

NOTAT

Projekt **Stormflodssikring af Odense Fjord med en sluse ved Vigelsø**
Kunde **Odense Kommune**
Notat nr. **03**
Dato **2016-01-27**
Til **Gert Laursen / Carsten Jespersen**
Fra **Henrik Mørup-Petersen**
Kopi til **STVH**

1. Baggrund

Dato 2016-01-27

1.1 Risikostyringsplanen for Odense Fjord

Risikostyringsplanen for Odense Fjord anviser en mulighed for en regional løsning for sikring af hele havnearealet med en stormflodssluse i Odense Kanal ved Nisted.

Rambøll
Englandsgade 25
DK-5100 Odense C

Risikostyringsplanen forudsætter en 100-års stormflodsvandstand aktuelt på + 1,93 m stigende til + 2,23 m i 2050. Anlæggene skal desuden dimensioneres for et bølgetillæg på grund af overskyl / opskyl fra de bølger, der kan påvirke de aktuelle anlæg ved stormflod.

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Ref. 1100020566

Odense Kommune har efterfølgende foreslået slusen i kanalen placeres ved den nordlige ende af Stige Ø, så slusen også kan beskytte Stige By, Fynsværket og diget mod Bispeeng og en del af Lumby Inddæmning.

1.2 Kommentarer til Risikostyringsplanen

Odense Havn mener som udgangspunkt, at en sluse i kanalen af Venedig-typen ikke vil være i Havnens interesse, da den begrænser muligheden for senere uddybning, betyder ekstra omkostninger til vedligeholdelse af sejldybden omkring slusen og til vedligehold af gruben for slusen.

Odense Havn foreslår i stedet en stormflodssikring med en "doksluseport" mellem Klintebjerg og Vigelsø suppleret af et dige mellem Vigelsø og Dræby Fed. Denne placering foretrækkes også af Vandcenter Syd. En mulig stormflodssikring ved Vigelsø er derfor undersøgt og behandlet i nærværende notat.

Odense Havn mener desuden, at anlægsoverslagene er optimistiske. Overslagene for sluserne er med udført med de begrænsede ressourcer og den viden om denne type anlæg, der var tilgængelig

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

på det tidspunkt. Rambøll har i mellemtiden udført forundersøgelser for stormflodsbeskyttelse med Venedig-sluser i Roskilde Fjord ved Kronprins Frederiks Bro og i Kerteminde Havn. Den viden om konstruktioner og anlægsudgifter, som derved er opnået, anvendes i det efterfølgende til at justere anlægsoverslagene, som ganske rigtig med den nye viden bliver hævet noget i forhold til det tidligere anlægsoverslag.

Nærværende notat vurderer fordele og ulemper ved at placere slusen ved Vigelsø og skitserer en teknisk løsning, som kan tilgodese nogle af de krav, som vil gælde for dette anlæg i et Natura 2000-område. Der er udarbejdet et foreløbigt overslag for stormflodssikringen ved Vigelsø.

1.3 Fordele ved en sluse placeret ved Vigelsø

En stormflodssikring placeret ved Vigelsø vil klimasikre flere stormflodstruede områder end en sluse placeret i Kanalen ved Stige Ø. Med placeringen ved Vigelsø vil hele Lumby Inddæmning, Seden Strandby, Skibhusene og landbrugsjorden mellem Seden Strandby og Gøels Å blive beskyttet mod stormflod og kunne klimasikres. Da der skal udføres et lavt dige foran Klintebjerg til højere terræn nord for byen, vil den lavtliggende del af Klintebjerg også blive stormflodssikret. Tornø og vestkysten af Dræby Fed vil ligeledes beskyttes af slusen.

Digerne nord for Klintebjerg ved Klingskov, Firtalsstrand og Fjordmarken og diget på nordkysten af Dræby Fed vil ikke blive beskyttet af en stormflodssikring ved Vigelsø.

