

MAJ 2020
ENERGISTYRELSEN

HAVBUND OG GEOLOGISKE FORHOLD FOR NORDSØEN I, HESSELØ OG KRIEGERS FLAK II

FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER MED
DIREKTE FORBINDELSE TIL LAND



MAJ 2020
ENERGISTYRELSEN

HAVBUND OG GEOLOGISKE FORHOLD FOR NORDSØEN I, HESSELØ OG KRIEGERS FLAK II

FINSCREENING AF HAVAREALER TIL ETABLERING AF NYE HAVMØLLEPARKER MED
DIREKTE FORBINDELSE TIL LAND

PROJEKTNR.

A132994

DOKUMENTNR.

A132994-1-2

VERSION

FINAL

UDGIVELSESDATO

12-05-2020

BESKRIVELSE

Delrapport

UDARBEJDET

KAPN, MGPA. MYG LOKL

KONTROLLERET

GODKENDT

TRLC

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Delrapportens indhold	8
2	Sammenfatning	10
3	Metode og antagelser	11
3.1	Områdernes beliggenhed	11
3.2	Analysens omfang	11
3.3	Vurdering af egnethed	12
4	Datagrundlag	14
5	Resultater	16
5.1	Nordsøen I	16
5.2	Kriegers Flak II	21
5.3	Hesselø	26
5.4	Relativ vurdering af områderne	29
6	Referencer	31

BILAG

Bilag 1.1: Havbundssedimentkort for Nordsøen I

Bilag 1.2: Arealvurdering og rang for Nordsøen I

Bilag 2.1: Havbundssedimentkort for Hesselø

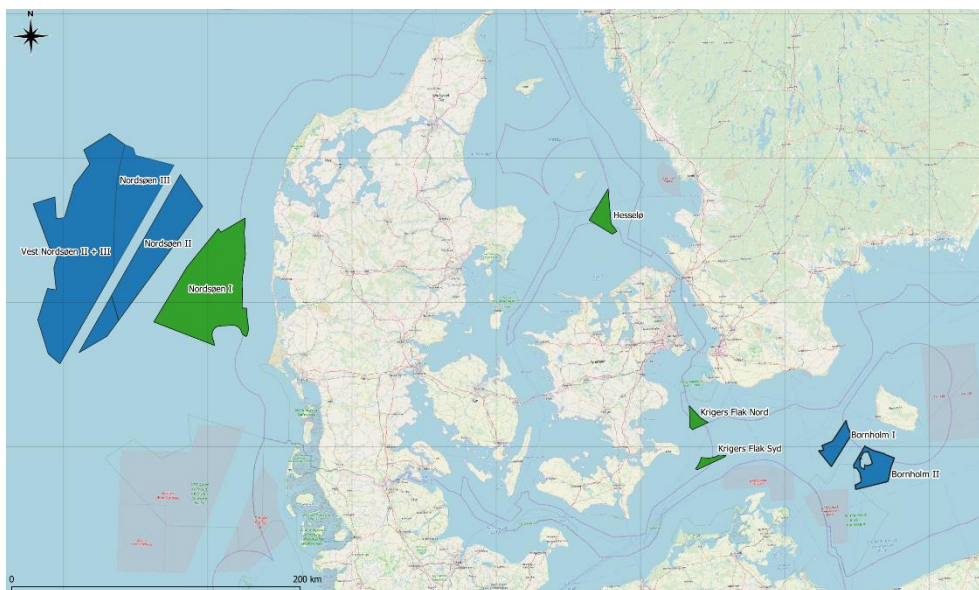
Bilag 2.2: Arealvurdering og rang for Hesselø

Bilag 3.1: Havbundssedimentkort for Kriegers Flak II Nord & Syd

Bilag 3.2: Arealvurdering og rang for Kriegers Flak II Nord & Syd

1 Indledning

Energistyrelsen har gennemført den såkaldte 10 GW screening som opfølgning på Energifaen i 2018. På den baggrund har Energistyrelsen valgt 6 områder, der skal finscreenes i dette studie (Figur 1-1). Formålet med screeningen er dels at bekræfte, at det er praktisk muligt at etablere havmølleparker med specifik placering i de angivne områder og dels at levere økonomiske beregninger og rangordne havmølleparkerne herefter. Beregningerne belyser økonomien i at opstille parker på de identificerede specifikke placeringer ved at tage højde for miljø og planmæssige forhold, havbundsforhold, vindressource, layouts og energiproduktions samt elektriske systemer.



Figur 1-1: Overblik over det samlede studieområde. Grønne arealer opdateres fra 2018 finscreening. Blå områder er nye områder til vurdering.

Screeningsopgaven er prioriteret i 3 hovedelementer hvoraf første element består i at opdatere de områder, som var omfattet af en finscreening i 2018. Området der i 2018 finscreeningen blev reserveret til den kommende havmøllepark Thor ekskluderes for opdateringen da havmølleparken er i aktiv udvikling. Opdatering af områderne er dels baseret på ny information om interesserne i dele af områderne og dels baseret på ændringer i forudsætningerne for de økonomiske beregninger. Opdateringen af områderne fra finscreening i 2018 med direkte forbindelse til land inkluderer:

- > Nordsøen I (område 12) (3174 km² hvoraf 440 km² er reserveret til Thor)
- > Hesselø (område 6) (247 km²)
- > Kriegers Flak II (173 km²)

De resterende elementer i opgaven er baseret på, at der er givet politisk opdrag til at afsøge muligheder for at etablere en eller flere såkaldte energiøer/hubs i havområder uden for dem, der var omfattet af 2018 finscreeningen. Med

etableringen af sådanne energiøer / hubs åbnes muligheden for at bygge væsentlig flere havindmølleparker i nye områder.

Andet element i opgaven består således i at udføre en grov screening for placering af en energiø / hub.

Tredje og sidste element består i selve finscreeningen af havvindmølleparker i de nye tilgængelige delområder der leverer strøm til en Energiø/hub. Disse områder inkluderer:

- > Bornholm I + II (område 1+2) (270 km² + 568 km²)
- > Nordsøen II + III (område 13+14) (1872 km² + 1642 km²)
- > Området vest for Nordsø II + III ud til en havdybde på 50 m

1.1 Delrapportens indhold

Denne delrapport beskriver resultaterne af den opdaterede finscreening i relation til havbund, geologiske- og funderingsmæssige forhold. Delrapporten skal sammenholdes med konklusioner og anbefalinger fra de andre delrapporter fra serien som angivet i Tabel 1-1.

Tabel 1-1 Oversigt over hele finscreeningens rapporter og delrapporter

Rapporter
1-0 Finscreening af havarealer til etablering af nye havmølleparker med direkte forbindelse til land.
1-1 Miljø-og planmæssige forhold for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-2 Havbund og geologiske forhold for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-3 Vindressource, layouts og energiproduktion for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
1-4 Elektriske systemer for Nordsøen I, Hesselø og Kriegers Flak II
2-0 Finscreening af havarealer til etablering af nye havmølleparker med forbindelse til Energiø / hub.
2-1 Miljø-og planmæssige forhold for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III
2-2 Havbund og geologiske forhold for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III
2-3 Vindressource, layouts og energiproduktion for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III
2-4 Elektriske systemer for Bornholm I + II, Nordsøen II + III og området vest for Nordsøen II + III

2 Sammenfatning

Ud fra de fundne vurderinger og konklusioner fra finscreeningen fås følgende rangordning af de områder der er inkluderet i finscreeningen. Da flere af områderne er blevet tildelt samme kategori, er disse rangeret i forhold til hinanden. Områderne er i et tilfælde delt op i underområder, der er rangeret relativt til hinanden indenfor hovedområdet.

