsvarme på nuværende tidspunkt, som potentielt ville kunne udnyttes til lagring. Sandsynligvis er andelen af overskudsvarme større ved en nøjere gennemgang af produktionsenhederne. Der ses et jævnt træk i varmeforbrug hen over hele året.

Lagring af overskudsvarme om sommeren vil kunne indgå i Videbæks fjernvarmeforsyning ved etablering af en suppleringslinje til Videbæk Energiforsyning.

På nuværende tidspunkt forsøges at udnytte 90°C varmt vand i produktionen til begrænsning af forbrug af naturgas. Hvis de 20.000 MWh varme kunne udnyttes vil naturgasforbruget kunne reduceres yderligere. Produktionsenheden vil gerne kunne lagre 90°C varmt vand.

#### Videbæk Energiforsyning

Efter samtale med Videbæk Energiforsyning erfares det, at selskabet årligt har ca. 15.000 MWh overskudsvarme, der vil kunne udnyttes til lagring. En undersøgelse viser dog, at det mest økonomiske ville være at lagre ca. 6.000-7.000 MWh ud af de 15.000 MWh til rådighed.

Videbæk Energiforsyning ser overvejende på PTES, men er interesseret i at følge denne undersøgelse om mulighed for dybereliggende HT-ATES lagring.

Interesseområdet vil være inden for bygrænsen, hvor transmissionsnettet er placeret.

Videbæk Energiforsyning har desuden kontakt med Arla Foods angående lagring af deres overskudsvarme fra sommerperioden.



## 2.3 UTES teknologier i fokus

I HEATSTORE undersøges potentialet for HT-ATES, BTES og PTES i de europæiske partnerlande. I det følgende gives en kort introduktion af de enkelte teknologier.

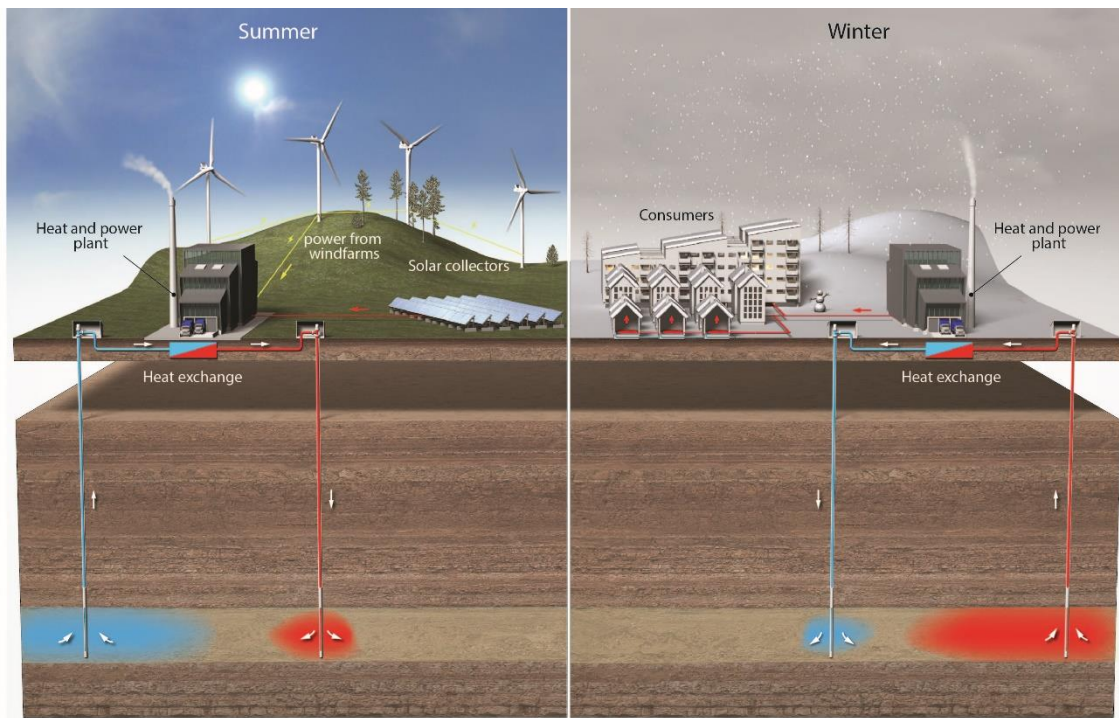
### 2.3.1 ATES (Akvifer lagring)

ATES eller akviferlagre udnytter grundvandsmagasiner i undergrunden som varmelager. Varmelagring ved ATES teknologien sker ved injektion og senere oppumpning af varmt vand i grundvandsmagasiner – både i dybtliggende og mere terrænnære magasiner. Vand har en høj varmekapacitet, men effektiviteten af ATES afhænger i høj grad af magasinets hydrauliske ledningsevne og boringernes tekniske ydeevne samt til en vis grad af isolerende lag over og under magasinet. Magasinerne kan potentielt udgøres af ukonsoliderede sandenheder, porøse formationer som sandsten og kalk eller opsprækkede klippeformationer. Dybereliggende magasiner giver mulighed for høj temperatur lagring (HT-ATES), hvilket typisk defineres som anlæg med injektionstemperatur på  $> 60$  °C.

I grundvandmagasiner i de øverste få hundrede meter af undergrunden er det typisk kun tilladt at lagre ved lavere temperatur (LT-ATES), se nærmere i den gældende bekendtgørelse i Danmark ([link](#)) hvor den gældende maksimale injektionstemperatur er 25 °C .

I Holland har man erfaringer med flere anlæg, bl.a. også et HEATSTORE pilotanlæg, der lagrer varmt vand med temperaturer på 30-60 °C (medium temperatur, MT-ATES). Der er i Danmark endnu ikke etableret et høj-temperatur anlæg. Der er udført et enkelt teststudie af et ATES anlæg med lagringstemperaturer på 30-35 °C (Miljøstyrelsen 2016).

Nedenstående Figur 2.2 illustrerer princippet ved ATES sæsonlagring i et fjernvarme-netværk. I sommerperioden vil eksempelvis solfangere tilføre produceret overskudsvarme til akvifer-lageret. Varmen lagres så til vinterperioden, hvor den indgår i fjernvarmeforsyningen. Store varmepumper kan installeres til at hæve temperaturen i systemet yderligere, afhængig af lagertemperaturen.



Figur 2.2. Principskitse for sæsonlagring af varme ved anvendelse af ATES i et fjernvarmenetværk (GEUS).

De vurderede årlige lagerkapaciteter for eksisterende HT-ATES systemer ligger fra <2.000 MWh og op til ca. 20.000 MWh (se nærmere i HEATSTORE [Rapport D1.1](#) om UTES, Kalle-søe & Vangkilde-Pedersen, 2019).

### 2.3.2 BTES (borehulslager)

BTES eller borehulslagere anvender jordlegemets naturlige varmekapacitet til lagring af varme. Det kan ske i ukonsoliderede jordlag (ler og sand) eller kalk, som i hovedparten af Danmark, eller i hårde bjergarter (grundfjeld, Bornholm). Princippet i BTES er at opvarme undergrunden og herefter nedkøle den igen ved cirkulation af brine (kølevæske) i varmevekslere i form af slanger installeret i såkaldte lukkede jordvarmeboringer, der placeres i en valgt designkonfiguration. Varmevekslerne i borerne er cementeret i forseglingsmateriale (benævnt grout), og borerne vil typisk afsluttes inden for 20-200 m's dybde afhængig af forholdene i undergrunden og lagerstørrelsen. Der kan lagres i jorden ved temperaturer på op til ca. 90 °C, og BTES kan dermed benyttes til lagring af overskudsvarme fra industri, affaldsforbrænding og varme fra vedvarende energikilder som solfangere til direkte implementering i fjernvarmen.

BTES er således en velegnet teknologi til at integrere varme fra forskellige varmekilder, f.eks. varmepumper, solfangere og kraftvarmeværker i flerstrengede energisystemer, samt eventuelt udnytte "power to heat" i perioder med overskud af el-produktion.

Jordens relativt lave varmeledningsevne betyder, at et BTES-lager reagerer forholdsvist trægt, hvilket medfører et behov for installation af et bufferlager (vandtank) til at imødekomme en hurtig respons til varmenettet. "Formen" og dermed varmeudbredelsen af et BTES-lager defineres af den indbyrdes placering og dybde af borerne. Formen har endvidere sammen

med den lokale grundvandsstrømning og jordens varmeledningsevne betydning for varmetabet til omgivelserne fra et BTES-lager (Sibbitt & McClenahan 2015). God viden om de hydrauliske og termiske egenskaber af jordlagene og overvejelser om isolering mod terræn for at mindske varmetab til overfladen er derfor essentielt.

De vurderede årlige lagerkapaciteter for eksisterende BTES-systemer ligger fra <500 MWh til ca. 3500 MWh. Det eneste BTES system i Danmark ligger i Brædstrup og har en vurderet lagringskapacitet på 616 MWh. Det udgøres af 48 borer til 45 m's dybde (se nærmere i HEATSTORE [Rapport D1.1](#) om UTES, Kallesøe & Vangkilde-Pedersen, 2019).

### 2.3.3 PTES (Damvarmelagre)

PTES eller damvarmelagre er lagring af varmt vand i store udgravede bassiner med et isolerende låg. Siderne og bund af lageret er typisk dækket af en polymer-liner, men kan også udgøres af beton. Der lagres temperaturer på op til 90 °C og damvarmelagre giver samme fleksibilitet til f.eks. et fjernvarmenetværk som BTES. De store fordele ved damvarmelagre er muligheden for hurtig "opladning" og "afladning" i korte varmelagringsperioder, da vand er et godt lagringsmedie grundet en høj varmekapacitet.

Damvarmelagre er uafhængige af den dybere geologi, men den terrænnære geologi, grundvandstrømning og tilgang til grundvand til opfyldning af lageret er alle relevante parametre, som skal undersøges (se nærmere i HEATSTORE [Rapport D1.1](#) om UTES, Kallesøe & Vangkilde-Pedersen, 2019). De vurderede lagerkapaciteter for eksisterende damvarmelagre ligger på ca. 5.000-12.000 MWh.

### 2.3.4 Geologiske fokuspunkter

Der er flere parametre som undersøges nærmere i vurderingen af det geologiske varmelagringspotentiale til HT-ATES i det aktuelle område, se Tabel 2.1 nedenfor.

Tabel 2.1: Fokuspunkter til HT-ATES.

Geologien i de øverste ca. 300 m
Sammensætning af de miocæne sedimenter
Geologiske strukturer – f.eks. begravede dale
Tilstedeværelse af dybereliggende grundvandsmagasiner
Tykkelse og udbredelse af eventuelle magasiner
Drikkevandsinteresser
Grundvandskemi og -kvalitet
Eksisterende kendskab til magasinyndelser

Det geologiske fokus i Ringkøbing- og Videbæk-området er i overvejende grad på HT-ATES og mindre på BTES og PTES. Derfor undersøges forholdene omkring de dybereliggende miocæne aflejringer i området, der hovedsageligt består af sandede aflejringer fra Billund Formationen. For at mindske konflikt med drikkevandsinteresser, undersøges det om der

findes mindre og eventuelt afsnørede magasiner i form af deltalober, ligesom informationer om grundvandsmagasinerne drikkevandskvalitet inddrages.

Administrative punkter relateret til lovgivning og forhold på overfladen kræver ligeledes opmærksomhed. Dette behandles ikke nærmere i nærværende rapport, hvis fokus er de geologiske og hydrogeologiske forhold.

