

Til: Trafikstyrelsen

Fra: By & Havn

Emne: Lynetteholm, Implementeringsredegørelse vilkår 5.1

Forslag til produktionsrate, maksimalt spild, overvågningsprogram samt graveprocedure (Fase 1)

14. december 2021
S-20210615-0798
D-20230227-047572

By & Havn skal i henhold til Implementeringsredegørelse for anlæg af Lynetteholm overholde vilkår 5.1 for uddybning af sejlrenden i Kronløbet og optagning af havbundsmateriale under Lynetteholms perimeter og dæmninger. Vilkåret skal sikre overholdelse af gældende miljøkvalitetskrav i vandområdet, som er fastsat i bekendtgørelse nr. 1625 af 19/12/2017.

Det følger af vilkåret, punkt C, ii, at By & Havn efter dialog med tilsynsmyndigheden skal fastsætte forslag til den endelige produktionsrate, maksimale spild, overvågningsprogram samt graveprocedurer. Forslaget skal godkendes af tilsynsmyndigheden.

Produktionsraten er et udtryk for den gennemsnitlige hastighed hvorved der afgraves havbundssediment. Produktionsraten defineres ved mængden af afgravet havbundssediment per time og angives i m³/t, men kan også opgøres som en mængde pr. dag eller pr. uge.

Maksimal spildprocent er den maksimale andel af det afgravede havbundssediment, der ved afgravningen må spildes og dermed spredes til omgivelserne uden for arbejdsområdet.

Graveprocedure er måden gravearbejdet tilrettelægges på af operatøren, dvs. antal gravemaskiner, der indgår i produktionen samtidig, og antal timer der graves per døgn.

Overvågningsprogram for anlægsarbejdet er udarbejdet af DHI og består af en kombination af skibe der indledningsvis måler gravespild under forskellige strømforhold samt turbiditetsmålere placeret nord og syd for graveområdet. Overvågningsprogrammet har grænseflader til overvågningsprogrammet for Lynetteholms miljøpåvirkning af sediment, vandkvalitet, bundvegetation og fauna, hvor Københavns Kommune er tilsynsmyndighed.

Nærværende forslag gælder for anlægsprojektets Fase 1, dvs. de sydlige dæmninger til og med den interne dæmning, der er omfattet af en enkelt entreprise, se kort 1. For Fase 2, dvs. østlig, nordlige og vestlige perimeter vil By & Havn sende et revideret forslag med udgangspunkt i fase 1 afgravninger foretaget primo 2022.

Nærværende forslag vil først behandle forslag til Produktionsrate, Maksimal spildprocent og Graveprocedure med tilhørende redegørelse. Herefter følger forslag til overvågningsprogram med tilhørende redegørelse.

Forslag til produktionsrate, maksimalt spild og graveprocedure

	Forurennet sediment m ³ /time	Ikke-forurennet sedi- ment	Kontrol
Maksimal produkti- onsrate per grave- fartøj	100 m ³ /time	700 m ³ /time i perio- der hvor der afgra- ves forurennet sedi- ment. 1000 m ³ /time i øv- rige perioder (1)	Graveoperatør skal dagligt dokumentere produktionsraten over for By & Havn for hvert gravefartøj. Overholdelse af pro- duktionsraten skal kunne dokumente- res ved de aftalte indrapporteringer 3 gange pr. gravesæ- son samt på anmod- ning fra tilsynsmyn- digheden.. Såfremt produkti- onsraterne overskri- des, skal arbejdet straks indstilles.
Samlet maksimal produktionsrate	300 m ³ /time 25.200 m ³ /uge	39.000 m ³ /uge (2)	Graveoperatør skal dokumentere over for By & Havn for hvert gravefartøj. Overholdelse af maksimal produkti- onsrate skal kunne dokumenteres ved de aftalte indrappor- teringer 3 gange pr. gravesæson samt på anmodning fra til- synsmyndigheden. Såfremt produkti- onsraterne overskri- des, skal arbejdet straks indstilles.
Maksimalt spild	4 % Svarende til 3 tons pr time per gravefar- tøj.	4 % Svarende til 21 tons per time, hvor der afgraves forurennet sediment. Svarende til 30 tons per time, i øvrige perioder.	Måles på kanten af arbejdsområde af skibe i indledende fase og af sediment- bøjer som del i over- vågningsprogram. Skibsbaserede må- linger foretages un- der situationer med- forskellige strømfor- hold, med henblik på at fastlægge gra- vespildets størrelse som en funktion af strømhastigheden.