Områder og underområder er rangeret efter den geotekniske vurdering, overordnet geologi, havbundssedimentet og vanddybden samt variationsmulighed for placering af havvindmøllerne. Til eksempel er Nordsøen I vurderet bedre end Hesselø, da der er flere muligheder for placering af vindmøllerne. Kriegers Flak II Syd, underområde Øst, er rangeret lavere end underområde Vest, grundet den større havdybde, og mere dyndet havbundsediment.

På nuværende tidspunkt og vidensniveau er der ikke fundet geologiske eller geotekniske faktorer der vurderes at være show-stoppere for placering af havvindmøllefundamenter. Den samlede vurdering skal derfor betragtes som en relativ rangering af områderne og at alle områder kan anvendes til opstilling af havvindmøller ud fra en geologisk og geoteknisk betragtning.

Samlet vurdering og rangering af de seks screenede områder.

Rang	Område	Kategori	Områdepolygoner på kortbilag
1	Nordsøen I	Velegnet (V)	
2	Hesselø	Velegnet (V)	
3	Kriegers Flak II Syd	Velegnet (V)	Vest
4	Kriegers Flak II Syd	Velegnet (V)	Øst
5	Kriegers Flak II Nord	Mindre Velegnet (V-)	

3 Metode og antagelser

3.1 Områdernes beliggenhed

Der er udpeget tre områder, hvor der skal foretages en opdatering af finscreening fra 2018 for placering af nye havvindmølleparker. De tre områder er:

- > Nordsøen I
- > Hesselø
- > Kriegers Flak II

Placeringen af de tre områder er vist på Figur 2.



Figur 2: Placering af de tre områder inkluderet i nærværende finscreening.

3.2 Analysens omfang

Finscreeningen vil for disse tre områder indbefatte en revurdering af de tilgængelige data og en rangordning i forhold til hinanden.

Den opdaterede screeningen af de geologiske og funderingsmæssige forhold i relation til etablering af nye havvindmølleparker omfatter:

- > En GIS-baseret vurdering af de geologiske- og funderingsmæssige forhold i forbindelse med rangordning af lokaliteterne og delområder inden for de udpegede områder i relation til egnethed i forhold til etablering af havvindmøller.

- > En GIS-baseret vurdering af oplagte kabeltracéer fra havvindmølleparken til landfall for nettilslutningspunktet på land.
- > Konceptuelle geomodeller, der karakteriserer de tre potentielle havvindmølleområder.

3.3 Vurdering af egnethed

Egnetheden er vurderet gennem følgende to trin:

- > Trin 1: Samling og analyse i GIS af data for havbund, geologi- og funderingsmæssige forhold. Vurdering af parametre, der erfaringsmæssigt kan gavne eller besværliggøre etableringen af havvindmøller.
- > Trin 2: Kategorisering og rangordning af områdernes og delområdernes egnethed til etablering af en havvindmøllepark på de tre lokaliteter, samt fremstilling af GIS-kort.

3.3.1 Trin 1

Trin 1 i vurderingen omfatter udarbejdelse af konceptuelle geologiske modeller for de forskellige områder og delområder. Modellerne er baseret på tidligere erfaringer fra områderne, tolkning af eksisterende seismisk data samt modificering af allerede publicerede geologiske modeller.

Modellerne er opbygget som et eller flere lithostratigrafiske profiler for hvert område. Antallet af profiler, der er optegnet for det pågældende område, afhænger af områdets størrelse, den geologiske variation og datatilgængelighed.

Sammen med tilgængelige overfladesedimentkort for områderne samt ekspertviden om de geotekniske parametre for de forskellige sedimenttyper, er områderne yderligere delt op i underområder.

De faste parametre, som områderne er vurderet ud fra, er opstillet og prioriteret i Tabel 3-1 herunder.

Tabel 3-1: Geologiske- og geotekniske forhold der bruges i vurderingen

Parameter	Bemærkninger
Vanddybde	Vil vanddybden begrænse brugen af forskellige typer af fundament?
Overfladenær kalk / hårde bjergarter	Vil kalk/hårde bjergarter fordyre eller umuliggøre brugen af f.eks. monopæle som fundament?
Mængde af stenet sediment (glaciale sediment)	Vil store sten besværliggøre installationen af fundamenterne?
Bløde sediment på overfladen	Er der store mængder blødbund som kan udfordre jack-up operationer eller give specielle krav til funderingen?

Parameter	Bemærkninger
Tyndt eller tykt sandlag i overfladen	Vil meget tynde sandlag fordyre installationen af inter-array- eller eksportkabler? Er der sandlag tykke nok til at muliggøre f.eks. anvendelse af suction buckets og dermed give alternativer til monopæl-fundamenter?
Strømhastigheder og sedimenttransport	Vil høje havstrømhastigheder besværliggøre installationen af møllerne (øget mængde vejrlig)? Vil høj sedimenttransport øge risikoen for erosion eller blotlægning af kabler som dermed skaber behov for fordyrende tiltag?
Design af kabelruter	Er området langt fra kysten, går ruten igennem fordyrende sedimenttyper (blødbund, glaciale sedimenter eller stenrev)?
UXO ¹ -risiko	Er UXO-risikoen forhøjet og dermed kræver yderligere undersøgelser?

3.3.2 Trin 2

Under trin 2 er underområderne blevet givet en overordnet kategorisering, V+, V, eller V-, som rangerer deres egnethed til konstruktion af vindmøller ud fra de geologiske- og geotekniske parametre fra trin 1.

- > Kategori V+: Meget velegnet
- > Kategori V: Velegnet, men med enkelte fordyrende parametre
- > Kategori V-: Mindre velegnet, med flere fordyrende parametre

Da flere af områderne er blevet tildelt samme kategori, er disse rangeret i forhold til hinanden. Dermed er underområderne rangeret relativt til hinanden.

For hvert hovedområde er der produceret 2 typer kort. Første type viser havbundssedimentkortlægningen i områderne. Anden type viser kategoriseringen af de screenede områder. På begge kort er placeringen af de konceptuelle geomodeller og de vurderede eksportkabelruter vist.

¹ UXO – Un-eXploded Ordnance – ueksploderet ammunition

4 Datagrundlag

Herunder er opstillet det, på nuværende screeningstidspunkt, tilgængelige data-grundlag.

Grundlaget varierer fra område til område, og er dermed opstillet individuelt for områderne.

I forhold til vurdering af UXO er der for alle områder udelukkende indhentet ud-talelse fra Det Nationale Beredskab, Søværnskommandoen, omkring den gene-relle UXO risiko. Dette er derfor ikke at anse som en specifik UXO forundersø-gelse.

