

DRAGØR KOMMUNE

DRAGØR KLIMAROBUST KYSTKOMMUNE

HÅNDTERING AF BAGVAND – ETAPE 1

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Eksisterende forhold	3
2.1	Generelt	3
2.2	Datagrundlag	11
2.3	Eksisterende afvanding – Scalgo analyse	13
3	Afvandingsforhold efter etablering af ny kystbeskyttelse	15
3.1	Linjeføring	15
3.2	Oplande til rørgennemføringer af nyt dige	17
4	Tiltag til håndtering af bagvand	24
5	Særlige forhold ved Kongelundskroen	28
6	Vurdering af strømningsoplande og afstrømningsmængder	29
6.1	Generelt	29
6.2	Eksisterende strømningsoplande	29
6.3	Fremtidige strømningsoplande	34
6.4	Dimensionering af rørgennemføringer	35
7	Konklusion	40
8	Referencer	42

PROJEKTNR.

A257010

DOKUMENTNR.

PF-BAG-TN-001

VERSION

1.0

UDGIVELSESdato

27.03.2026

BESKRIVELSE

Teknisk notat

UDARBEJDET

MJLO

KONTROLLERET

JPHE/RUAH

GODKENDT

THGIX

1 Indledning

Ved etablering af kystbeskyttelsesprojektet *Dragør Klimarobust Kystkommune* på Amagers sydlige kyst skal det sikres, at beskyttelsen mod stormflod ikke medfører øgede udfordringer med bagvand på landsiden af diget. Bagvand er i denne forbindelse defineret som en kombination af terrænnært grundvand og overfladevand i grøfter og kanaler på landsiden af kystbeskyttelsesdiget.

Der er derfor lavet en analyse af bagvandsproblematikken. Analysen omfatter vurdering af hvor og hvor meget vand, der evt. kan samle sig bagved diget, og som ikke uhindret kan strømme ud til kysten svarende til forholdene i dag – medmindre der udføres tiltag.

Nærværende analyse omfatter Etape 1 af Dragør Kommunes kystbeskyttelsesprojekt, dvs. delstrækning 4, 5 og 6 i Figur 1-1 (fra Søvang til Kongelunden). Arealerne på delstrækning 4 (Søvang) er beliggende bag et eksisterende dige, som medfører, at afvandingen af arealerne i dag sker ved pumpning fra en eksisterende pumpestation. Dette forhold bevares, dog forlænges udløbsledningen til et punkt på forsiden af den nye kystbeskyttelse. Afvandingsforholdene for delstrækning 4 forbliver således uændrede og behandles ikke yderligere i nærværende notat.

Notatet behandler således bagvandshåndteringen på delstrækning 5 og 6, se Figur 1-1. Desuden beskrives de tiltag, der skal gennemføres som en del af kystbeskyttelsesprojektet for at bagvand kan bortledes og udledes til recipienten (Køge Bugt) i de samme udledningpunkter som i dag. Udgangspunktet for analysen er, at det tilstræbes at bevare eksisterende afvandingsmønstre, dvs. at vand fra samme oplande i fremtiden også udledes samme steder som i dag.



Figur 1-1 Delstrækning 1-6, som Dragør Kommunes kyst i kystbeskyttelsesprojektet er opdelt i.

Arealerne på delstrækning 5 og 6 er meget flade og lavtliggende. Det medfører, at analyserne er behæftet med en vis usikkerhed. Små terrænavfigelser mellem model

og virkelighed kan således have forholdsvis stor betydning for strømningsoplande og -veje. Det bemærkes, at hovedformålet med analyserne er at belyse fremtidige forhold relativt til nuværende forhold, hvorfor usikkerheder i f.eks. terrændata vil være til stede i begge scenarier. Det vurderes derfor, at analyserne kan anvendes til vurdering af evt. ændringer mellem nuværende og fremtidige forhold.