			Overholdelse af maksimal spild skal kunne dokumenteres ved de aftalte indrapporteringer 3 gange pr. gravesæson samt på anmodning fra tilsynsmyndigheden. Såfremt maksimalt spild overskrides, skal arbejdet straks indstilles.
Graveprocedure	Op til 3 gravefronter samtidig, hvis synlige sedimentfaner ikke overlapper. Der graves op til 12 timer om dagen, 7 dage om ugen.	Ingen begrænsninger på antal gravefronter. Der kan graves op til 24 timer om dagen, 7 dage om ugen, så længe begrænsningen på den samlede produktionsmængde per uge ikke overskrides.	Hvis der graves på flere gravefronter samtidig, må de ikke ligge i forlængelse af hovedstrømretningen. Der skal overholdes en minimumsafstand mellem gravefartøjer på 200 meter. By & Havn fører byggetilsyn, eksempelvis vha. droneoverflyvninger. Overholdelse af graveprocedure skal kunne dokumenteres ved de aftalte indrapporteringer 3 gange pr. gravesæson samt på anmodning fra tilsynsmyndigheden.

(1) Maksimal produktionsrate for ikke-forurenede materialer tager udgangspunkt i beregninger foretaget til MKR for Lynetteholm, november 2020. Se også nedenstående redegørelse pt. 2.

(2) Samlet maksimal produktionsrate for ikke-forurenede materialer per uge er fastsat for at kunne overholde forudsætninger i modullering af klappmateriale foretaget i tillæg til MKR – uddybning af sejlrende og klappning af havbundsmateriale, december 2020.

Alle ovenfor angivne graverater er baseret på in situ volumener i havbunden.

Gravespild er angivet ved et volumen per time, hvilket er udgangspunktet for graveoperatørerne. For at kunne omregne til en stofkoncentration og overholdelse af VKK_{maks} for forurenende stoffer i BEK 1625 omregnes spildet til en masse med antagelse om en tørdensitet på 770 kg/m^3 . Et spild på 4 m^3 per time svarer derved til ~3 tons per time. En tørdensitet på 770 kg/m^3 er et beregnet gennemsnit for havbundsmaterialet, foretaget ud fra prøvegravninger langs perimeteren, jf. baggrundsrapport om Hydraulik, DHI november 2020, side 28.

En højere tørdensitet er typisk udtryk for et større indhold af groft silt og fint sand. Opfatter man de enkelte sedimentpartikler som runde kugler, gælder det, at de fine partikler har et relativt større overfladeareal, set i forhold til rumfang, ved sammenligning med de grovere partikler. Det relativt større overfladeareal indebærer at de finkornede fraktioner adsorberer mere forurenende stof per vægtenhed. Der forventes

derfor ikke en større stoffrigivelse fra sedimentet til vandfasen når der graves i området med en højere tørstofdensitet end 770 kg/m³.

Redegørelse

1) Afgravning i fase 1

Fase 1 omfatter etablering af de sydlige dæmninger af Lynetteholm. Afgravningen foretages i vinterhalvåret og forventes udført i perioderne januar 2022 - marts 2022 og oktober 2022 –december 2022. Der skal til fase 1 dæmninger afgraves ca. 54.136 m³ forurenede havbundsmateriale (over øvre aktionsniveau) og ca. 97.836 m³ rent og lettere forurenede havbundsmateriale (under nedre aktionsniveau og mellem nedre- og øvre aktionsniveau).

Afgravning til fase 2 dæmninger planlægges udført i gravesæsoner fra oktober 2022 til december 2024.

2) Vurdering af overholdelse af miljøkvalitetskrav fastsat i BEK nr. 1625 af 19/12/2017 om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.

I MKR for Lynetteholm, november 2020, blev der foretaget undersøgelser og vurderinger af sedimentspredning som følge af spild fra gravearbejdet ved bundudskiftning, samt af mængden af forurenende stoffer, der blev frigivet til vandfasen fra det spildte sediment.

Det blev konservativt antaget, at gravearbejdet tilrettelægges ud for følgende forudsætninger:

- Arbejdet udføres med en produktionsrate på 500 m³ per time.
- Der graves 24 timer 7 dage om ugen i én lang sammenhængende cyklus.
- Opgravningen sker fra ét uddybningsfartøj.
- Andelen af sediment der samlet spildes til vandsøjlen, er forudsat til 8 pct i områder, hvor bundsedimentets tørdensitet overstiger 1000 kg/m³ og 10 pct i de områder hvor bundsedimentets tørdensitet er under 1000 kg/m³.
- 4 pct. af spildet fordeles jævnt over hele vandsøjlen, mens de resterende 4-6 pct. er placeret ved vandoverfladen.

Modelleringen af sedimentspredning og af frigivelse af tungmetaller forudsætter desuden, konservativt, at det afgravede havbundsmateriale er løst sammenhængende og opfører sig som finkornede enkeltpartikler, hvorved det spredes mere og frigiver mere forurenende stof til vandfasen, end hvis det er mere sammenhængende og kohæsivt.