Nordsøen I

- > Batymetri og søkort fra hhv. GEBCO – General Bathymetric Chart of the Oceans (<https://download.gebco.net>) og Geodatastyrelsen
- > GIS-lag over kortlagte havbundssedimenter udgivet af GEUS i 2015, be-skrevet i tidsskriftet Geoviden 2014, nr. 2.
- > Seismiske profiler fra GEUS rapporten "Marin råstofkortlægning i Nordsøen 2012. Detaljeret undersøgelse af 3 delområder. Udført for Naturstyrelsen" af Lomholt, S. Leth, J.O. & Skar, S. Følgende seismiske profiler er primært anvendt NS12_210, NS12_212, NS12_225, NS12_227 og NS12_237.
- > Georefereret oversigtskort over kortlagte begravede fra artiklen "Begravede dale i Nordsøen - og i Sønderjylland" af Huuse, M. og Lykke-Andersen, H. i Geologisk Nyt 5/00.
- > De geologiske lag under den kvartære lagpakke fra "Geologisk Kort og den Danske Undergrund" udgivet af Varv i 1992.
- > Videnskabelige artikler og rapporter, se Referencer.
- > Boringer fra GEUS' Jupiter database /12/

Hesselø

- > Batymetri og søkort fra hhv. GEBCO – General Bathymetric Chart of the Oceans (<https://download.gebco.net>) og Geodatastyrelsen
- > GIS-lag over kortlagte havbundssedimenter udgivet af GEUS i 2015, be-skrevet i tidsskriftet Geoviden 2014, nr. 2.
- > De geologiske lag under den kvartære lagpakke fra "Geologisk Kort og den Danske Undergrund" udgivet af Varv i 1992.

- > Stratigrafi fra boring på Hesselø med DGU Nr. 180.1.
- > Videnskabelige artikler og rapporter, se Referencer.

Krigers Flak II

- > Batymetri og søkort fra hhv. GEBCO – General Bathymetric Chart of the Oceans (<https://download.gebco.net>) og Geodatastyrelsen
- > GIS-lag over kortlagte havbundssedimenter udgivet af GEUS i 2015, beskrevet i tidsskriftet Geoviden 2014, nr. 2.
- > De geologiske lag under den kvartære lagpakke fra "Geologisk Kort og den Danske Undergrund" udgivet af Varv i 1992.
- > Videnskabelige artikler og rapporter, se Referencer.
- > Geologien er primært opstillet på baggrund af boringsdata (fra Jupiter databasen) i og nær områderne, samt tolkede seismiske og geologiske profiler fra Krigers Flak rapporterne. Særligt er øst-vest orienterede profiler fra nordlige og sydlige dele af Krigers Flak området anvendt.

5 Resultater

I dette afsnit er det enkelte område beskrevet nærmere med hensyn til de respektive konklusioner og vurderinger. Områderne er til sidst opstillet i relativ prioriteret rækkefølge (rangordnet) med det mest egnede område listet først.

Følgende vurderinger er anvendt:

- > Meget Velegnet (V+)
- > Velegnet (V)
- > Mindre Velegnet (V-)

De tilhørende kort over arealvurderingen i de tre finscreenede områder er vist i Bilag 1.1, 2.1 og 3.1.

5.1 Nordsøen I

Nordsøen I er placeret vest for Jylland ca. 27 km fra kysten (Figur 3). Området dækker et areal på 3174 km². Den nordligste del af området indeholder afgrænsningen for den planlagte Thor Havvindmøllepark som dækker et areal på ca. 440 km². Det geologiske profil 'Ringkøbing Nord' er beliggende i Thor-projektområdets sydligste del. Arealet for Thor Havvindmølleparken ikke medtaget i nærværende finscreening af Nordsøen I.

Generelt for området er at geologien har en kompleks opbygning med flere generationer af erosion, aflejring i forskellige marine og glaciale systemer og glacialtektoniske påvirkninger /5/, /7/.

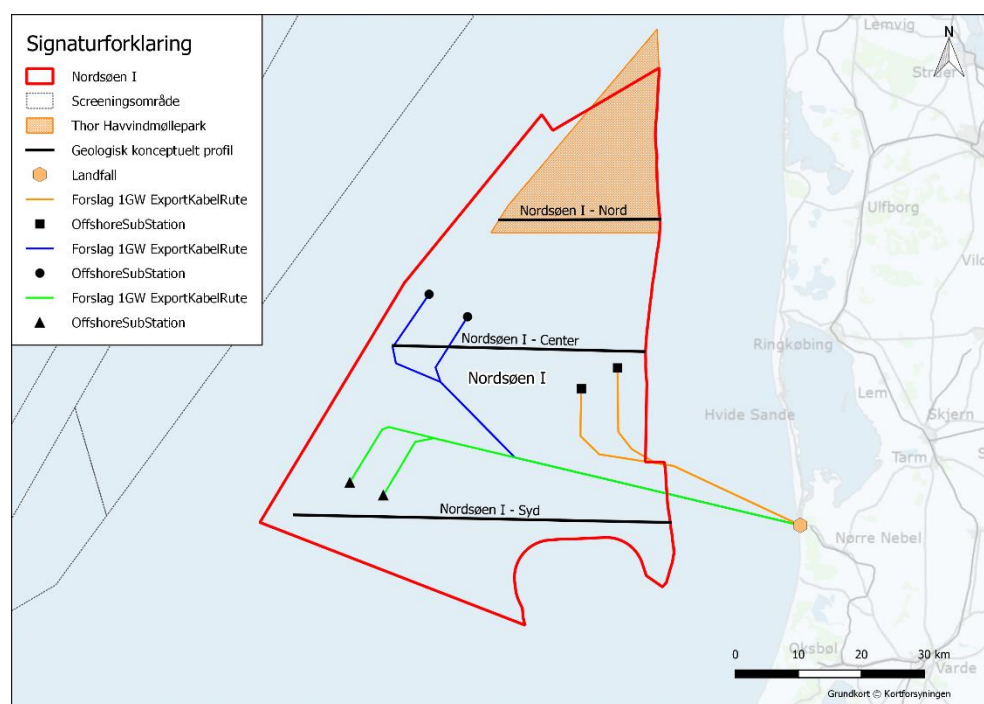
Området ligger på 15 – 35 m vanddybde. Havbunden består primært af mobilt sand, groft sand og grus. Kun i det sydøstligst hjørne af området er der kortlagt dyndet sand, hvilket er sammenfaldende med de laveste vanddybder. Det vurderes, at der kan forventes mobile sandbanker på 5 – 10 m tykkelse med en bølgelængde på 100 - 200 m.

Overordnet består de øverste 50 m under havbunden af Holocænt marint sand, Weichsel smeltevandssand, marine ler- og sandaflejringer fra Eem, Saale moræneaflejringer og sen-Elster – Holstein marin ler aflejret i kanalstrukturer nedskåret i prækvartære marine ler-silt- og sandaflejringer fra Miocæn.