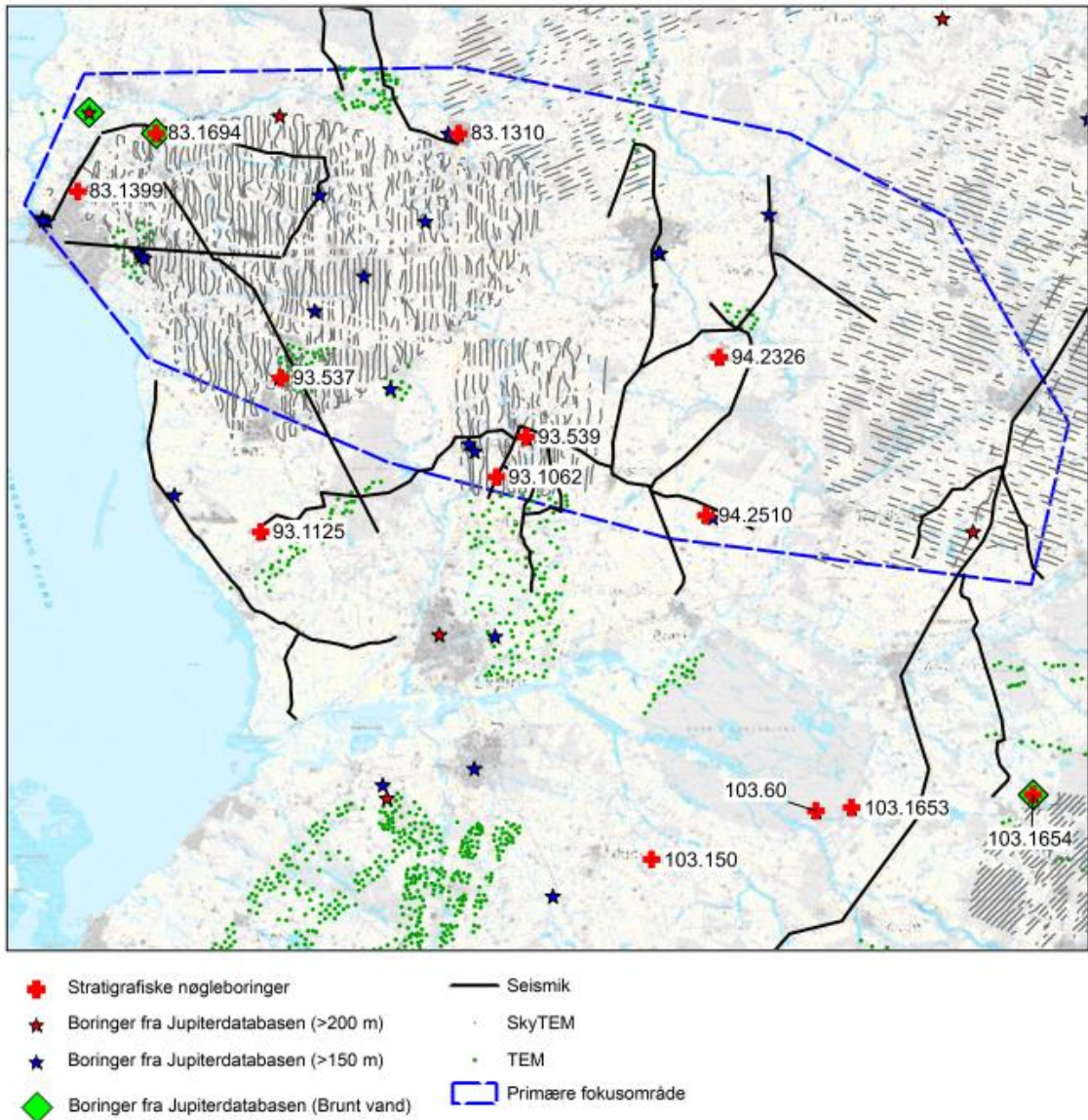
## 2.4 Dataoverblik

Følgende geologiske data er indhentet og sammenstillet i undersøgelsen:

- Nøgleboringer fra området (Rasmussen & Scharling, 2006)
- Boringer fra Jupiter-databasen (GEUS, 2020b)
- FOHM-modellen (fællesoffentlig hydrostratigrafisk model) (Miljøstyrelsen, 2019)
- Miocæn3D-modellen, GEUS. Flader og punkter (Kristensen et al., 2015)
- Seismiske tolkninger i Miocæn3D-modellen, GEUS (Kristensen et al., 2015).
- Geofysik: SkyTEM og TEM fra GERDA- databasen (GEUS, 2020a)
- Grundvandskemiske analyser til vurdering af vandkvalitet og lokalisering af brunt vand (GEUS)

I tolkningen er viden fra dybe, velbeskrevne boringer inddraget med speciel vægt på stratigrafiske nøgleboringer og dybe vandforsyningsboringer. Boringerne er vist i Figur 2.3.

Der er i forbindelse med den statslige grundvandskortlægning udført seismisk kortlægning ved Lem (Ringkjøbing Amt, 2003), ved Ringkøbing og Videbæk (Miljøcenter Ringkøbing, 2009), ved Rækker Mølle (Ringkjøbing Amt, 2004) og ved Kibæk og Hoverdal (Naturstyrelsen Vestjylland, 2011). En oversigt over data ses i Figur 2.3 nedenfor.



Figur 2.3. Oversigt over nøgleboringer, dybe boringer, seismik og geofysik.

## 2.5 Geologisk ramme

Der fokuseres i dette arbejde overvejende på dybere miocæne sandaflejringer (indenfor 100-300 m's dybde) med henblik på en geofaglig vurdering af potentialet for HT-ATES. Potentialet for BTES og PTES i området gennemgås ikke yderligere i denne rapport.

Geologien i området kan overordnet deles op i kvartære og tertiære aflejringer. Bunden af den undersøgte lagserie udgøres af de palæogene plastiske lere bestående af Viborg Formationen og Branden leret (Ringkjøbing Amt, 2003). Herover følger en Miocæn lagserie bestående af vekslende sand-, silt- og lerenheder. Øverst findes moræne- og smeltevandsaflejringer afsat i forbindelse med gentagne gletsjerskridelser i Kvartæret.

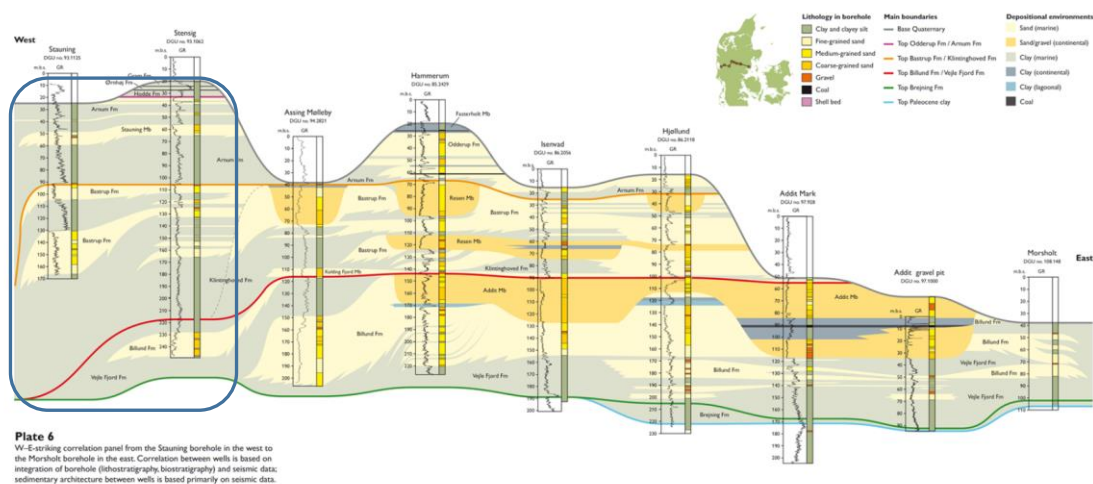
## 2.5.1 Palæogen

Den dybeste del af den undersøgte lagserie består af palæogene plastiske lere (Viborg Formation og Branden leret). Overfladen ligger omkring kote -300 til -250 m i området (Rasmussen og Scharling, 2006). Boring DGU nr. 103.60 gennemborer lagserien i den sydøstlige del af området, se Figur 2.3. Her ses grænsen til de palæogene aflejringer i kote ca. -240 m, og beskrives øverst som Viborg Ler, hvorunder der ses Lillebælt Ler og Kerteminde Mergel. Sedimenterne er afsat i et varmt marint miljø på stor vanddybde. Sedimenterne fra Sen-Oligocæn er påvirket af tidligere tektoniske begivenheder, og der ses en generel hældning af lagserien mod vest, der skyldes hævnning af det Fennoskandiske Skjold samt indsynkning i Nordsøen. Desuden er lagserien påvirket af saltbevægelser i yderkanten af interesseområdet mod nord og øst (Rasmussen og Scharling, 2006). Boring DGU nr. 103.60 anbror kalksandkalk i kote -394 m, og i kote -397 m anbror bryozokalk.

## 2.5.2 Miocæn

Den miocæne stratigrafi i Vestjylland kendes fra undersøgelsesboringer og seismiske data. Der er udført 12 stratigrafiske nøgleboringer i interesseområdet, som giver vigtig viden om den miocæne stratigrafi. Nedenstående korrelationspanel (Figur 2.4: Korrelationspanel visende den miocæne stratigrafi gående fra vest mod øst (Rasmussen et al., 2010). Den forventede stratigrafi i fokusområdet er markeret med blå firkant) viser stratigrafien for de miocæne enheder kortlagt i den centrale del af Jylland, fra vest til øst, og som udgør en kompleks vekslen mellem marine ler- og silt-aflejringer samt sandudbygninger, der i dag udgør grundvandsmagasiner (Billund Fm., Bastrup Fm. og Odderup Fm.).

Den miocæne periode var præget af tektonisk aktivitet med inversion i Norsk-Danske bassin, samt reaktivering af Ringkøbing-Fyn højderyggen og Sorgenfrei-Tornquist zonen. Der ses stor sammenhæng mellem de strukturelle elementer i området og deltaaflejringerne, hvor de tykkeste og mest sandrige forekomster ses i forbindelse med forkastningszoner i området (Kristensen et al., 2015).

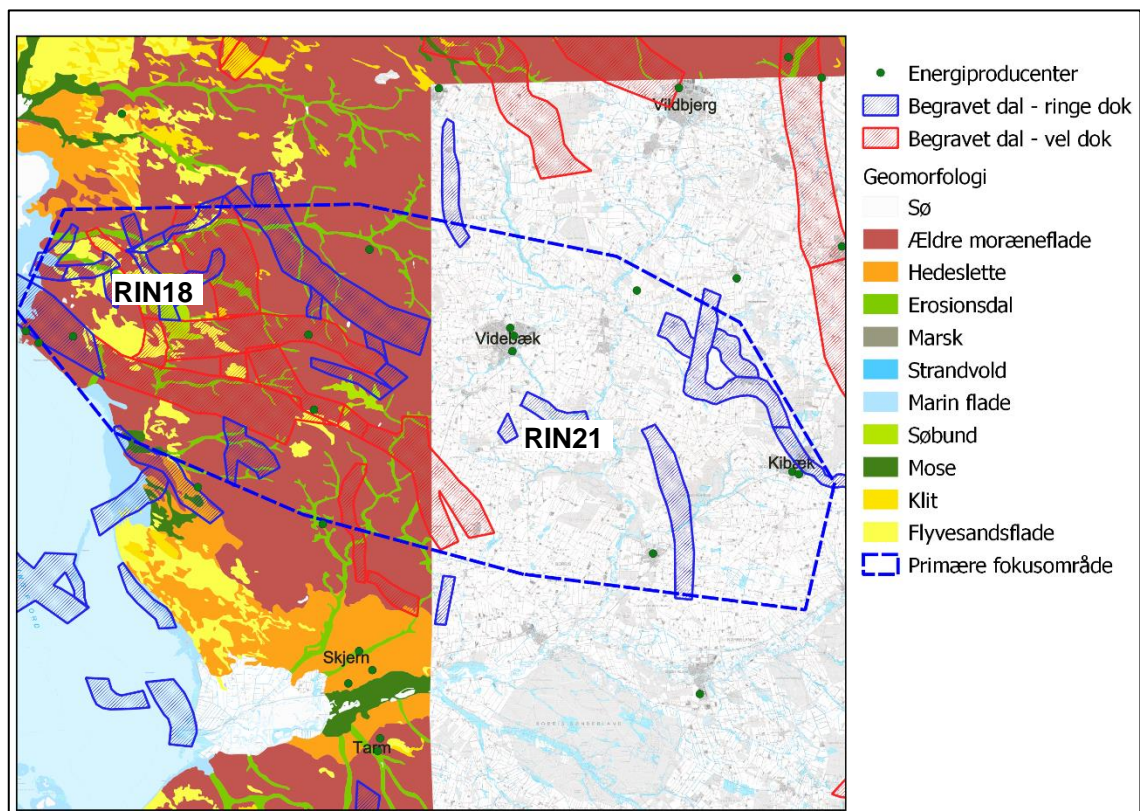


Figur 2.4: Korrelationspanel visende den miocæne stratigrafi gående fra vest mod øst (Rasmussen et al., 2010). Den forventede stratigrafi i fokusområdet er markeret med blå firkant.