Realisering af en stormflodssikring ved Vigelsø vil således kunne erstatte alle de andre tiltag for klimasikring mod stormflod i Odense Kommune og en lille del af tiltagene i Nordfyns Kommune. Disse diger vil kunne beskyttes, hvis slusen placeres i Gabet.

2. Vurdering af den tekniske løsning

Odense Havn foreslår en flydende dokport som den anvendes i Dok 3 på Lindø, da denne port ikke vil kræve større anlæg på kanalbunden, således at fremtidige oprensninger og uddybninger kan udføres uden at ændre væsentligt på højvandssikringen.

2.1 Fundering af dokporten.

Dokporten på Dok 3 er 90 m bred og understøttet både i siderne og på et fundament i forkanten af dokkens bund (tærskelen), som både optager vandtrykket og sikrer tæthed ved anslaget mod tærskelen. Stormflodsslusen skal ganske vist optage et mindre vandtryk end dokporten, men det samlede differensvandtryk på en 100 m bred dokport vil være 1.800 t, som vil kræve meget store vederlagskonstruktioner, hvis hele vandtrykket skal føres ud til vederlagene.

Højvandsslusen behøver ikke at være helt vandtæt, da der er et stort bufferareal i Seden Strand inden for slusen. Med 2 m differensvandtryk vil der dog være en meget voldsom strømning under sluseporten, hvis den ikke lukkes mod et anlæg under porten. Der skal derfor lige under sluseporten være en fast bund af betonfliser eller et stentæppe for at hindre erosion under porten. Den bedste tekniske løsning vil derfor være en tærskelbjælke, der både kan fungere som understøtning, vandtætning og erosionssikring.

Hvis slusen udføres uden tærskelbjælke, vil uddybning af sejlrenden alligevel kræve en ny sluseport, ny erosionssikring under sluseporten og forstærkning eller ombygning af vederlagene.

2.2 Manøvrering af dokporten

Når dokporten ikke er i brug, skal den forankres i en position, hvor den dels kan fastholdes og i et uddybet område, hvor den ikke grundstøder ved lavvande.

Ved varsel om stormflod skal den bugseres til sin position i slusen og sænkes på plads ved ballastering med vand. Der skal være mindst to slæbebåde til rådighed. Denne operation vil typisk finde sted i ekstremt vejr med en stærk strøm i sejlrenden, som vil vanskeliggøre eller umuliggøre en sikker manøvrering af en 100 m lang dokport til sin placering mellem vederlagene. Når dokporten har kontakt med vederlagene kan den indadgående strøm være så kraftig, at de på grund af trykket mod vederlaget ikke kan sænkes på plads ved ballastering med vand.

Det kan overvejes, at "hængsle" dokporten på det ene vederlag, så den med en capstan og wirer, som normalt ligger på bunden af sejlrenden, kan trækkes flydende ind over sejlrenden, hvor den indadgående strøm presser porten på plads. Risikoen for at porten herefter ikke kan sænkes til bunden er stor, som beskrevet ovenfor.

3. Miljøkrav til anlægget

Det areal, hvor stormflodssikringen skal anlægges og hele fjorden inden for anlægget, er Natura 2000 Habitat- og Fuglebeskyttelsesområde. Det betyder, at der ikke må udføres anlæg, som medfører en negativ påvirkning af habitatnaturen og fuglelivet. Dette skal dokumenteres ved en omfattende VVM-undersøgelse.

Generelt vil anlæg i et Natura 2000 område kun kunne accepteres, hvis der ikke er en alternativ mulighed uden for Natura 2000 området.

Dæmningerne mellem Vigelsø og Dræby Fed samt mellem Vigelsø og Klintebjerg skal udføres i lavvandede arealer af fjorden. Digernes "footprint" vil være 2,5 ha fjordbund. Der skal kunne anvises en kompensation, som sikrer uændrede eller bedre forhold for habitatnaturen og udpegningsarterne.

Anlægsfasens mulige negative påvirkning af Natura 2000 kan medføre ekstra omkostninger og krav til anlægsperioden, som fordyrer anlægget.