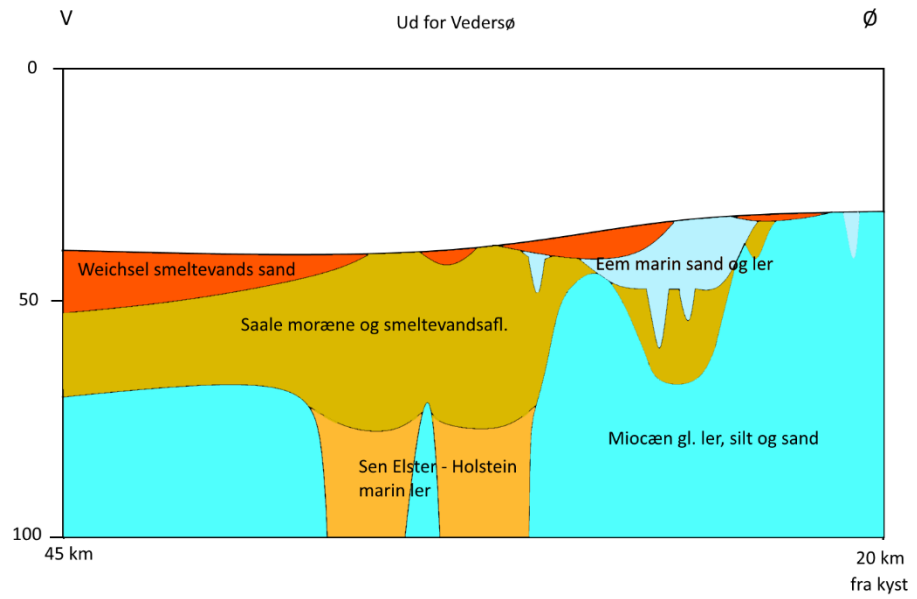
Prækvartæroverfladen består af marint ler, silt og sand og ligger ca. 5 – 75 m under havbunden, dybest i den vestlige del /8/. I den nordlige del af området kan de Miocæne aflejringer visse steder findes lige under det mobile sand (Figur 4) mens de længere mod syd overlejres af postglaciale, glaciale og interglaciale sedimentter (Figur 5). I den sydligste del forventes postglaciale marine ler og silt sedimentter med en tykkelse på op til 30 m (Figur 6).

Centralt i området, mod vest forventes Weichsel smeltevandssand med en tykkelse på 0 – 15 m (Figur 5). Langs hele den østlige del kan der findes interglaciale ler- sandsedimenter (Eem) med tykkelser på op til 25 m (Figur 4, Figur 5, Figur 6). Under dette forventes glaciære moræne og smeltevandsaflejringer fra ældre istider. Saale istiden ses med mægtigheder på 0 – 30 m /3/, /5/, /10/, /11/. Leraflejringer fra Holstein – Sen Elster er aflejret i nord-syd-gående kanalstrukturer, der er eroderet op til 350 m ned i de underliggende Miocæne aflejringer /1/.

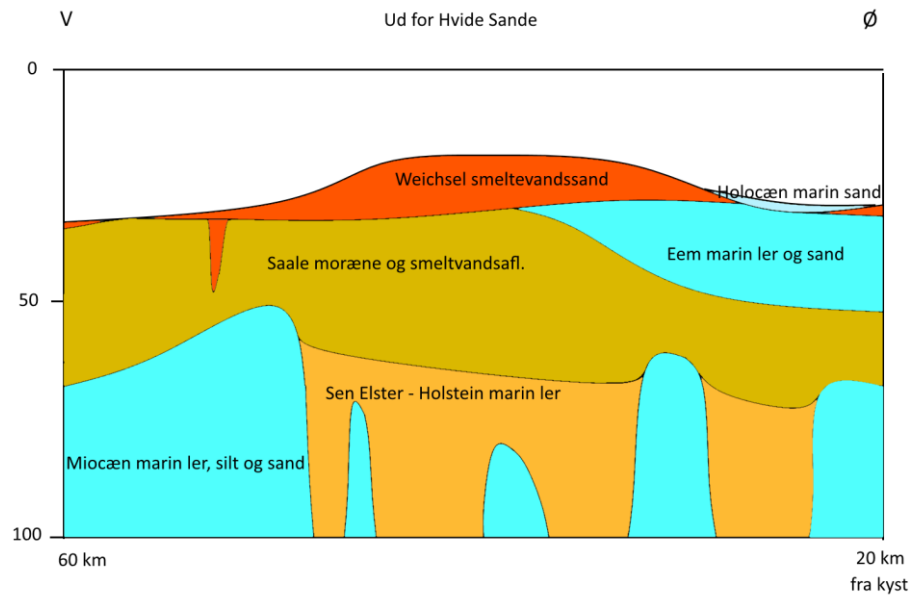
Tre konceptuelle profiler af geologien er vist på Figur 4, Figur 5 og Figur 6. En oversigt over den samlede vurdering af Nordsøen I området er vist i Tabel 5-1. Arealvurdering og havbundssedimentkort er vist på henholdsvis Bilag 1.1 og Bilag 1.2.



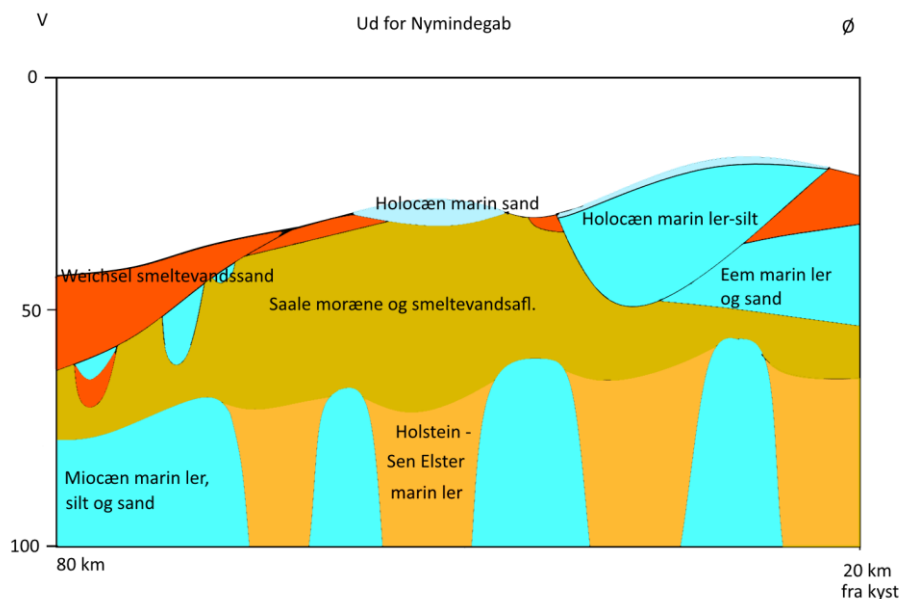
Figur 3: Placering af Nordsøen I. Placeringer af vurderede eksportkableruter og konceptuelle geologiske profiler er vist.



Figur 4: Konceptuelt profil på tværs af den nordlige del af Nordsøen I området fra vest mod øst.



Figur 5: Konceptuelt profil på tværs af den centrale del af Nordsøen I området fra vest mod øst.



Figur 6: Konceptuelt profil på tværs af den sydlige del af Nordsøen I området fra vest mod øst.