De stratigrafiske nøgleboringer og de seismiske profiler i fokusområdet viser, at den miocæne lagserie her er præget af skiftende sandede og lerede aflejringer. De øverste sandede aflejringer tilhører Odderup Formationen og Bastrup Formationen, der begge udgør vigtige grundvandsmagasiner i området (Miljøministeriet, 2011). Nederst i den miocæne lagserie ses Billund Formationen. De tre sandede formationer er adskilt af lerede enheder der tilhører Arnum Formationen, Klintinghoved Formationen og Vejle Fjord Formationen (Rasmussen & Scharling, 2006).

### 2.5.3 Kvartæret

Interesseområdet er beliggende på Skovbjerg Bakkeø, bestående af sedimenter afsat under den næstsidste istid Saale, se Figur 2.5 Geomorfologisk kort over det undersøgte område. Området er beliggende på en ældre moræneflade. På kortet er ligeledes vist begravede dale (rød og blå skravering) og energiproducenter (grønne punkter, tema fra Dansk Fjernvarme, 2019). En større del af området er endnu ikke kortlagt geomorfologisk. Den helt terrænnære geologi består overvejende af sandede smeltevandssedimenter med indslag af moræneler. Bakkeøen er omkranset af hedeslette med sandede sedimenter, og området er gennemskåret af erosionsdale. Der ses større områder med flyvesand og klitlandskab.



Figur 2.5 Geomorfologisk kort over det undersøgte område. Området er beliggende på en ældre moræneflade. På kortet er ligeledes vist begravede dale (rød og blå skravering) og energiproducenter (grønne punkter, tema fra Dansk Fjernvarme, 2019).

#### 2.5.4 Kortlagte begravede dale

Der er kortlagt adskillige begravede dale i området (Sandersen og Jørgensen, 2016), se Figur 2.5 Geomorfologisk kort over det undersøgte område. Området er beliggende på en ældre moræneflade. På kortet er ligeledes vist begravede dale (rød og blå skravering) og energiproducenter (grønne punkter, tema fra Dansk Fjernvarme, 2019). Den begravede dal RIN18 er den mest markante dal i området og består af adskillige generationer af dale, der gentagne gange er blevet eroderet ned i underlaget og har genbrugt allerede eksisterende dalstrukturer. Generelt består dalene af 100-200 m kvartære materialer, men i boringsdata fra området ses miocæne aflejringer, hvor der er usikkerhed i bedømmelsen af, om det er intakte eller omlejrrede sedimenter. Det betyder, at grænsen mellem kvartære og prækvartære aflejringer kan være usikker.

En anden dalstruktur, der kan have betydning i forhold til lokale varmeproducenter, er den ringe dokumenterede dal RIN21. Dalen er beskrevet som ca. 100 m dyb (Sandersen og Jørgensen, 2016). Data fra undersøgelser i området dækker ikke hele dalens udbredelse, hvilket betyder, at afgrænsningen er usikker.

De dybeste af de begravede dale er kortlagt til dybder svarende til de dybeste miocæne sandlag, hvilket betyder, at der stedvist kan være hydraulisk kontakt mellem de kvartære magasiner og miocæne magasiner.



### 3. Geologisk sammenstilling og tolkning

Sammenstilling af tilgængelige data har vist en relativ stor variation i de eksisterende geologiske tolkninger i området. På baggrund af de sammenstillede data, er der givet en vurdering af udstrækning og mægtigheder for de sandenheder, der potentielt er interessante i relation til UTES.

Størst vægt er lagt på de seismiske profiler og de tilhørende nøgleboringer. Herefter er det vurderet, at data fra Miocæn3D modellen (Kristensen et al., 2015) og yderligere boringsdata giver en mere sikker bestemmelse af de dybe miocæne sandlag end den udarbejdede FOHM-model i området (Miljøstyrelsen, 2019), hvis detaljegråd er grovere i dybden end ønsket i forbindelse med denne undersøgelse. FOHM-modellen viser derfor generelt mere gennemgående sandlag, som kun i mindre grad stemmer overens med boringsbeskrivelser og geofysisk data i det aktuelle område.

De geofysiske data i form af SkyTEM og TEM kortlægninger er specielt benyttet i forbindelse med tolkning af de kvartære aflejringer og de begravede dale. Disse data er kun benyttet i mindre grad i forbindelse med de dybtliggende miocæne lag, da kontrasterne i de målte modstande ofte er for små til at opløse de dybereliggende lag.

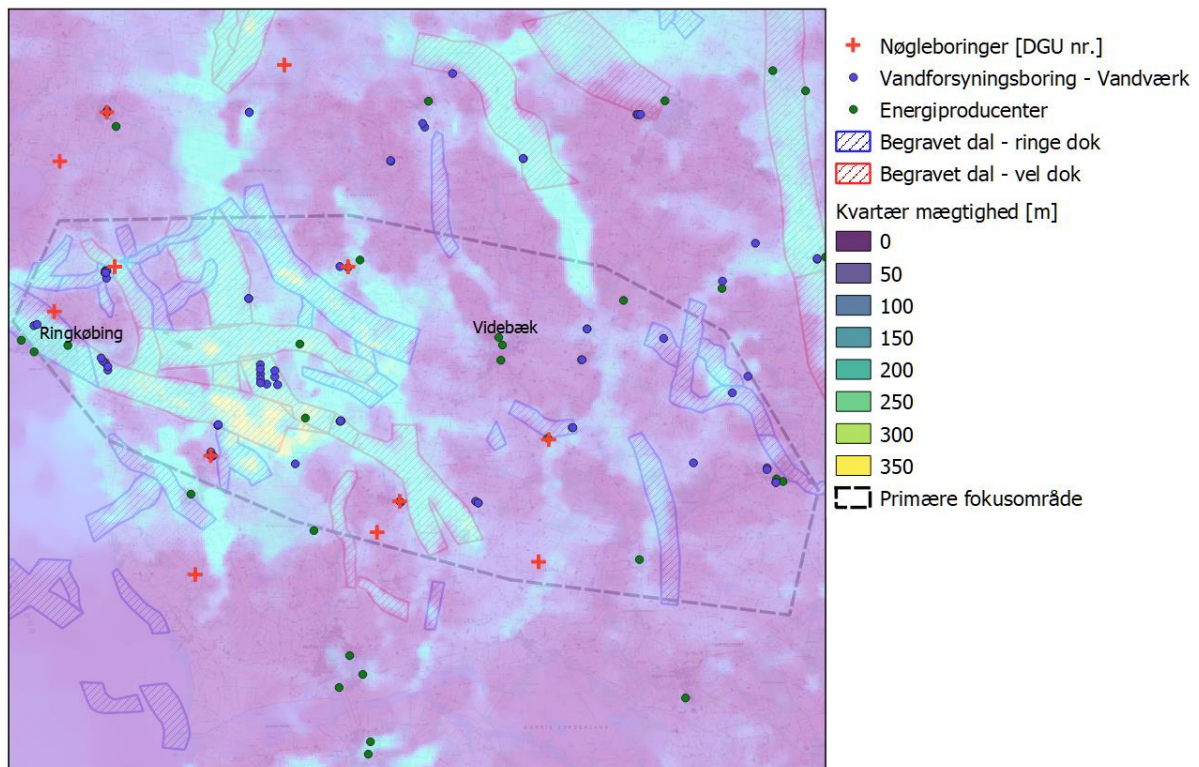
#### 3.1 Tolkning af geologiske enheder og strukturer

Der ses 12 stratigrafiske nøgleboringer i området, som er korreleret til tolkningen af de miocæne lag sammen med øvrige data. Nøgleboringerne er karakteriseret ved at være velbeskrevne, dybe boringer, der har været med til at danne ramme om tolkningen af den miocæne lagserie. Ud over nøgleboringer findes adskillige andre dybe boringer i området med detaljeret beskrivelse af jordlagene samt en stor mængde kortere boringer.

Mægtigheden af de kvartære aflejringer i området er stærkt vekslende, og både boringsdata samt geofysiske data viser et område, der er præget af adskillige begravede dale.

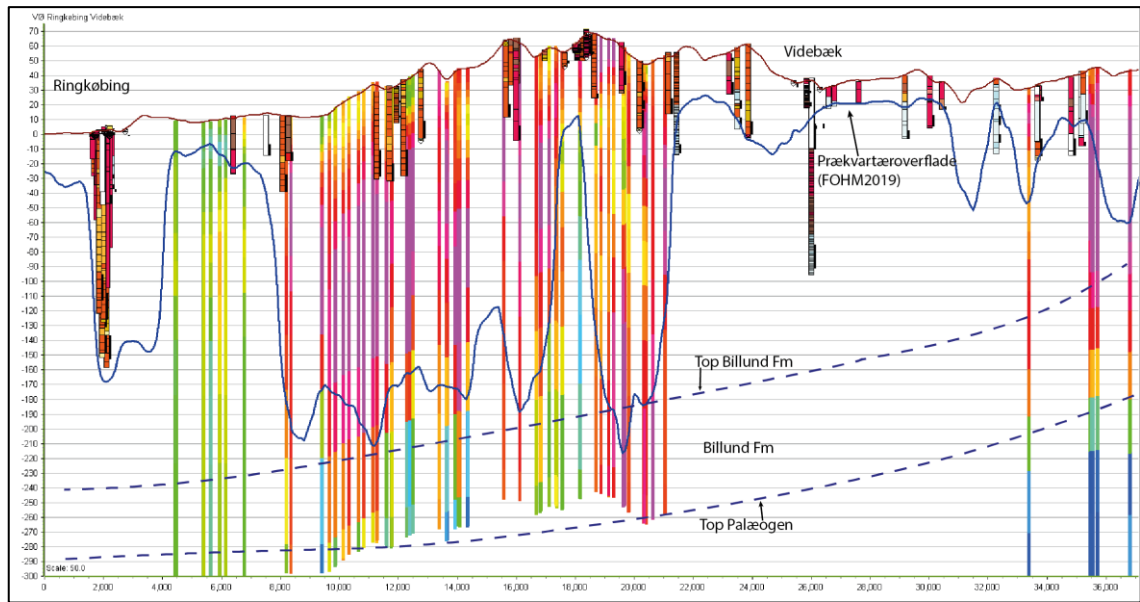
Figur 3.1 viser den tolkede mægtighed af de kvartære aflejringer i området. Mægtighederne varierer fra 5-10 m til mere end 350 m. Størst mægtighed ses i forbindelse med de begravede dalstrukturer.

De kvartære sedimentter er overvejende beskrevet som sandede i boringsdata med indslag af ler, der både er beskrevet som moræneler og smeltevandsler. Overgangen fra kvartære aflejringer til miocæne aflejringer er defineret som prækvartæroverfladen i området. De miocæne aflejringer beskrives primært som glimmersand, glimmerler og kvartssand i områdets boringer. Området omkring Ringkøbing og Videbæk har været udsat for glaciale processer og deformation, hvilket betyder, at de miocæne aflejringer kan være blevet oparbejdet i forbindelse med gletscherfremstød eller eroderet i smeltevandssystemer og på denne måde omlejret. Det kan være svært at erkende ved udførelsen af en boring, om sedimentet er af Miocæn alder eller om det har været udsat for efterfølgende omlejring. Det betyder, at prækvartæroverfladen i området er behæftet med en vis usikkerhed.



Figur 3.1: Kort over mægtigheden af de kvartære aflejringer i området (data fra Miljøstyrelsen, FOHM, 2019).