Der vil være et krav om uændret vandudskiftning i fjorden inden for stormflodssikringen ved normale vandstandsvariationer.

Dokumentationen af dette vil kræve en digital model af Odense Fjord for at kunne beregne de nødvendige bredder af sluserne og afgravninger i Tornø Kvissel, som vil sikre uændret vandudskiftning i hele Seden Strand. Det vurderes, at det vil være nødvendigt med en slusebredde på min. 100 m både i sejlrenden og 100 m mellem Vigelsø og Tornø, hvor der også må påregnes med en kompensationsafgravning til ca. 2 m dybde i slusens bredde.

Strandengene omkring Odense Fjord er en vigtig habitatnatur, hvor det naturlige plantesamfund er afhængigt af regelmæssige oversvømmelser med saltholdigt vand. I de tilfælde, hvor slusen lukkes på grund af et varsel om stormflod, vil den negative konsekvens være, at de højere liggende strandene ikke oversvømmes. For slusen i Roskilde Fjord har dette betydet, at det inden slusen lukkes, skal sikres at vandstanden i fjorden stiger til kote + 1,40 m. Et tilsvarende krav for Odense Fjord vil betyde, at der alligevel skal ske lokale oversvømmelsessikringer ved Seden Strandby og Skibhusene, men med mindre højde.

Vigelsø er en vigtig ynglelokalitet for Fuglebeskyttelsesområdet ynglende udpegningsarter havterne og klyde. Det er en vigtig del af naturplejen, at Vigelsø holdes fri for ræve og husmår i fuglenes yngletid. Efter en vinterperiode med is på fjorden foretager Naturstyrelsen derfor en regulering af de ræve, som er vandret over isen til øen, inden fuglenes ynglesæson. Det vil derfor ikke blive accepteret, at stormflodssikringen medfører en fast forbindelse til Vigelsø. Der er derfor også regnet med en "Venedigsluse" i dæmningen mellem Vigelsø og Dræby Fed, som ikke vil indeholde anlæg over havbundens niveau under normale forhold. Der er udført forsøg med tekniske rævespæringer på broer, men de har ikke vist sig effektive og kan slet ikke spærre for husmår.

Generelt vurderes det, at det vil være vanskeligt og i hvert fald tidskrævende at få tilladelse til et så omfattende anlæg i Natura 2000 området. Der vil helt sikkert blive stillet krav om uændret vandudskiftning i Seden Strand og ligeledes fordeling af tidevandsstrømmene mellem sejlrenden og Tornø Kvissel.

Kravet om, at der ikke må findes alternativer til det foreslåede anlæg uden for Natura 2000 området vil være svært at dokumentere.