Det skal understreges, at der allerede i dag med de nuværende forhold er væsentlige udfordringer med bagvand, f.eks. i forbindelse med længere våde perioder i løbet vinterhalvåret. Kystbeskyttelsesprojektet har til formål at beskytte mod oversvømmelse fra stormflod (vand fra havet) og løser således ikke de eksisterende udfordringer med bagvand, men det skal sikres, at forholdene for håndtering af bagvand ikke forværres eller ændres væsentligt som følge af den fremtidige kystbeskyttelse.

2 Eksisterende forhold

De eksisterende forhold er beskrevet i det følgende. De eksisterende forhold er baseret bl.a. på en besigtigelse af området, herunder undersøgelse af de eksisterende dræn, grøfter og pumpestationer, som i dag afvander området.

2.1 Generelt

Området på det sydlige Amager, hvor det fremtidige dige på delstrækning 5 og 6 etableres, er meget fladt og lavtliggende. Overfladevandet ledes via dræn og grøfter til kysten eller pumpes ud via eksisterende pumpestationer. De eksisterende grøfter og pumpestationer fremgår af Figur 2-1.



Figur 2-1 Eksisterende grøfter og pumpestationer på det sydlige Amager oplyst af Naturstyrelsen (NST) og Dragør Kommune. 1: Nordre Skovgrøft. 2: Søndre Skovgrøft. 3: Jacob Borup. 4A og 4B: TAMU. 5: Forsvaret. 6: Søvang (HOFOR). 7: Kongelundsfortet.

Som det fremgår af Figur 2-1 er Kongelunden kraftigt drænet (mørkeblå streger), hvilket blev etableret i forbindelse med anlæggelsen af skoven for ca. 200 år siden. Den øvrige del af det sydlige Amager er ligeledes drænet med grøfter (lyseblå streger) langs de større veje. Derudover forventes der generelt at ligge dræn i markerne, som leder bagvandet til nærmeste grøft. Det har ikke været muligt at fremskaffe opgørelser over de eksisterende markdræn, men omfanget forventes at være betydeligt.

Arealerne syd for Kongelunden er ligeledes drænet og vandet ledes til grøfter, der løber ud mod syd, se Figur 2-1. Syd for Kalvebodvej er der fire private pumper, der pumper vandet fra grøfterne ud i Køge Bugt. De fire pumper tilhører hhv. Jacob Borup (pumpe nr. 3), TAMU (pumpe nr. 4A og 4B) og Forsvaret (pumpe nr. 5), og fremgår af Figur 2-2. Desuden findes der en pumpestation i Søvang, som ejes og drives af HOFOR og pumper vejafvandingsvand fra Søvang ud i havet via et udløb på kysten.

Der er foretaget besigtigelse af grøfter og pumpestationer på det sydlige Amager hhv. 25. marts, 23. april 2025 og 8. november 2025.



Figur 2-2 Oversigt over pumper på det sydlige Amager.

2.1.1 Besigtigelse med Naturstyrelsen 25. marts 2025

På en besigtigelse d. 25. marts 2025 mødtes COWI (ved Michael Juul Lønborg og Jesper Aarosiin Hansen) med Naturstyrelsen (ved Skovfoged Sven Norup). På besigtigelsen blev grøfter i Kongelunden og de to pumpestationer ved udløbet af hhv. Nordre Skovgrøft og Søndre Skovgrøft gennemgået.

I Kongelunden afledes vandet via to hovedgrøfter: Nordre Skovgrøft og Søndre Skovgrøft. Hovedgrøfterne og nettet af mindre grøfter i Kongelunden, der har udløb i de to hovedgrøfter, er vist på Figur 2-1. Ved udløbet af hver af hovedgrøfter findes en pumpestation, hvor vandet kan pumpes ud i Køge Bugt (pumpe 1 og 2 på Figur 2-1).