MKR for Lynetteholm viste, at der som følge af de forudsatte gravearbejder af forurenede sediment sker overskridelser af de fastsatte maksimale miljøkvalitetskrav for vand, VKKmaks, som er fastsat i BEK 1625 af 19/12/2017, på 0-5 dage.

I supplerende MKR for Lynetteholm dateret 31. marts 2021, blev der foretaget en nedskalering, der sandsynliggjorde, at det vil være muligt at overholde miljøkvalitetskravene, hvis gravearbejdet tilrettelægges som følger:

- Arbejdet udføres med en produktionsrate på 225 m³ per time.
- Der graves 12 timer per dag. De indlagte pauser på 12 timer mellem hver graveperiode indebærer, at gårsdagens gravespild vil være sedimenteret eller ført med strømmen væk fra graveområdet.
- Opgravningen sker fra tre uddybningsfartøjer, som dermed deler førnævnte produktionsrate. Disse fartøjer skal arbejde i hver sit arbejdsområde, hvorved de tre sedimentfaner ikke interagerer nævneværdigt.

- Andelen af sediment der spildes til vandsøjlen er forudsat til 3 pct.

Skaleringen blev foretaget på baggrund af den oprindelige modellering, hvor halvdelen af gravespildet blev fordelt jævnt over vandsøjlen, mens den anden halvdel af gravespildet blev placeret i øverste lag ved vandoverfladen. Spildet i overfladen blev defineret med henblik på at tillade et overflow ved opfyldning af pram. Et overflow indebærer, at der forekommer væsentlig højere sedimentkoncentrationer ved vandoverfladen og i vandsøjlen, da sedimentet fra et overflow er længere tid om at udfældes. Der tillades ikke overflow i forbindelse med afgravning af forurenede sediment og opfyldning af pram. Frigivelsen af stof til vandfasen vil derfor være mindre end det som der er fundet ved nedskaleringen af sedimentspildet i simuleringen.

I den supplerende MKR er fastsat følgende forslag til vilkår for gravearbejdet for at miljøkvalitetskravene i BEK 1625 kan overholdes:

- Arbejdet opstartes med en indledende gravefase af få dages varighed, hvor der graves med en lav rate for at tilvejebringe erfaringsdata.
- Der gennemføres in situ-målinger af vandkvaliteten ved opgravningsstedet og ekspresanalyser heraf.
- Der gennemføres overvågning af vandkvalitet og sediment for indhold af forurenende stoffer før, under og efter opgravningen.
- På baggrund af projektbeskrivelse, resultater af modellering og resultater af overvågning i den indledende gravefase, fastlægger bygherre efter dialog med tilsynsmyndigheden efter den indledende gravefase en produktionsrate og fordeling heraf på uddybningsfartøjer for at sikre, at alle relevante miljøkrav overholdes – og en plan for overvågning, der kan eftervise dette.

I Implementeringsredegørelsen er ovenstående vilkår erstattet af vilkår 5.1, som er ændret ift. gennemførelse af in situ-målinger af vandkvalitet og ekspresanalyser heraf. Det blev vurderet, at sådanne in situ-målinger og ekspresanalyser i praksis ikke er gennemførlige, da de vil tage flere dage at gennemføre. I stedet angives i vilkår 5.1 (B) at bygherre foretager forundersøgelser med prøvegravninger for at fastlægge en statistisk korrelation mellem suspenderet sediment og koncentrationer af forurenende stoffer i vandsøjlen. Prøvegravningerne benyttes til at fastlægge produktionsrate, maksimale spildprocenter og graveprocedure der er et krav for entreprenøren.

3) Resultater af prøvegravninger

By & Havn har efter tilladelse fra Københavns Kommune foretaget prøvegravninger 5 repræsentative steder i graveområdet i juli 2021, hvis resultater fremgår af vedlagte bilag "Rapport - Målinger fra prøvegravning ved Lynetteholm - DHI 12.10.2021" samt bilag "Lynetteholm – feltnotat for udførte prøvegravninger – COWI 03.09.2021.

Prøvegravningerne har, jf. vilkår 5.1, til formål at fastlægge en statistisk korrelation mellem suspenderet sediment og koncentrationer af forurenende stoffer i vandsøjlen. Resultatet af prøvegravningerne er, at der ikke kan konstateres en statistisk korrelation mellem suspenderet sediment (spild) og forurenende stoffer i vandsøjlen. Derimod er der en sammenhæng mellem produktionsrate og forurenende stoffer i vandsøjlen. Det skyldes af havbundsmaterialet er mere kohæsivt og klumpet end forudsat i modulleringen i MKR, hvor materialet forudsættes som løst opslæmmede finkornede enkeltpartikler, hvilket resulterer i en større frigivelse af forurenende stoffer til vandsøjlen.