4. Stormflodssikringens mulige udformning

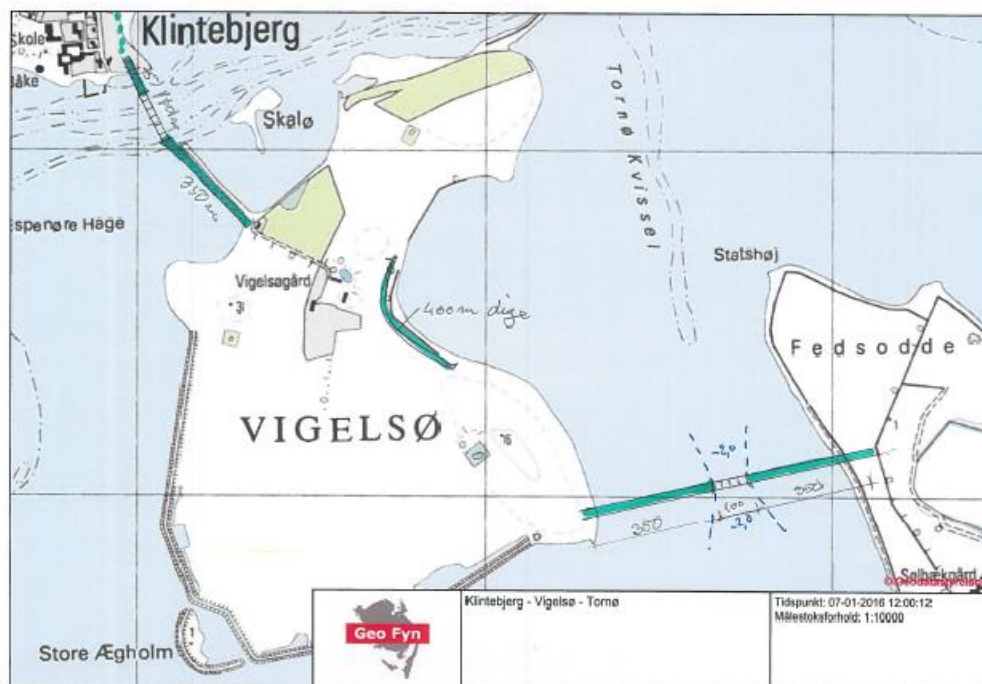
4.1 Generelt

På baggrund af ovenstående betragtninger er der skitseret en mulig løsning, som tager hensyn til de forventede miljøkrav og kravet om, at sluseporten skal kunne lukkes under ekstreme vejrforhold og strømforhold.

Denne løsning anvendes til et skitse-mæssigt anlægsoverslag. Såfremt det besluttes at fremme forslaget med en stormflodssikring ved Vigelsø, kan de tekniske løsninger med andre sluseporte og miljøkonsekvenserne undersøges i en egentlig forundersøgelse.

Stormflodssikringen anlægges til en maks. vandstand på + 2,23 m med bølgetillæg for de enkelte konstruktioner.

Stormflodssikringens placering og principper er vist på Figur 1.



Figur 1: Princip for stormflodssikring ved Vigelsø

4.2 Slusen i sejlrenden ved Klintebjerg

Slusen udføres 100 m bred af 4 sektioner på 25 m. Som i forslaget til slusen i kanalen placeres slusens fundering med en overside i kote - 8,5 m, som er 1,0 m under den aktuelt garanterede dybde i sejlrenden. Overkanten af slusen i lukket tilstand kan være med top i + 2,60 m. Med denne topkote indregnes kun 0,3 m bølgetillæg, da overskyl af sluseportene ikke er kritisk med det store areal af fjorden inden for slusen. Slusen beregnes for et differensvandtryk på forskellen mellem det valgte stormflodsniveau og den mindste vandstand i fjorden, som accepteres ved lukning af slusen, f.eks. + 1,0 m.

Der udføres en grube i bunden, hvor sluseportene udgør et næsten tæt låg, så sedimentationen i gruben begrænses. Kanten af gruben mod dæmningerne udføres som en forankret spunsvæg, som afslutter hele dæmningsprofilen mod slusen.

Slusen opereres med to mobile diesel kompressorer, som fra Klintebjerg køres ud på dæmningen, hvor der er placeret en lille bygning med en manifold med ventiler. Hver port skal kunne hæves på maks. 1 time, eller to porte hæves samtidigt på 2 timer, så slusen kan lukkes på 4 timer.

4.3 Slusen i Tornø Kvissel (Gåsebadet)

Af hensyn til gennemstrømningen udføres slusen 100 m bred af 4 sektioner på 25 m. Det er skønnet, at der skal være en gennemstrømningsdybde ved normal vandstand på 2 m, så

slusens fundering placeres med en overside i kote - 2,0 m. Der skal uddybes en kompensationsafgravning til denne kote i et areal på begge sider af slusen, så der sikres en fri strømning frem mod åbningen i dæmningen.

Slusen udføres med lukket grube og dimensioneres som slusen i sejlrenden.

Slusen opereres med en mobil diesel kompressor, som fra Dræby Fed køres ud på dæmningen, hvor der er placeret en lille bygning med en manifold med ventiler. Hver port skal kunne hæves på maks. 1 time, så slusen kan lukkes på 4 timer.