Ifølge St. Magleby Fælled Pumpelag og Nordre Skovgrøft Pumpelag, der ejer og driver disse pumpestationer, pumpes der stort set ikke vand ud i løbet af sommeren, mens pumperne er aktive i vinterhalvåret for at holde vandstanden i hovedgrøfterne nede. Ifølge pumpelaget er kapaciteten af pumpen i Nordre Skovgrøft på 8.000 l/min. Kapaciteten for pumpen i Søndre Skovgrøft er ikke kendt, men det antages at være i samme størrelsesorden som for pumpen i Nordre Skovgrøft. Desuden er der begge steder en reservepumpe med en pumpekapacitet på 230-250 l/s.



Figur 2-3

Pumpestation i Nordre Skovgrøft (pumpe 1 på Figur 2-1). Kapaciteten er ca. 8.000 l/min. Pumpen driftes af Ndr. Skovgrøft Pumpelag. Desuden er der en reservepumpe med en pumpekapacitet på 230-250 l/s.



Figur 2-4 Pumpestation i Søndre Skovgrøft (pumpe 2 på Figur 2-1). Pumpestationen er opbygget på samme måde som for Nordre Skovgrøft. Dvs. en pumpekapacitet på forventelig 8000 l/min samt en reservepumpe med en pumpekapacitet på 230-250 l/s. Området var aflåst under besigtigelsen. Pumpen driftes af St. Magleby Fælled Pumpelag.

2.1.2 Besigtigelse 23. april 2025

På en besigtigelse d. 23. april 2025 besøgte COWI (ved Michael Juul Lønborg og Jesper Ruf Larsen) tre lokaliteter på det sydlige Amager:

- › TAMU, Kalvebodvej 231
- › Forsvaret Efterretningsvæsen (FE), Skydebanevej 10
- › Jacob Borup, Kalvebodvej 249

Formålet var at klarlægge hvilke arealer, der i dag drænes til hvilke grøfter, og om vandet udledes ved gravitation eller pumpes ud. Figur 2-5 til Figur 2-7 viser pumpestationer ved de tre lokaliteter.



Figur 2-5

Pumper ved TAMU. Øverst: Pumpebrønd ved TAMU (pumpe 4A på Figur 2-1). Nederst: Pumpebrønd og rørlagt grøft længere mod syd (pumpe 4B på Figur 2-1).



Figur 2-6 Pumpe ved Forsvaret (pumpe 5 på Figur 2-1).



Figur 2-7 Pumpe på Jacob Borups ejendom (pumpe 3 på Figur 2-1). Pumpen er placeret for enden af grøften mellem Jacob Borups og TAMU's marker og modtager således også vand fra TAMU's arealer.

2.1.3 Besigtigelse 8. november 2025.

På en besigtigelse d. 8. november 2025 besøgte COWI (ved Michael Juul Lønborg) Kongelundsfortet på det sydlige Amager for at undersøge afvandingsforholdene fra området, herunder voldgraven omkring fortet. På besigtigelsen kunne der høres rindende vand i brønden, som antages at være vand, der ledes fra voldgravens sydvestlige hjørne ud på strandengen syd for Kongelundsfortet.



Figur 2-8 Pumpebrønd med tilhørende el-skab syd for Kongelundsfortet. Kapaciteten af pumpen i brønden er ikke kendt.