Ved prøvegravningerne af forurenede sediment blev der anvendt graverater på op til 210 m³/time. Der blev målt på baggrundskoncentration af miljøforurenende stoffer,

IFF, samt målinger af koncentrationer i vandfasen under afgravningen. Målinger af baggrundskoncentrationer stemmer godt overens med tidligere målinger i Københavns Yderhavn i 2017 og i Kongedybet i 2020.

Undersøgelser af gravespildets påvirkning af vandfasen med miljøforurenende stoffer viser, at forskellen til den målte baggrundskoncentration er meget begrænset og ligger under de maksimale miljøkvalitetskrav i BEK 1625. Der kan på baggrund af undersøgelserne ikke påvises en direkte sammenhæng mellem koncentrationer af miljøforurenende stoffer i hhv. vandfasen og sedimentfasen og derfor kan man ikke direkte påvise, om gravning i et område med høje sedimentkoncentrationer automatisk giver høje vandkoncentrationer. I rapporten bliver det således konkluderet, at der ikke findes en direkte korrelation mellem det suspenderede materiale og koncentrationer af forurenede stoffer i vandsøjlen.

Den manglende korrelation kan blandt andet henføres til, at der var ringe strøm under prøveafgravningerne, samt at det var svært at finde gravefanen 50-100 m nedstrøms gravemaskinen. Desuden kunne det konstateres, at en væsentlig del af det suspenderede materiale hurtigt bundfældede, og derfor ikke afgav væsentlige koncentrationer til vandsøjlen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. De fineste fraktioner af gravematerialet udviste en kohæsiv og klumpet karakter og gravespildet vurderet som den del af gravemængden der forlod arbejdsområdet, var derfor lille. Indholdet af løst opslæmmet finkornet sediment var forholdsvis lille i alle fem prøvegravninger. Se bl.a. billeder i feltrapporten af opgravet havbundsmateriale, der tydeligt indikerer den kohæsive og klumpede karakter af sedimentet.

Ved svage strømforhold er vandskiftet i det område hvor der graves per definition ringe. Havde der været en signifikant frigivelse af forurenende stoffer fra sedimentet til vandfasen i forbindelse med opgravningen, burde dette give sig udslag i de målte værdier. Dette viste sig dog under prøvegravningerne ikke at være tilfældet. Under forhold med kraftigere strøm vil sedimentet lettere kunne spaltes og derved frigive en større mængde forurening til vandfasen. Men i disse situationer er vandskiftet og fortyndingen også langt større, hvorfor påvirkningen forsat vil være beskeden. I situationer med kraftigere strøm er der dog en risiko for at sedimentfanen fra et graveområde vil kunne overlappes et andet graveområde og derved virke øgende på de vandopløste koncentrationer.

Undersøgelserne indikerer, at der er en sammenhæng mellem produktionsrate og høje vandopløste koncentrationer. Jo mere der graves, jo højere koncentration af miljøforurenende stoffer i vandfasen.

Da prøvegravningerne blev foretaget under forhold med svag strøm, vil der i forbindelse med fastlæggelse af graverater blive anlagt en konservativ tilgang, der tillader en større sedimentspredning som følge af gravning under forhold med kraftigere strøm. Det vurderes således, at en produktionsrate på op til 100 m³ per time for forurenat sediment og op til 700 m³ per time for ren- og lettere forurenat sediment med maksimalt 4 pct. spild vil medføre en overholdelse af miljøkvalitetskravene i BEK 1625 under forhold med mere stærkere strøm og gravearbejde af længere varighed. Under forhold, hvor der ikke graves forurenat sediment kan der tillades en produktionsrate på op til 1.000 m³ i timen.

Da påvirkningen er meget lokal omkring selve gravefeltet, vil det være muligt at arbejde på flere fronter samtidigt, når blot det sikres at synlige sedimentfaner ikke overlapper hinanden. For forurenat havbundssediment er derfor fastsat en graveprocedure, hvor der må graves på op til 3 fronter samtidig, hvis det sikres at sedimentfaner ikke overlapper.