4.4 Dæmning fra Dræby Fed til Vigelsø

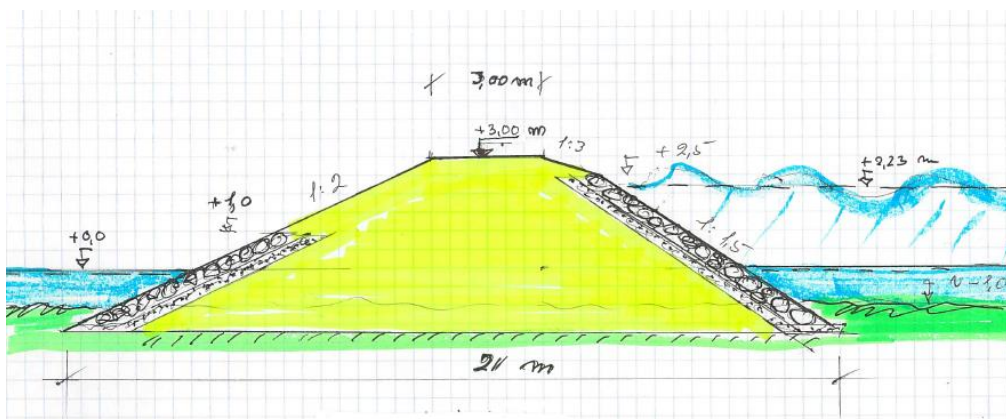
Afstanden fra kyst til kyst er ca. 720 m, men dæmningen skal have forbindelse til diget ved inddæmningen på Dræby Fed og til et naturligt terræn i kote + 3,0 på Vigelsø, så den samlede længde af dæmningen med fradrag for slusen på 100 m er i overslaget regnet til 2 X 350 m.

Stormflod i Odense Fjord vil forekomme med storm fra NV - N som samtidigt vil give bølgepåvirkning mod dæmningens yderside mod nord. Med et frit stræk på 1,5 km kan bølgehøjden med en vindhastighed på 25 m/sek. beregnes til 0,5 m, som kan give et opskyl på 0,75 m på dæmningen.

Dæmningen skal udføres med en kronekote på + 3,0 m og med en kronebredde på 3,0 m, så der kan køres på den. Skråningsbeskyttelsen med sten mod nord skal udføres til min. kote + 2,50 m med et anlæg 1: 1,5 og med et anlæg 1:3 over stenbeskyttelsen. På sydsiden af dæmningen kan højden af skråningsbeskyttelsen begrænses, da storm fra sydlige retninger medfører lavvande i Odense Fjord. Der er skitseret et tværsnit i dæmningerne i Figur 2.

Med en vanddybde på 1 m og 1 m blød bund vil dæmningen få en bredde på havbunden på 21 m.

Alle materialer regnes tilkørt fra Dræby Fed. I anlægsfasen kan der udføres en midlertidig dæmning, hvor slusen efterfølgende skal placeres. Dæmningen kan udføres som en fangedæmning, som tillader en tør udførelse af grube og fundamenter til slusen. Den midlertidige dæmning skal også anvendes til transport af materialerne til diget på Vigelsø og til dæmningen fra Vigelsø til slusen i sejlrenden.



Figur 2: Tværsnit i dæmninger

4.5 Dige på Vigelsø

Vigelsø består af to morænebakker med et lavt område imellem. Der er i dag et dige på det lave område, som har beskyttet inddæmningen på Vigelsø mod oversvømmelse hen over den lave del af øen. Dette dige skal forstærkes på en 400 m lang strækning til en kronokote på + 3,0 m, så det kan modstå den højere vandstand med bølger fra NØ. Der er ikke regnet med skråningsbeskyttelse, men dette bør overvejes.