5.1.1 Eksportkabelrute

Der er foretaget en screening for tre mulige eksportkabelruter, alle med landfall ved Nymindegab (Figur 3). Området fra landfall til den endelige destination for eksportkablerne er ikke medtaget i screeningen.

De to sydlige eksportkabelruter har samme forløb fra Nymindegab og de første 45 km mod VNV. Her adskilles kabelruterne forløb. Den sydligste af disse fortsætter mod VNV, hvor ruten har to ca. 10 km lange forgreninger mod sydvest hhv. ca. 14 km og 20 km fra det første knudepunkt.

Den nordligste af disse kabelruter fortsætter fra 45 km knudepunktet ca. 17 km mod nordvest, hvor denne også har to ca. 10 km lange forgreninger mod NNØ. Havbundsforholdene langs de to sydligste kabelruter består indenfor området primært af >3 m marint sand og smeltevandsand, samt lokale områder med groft sand og grus, og af dyndet sand og 0->3 m siltede til lerede marine aflejringer mellem områdefgrænsningen og landfall lokaliteten.

Den nordlige eksportkabelrute gående fra Nymindegab fortsætter ca. 22 km mod VNV før den forgrener sig mod nord i to ca. 18 km lange tracéer. Havbundsforholdene på denne strækning består ligeledes af dyndet sand og 0 - >3 m siltede til lerede marine aflejringer mellem områdefgrænsningen og landfall lokaliteten, og indenfor området primært af >5 m marint sand og smeltevandsand

Tabel 5-1: NORDSØEN I

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Vejrlig	Nordsøen	Risiko for meget standby tid i forbindelse med udførelsen	Området vurderes som velegnet for fundering med monopæle.
Vanddybde, kote	-11 - -40 m		
Havbund	Hovedsageligt sand - stedvist dynet sand, grus og groft sand	Jack-up i forbindelse med udførelsen formentlig uproblematisk i hovedparten af området	Generelt forventes områder med lav vanddybde at være mere velegnede end områder med stor vanddybde.
Jordlag			
Postglaciale aflejringer	Lokalt op til 30 m ler og silt i sydlig del		
Glaciale moræneaflejringer og smeltvandsaflejringer	20 – 25 m (tykkelse)	Kan indeholde sten. Kan have høje styrker	
Interglaciale aflejringer (Fra mellem to istider)	0 – 25 m (tykkelse)	Kan have høje styrker	
Miocæne aflejringer og Elster - Holsten	< kote - 40 m - -70 m	Kan have høje styrker	
Kabelrute			
	Ca. 40 - 75 km fra havvindmølleparkområdet til landfall	Kabelruten forventes at gå i land ved Nymindegab.	Kabler forventes hovedsageligt at kunne spules ned i havbunden (sand). Pløjning/gravning kan være aktuelt på nogle strækninger (ler/blødbund). Kabelruten vurderes til at være i et forholdsvis svært område pga. stor sedimenttransport med mulig stor lægningsdybde til følge.

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
UXO			Der må påregnes udgifter til udredelse af UXO-risiko.

Konklusion:

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Vejrlig i Vesterhavet giver risiko for megen standby ifm. udførelsen. Bløde postglaciale aflejringer i den sydøstlige del af området kan medføre problemer med jack-up under udførelsen. Installation af monopæle kan besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt hårde interglaciale aflejringer. Muligvis betydelig sedimenttransport i området.

5.2 Kriegers Flak II

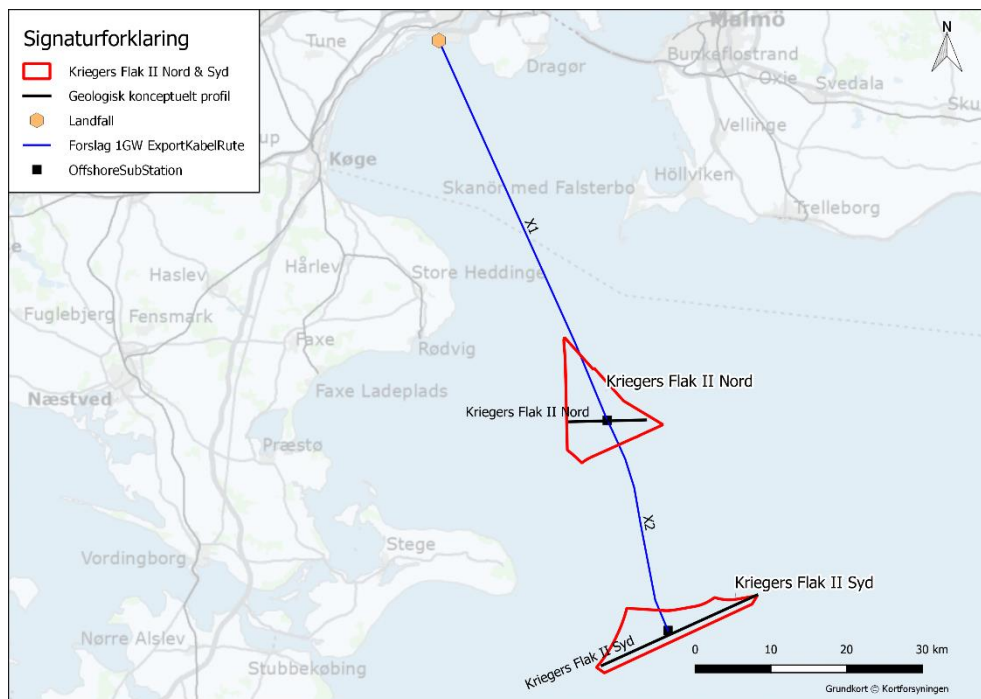
Kriegers Flak II består af to underområder: Kriegers Flak II Nord og Kriegers Flak II Syd (Figur 7). Kriegers Flak II Nord har et areal på 98 km² og ligger ca. 23 km fra Rødvig på Stevns. Kriegers Flak II Syd har et areal på 75 km² og ligger ca. 17 km fra Møn.

Havbunden består i Kriegers Flak II Nord af 0 -1.5 m dyndet sand og moræne/diamikt (Figur 8). Baseret på borningsdata i området, er andelen af dynd dog begrænset. I Kriegers Flak II Syd består havbundssedimentet overvejende af 1.5 -8 m sand med øgede mængder dynd mod øst (Figur 9). Herunder findes varierende mægtigheder af Weichsel moræne og smeltevandsaflejringer (0-30 m), lokalt er der observeret begravede dale i Øvre Kalk-overfladen, og her kan de glacialle aflejringer have tykkelser på op til 90 meter. De prækvartære lag er i begge områder vurderet til primært at bestå af Skrivekridt. Dog forventes mindre tykkelser af Danien Kalk at kunne forekomme i den nordlige del af Kriegers Flak II Nord området. Den prækvartære overflade ligger overordnet over kote -40. I de begravede dale ligger denne i dybder ned til kote -140 /2/. I det nordligere område vurderes det, at tykkelsen af de kvartære og holocæne aflejringer er relativt tynde i forhold til det sydlige område, hvilket betyder at kalkoverfladen ligger tættere på havbunden. Derfor vurderes det, at det nordlige område skal kategoriseres lavere end det sydlige område.