Der er lavet to profiler på tværs af området for at visualisere de geologiske forhold. Det første profil forløber vest-øst fra Ringkøbing, se Figur 3.2, over Videbæk og ender øst for Videbæk. Det andet profil forløber fra sydvest til nordøst fra Stauning, over Egeris til Herning, Figur 3.3: Sydvest-nordøst profil fra Stauning over Egeris til Herning med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Boringsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her..

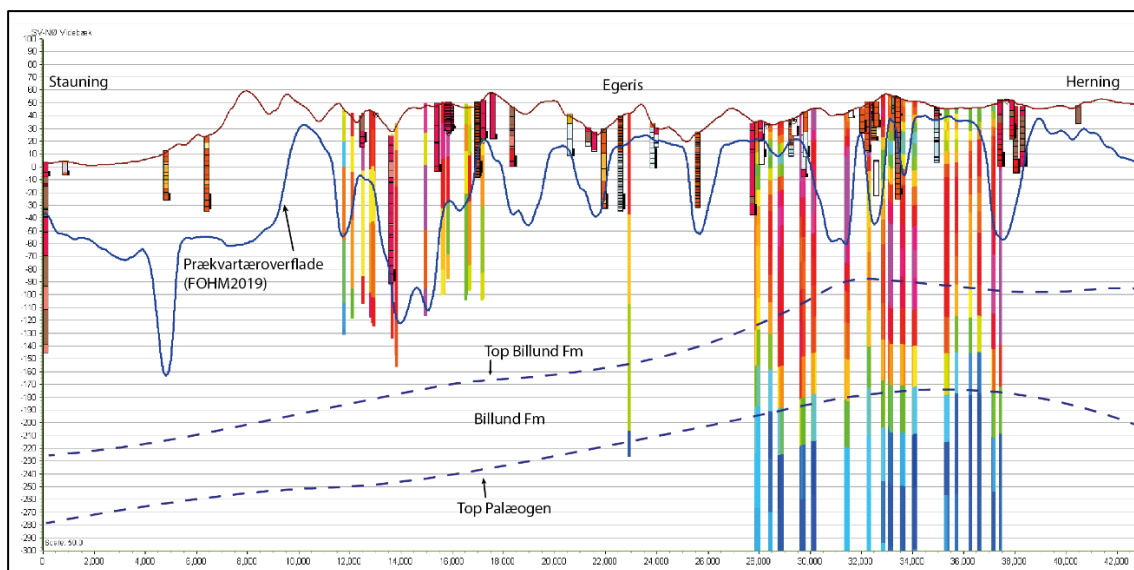


Figur 3.2: Vest-øst profil fra Ringkøbing til øst for Videbæk med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Borningsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her. Overhøjning 50x.

Under Ringkøbing by ses en større begravet dal, hvor mægtighederne af de kvartære aflejringer er på ca. 170 m. Dalfyldet udgøres overvejende af sand, men der ses et større lerlag i den centrale del af dalen. Umiddelbart øst for Ringkøbing er der tolket et område med højtliggende miocæne aflejringer. Herefter ses dalsystemet RIN18 (profilmeter ca. 8.000-21.000 m, Figur 3.2: Vest-øst profil fra Ringkøbing til øst for Videbæk med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Borningsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her. Overhøjning 50x.. Boringerne i den øverste del af dalen viser sandede aflejringer, og SkyTEM data viser høje modstande i den dybere del af dalen, hvilket tyder på grove materialer. Det ses i Figur 3.1, at der er placeret vandforsyningsboringer flere steder i dalen, hvor den udnyttes til drikkevandsforsyning. Øst for dalstrukturen RIN18 falder mægtigheden af de kvartære aflejringer, men der ses flere mindre dalsystemer.

Afgrænsningen af den dybereliggende Billund Formation er angivet med stiplede linje, og følger laggrænserne som tolket i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Det er seismiske data, der ligger til grund for tolkningen af lagene i modellen, og SkyTEM data er ikke inddraget, hvilket på steder sandsynligvis vil kunne justere tolkningen.

Billund Formationen har et generelt fald fra øst mod vest fra kote ca. -150 m til kote -250 m (ca. 180 meter under terræn til 260 meter under terræn). De få borer i området, der anbringer laget beskriver meget vekslende aflejringer med både sandede og lerede indslag.



Figur 3.3: Sydvest-nordøst profil fra Stauning over Egeris til Herning med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Børingsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her. Overhøjning 50x.

I Figur 3.3: Sydvest-nordøst profil fra Stauning over Egeris til Herning med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Børingsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her. ses et profil, som viser geologien fra sydvest ved Stauning til nordøst ved Herning. Det ses, at prækvartæroverfladen også her er gennemskåret af adskillige begravede dale og varierer markant inden for korte afstande. Ligesom Figur 3.2: Vest-øst profil fra Ringkøbing til øst for Videbæk med skitsering af den tolkede prækvartæroverflade (Miljøstyrelsen, FOHM, 2019) og overordnet tolkning af Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Børingsdata er fra Jupiter databasen (GEUS, 2020b). SkyTEM data er fra GERDA databasen (GEUS, 2020a) og blålige farver er lave modstande og indikerer lerede aflejringer, mens røde farver er højere modstande og indikerer mere sandede aflejringer. SkyTEM data har generelt svært ved at opløse de miocæne aflejringer, og skal derfor tolkes forsigtigt her. Overhøjning 50x. er laggrænserne til Billund Formationen fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015), hvor data fra SkyTEM ikke er inddraget i tolkningen. En sammenstilling mellem seismik og SkyTEM data vil muligvis justere laggrænserne. Billund Formationen viser også her et generelt fald mod vest.

## 3.2 Seismiske data og geologiske modeller

Ved gennemgang af de seismiske data er der lokaliseret tre overordnede områder, hvor der er tolket dybtliggende miocæne magasiner. Forløbet af de seismiske profiler i området kan ses på Figur 2.3. En mere detaljeret gennemgang af data ved de tre interessenter ses i afsnit 3.5.

### **Kibæk-Sønder Felding**

Seismik i området viser afgrænsede sandmagasiner i form af deltalober tilhørende Billund Sand. Miocæn-modellen og FOHM-modellen viser begge sandlag omkring samme dybde i området. Sandlaget er overvejende tolket som Billund Sand i Miocæn-modellen og i FOHM-modellen, men der er også indikationer på et mindre, og ikke så velafgrænset magasin i de seismiske data. Magasinets bundkote varierer fra kote ca. -240 m i syd til kote ca. -130 m i nord.

### **Rækker Mølle**

I området omkring Rækker Mølle er der lokaliseret deltalober tilhørende Billund Sand i nærliggende seismiske data. Magasinet er lokaliseret omkring kote -230 m til kote -200 m. Løberne ses ligeledes i området op mod Vorgod-Barde. Miocæn-modellen i området bygger på de bagvedliggende seismiske data, og vurderes stedvist at være usikker i afgrænsningen af magasinet.

FOHM-modellen beskriver et magasin bestående af Bastrup Sand omkring kote -190 m til kote -160 m, men tolkningen må anses for værende usikker, da det er meget begrænset med datapunkter i området. Lagets tilstedeværelse bekræftes ikke af tilgængelige boringsdata eller geofysik i den dybde.

### **Ølstrup**

Nordøst for Ringkøbing mellem Ølstrup og Sanddal plantage er der lokaliseret et dybereliggende sandmagasin omkring kote -230 m til kote -220 m tilhørende Billund Sand.

Området er gennemskåret af adskillige dybe dalstrukturer. De seismiske data og SkyTEM data indikerer sandsynlighed for, at der stedvist er forbindelse mellem de dybere dele af dalene og det miocæne sandmagasin, specielt ved Højmark-Hover Gårde-dalen (RIN18). SkyTEM data viser her høje modstande, sandsynligvis sandede aflejringer, og der er derfor risiko for hydraulisk kontakt mellem de to magasiner.

### **Miocæn-modellen**

De seismiske profiler er indarbejdet i tolkningen af Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015), hvor der er udarbejdet en skitse over den maksimale udbredelse for de dybe miocæne magasiner. Skitsen angiver, at de dybe magasiner sandsynligvis består af flere på hinanden følgende deltalober, fra nordøst mod sydvest. Skitsen er vejledende, men kan ses på Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anorer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner.. Generelt ses de største mægtigheder af sandmagasiner mod nordøst. Mægtigheden aftager mod sydvest og hyppigheden af lerindslag stiger.

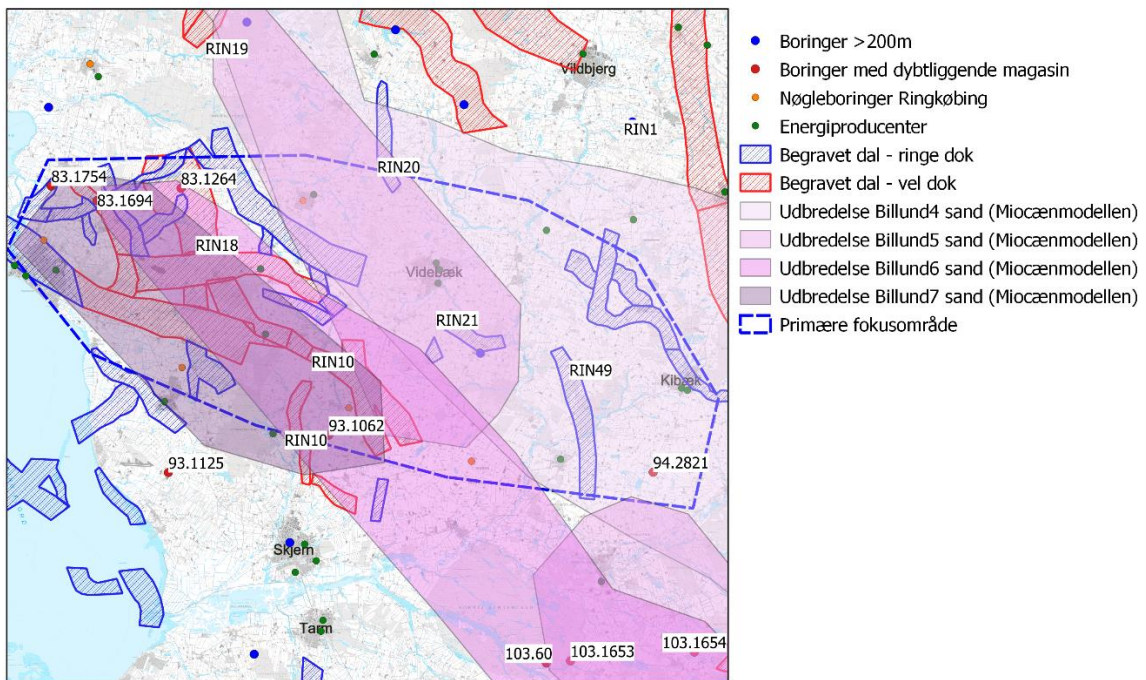
### 3.3 Gennemgang af dybe borer

Der er lavet en gennemgang af nøgleboringer og dybe borer i området for at opnå det bedste grundlag for beskrivelse af sedimentsammensætning og tolkningen af den dybe geologi. Ud over de 12 nøgleboringer, der er benyttet i den overordnede stratigrafiske tolkning af de miocæne aflejringer (Rasmussen & Scarling, 2006) ses enkelte andre dybe borer (>200 m). Kun nøgleboringer, der anører intervallet omkring kote -150 m til kote -200 m (ca. 180 meter under terræn til 260 meter under terræn), hvor de dybe magasiner forventes, er medtaget.