4) Overvågningsprogram

Side 7

Forslag til overvågning

Med henblik på at overvåge gravespild og overholdelse af miljøkvalitetskrav foreslås følgende overvågningsprogram, jf. vilkår 5.1, C iii og iv i Implementeringsredegørelsen. Der er redegjort mere uddybende for overvågningsprogrammet i nedenstående redegørelse. Forslag:

- I den indledende gravefase, sejles transekter på tværs og på langs af gravefanen, samt transekter uden for arbejdsområdet for at fastlægge spild.
- Fra skibene indsamles vandprøver, samtidig med at der punktvis måles turbiditet (i NTU enheder, Nephelometric Turbidity Units). Vandprøverne bruges til at skabe en korrelation mellem målt NTU og den faktiske koncentration af suspenderet stof i mg/l. Produktionsraten registreres af graveoperatøren.
- Der sejles samlet set i ca. 10 dage, for at måle sedimentspild under forskellige vejr- og strømforhold. Hvis de 10 dage ikke vurderes at være tilstrækkelige for at skabe repræsentative forhold, sejles der ekstra ind til repræsentativiteten er opnået.
- Målinger foretages langs kanten på ydersiden af arbejdsområdet, jf. kort 2, godkendt af Søfartsstyrelsen. Kanten af graveområdet er ca. 110-120 meter fra gravetraceet.
- By & Havn gennemfører løbende kontrol og målinger af turbiditet samt produktionsrate og graveprocedure.
- By & Havn udlægger 2 målebøjer placeret ved kanten på indersiden af arbejdsområdet nord og syd for gravearbejdet, der kontinuert måler på suspenderet sediment koncentration i tre vanddybder. Bøjerne flyttes i forhold til de faseopdelte gravearbejder, og vil derfor først placeres i forhold til fase 1.
- I forbindelse med servicering af bøjerne udtages vandprøver i de tilsvarende 3 dybder. Vandprøverne bruges til at omsætte de målte NTU-enheder til sedimentkoncentrationer i mg/l.
- Der gennemføres vandkvalitetsanalyser for miljøfremmede stoffer og tungmetaller på 9 stationer hhv. nord, syd, øst og vest for det udpegede anlægsområde. Stationernes placering er vist på kort 3. Miljøforurenende stoffer og tungmetaller der måles på, er vist i tabel 1.
- By & Havn sender tre gange per gravesæson (oktober-marts) en skriftlig afrapportering til Trafikstyrelsen med dokumentation for overholdelse af miljøkvalitetskrav for forurenende stoffer, maksimumkoncentration (VKKmaks) i BEK 1625 samt af produktionsrate, maksimalt spild og graveprocedure.

Redegørelse

Skibsbaserede spildmålinger

Det foreslås, at der gennemføres dedikerede spildmålinger fra skib i den indledende fase af gravearbejdet. Disse anvendes til at fastlægge spildrater under forskellige vejr- og strømforhold. Når disse kendes, kan der på baggrund af gravarterne og vejr-/strømprogner udregnes et relativt sikkert spild. Dette kan suppleres med kontrollerende spildmålinger senere i forløbet.

Når sediment afgraves, vil en mindre mængde uvægerligt spildes til det omgivende miljø. De groveste partikler vil hurtigt synke til bunds og aflejres, mens det fineste vil transporteres med strømmen, indtil strømhastigheden bliver så lav, at sedimentet ikke længere kan holdes i suspension, hvorefter det aflejres. Den mængde sediment der i forbindelse med spildet forbliver i arbejdsområdet betegnes ikke som

spild. Derfor er det relevant at måle sedimentfluxen ud af arbejdsområdet på de respektive grænser.

Den estimerede spredning (spild) sammenholdes med de definerede krav med henblik på at dokumentere at produktionsraterne ikke fører til en uacceptabel påvirkning. Findes der en for stor sedimentspredning under forhold med kraftig strøm, vil målingerne kunne bruges til at fastlægge for hvilke strømforhold det vil være nødvendigt at anvende en reduceret graverate.

Sedimenttabet til et givet tidspunkt bestemmes ved at måle sedimentkoncentrationen i sedimentfanen fratrasket evt. baggrundskoncentration, multiplicere denne måling eller målinger med vandføringen i det pågældende tværsnit. Simpelt formuleret kan spildet til et givet tidspunkt ($S(t)$) beregnes som:

$$S(t) = Q(t) \times C(t),$$

hvor $Q(t)$ er vandføringen i sedimentfanen til tiden t og $C(t)$ er gennemsnit af netto sedimentkoncentration i fanens tværsnitsareal til tiden t , hvor netto betegner sedimentkoncentration fratrasket baggrundskoncentration.

Sedimenttabet V kan estimeres ved at integrere over den tidsperiode som det tager klapskyen at passere igennem transektet: $V = \sum S(t)dt$.

Inden målingen starter, undersøges hovedstrømretningen. Denne kan måles fra undersøgelsesfartøjet, opnås fra eksterne målestationer eller simpelt observeres alt efter kravene. Sedimentfluxen måles altid nedstrøms for graveoperationen. Målinger ved strømvending vil normalt være uanvendelige til bestemmelse af sedimentflux. Fluxmålinger udføres derfor kun, når der er en markant fane.