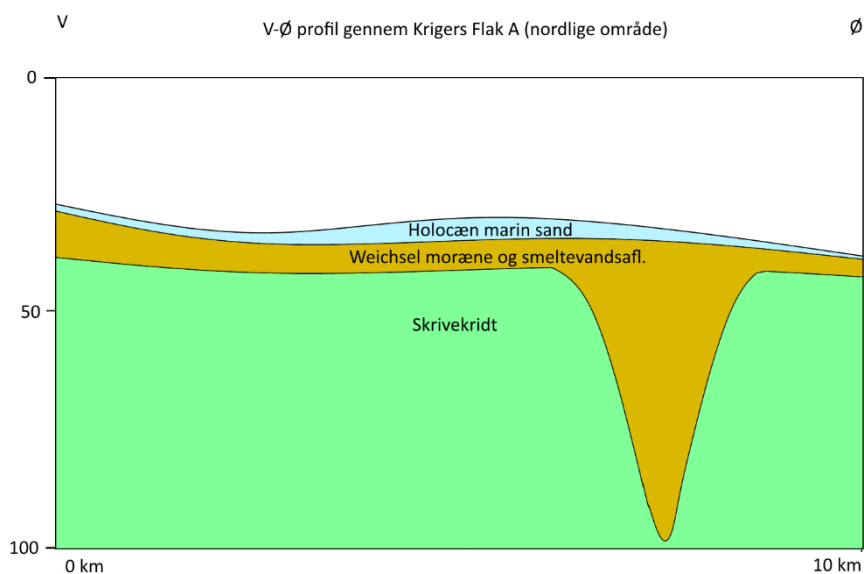
Konceptuelle profiler af geologien i områderne kan ses i Figur 8 og Figur 9.

Det er på nuværende vidensniveau ikke muligt at foretage en yderligere geologisk underopdeling af de to områder. Det antages derfor, at de geologiske forhold under havbunden er ensartede i hhv. det nordlige og sydlige screenede område.

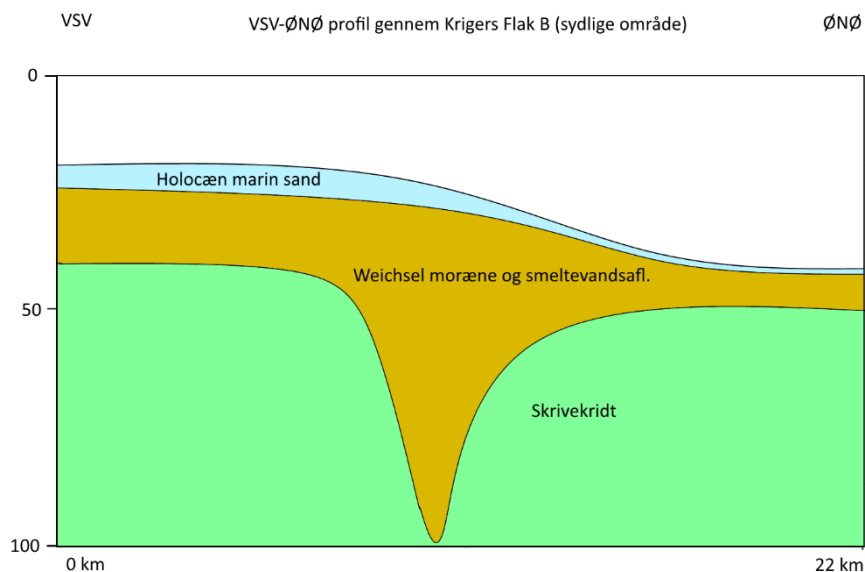
En oversigt over den samlede vurdering af Kriegers Flak II området er vist i tabellerne 3 og 4. Arealvurdering og havbundssedimentkort er vist på henholdsvis Bilag 3.1 og Bilag 3.2



Figur 7: Placering af Kriegers Flak II. Området Kriegers Flak II består af to underområder; Kriegers Flak II Nord og Kriegers Flak II Syd. Placeringer af vurderede eksportkableruter og konceptuelle geologiske profiler er vist.



Figur 8: Konceptuelt profil for Kriegers Flak II Nord gående fra vest mod øst. Se Figur 7 for lokation af profil.



Figur 9: Konceptuelt profil for Kriegers Flak II Syd gående fra VSV mod ØNØ. Se Figur 7 for lokation af profil.

5.2.1 Eksportkabelrute

Området fra de forventede landfall områder til den endelige destination for eksportkablet er ikke medtaget i screeningen.

Eksportkabelruten fra Kriegers Flak II Syd og Nord er planlagt som et sammenhængende tracé af ca. 85 km længde offshore (Figur 7). Ruten går fra den centrale del af Kriegers Flak II Syd, over Kriegers Flak II Nord til landfall nær Avedøre Holme (mod Brøndbygård). Havbundsforholdene på strækningen består primært af 0-3 m sand, lokalt mindre områder med dyndet sand og moræne/diamikt.

Tabel 5-2: KRIEGERS FLAK II NORD

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Vejrlig	Østersøen	-	Området vurderes som mindre velegnet for fundering med monopæle, idet installation af monopæle besværliggøres af mulig hårdt moræneler med sten samt højtliggende hård og flintrig kalk.
Vanddybde, kote	-23 - -35 m		
Havbund	Dyndet sand, moræne/diamikt i nordvestlige del	Jack-up i forbindelse med udførelsen er formentlig uproblematisk	
Jordlag			
Postglaciale aflejringer	0 - 1,5 m marint sand og ferskvandsler		
Glaciale moræneaflejringer	0-5+ m (tykkelse)	Kan indeholde sten Kan have høje styrker	
Kalk/Skrivekridt	< kote -40 m. 1,5 - 5+m under havbunden	Kan være hårdt. Kan indeholde flintlag	
Kabelrute			
Kriegers Flak II Nord	Ca. 54 km fra havvindmølleområdet til landfall	Kabelruten forventes at gå i land nær Avedøre Holme (Brøndbygård).	Kabler forventes delvist at kunne spules ned (sand), og delvist at skulle pløjes/graves ned (ler og moræne). Hvor havbunden består af sand kan der være risiko for sedimenttransport med mulig øget lægningsdybde til følge.
UXO			
		Der er tidligere udført UXO-undersøgelser, samt fjernet UXO i området	Der må påregnes udgifter til udredelse af UXO-risiko

Konklusion:

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt højtliggende hård og flintrig kalk/skrivekridt.