Boring (DGU nr.)	Dybde (m)	Bemærkning
83.1264	200	Boringen er placeret i en begravet dal, som ikke gennembøres. Der er beskrevet mellem-grovkornet sand fra kote ca. -175 m til ca. kote -150 m. Det vides ikke om der er hydraulisk kontakt til det underliggende miocæne magasin, ligesom udbredelsen af det miocæne magasin er ukendt ved den begravede dal. Der er ikke informationer om vandkemiske eller hydrauliske egenskaber for det kvartære magasin.
83.1754	210	Magasinet beskrives som mellemkornet kvarts- og glimmersand omkring kote -205 m til kote -190 m. Grundvandskemiske analyser indikerer brunt vand i magasinet. Grundvandspotentialet er artesisk.
83.1694	291	Boringen beskriver det miocæne magasin som bestående af mellem-grovkornet kvartssand med markante lag af sandet glimmerler. Magasinet er lokaliseret omkring kote -200 m til kote -230 m. Grundvandskemiske analyser indikerer, at der er brunt vand i magasinet. Grundvandspotentialet i de dybeste magasiner er artesisk.
93.1062	250	Boringen viser et sandlag omkring kote -220 m til kote -200 m, som beskrives som sandet og gruset med lerlag. Vandkemien indikerer risiko for brunt vand, men analysen er ikke entydig. Grundvandspotentialet er artesisk.
93.1125	170	Den nederste del af boringen, ca. kote -165 m, er beskrevet som vekslende lag af ler og finkornet sand (Miocæn). Der ses et finkornet sandlag omkring kote -140 m til kote -150 m.
94.2326	205	Den nederste del af boringen i kote ca. -170 m er beskrevet som silt. På baggrund af eksisterende materiale kan det ikke vurderes, om der findes et dybereliggende magasin.
94.2821	207	Boringen beskriver et fint-grovkornet sandlag fra kote ca. -130 m til boringens bund i kote -178 m. Den grundvandskemiske analyse fra magasinet viser ikke tegn på brunt vand. Grundvandspotentialet er artesisk.
103.1653	220	Boringen beskriver intervallet fra kote -150 m til kote -200 m som ler. Sammenlignet med de øvrige borer kan magasinet ligge dybere, men der mangler data til at understøtte det.
103.1654	242	Boringen beskriver et fint-mellemkornet sandlag fra kote ca. -170 m til kote ca. -200 m. Vandkemien angiver, at der sandsynligvis er tale om brunt vand i magasinet.
103.60	423	Boringen beskriver overvejende litologien som kvartssand (kote -165 m til kote -215 m), og kun mindre lerlag, hvilket kan give hydraulisk kontakt mellem flere forskellige magasiner. Der er beskrevet yderligere et sandmagasin bestående af kvartssand og kvartsgrus fra kote -223 m til kote -238 m. Der er ikke oplyst informationer om ydelser eller vandkemi.

Inden for området ses desuden boring 93.1094 umiddelbart nordøst for boring 93.1062, som er placeret i en begravet dalstruktur (benævnt RIN10). Her ses kvartære sandaflejringer til

ca. kote –160 m, og dalen er ikke gennemboret. SkyTEM data indikerer, at bunden af dalen kan være eroderet dybere, muligvis ned i tilsvarende koter som Billund Formationen. Det vides ikke på baggrund af nærværende data om der er hydraulisk forbindelse mellem Billund Formationen og den begravede dal. I Miocæn-modellen er der angivet en grov tolkning af den maksimale udbredelse af Billund Formationen i området, se Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anborer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner.



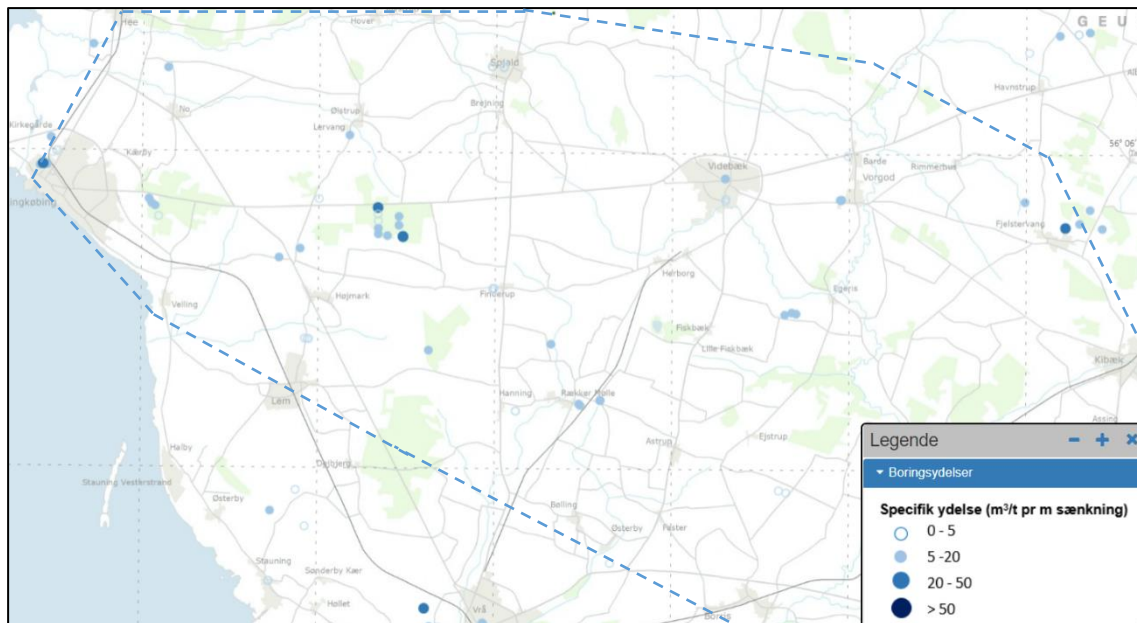
Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anborer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner.

Sammenfattende viser gennemgangen, se Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anborer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner., at flere boringer bekræfter tilstedeværelsen af et dybtliggende magasin. Dog er det kun 9 boringer i området, der anborer intervallet, hvor de seismiske data tolker tilstedeværelsen af magasinerne. Borningsdata fra magasinet viser, at der er stor variation i den sedimentologiske sammensætning og mægtigheder, ligesom der ses store variationer i indslag af ler. På figuren er vist den tolkede maksimale udbredelse af dybtliggende miocæne magasiner fra Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015).

### 3.4 Grundvand, vandkemi og drikkevandsinteresser

Det er via GEUS' screeningsportal for varmelagring ([GEUS varmelagring](#)) muligt at se et udtræk af magasinnydelser fra boringer i Jupiterdatabasen. På Figur 3.5 ses et udtræk for interesseområdet. Der er stor variation i hvilken dybde og hvilke aflejringer, som boringerne er filtersat i. På Figur 3.5 vises den specifikke ydelse for boringer dybere end 100 meter.

Værdierne repræsenterer specifikke ydelser for både kvartære aflejringer og dybe miocæne aflejringer.

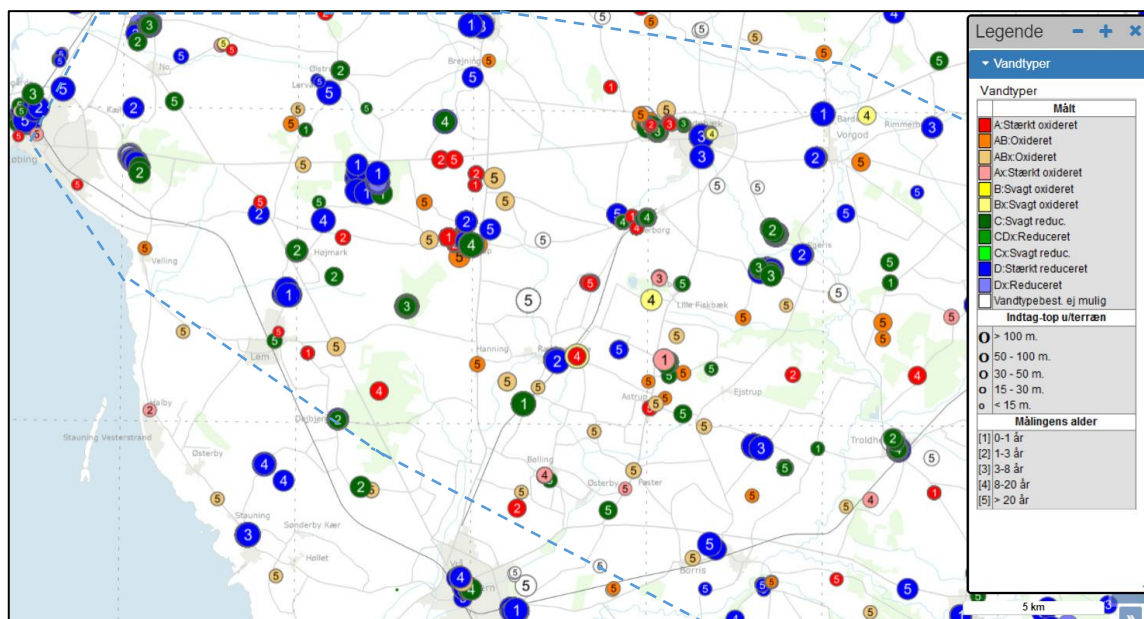


Figur 3.5: Specifikke filtertydelser fra borerer dybere end 100 m i området ( $m^3$  vand/t pr m sækning) ([GEUS varme-lagring](#)). Den blå, stiplede linje angiver fokusområdet.

Grundvandskemien er en vigtig faktor, da den giver informationer om de forskellige magasiners sammenhæng og egenskaber, samt vandets egnethed til drikkevandsforsyning. En ringe drikkevandskvalitet kan være en mulighed for at undersøge magasiners potentiale i varmelagringsammenhæng og undgå sammenfald med drikkevandsinteresser. Figur 3.6 giver en oversigt over vandtyper i magasinerne beregnet fra filterindtag med vandanalyser i borerer. Vandtypen giver indirekte information om grundvandets kvalitet og påvirkning fra overfladen. Vandtyperne C og D angiver reduceret vand, hvor der ses ingen eller meget lille påvirkning fra overfladen. Vandtyperne A og B angiver oxideret eller begyndende oxideret vand med påvirkning fra overfladen eller begyndende påvirkning.

I Videbæk området ses overvejende oxiderede vandtyper i mere terrænnære magasiner, mens de dybereliggende magasiner overvejende viser reducerede vandtyper. Der ses dog flere undtagelser, hvor mere terrænnære magasiner er reduceret og de dybereliggende magasiner er svagt oxideret, hvilket indikerer et kompliceret samspil mellem magasiner geologi og indvinding i området. Figur 3.6 viser ikke, om der er tale om brunt vand i magasinerne. Der er i denne rapport lavet en gennemgang af vandkemien i de dybeste magasiner med henblik på at klarlægge tilstedeværelsen af brunt vand. Borerer, hvor der vurderes at være brunt vand i de dybeste magasiner kan ses i Figur 2.3.





Figur 3.6: Oversigt over beregnede vandtyper, der indirekte fortæller om grundvandskemi og grundvandsmagasinet kontakt til overfladen ([GEUS varmelagrings](#)). Den blå, stiplede linje angiver fokusområdet.

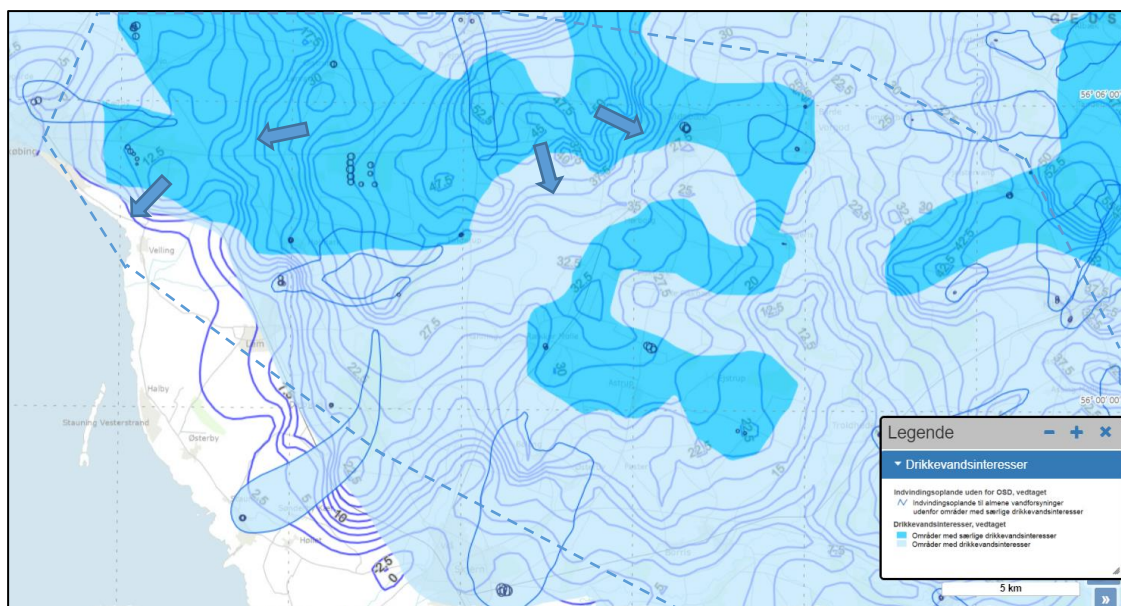
I forhold til grundvandsstrømningen i de dybeste miocæne magasiner er det uvist hvor udbredte magasinerne er og hvor stor grundvandsstrømningen er. I de grovkornede dele af magasiner med nogen udbredelse kan forventes en vis strømning, mens den kan være mere begrænset i små, afsnørede magasiner.