Til fluxmålinger kræves følgende måleparametre:

- Strømhastighed og -retning. Strømparametre kan måles fra skib eller fastmonteret måleinstrument der vurderes repræsentativt for måletværsnittet
- Sedimentkoncentration i flere profiler over tværsnittet

Sedimentfluxen måles og bestemmes ca. 200 m nedstrøms fra arbejdsfartøjet. Sedimentfluxen opgøres og rapporteres i tons.

Fluxmålingen vil normalt være ukompliceret, men kan vanskeliggøres af komplicerede strømforhold og mange skibe i forbindelse med anlægget. Dette medfører, at DHI foreslår en metode som følger:

Et skib udstyres med profilmåler til bestemmelse af sedimentkoncentrationer og en akustisk profilerende strømmåler (ADCP). Strømmåleren giver, udover strømparametre, også et mål for mængden af partikler i vandet. Mængden kan ikke umiddelbart omsættes til sedimentkoncentrationer, men anvendes til lokalisering af sedimentfanen, idet denne ofte ikke kan ses med det blotte øje.

Når gravearbejdet påbegyndes, indledes spildmålingskampagnen som arbejder på ydersiden af kanten af arbejdsområdet, nedstrøms for graveområderne. Formålet er at måle den del af gravespildet som forlader arbejdsområdet. Her måles strømparametre, sedimentkoncentrationer samt fanens udbredelse. I ca. 10 dage i begyndelsen af gravekampagnen, eller hvad der er nødvendigt for at tilvejebringe repræsentative forhold, udtages der flere vandprøver pr. dag som anvendes til omsætning af turbiditeten til sedimentkoncentration i mg/l.

Målingerne kan efterfølgende korreleres med den aktuelle graverate som oplyses af operatøren. Dette benyttes til opbygning af en database. Når den bemandede

spildmåling indstilles, kan der vha. graveraten og strømmen (der fortløbende måles online eller beregnes af en numerisk model) udtrækkes et realistisk spild. Dette vil blive suppleret/kontrolleret ved bemandede målinger på udvalgte dage i resten af graveperioden. Der vil desuden være turbiditetsmålinger fra de to af DHI udlagte bøjler, som kan supplere med viden om fluxen ud af graveområdet.

Der sejles samlet set i ca. 10 dage i begyndelsen af anlægsperioden, hvilket vurderes at være passende til at måle sedimentspild under forskellige vejr- og strømforhold. Hvis de 10 dage ikke vurderes at være tilstrækkelige for at skabe repræsentative forhold, sejles der ekstra, ind til repræsentativiteten er opnået.

Strømforholdene har stor betydning for, hvor meget der vil blive spredt i forbindelse med klapning. Det er derfor relevant at have adgang til kontinuerte strømmålinger, særligt i forbindelse med hindcast, hvor man kan sammenligne modelleret og målt strøm. I forbindelse med forecast af sedimentfaner, kan man kun bagudrettet sammenligne strømprognosen med den faktiske målte strøm. En kontinuert strøminformation tænkes indhentet fra forsvarets strømmåler beliggende ved Drogden Fyr. Strømmåleren ved Drogden Fyr blev udlagt i efteråret 2020. Strømmålingerne vil også kunne suppleres med data fra den måler, som By & Havn har liggende mellem Trekroner og Middelgrundsfortet.

Ved Lynetteholm afgraves materiale der for en del skal deponeres og en del klappes på de sydlige klappladser. For at dokumentere typiske gravespild skal der måles i forskellige situationer. Der skal afdækkes forskelle og ligheder for spild ved:

- Forskellige strømhastigheder
- Forskellige strømretninger
- Forskellige sedimenttyper
- Forskelligt gravemateriel (graveoperatørens materiale skal vurderes i forhold til materiale anvendt til prøvegravninger)

Hvis der måles i forskellige dage, hvor disse variable ændres, kan der opbygges en oversigt over hvor følsomt spildet er overfor de forskellige variable. Det vil indledningsmæssigt, som tidligere angivet, være passende at måle ca. 10 dage, der planlægges i relation til vejr- og strømprognoser.

Online måling af turbiditet

Måling af turbiditet foretages med bøjle-baserede målestationer, der udsættes og bjerges før og efter gravesæsonen for fase 1 fra januar - marts 2022 og forventeligt fra oktober 2022 til marts 2023. For at kunne følge frigivelse af sedimenter under gravearbejderne etableres to målestationer, der vil registrere suspenderet sediment, målt som NTU (Nephelometric Turbidity Units), i tre dybder: 1 m over bunden, 1 m under overfladen og midt i vandsøjlen. De to stationer bygges som bøjler, der i forhold til graveaktiviteter kan flyttes og derved bruges til at monitorere den periodiske frigivelse af sediment. I modsætning til de 5 målestationer i Køge Bugt, som er offline, transmitteres data fra de 2 målebøjler til et online system, som By & Havn vil have adgang til.