Tabel 5-3: KRIEGERS FLAK II SYD

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Vejrlig	Østersøen	-	Området vurderes som velegnet for fundering med monopæle. Installation af monopæle kan besværliggøres af mulig hårdt moræneler med sten samt højtliggende hård og flintrig kalk.
Vanddybde, kote	-18 - -43 m		
Havbund	Sand / Dyndet sand	Jack-up i forbindelse med udførelsen kan være problematisk, hvis bløde lag af stor mægtighed.	
Jordlag			
Postglaciale aflejringer	1 - 8 m marint sand og ferskvandsler		
Glaciale moræneaflejringer	1 - 30+ m moræneler, smeltevandssand - lokalt op til 100m	Kan indeholde sten. Kan have høje styrker.	
Skrivekridt	< kote -40 m skrivekridt - lokalt ned til - 140 m	Kan være hårdt. Kan indeholde flintlag.	
Kabelrute			
Kriegers Flak II Syd	Ca. 85 km fra havvindmølleområdet til landfall	Kabelruten forventes at gå i land ved Avedøre Holme (Brøndbygård).	Kabler forventes delvist at kunne spules ned (sand) delvist at skulle pløjes/graves ned (ler og moræne). Hvor havbunden består af sand kan der være risiko for sedimenttransport med mulig øget lægningsdybde til følge.
UXO			
		Der er tidligere udført UXO-undersøgelser, samt fjernet UXO i området	Der må påregnes udgifter til udredelse af UXO-risiko

Konklusion:

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle

- > **Negativt:** Installation af monopæle besværliggøres af mulig hård og stenfyldt moræne samt højtliggende hård og flintring kalk/skrivekridt. Bløde aflejringer i dele af området kan medføre problemer med jack-up under udførelsen.

5.3 Hesselø

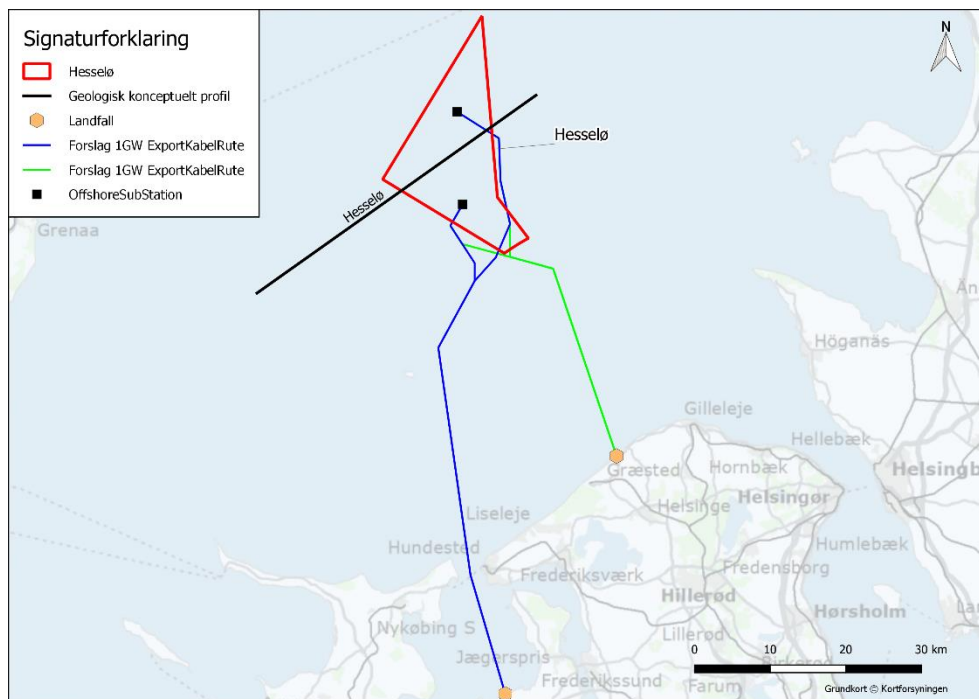
Hesselø området er placeret i Kattegat mellem Hesselø og Anholt og har et areal på ca. 247 km² (Figur 10). Området er beliggende ca. 50 km fra Grenå og ca. 35 km fra Gilleleje.

Området ligger på 20 -30 m vanddybde. Havbundssedimentet består primært af holocænt dyndet sand med en vurderet tykkelse på 3-5 m (Figur 11). Under dette findes senglaciale lerede aflejringer med en tykkelse på 5 – 40 m, muligvis Yoldialer og glaciæle moræneaflejringer med en tykkelse på 20 – 40 m. Prækvartæroverfladen består i området af marine sand-og lersten fra Nedre Kridt og Jura og vurderes at ligge i kote -80 - -175 m (>50 m under havbunden). Prækvartæroverfladen ligger tættest på havbunden i den sydlige del af området /4/. Der er i forbindelse med forundersøgelserne til Sæby Havvindmøllepark i det nordlige Kattegat konstateret shallow gas i Yoldialeret /9/. Der forventes ikke at findes tilsvarende mægtigheder af Yoldialer i Hesselø-området, og der er ikke identificeret seismisk blanking i de tilgængelige data, men risikoen for tilstedeværelsen af shallow gas bør afdækkes nærmere.

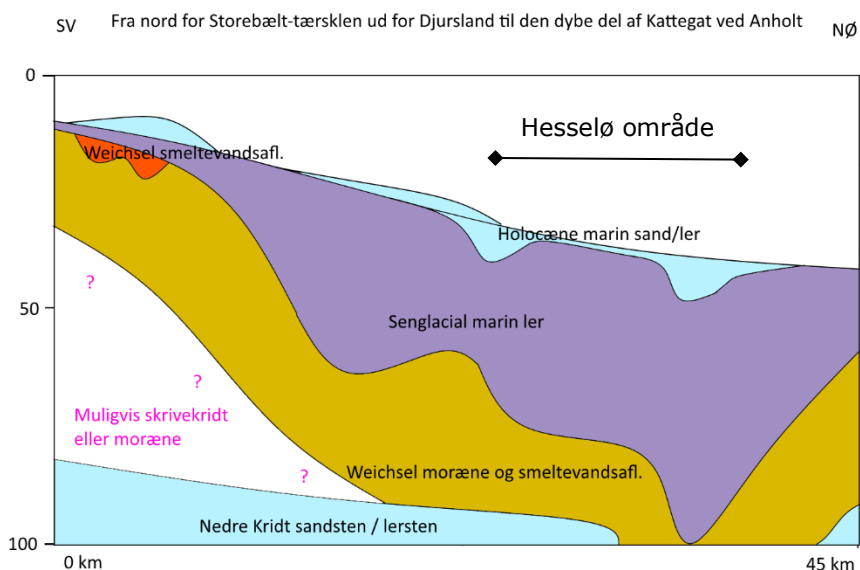
Et konceptuelt profil af geologien er vist på Figur 11.

Det er på nuværende vidensniveau ikke muligt at foretage en geologisk underopdeling af området. Det antages derfor, at de geologiske forhold under havbunden er ensartet i hele det screenede område.

En oversigt over den samlede vurdering af Hesseløområdet er vist i Tabel 5-4. Arealvurdering og havbundssedimentkort er vist på henholdsvis Bilag 2.1 og Bilag 2.2.



Figur 10: Placering af Hesselø området. Placeringer af vurderede eksportkableruter og konceptuelle geologiske profiler er vist.



Figur 11: Konceptuelt profil på tværs af Hesseløområdet fra SV mod NØ.

5.3.1 Eksportkabelrute

Området fra de forventede landfall områder til den endelige destination for eksportkablet er ikke medtaget i screeningen.