Den meget vekslende geologi i magasinet vil sandsynligvis betyde yderligere variationer i ydelse og strømningshastighed. Retning og hastighed på grundvandsstrømningen er væsentlig i forhold til vurdering af varmelagringspotentialitet til bestemmelse af varmefanens udbredelse, og kræver nærmere beregninger. På Figur 3.7 ses de gældende områder for drikkevandsinteresser og særlige drikkevandsinteresser. Bortset fra et mindre areal ved kysten er der generelt drikkevandsinteresser i hele området.

Figur 3.7: Oversigt over det gennemsnitlige regionale potentialebillede for grundvandet i det primære magasin i forhold til drikkevandsindvinding. Grundvandsstrømning sker vinkelret på konturkurverne mod laveste potentiale (m). Der ses en generel strømning i den vestlige del af området fra nordøst mod sydvest og vest, mens den ved Videbæk er mod sydøst og syd-sydøst. Strømningsretning er angivet med blå pile. På kortet er også vist udpegede områder med drikkevandsinteresser, OD (lys blå), samt særlige drikkevandsinteresser, OSD (mørk blå). Indvindingsoplande uden for OSD er vist som blå polygoner (GEUS varmelagrings). viser det generelle potentialebillede i det primære magasin i forhold til drikkevandsindvinding i fokusområdet. Det ses, at den overordnede grundvandsstrømning i den vestlige del af området er fra nordøst mod sydvest i retning mod kysten. Der ses et vandskel umiddelbart vest for Videbæk, og grundvandsstrømningen i det primære magasin omkring Videbæk er mod sydøst. Det vides ikke på baggrund af eksisterende data om strømningsmønstret er tilsvarende i de dybeste miocæne magasiner.

Toppen af drikkevandsressourcen veksler i området fra mellem ca. kote -35 m (Kibæk) til ca. kote -100 m (Række Møller og Ølstrup). Der er ikke registreret nuværende drikkevandsboringer i de dybeste magasiner i Billund Formationen. Drikkevandsinteresser i området bør

dog klarlægges i forbindelse med forundersøgelser til et UTES anlæg for at sikre, at et eventuelt UTES anlæg ikke påvirker en fremtidig drikkevandsressource.



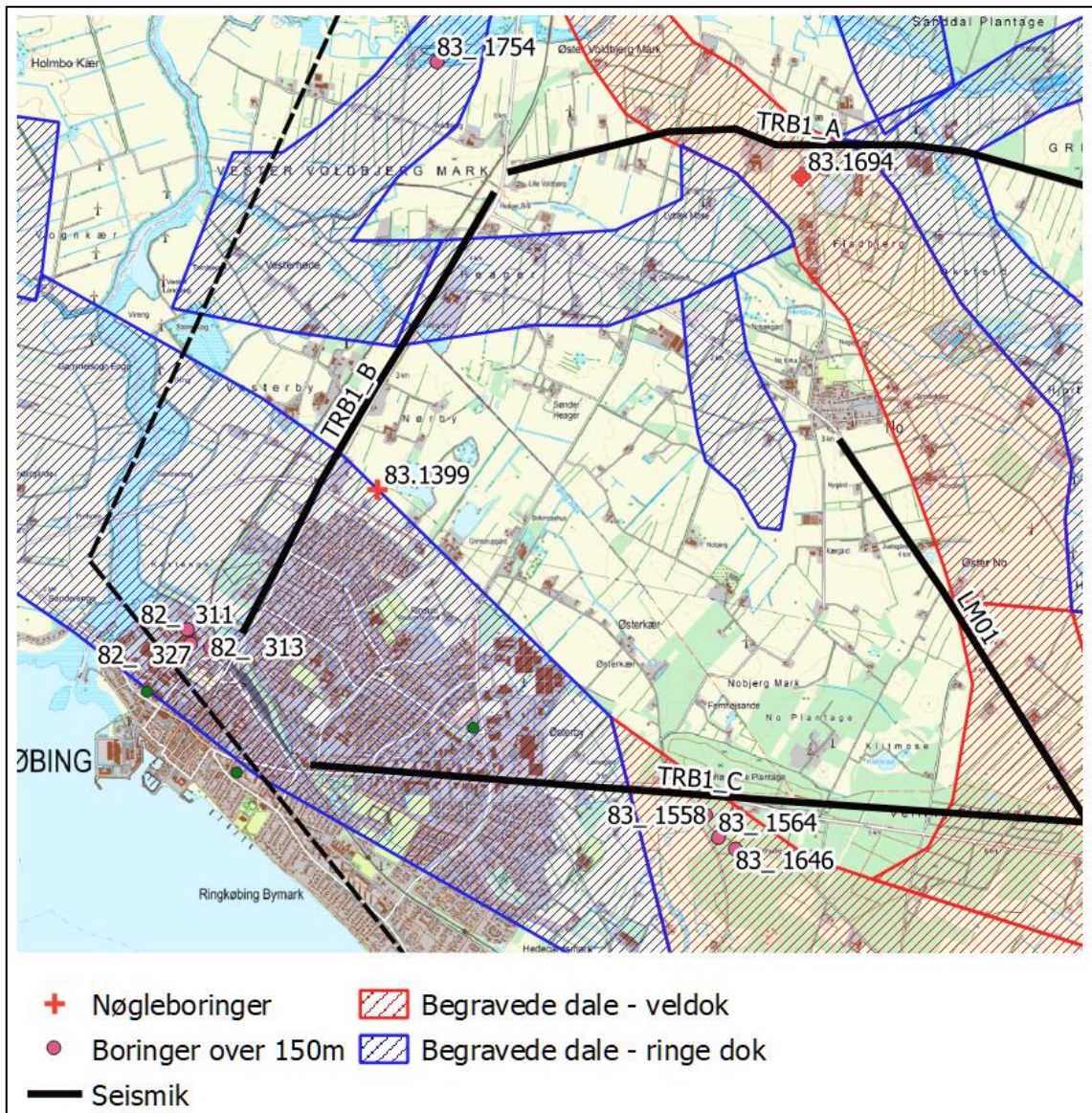
Figur 3.7: Oversigt over det gennemsnitlige regionale potentialebillede for grundvandet i det primære magasin i forhold til drikkevandsindvinding. Grundvandsstrømning sker vinkelret på konturkurverne mod laveste potentiale (m). Der ses en generel strømning i den vestlige del af området fra nordøst mod kysten i sydvest og vest, mens den ved Videbæk er mod sydøst og syd-sydøst. Strømningsretning er angivet med blå pile. På kortet er også vist upegede områder med drikkevandsinteresser, OD (lys blå), samt særlige drikkevandsinteresser, OSD (mørk blå). Indvindingsoplande uden for OSD er vist som blå polygoner ([GEUS varmelagrings](#)). Den blå, stiplede linje angiver fokusområdet.

## 3.5 Interesseområder angivet af interessenter

De tre interessenter i området har angivet, hvor de ser den største interesse i forhold til lagring af overskudsvarme i undergrunden. Den maksimale udbredelse af de dybe miocæne sandformationer er vist på Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anbringer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner., og interesseområderne ligger alle inden for de tolkede afgrænsninger.

### 3.5.1 Ringkøbing Fjernvarme

Ringkøbing Fjernvarme angiver, at deres største interesse er i den østlige del af Ringkøbing, tæt på deres solvarmeanlæg. Dog kan andre lokaliteter have interesse, hvis de ligger fornuftigt i forhold til forsyningsnettet. Oversigtskort og data ses i Figur 3.8.



Figur 3.8: Placering af begravede dale, seismiske profiler og dybe boringer omkring Ringkøbing.

## Geologi

Der er kortlagt flere begravede dale i området omkring Ringkøbing, hvilket betyder, at dybden til de miocæne aflejringer varierer markant i området. Den dybtliggende Billund Formation forventes i området at ligge omkring kote ca. -200 m til kote ca. -250 m.

## Boringer

Der ses enkelte boringer (DGU nr. 83.1694 og 83.1754) nord og nordøst for Ringkøbing, der anbror magasinet. De øvrige dybe, velbeskrevne boringer i området anbror ikke intervallet for det dybtliggende magasin.

Boring 83.1694 beskriver et sandmagasin omkring kote -200 m bestående af mellem-grovkornet sand med en mægtighed på ca. 6 m. Der beskrives yderligere et magasin med en mægtighed på ca. 11 m omkring kote -219 m til kote -230 m. Magasinet beskrives som mellem-grovkornet sand med indslag af stærkt sandede lerlag. Vandkemien viser, at der er

brunt vand i begge magasiner, og at der er artesiske vandtryk, hvilket resulterer i et vandtryk på 2-3 m over terræn i de to magasiner. Terrænkoten ved Ringkøbing by er lavere end ved boring 83.1694, og der er derfor risiko for, at et eventuelt magasin her også vil have artesiske trykforhold. Der ses flere mindre indslag af sand i større dybde, men mægtighederne er meget små (1-3 m).

Boring 83.1754 beskriver et magasin omkring kote ca. -200 m, som består af mere end 20 m mellemkornet sand. Vandkemien i magasinet indikerer, at der er brunt vand, og der ses et markant artesiske vandtryk på næsten 13 m over terræn. Magasinet udnyttes til forsyning til dambrug i området.

På baggrund af de indberettede data til Jupiterdatabasen (GEUS, 2020b) er det ikke muligt at vurdere ydelsen af det dybe magasin nord og nordøst for Ringkøbing.

### **Seismik**

Der er udført fire seismiske linjer omkring Ringkøbing. Data er tolket i forbindelse med udarbejdelse af Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). I de to linjeføringer TRB1\_C og LM01 er der ikke tolket tilstedeværelse af et dybtliggende miocænt sandmagasin. I de to linjeføringer; TRB1\_B og TRB1\_A, nord og nordøst for Ringkøbing ses et mindre sandmagasin i kote ca. -240 m, men mægtigheden er ikke tolket til mere end ca. 10 m, og det ser ud til at forsvinde umiddelbart nord for Ringkøbing. I større afstand fra Ringkøbing, nord og øst for No, seismisk linje TRB1\_A, ses et større sandmagasin omkring kote ca. -250 m. De seismiske data er usikre, men magasinet estimeres til at have en mægtighed på ca. 15 m. Dette magasin er ikke tolket som sammenhængende med magasinet tættere på Ringkøbing.