Afhængigt af, hvornår der afgives endelig ordre på monitoringsprogrammet vil der være en periode, hvor stationerne kun indsamler data offline. Online delen bygges og forventes i drift i starten af 2022, således at data løbende opsamles og præsenteres på et website.

Bøjlerne serviceres løbende i forhold til behov, da bøjepositioner, målingerne, batterispændinger mm løbende kan overvåges fra website. I forbindelse med udlægning og servicering udtages vandprøver (30 stk./sæson) til måling af totalt suspenderet stof, som bruges til at omsætte målestationernes måling af NTU til mg/l total suspenderet stof.

Som supplement til de automatiske målinger fra bøjens sonder ophænges 2-3 sedimentfælder ved hver af de to målestationer. Undersøgelsen af sedimenteret stof i fælderne vil være et udtryk for en brutto-sedimentation, da der ikke sker en resuspension, som der ellers gør ved bunden i perioder med stærk strøm. Resultater fra sedimentfælderne rapporteres som sedimenttykkelser målt til nærmeste mm og målingerne gennemføres ved de ordinære servicetilsyn på de to bøjer.

Bøjerne er placeret ved kanten på indersiden af arbejdsområdet nord og syd for gravearbejdet. Bøjerne flyttes i forhold til de faseopdelte gravearbejder, og vil derfor først placeres i forhold til fase 1. Bøjerne placeres så vidt muligt, så de måler på det suspendede stof, der forlader arbejdsområdet. Bøjerne vil blive udlagt før gravearbejderne starter og blive taget på land i perioden mellem to gravesæsoner. Målebøjerne placeres så det sikres, at de ikke påsejles i forbindelse med gravearbejdet.

Vandkvalitetsundersøgelser under graveperioden

Det foreslås, at der gennemføres vandkvalitetsanalyser for miljøfremmede stoffer og tungmetaller på 9 stationer hhv. nord, syd, øst og vest for det udpegede anlægsområde, hvor der tages vandprøver 3 gange i hver gravesæson. Desuden udtages en vandprøve på en referencestation uden for det forventede påvirkningsområde. Stationerne vil være identiske med andre stationer, der anvendes under de øvrige monitoringsopgaver.

Vandprøverne udtages i tre dybder på hver station i hhv. 1 m over bunden, 1 m under overfladen og midt i vandsøjlen. Prøverne blandes og der udtages en samlet prøve for hver af stationerne.

De kemiske variable er valgt ud fra de analyser der er foretaget i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen af Lynetteholm, herunder datarapporten for miljøkemi Lynetteholm (COWI), Teknisk baggrundsrapport om hydraulik (DHI) og prøvegravningsundersøgelserne. Der er kun medtaget variable, der blev fundet i højere koncentrationer i disse undersøgelser.

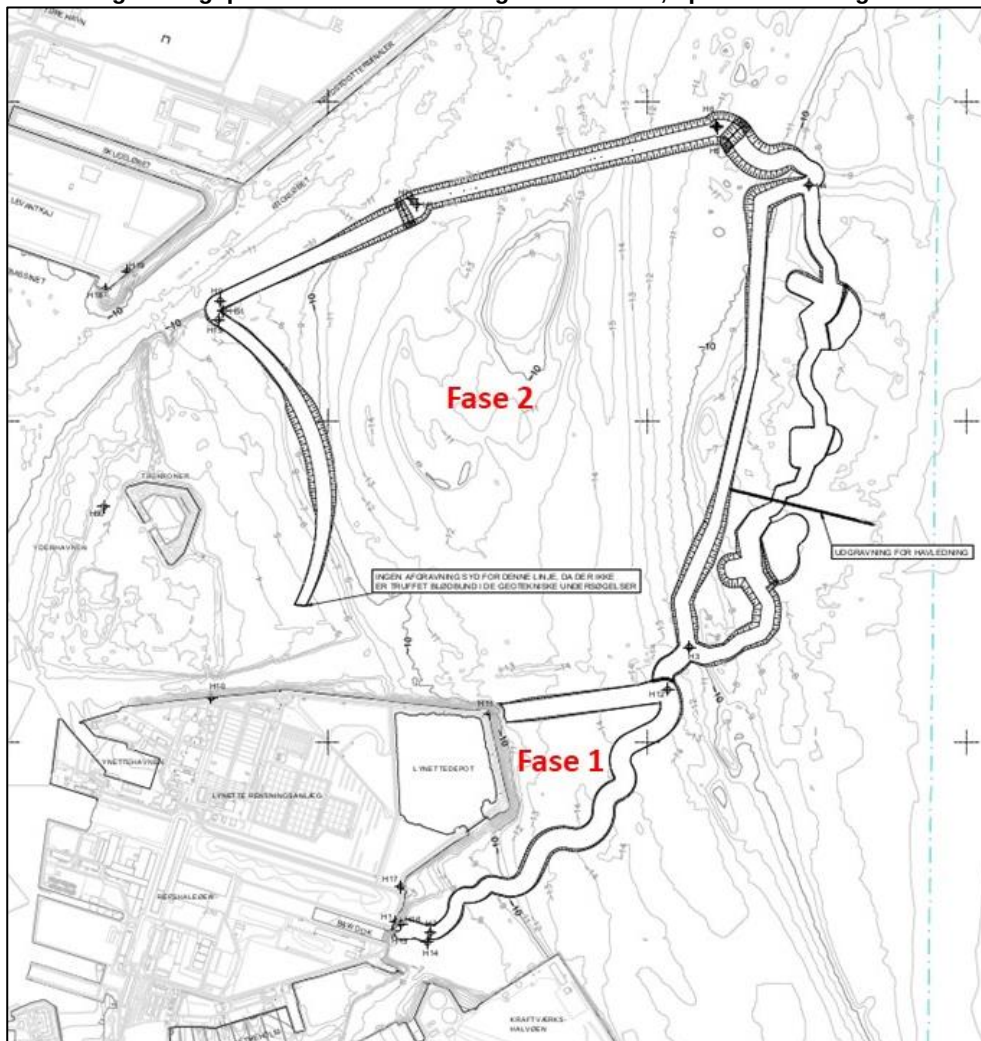
Prøverne analyseres for:

- Tungmetaller
- PAH-forbindelser
- Suspenderet stof
- Total-N og Total-P

Tabel 1 bagerst i dokumentet er en oversigt over de stoffer der analyseres for i vandsøjlen, og hvorvidt de er omfattet af BEK. 1625 af 19/12/2017.

By & Havn sender tre gange per gravesæson (oktober-marts) en skriftlig afrapportering til Trafikstyrelsen med dokumentation med resultater for vandprøver og for overholdelse af VKKmaks i BEK 1625 af 19/12/2017 samt af produktionsrate, maksimalt spild og graveprocedure.

Kort 1. Afgravningsplan for bundudskiftning af blød bund, opdelt i fase 1 og 2.



Kort 4. Forslag til placering af 9 vandkvalitetsmoniteringsstationer rundt om Lynetteholm området, samt en østlig referencestation. De røde cirkler angiver de foreslåede stationer.



Tabel 1. Stoffer der analyseres for i vandsøjlen, og hvordan de relaterer sig til bekendtgørelse nr. 1625 af 19/12/2017, Del B, tabel 3 og 5 om nationalt fastsatte miljøkvalitetskrav og EU-fastsatte miljøkvalitetskrav (1).

BEK. nr. 1625 af 19/12/2017		Vandkvalitet	
EU	DK		
	x	Acenaphten	µg/l
	x	Acenaphtylen	µg/l
x		Anthracen	µg/l
	x	Antimon, Sb	µg/l
	x	Arsen, As	µg/l
	x	Barium, Ba	µg/l
x		Benz(a)pyren	µg/l
x		Benz(e)pyren	µg/l
	x	Benzo(a)anthracen	µg/l
x		Benzo(b+j+k)fluoranthener	µg/l
x		Benzo(ghi)perylene	µg/l
x		Bly, Pb	µg/l
x		Cadmium, Cd	µg/l
	x	Chrom, Cr	µg/l
	x	Chrysen	µg/l
		Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l
x		Dibutyltin-cation (DBT)	ng/l
x		Fluoranthren	µg/l
	x	Fluoren	µg/l
x		Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l
	x	Kobber, Cu	µg/l
x		Kviksølv, Hg	µg/l
	x	Molybdæn, Mo	µg/l
x		Monobutyltin-cation (MBT)	ng/l
x		Naphtalen	µg/l
		Nikkel, Ni	µg/l
x		Organotinforbindelser TBT, DBT, MBT	-
		pH	pH
	x	Phenanthren	µg/l
	x	Pyren	µg/l
	x	Selen, Se	µg/l
		Total kvælstof, N	mg/l
		Total phosphor, P	µg/l
x		Tributyltin-cation (TBT)	ng/l
	x	Zink, Zn	µg/l

(1) De kemiske variable er valgt ud fra de analyser der er foretaget i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen af Lynetteholm, herunder datarapporten for miljøke-mi Lynetteholm (COWI), Teknisk baggrundsrapport om hydraulik (DHI) og prøve-gravningsundersøgelserne. Der er, og der er kun medtaget variable, der blev fundet i højere koncentrationer i disse undersøgelser. Der fremgår stoffer af tabellen som ikke er omfattet af BEK 1625, men de indgår i de analysepakker som laboratoriet udfører.