Der er screenet for to mulige eksportkableruter fra Hesselø området. Den østlige rute forventes at gå fra den sydlige del af området og til landfall ved Rågeleje på Sjælland (Figur 10). Længden af den vurderede eksportkabelrute er ca. 32 km

indtil forgreningen umiddelbart syd for området. Langs denne strækning består havbunden på de første km fra kysten af moræne/diamikt. Herefter ses 0-5 m inhomogene marine aflejringer, bestående af tynde vekslende lag af ler, silt og sand. Havbunden langs den vestligste forgrening af ruten på ca. 12 km, består af 0-3 m marint sand og dyndet sand, underlejret af senglaciale leraflejringer. Den ca. 30 km lange østligste forgrening af kabelruten fortsætter i nordlig retning langs området. Havbunden langs denne strækning forventes at bestå af 0-2 m dyndet marint sand, underlejret af senglacialt sand og ler.

Den vestlige rute forventes at gå fra den sydlige og centrale del af området og til landfall nær Kyndby i Isefjorden (Figur 11). Længden af den vurderede eksportkabelrute er ca. 57 km offshore til forgreningen syd for området. Havbundsforholdene på denne strækning består primært af 0->3m marint sand underlejret af >3 m senglacialt marint ler. I den inderste del af Isefjorden består overfladesedimenterne af 1-3 m dyndet sand (ca. 12 km). Hvor ruten forgrenes forventes havbunden primært at bestå af moræneler/diamikt. De to eksportkabelruter har samme placering af forgreningerne ind i området, havbundsforholdene er derfor dækket af beskrivelsen ovenfor.

Tabel 5-4: Oversigt over vurderingen af Hesseløområdet.

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Vejrlig	Indre danske farvande	-	Området vurderes som velegnet for fundering med monopæle.
Vanddybde, kote	-24 - -33 m		
Havbund	Dyndet sand	Kan evt. dække over opfyldte dale med blødt materiale. Jack-up i forbindelse med udførelsen kan være problematisk hvis der forekommer bløde lag af stor mægtighed	Installation af monopæle besværliggøres af mulig hårdt moræneler med sten
Jordlag			
Postglaciale aflejringer	0 – 5 m marint sand og ler	Sand med blødbundsområder	
Senglaciale aflejringer	5 – 35 m marint ler	Muligvis marine leraflejringer (Yoldialer)	
Glaciale aflejringer	15 – 30 m moræneler og smeltevands-sand	Kan indeholde sten. Kan have høje styrker	
Prækvartæroverflade (kalk)	kote >-50 m kalk	Kan være hårdt og indeholde flint	

Parameter	Screening	Bemærkninger	Vurdering
Kabelrute			
Østlig rute	Ca. 32 km fra havvindmølleområdet til landfall ved Rågeleje.	Kabelruten forventes at gå i land ved Rågeleje.	Kabler forventes på hovedparten af strækningen at kunne spules ned (sand) og på den resterende del at skulle pløjes/graves ned i havbunden (ler/moræne). Hvor havbunden består af sand kan der være risiko for sedimenttransport med mulig øget lægningsdybde til følge.
Vestlig rute	Ca. 57 km fra havvindmølleområdet til landfall ved Kyndby.	Kabelruten forventes at gå i land ved Kyndby.	
UXO			
		UXO-risikoen vurderes som lav, men tilstedeværende	Der må påregnes visse udgifter til udredelse af UXO-risiko

Konklusion:

- > **Positivt:** Fundering mulig med monopæle
- > **Negativt:** Installation af monopæle kan besværliggøres af mulig hårdt og stenfyldt moræneler.

5.4 Relativ vurdering af områderne

Ud fra ovenstående vurderinger og konklusioner fås følgende rangordning af områderne. Da flere af områderne er blevet tildelt samme kategori, er disse rangeret i forhold til hinanden. Områderne er i et tilfælde delt op i underområder, der er rangeret relativt til hinanden indenfor hovedområdet.

Områder og underområder er rangeret efter den geotekniske vurdering, overordnet geologi, havbundssedimentet og vanddybden samt variationsmulighed for placering af havvindmøllerne. Til eksempel er Nordsøen I vurderet bedre end Hesselø, da der er flere muligheder for placering af vindmøllerne. Kriegers Flak II Syd, underområde Øst, er rangeret lavere end underområde Vest, grundet den større havdybde, og mere dyndet havbundsediment.

På nuværende tidspunkt og vidensniveau er der ikke fundet geologiske eller geotekniske faktorer der vurderes at være show-stoppere for placering af

havvindmøllefundamenter. Den samlede vurdering skal derfor betragtes som en relativ rangering af områderne og at alle områder kan anvendes til opstilling af havvindmøller ud fra en geologisk og geoteknisk betragtning.

Tabel 5-5: Samlet vurdering og rangering af de seks screenede områder.

Rang	Område	Kategori	Områdepolygoner på kortbilag
1	Nordsøen I	Velegnet (V)	
2	Hesselø	Velegnet (V)	
3	Kriegers Flak II Syd	Velegnet (V)	Vest
4	Kriegers Flak II Syd	Velegnet (V)	Øst
5	Kriegers Flak II Nord	Mindre Velegnet (V-)	

6 Referencer

1. Huuse, M. og Lykke-Andersen, H., 2000: *Begravede dale i Nordsøen og i Sønderjylland*. Geologisk Nyt 5/00
2. Jensen, J.B., 2013: *Kriegers Flak: Revideret råstofopgørelse 2019'*. Opdatering af GEUS-rapport 78/2013.
3. Jensen et al. 2011: Mapping of raw materials and habitats in the Danish sector of the North Sea. Geological survey of Denmark and Greenland bulletin 23, pp. 33-36.
4. Jensen, J.B., Borre, S., Nørgaard-Pedersen, N. & Leth, J.O., 1999: *Model for potentielle sand-og grusforekomster for de danske farvande. Delområderne Kattegat syd og Østersøen vest'*. GEUS-rapport 2010/99.
5. Leth, J.O., 2003: Nordsøen efter istiden – udforskningen af Jyske Rev. Geologi – Nyt fra GEUS, nr. 3, 2003.
6. Leth, J.O., Anthony, D., Larsen, B., Andersen, L.T. og Jensen, J.B., 2001: *Geologisk kortlægning af Vestkysten. Samlede resultater af den regionalgeologiske kortlægning af kystzonen mellem Lodbjerg og Blåvandshuk*. GEUS-rapport 2001/111.
7. Lomholdt, S., Leth, J.O., og Skar, S., 2013: Marin råstofkortlægning i Nordsøen 2012. Danmarks og Grønlands geologiske undersøgelse rapport 2013/5.
8. Nielsen et al. 2007: *Base Quaternary in the Danish parts of the North Sea and Skagerrak*. Geological survey of Denmark and Greenland bulletin.
9. Potter, T., 2014: Results Report – Site 3 – Sæby (Revision 1 – April 2014). EGS International Ltd, for Energinet.
10. Watchorn, P., 2014: *Interpretative Report – Site 1- Vesterhav Syd (Revision 5 – Final)*. EGS International Ltd, for Energinet.
11. Watchorn, P., 2014: *Interpretative Report – Site 2- Vesterhav Nord (Revision 3 – Final)*. EGS International Ltd, for Energinet.
12. *National boringsdatabase (Jupiter databasen), GEUS*. Boringer DGU 550711.12, DGU 550711.18, DGU 560722.3 <https://data.geus.dk/Jupiter-WWW/index.jsp>