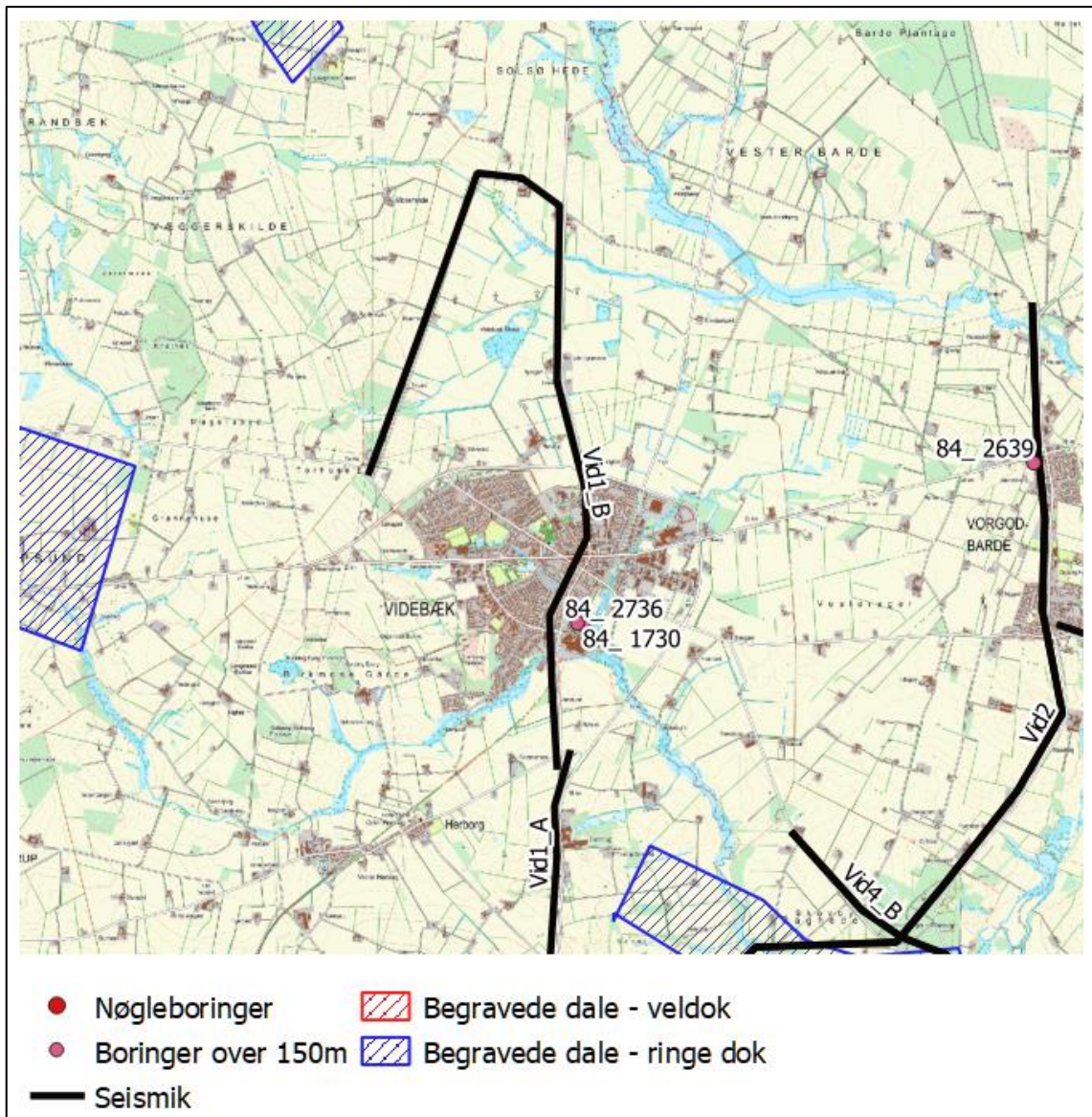
Korreleres de seismiske linjer med den dybe boring 83.1694 ses, at magasinet har en lille mægtighed og adskillige indslag af ler. Magasinets udbredelse er begrænset til nord og nordøst for Ringkøbing, mens data tyder på, at det ikke er til stede mod øst og syd. Der skal dog tages højde for usikkerhed i de seismiske data i området. Det dybereliggende magasin, som er tolket i de seismiske data i større afstand fra Ringkøbing, er ikke bekræftet i boringsdata.

### **Vandforsyning**

Ringkøbing by og omegn er udpeget som område med drikkevandsinteresser, og umiddelbart øst for byen ses et område med særlige drikkevandsinteresser samt en kildeplads tilhørende Ringkøbing Vandværk. Boringerne ved kildepladsen indvinder fra et miocænt sandmagasin beliggende omkring kote -100 m, sandsynligvis Bastrup sand. Der ses en kildeplads i området ved boring 83.1694 tilhørende Lybæk Vandværk, hvor der indvindes grundvand fra et magasin beliggende i kote ca. -50 m.

## **3.5.2 Videbæk Energiforsyning**

Videbæk Energiforsyning angiver, at deres største interesse er i selve Videbæk By, da det er her forsyningsnettet er placeret. Oversigtskort og data ses i Figur 3.9.



Figur 3.9: Placering af begravede dale, seismiske profiler og dybe borerer omkring Videbæk.

## Geologi

Der er ikke kortlagt begravede dale umiddelbart under Videbæk. Dog ses den svagt dokumenterede Vesterbæk-Opsund dal, der er en del af RIN18 dalkomplekset, vest for Videbæk, og dennes forløb mod øst er ikke dokumenteret. Den dybtliggende Billund Formation, forventes i området at ligge omkring kote ca. -200 m.

## Boringer

Der ses to dybe borerer i Videbæk, DGU nr. 84.2736 og 84.1730, se Figur 3.9. Begge borerer beskriver miocæne aflejringer, men anborer ikke intervallet hvor det forventes, at det dybe Billund Sand magasin er lokaliseret. Det er derfor ikke muligt på baggrund af boringsdata at vurdere, om magasinet er til stede i området.

Den nærmeste boring, der anborer magasinet ses ca. 11 km mod sydvest, DGU nr. 93.1062 syd for Række Møller, som beskriver mellemkornet til groft sand og grus fra kote ca. -207 m

til kote ca. -220 m. Der er flere større lerindslag i magasinet. En pejling af grundvandsstanden fra 2004 viser, at der er artesisk tryk i magasinet, og at vandtrykket er ca. 3 meter over terræn. Der er udført en prøvepumpning af magasinet, hvor der efter at være pumpet i 20 døgn med ca. 10 m<sup>3</sup>/t er opnået en sænkning på 4,35 m. Ved at lave en grov overslagsberegning med Cooper Jacobs ligningen (f.eks. Schwartz & Zhang, 2003) fås en hydraulisk ledningsevne på ca. 2,4x10<sup>-5</sup> m/s. Grundvandskemien i boringen viser en svag indikation på brunt vand, men analysen er ikke entydig.

### **Seismik**

Der er udført flere seismiske undersøgelser i området omkring Videbæk, hvoraf det seismiske profil Vid1\_B har et forløb igennem Videbæk By. Data er tolket i forbindelse med udarbejdelse af Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). Der er tolket tilstedeværelsen af et sandmagasin omkring kote ca. -190 m til kote ca. -220 m. Der er ingen boringer i området, der anører magasinet, så det kan ikke vurderes i hvilken grad der optræder lerlag i magasinet. Data fra øvrige dybe boringer i større afstand indikerer, at der ofte optræder lerlag sammen med sandmagasinet i intervallet.

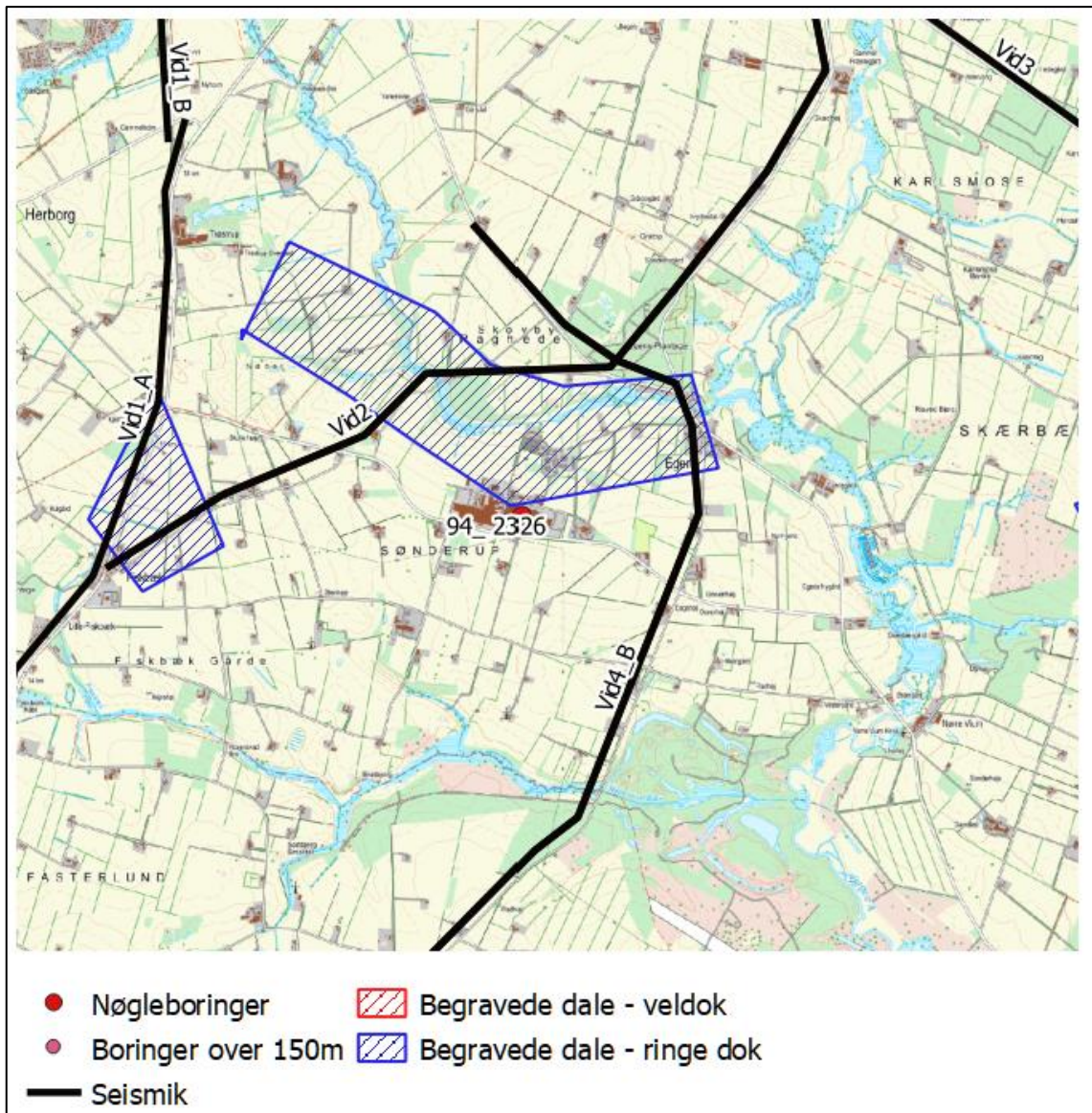
Der er en vis usikkerhed på tolkningen af de seismiske data, specielt omkring de dybere miocæne lag, hvor der ikke er boringsdata i den umiddelbare nærhed til at korrelere tolkningen med. Under udarbejdelse af Miocæn-modellen er det vurderet, at der er usikkerhed i forhold til dybden af magasinerne, hvor magasinerne tolket i de seismiske data typisk ligger dybere end hvad de er registreret i boringer. Forskellen er sandsynligvis både et resultat af hastighedskorrekationer i forbindelse med processering af data og usikkerhed i tolkningen af laggrænser i boringerne.

### **Vandforsyning**

Den nordlige del af Videbæk er klassificeret som et område med særlige drikkevandsinteresser, mens den sydlige del er klassificeret som et område med drikkevandsinteresser. Videbæk vandværk indvinder grundvand fra et magasin med bundkote omkring kote -90 m, svarende til ca. 120 meter under terræn. En nærmere undersøgelse af fremtidige vandinvindingsplaner i området vil kunne belyse, om et magasin beliggende mellem kote -100 m og kote -200 m vil kunne bruges i forbindelse med varmelagring uden at være i konflikt med drikkevandsinteresser.

### **3.5.3 Arla Foods**

Arla Foods angiver, at deres største interesse er nærområdet omkring Nørre Vium, hvor deres faciliteter er placeret. Oversigtskort og data ses i Figur 3.10.



Figur 3.10: Placering af begravede dale, seismiske profiler og dybe boringer omkring Arla Foods ved Nørre Vium.

## Geologi

Umiddelbart nord for Arlas faciliteter ved Nørre Vium ses en ringe dokumenteret begravet dal. Dalen er ca. 100 m dyb, svarende til kote ca. -70 m. Boring 94.2326, der ligger på grænsen af dalstrukturen viser kvartære aflejringer til kote ca. -35 m. Den dybtliggende Billund Formation forventes i området at ligge omkring kote ca. -200 m.