4.6 Dæmning langs molen på Vigelsø.

Der skal udføres en 350 m lang dæmning ud til slusen i sejlrenden med samme profil som diget ved Tornø. Hvis dæmningen placeres umiddelbart syd for den eksisterende lave dæmning, kan der spares lidt på den nederste del af skråningsbeskyttelsen.

4.7 Dæmning ved Klintebjerg.

Der skal udføres en 75 m lang dæmning fra havnen ud til slusen i sejlrenden med samme profil som diget ved Tornø.

Dæmningen skal suppleres med et lavt højvandsdige eller højvandsmur på terrænet nord for havnen frem til naturligt terræn, som beskrevet i Risikostyringsplanen. Topkoten skal være + 2,6 m / + 3,0 m afhængigt af, hvor eksponeret for bølger fra NØ diget eller muren vil være. Det kan være en fordel, at overskyl over muren kan afvandes naturligt på terræn til havnen inden for slusen, uden at oversvømme bygninger. Derved kan højden på diger og højvandsmure reduceres.

5. Foreløbigt anlægsoverslag

Skitseprojektet er anvendt til at lavet et foreløbigt anlægsoverslag for den samlede storflodssikring ved Vigelsø. Enhedspriserne fra forundersøgelsen af sluserne i Kerteminde og Roskilde Fjord er anvendt, men jordbundsforhold og miljøkrav ud over det, som er indregnet, er usikkerheder, som kan ændre overslaget. Det samlede anlægsoverslag skal derfor betragtes som en størrelsesorden.

Med de ovenfor nævnte forudsætninger er der udarbejdet et detaljeret overslag i Bilag 1.

Overslaget er udført i et regneark, som ikke afrunder tallene og summerne, hvorfor tallene i overslaget og Tabel 1 ikke skal være udtryk for overslagets pålidelighed.

Summeringen af anlægsoverslaget er overført til Tabel 1 nedenfor.

Anlægsoverslaget er vist eksklusiv og inklusiv moms, da stormflodssikringens anlæg og drift delvist skal betales af private grundejere, som ikke har mulighed for at trække momsen fra.

| Stormflodssikring ved Vigelsø Overslag for anlægsarbejder og omkostninger | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Arbejder med sluser | DKK ex moms | DKK inkl. moms |
| Mobilisering og arbejdsplads | 3.750.000 | 4.687.500 |
| Grube og fundamenter ved Klintebjerg | 17.627.500 | 22.034.375 |
| Levering og montering af sluser ved Klintebjerg | 23.524.380 | 29.405.475 |
| Grube og fundamenter ved Tornø | 11.170.390 | 13.962.988 |
| Levering og montering af sluser ved Tornø | 8.425.450 | 10.531.813 |
| Trykluft og teknik | 2.673.000 | 3.341.250 |
| Uforudset og budgetreserve 15 % | 10.075.608 | 12.594.510 |
| Anlægsudgifter til 2 x 100 m sluser ialt | 77.246.328 | 96.557.910 |
| Dæmninger og diger i alt | 23.798.500 | 29.748.125 |
| Anlægsudgifter i alt | 101.044.828 | 126.306.035 |
| Myndighedsbehandling, VVM, vedtægt og partsfordeling (10 %) | 10.104.483 | 12.630.604 |
| Projektering, udbud og tilsyn (15 %) | 15.156.724 | 18.945.905 |
| Samlet budget for stormflodssikringen | 126.306.035 | 157.882.544 |

Tabel 1 : Foreløbigt anlægsoverslag for stormflodssikring ved Vigelsø

Set ses, at anlægsbudgettet for hele stormflodssikringen på nuværende tidspunkt kan beregnes til ca. 101 mio. kr. ekskl. moms, som med tillæg for VVM, myndighedsbehandling, vedtægter og partsfordeling, projektering og tilsyn vurderes til ca. 126 mio. kr. ekskl. moms.

Til sammenligning vil stormflodssikringen ved Stige Ø kunne udføres for ca. 35 mio. kr. og slusen ved Gabet for ca. 200 mio. kr. ekskl. moms.