## Boringer

Der ses én dyb boring i området, DGU nr. 94.2326. Boringen beskriver de miocæne aflejringer i området, men anbrer ikke intervallet hvor det forventes at de dybeste sandmagasiner fra Billund Formationen kan træffes.

Den nærmeste boring der anbrer magasinet, og som også er beskrevet i afsnit 3.5.2, ses ca. 10 km mod sydvest, DGU nr. 93.1062 syd for Række Møller. Her beskrives mellemkornet til groft sand og grus fra kote ca. -207 m til kote ca. -220 m. Der er flere større lerindslag i

magasinet. En pejling af grundvandsstanden fra 2004 viser, at der er artesiske tryk i magasinet, og at vandtrykket er ca. 3 meter over terræn. Der er udført en prøvepumpning af magasinet, hvor der efter at være pumpet i 20 døgn med ca. 10 m<sup>3</sup>/t er opnået en sænkning på 4,35 m. Ved at lave en grov overslagsberegning med Cooper Jacobs ligningen (f.eks. Schwartz & Zhang, 2003) fås en hydraulisk ledningsevne på ca.  $2,4 \times 10^{-5}$  m/s. Grundvandskemien i boringen viser en svag indikation på brunt vand, men analysen er ikke entydig.

### **Seismik**

Der ses flere seismiske profiler i området omkring Arla Foods faciliteter ved Nørre Vium, hvor profilerne Vid4\_B og Vid2 er de nærmeste. Data er tolket i forbindelse med udarbejdelse af Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). På begge profiler er der tolket Billund Formation omkring kote –190 m til kote –220 m. Formationerne er dog tolket, som to forskellige enheder i Billund Formationen mod henholdsvis øst og vest. Der er ingen boringer i området, der anbringer intervallet, hvor formationen forventes, så det kan ikke vurderes i hvilken grad formationen består af sandmagasiner.

Der er en vis usikkerhed på tolkningen af de seismiske data i Videbækområdet, specielt omkring de dybere miocæne lag, hvor der ikke er boringsdata i den umiddelbare nærhed til at korrelere tolkningen med. Der er desuden en del støj på data. Under udarbejdelse af Miocæn-modellen er det vurderet, at der er usikkerhed i forhold til dybden af magasinerne, hvor magasinerne i de seismiske data typisk ligger dybere end hvad der er registreret i boringer. Forskellen er sandsynligvis både et resultat af hastighedskorrekationer i forbindelse med processering af data og usikkerhed i tolkningen af laggrænser i boringerne. De seismiske data i Vid2 profilet beskriver et sandmagasin omkring kote –190 m, og denne har en rimelig overensstemmelse med boring 94.2326 til trods for en vis forskydning i dybden. Tilstedeværelsen af et dybereliggende sandmagasin er indikeret i de seismiske data, men det kan på grund af begrænsede data i området ikke bekræftes med sikkerhed lokalt ved interessen.

### **Vandforsyning**

Området omkring Arla Foods ved Nørre Vium er klassificeret som område med særlige drikkevandsinteresser. Ud over Arla Foods egne indvindingsboringer er nærmeste vandværk i Egeris mod nordøst, hvor der indvindes grundvand fra den begravede dalstruktur i kote ca. -55 m, svarende til ca. 80 m under terræn.



## 4. Vurdering af UTES varmelagringspotentiale

### 4.1 HT-ATES

På baggrund af den geologiske sammenstilling og tolkning af eksisterende geologiske data, er der givet en vurdering af potentialet for HT-ATES i interesseområdet, se Tabel 4.1. Der har været fokus på at afdække tilstedeværelsen af dybtliggende miocæne sandenheder og den lithologiske og grundvandskemiske sammensætning af disse mulige magasinenheder.

Geologien i området viser, at mægtigheden af de kvartære aflejringer er stærkt vekslende og i høj grad påvirket af et stort antal af begravede dale i området. Den mest markante begravede dal i området er RIN18, som stedvist er nederoderet til omkring kote -200 m. De kvartære aflejringer består overvejende af sandede aflejringer med indslag af ler.

De underliggende miocæne aflejringer består af vekslende lag af glimmerler, glimmersand og kvartssand ned til ca. kote -200 m til kote -300 m, med de dybeste forekomster i den vestlige del af området. Flere af de øvre miocæne sandmagasiner udnyttes til drikkevandsformål, og størstedelen af området er udlagt til drikkevandsinteresser.

Potentialet for HT-ATES i området vurderes specielt at være inden for den tolkede mulige udbredelse af det dybtliggende sandmagasin fra Billund Formationen som er beskrevet af Rasmussen & Scarling, 2006 og optræder i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015). De store interne variationer i udbredelse, mægtighed og sedimentologisk sammensætning betyder dog, at en gennemarbejdet forundersøgelse bør udføres.

Tabel 4.1: Geologisk vurdering af muligheder, begrænsninger og usikkerheder for HT-ATES baseret på sammenstilling af eksisterende data.

Muligheder
Den overordnede vurdering er, at der ses et dybtliggende miocænt sandmagasin, der strækker sig fra den nordvestlige del af området til den sydøstlige del af området, se Figur 3.4: Boringer fra Jupiterdatabasen, der anborer dybtliggende sandmagasin (markeret med rødt og DGU nr.). Maksimale udbredelse for tilstedeværelsen af dybtliggende magasin, som er tolket overordnet i Miocæn-modellen (Kristensen et al., 2015) er vist som polygoner.. Magasinet er lokaliseret omkring kote -150 m (øst) til kote -250 m (vest).
Der ses flere områder, hvor der er påvist et dybtliggende sandmagasin omkring kote -200 m til kote -230 m, dog lidt højere mod øst. Borningsdata fra magasinerne beskriver en meget varierende lithologi, hvor der er stor forskel på mægtigheder, kornstørrelser og antallet af lerindslag.
Ifølge (Rasmussen et al., 2010) forløber aflejringerne af deltafronterne i et NV-SØ strøg i området. Der kan derfor være deltaløber i dette strøg på steder, hvor der ikke er data til at

<p>understøtte en direkte tolkning. Seismiske data i området viser en generelt større udbredelse af magasinet end boringsdata, men det ses også, at mægtigheden varierer og stedvist kan magasinet ikke følges sammenhængende i data.</p>
<p>Grundvandskemi er et vigtigt element til at afdække drikkevandsinteresser, og dermed også områder med "sekunda" vand til anvendelse i ATES sammenhæng. Flere steder ses brunt vand i det dybe magasin, hvilket betyder, at der er begrænsede drikkevandsinteresser. Dette gælder dog ikke alle analyser og da magasinet udviser store variationer i området, vil det være nødvendigt med supplerende undersøgelser på specifikke lokaliteter.</p>
<p>Lavtemperatur ATES kan være en mulighed i mere terrænnære magasiner i området uden konflikt med drikkevandsindvinding, eller hvor grundvandsressourcen er forurennet.</p>
<p><b>Begrænsninger/udfordringer</b></p>
<p><i>Den nuværende bekendtgørelse vedr. varmelagring i grundvandet er p.t. en lovmæssig barriere grundet en maksimal injektionstemperatur på 25°C (BEK nr. 1716 af 15/12/2015).</i></p>
<p>Udbredelsen, mægtigheden og den sedimentologiske sammensætning af magasinet i området ser ud til at være meget varierende. Sandsynligheden for at finde et velegnet magasin vurderes at blive mindre mod vest og sydvest i området.</p>
<p>Størstedelen af området er udlagt til drikkevandsinteresser.</p>
<p>Grundvandspotentialer er i de fleste boringer, der er filtersat i magasinet, registreret som artesisk. Det betyder, at grundvandsstanden vil stå over terræn, hvilket der skal tages højde for i forbindelse med etablering af et eventuelt anlæg.</p>
<p><b>Usikkerheder</b></p>
<p>Der er kun få boringsdata i området, som beskriver de dybe miocæne magasiner, og disse viser store variationer i mægtigheder, sedimentologi og vandkemi.</p>
<p>Information om magasinets ydeevne er meget begrænset.</p>
<p>De seismiske data er usikre i forhold til dybden af de tolkede magasiner.</p>
<p>Kendskab til magasinnydelser er overvejende fra filtersætninger i magasiner, der ligger tættere på terræn end det dybe miocæne magasin, som har været fokus i dette notat. Erfaringer fra Holland viser, at den optimale hydrauliske ledningsevne i magasinet spænder fra <math>3,5 \times 10^{-5}</math> m/s til <math>8 \times 10^{-5}</math> m/s ved HT-ATES, hvilket er lidt lavere end den beregnede ydelse i boring 93.1062, men inden for usikkerheden af beregningen.</p>
<p>Store ydelser og grundvandsstrømninger kan resultere i større varmetab ved for eksempel sæsonlagring af overskudsvarme. Hastigheden af grundvandsstrømningen er et centralt element i forhold til modellering af varmeudbredelse og den forventede genindvinding af varme, hvis varmelagring er hovedfokus. Magasinerne i området viser stor variation i kornstørrelse og udbredelse, og overslagsberegningen af ydeevnen fra boring 93.1062 kan ikke tages som generel værdi for de dybe magasiner.</p>

## 4.2 anbefalinger til mulig dataindsamling

Her gives et oplæg til aktiviteter, der vil kunne belyse usikkerhederne beskrevet i vurderingsafsnittet:

- Udførelse af en dyb undersøgelsesboring på udvalgt lokalitet i interesseområdet, hvor der udføres sedimentologisk beskrivelse af lagene, geofysiske logs, prøvepumpning, vandanalyser og stratigrafiske beskrivelser.
- Udførelse af supplerende seismik i området: Linjerne placeres vinkelret på deltaudbygningerne, dvs. NV-SØ retning. Linjerne bør forbinde dybe, velbeskrevne boringer, gerne med stratigrafi (nøgleboringer). Den umættede zone skal helst være mindre end 20 m for at give bedst muligt signal. Hvis de seismiske linjer krydser eksisterende linjer, er det muligt at korrelere mellem eksisterende data og nye data.

## 5. Referencer

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

**GEUS, 2020a:** Gerdatabasen, udtræk. <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliter/data-og-kort/national-geofysisk-database-gerda/>

**GEUS, 2020b:** Jupiterdatabasen, udtræk. <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliter/data-og-kort/national-boringsdatabase-jupiter/>

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

**Miljøcenter Ringkøbing, 2009:** Seismisk kortlægning ved Ringkøbing og Videbæk. Rambøll

**Miljøministeriet, Naturstyrelsen, 2011:** redegørelse for Videbæk. Afgiftsfinansieret grundvandskortlægning

**Miljøstyrelsen, 2016:** Mikrobiologisk risikovurdering af øgede temperaturer i grundvandet ved ATES; Tønder, M.M., Christensen, S.C.B., Larsen, S.L., Albrechtsen, H., Boe-Hansen, R., Sørensen, S.N., Naturstyrelsen, ISBN nr. 978-87-7175-564-0

**Miljøstyrelsen, 2019:** FOHM-modellen.

**Naturstyrelsen Vestjylland, 2011:** Seismisk kortlægning ved Kibæk, Hoverdal og Engbjerg. COWI

**Rasmussen, E. S. & Scarling, P. 2006:** Kortlægning af den miocæne lagserie i Ringkøbing Amt. GEUS rapport 2006/75.

**Rasmussen, E.S., Dybkjær K., Piasecki, S. 2010:** Lithostratigraphy of the upper Oligocene –Miocene session in Denmark. GEUS Bull. 2010; 22:93.

**Ringkøbing Amt, 2003:** Seismisk kortlægning ved Lem og Klosterhede Plantage

**Ringkøbing Amt, 2004:** Seismisk kortlægning 2004. COWI

**Sandersen, P. & Jørgensen, F. 2016:** Kortlægning af begravede dale i Danmark. Opdatering 2010-2015. Udarbejdet for Naturstyrelsen 2016.

**Schwartz & Zhang, 2003:** Fundamentals of groundwater. Wiley. ISBN: 0-471-13785-5.

**Sibbitt, B. & McClenahan, D. 2015:** Seasonal Borehole Thermal Energy Storage – Guidelines for design & construction, IEA-Solar Heating & Cooling TECH SHEET 45.B.3.1, page 1-15, April 2015.