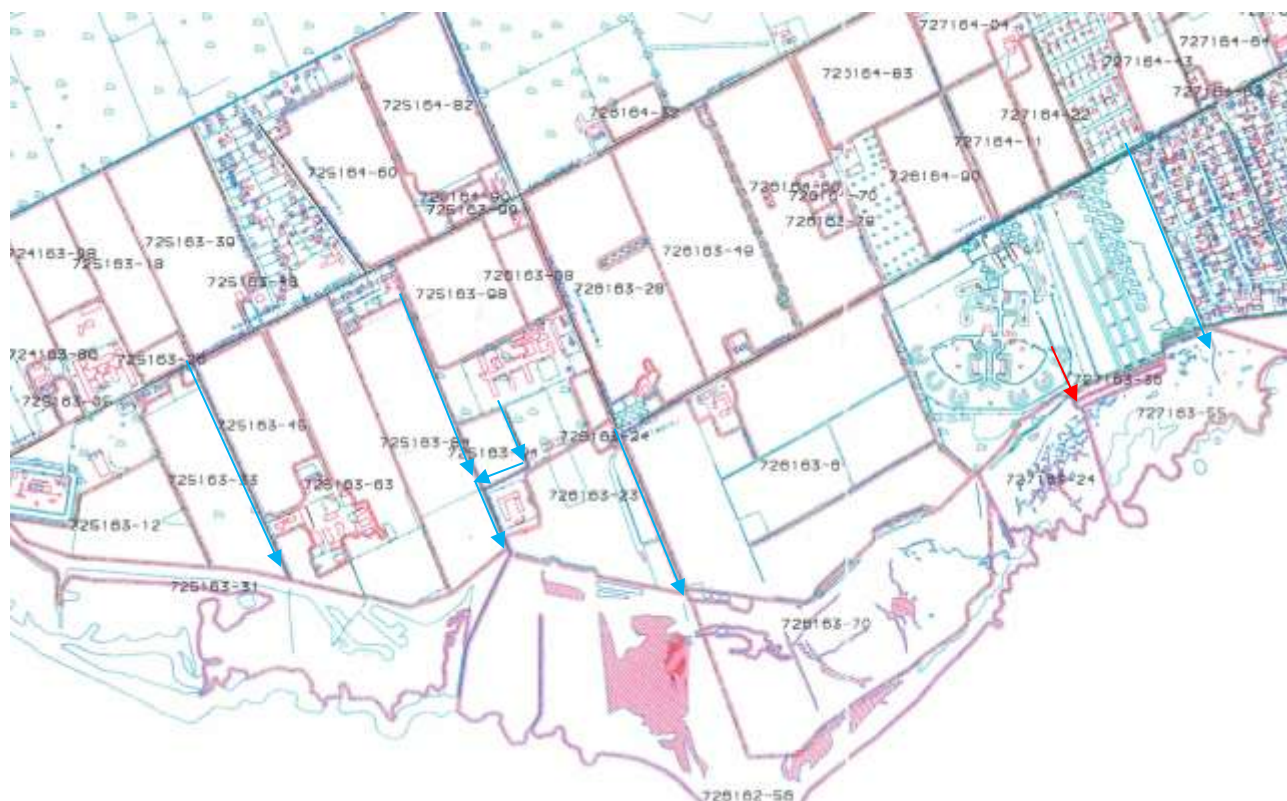
2.2 Datagrundlag

Datagrundlaget er først og fremmest offentlig tilgængelige data, f.eks. Danmarks Højdemodel (Geodatastyrelsen), baggrundskort og GIS-lag med tilpasninger i højdemodellen (primært rørunderføringer og andre hydrauliske forbindelser).

Desuden er der indhentet papirkort samt GIS-lag over grøfter og pumper fra Naturstyrelsen for Kongelunden, se Figur 2-9, og fra Dragør Kommune er der modtaget GIS-lag med kommunale grøfter. Endelig er der modtaget papirkort fra Forsvarets Efterretningstjeneste (FE) af arealanvendelsen af deres jorde, se Figur 2-10, hvor også grøfter fremgår. Dette kort bidrager dog ikke til yderligere information mht. grøfter ift. de udleverede GIS-lag fra Dragør Kommune.



Figur 2-9 Indscannet papirkort med strømningsretning for vand i grøfter i Kongelunden. Kilde: Sven Norup, NST.



Figur 2-10 Indscannet papirkort med arealanvendelse samt grøfter for Forsvarets arealer (ikke fortroligt materiale). Strømningsveje er efterfølgende markeret med blå pile på det udleverede kort. Den røde pil indikerer placeringen af et højt vandlukke ved en kanal, der går ud i strandengen. Kilde: Mikael G. Andersen, FE.

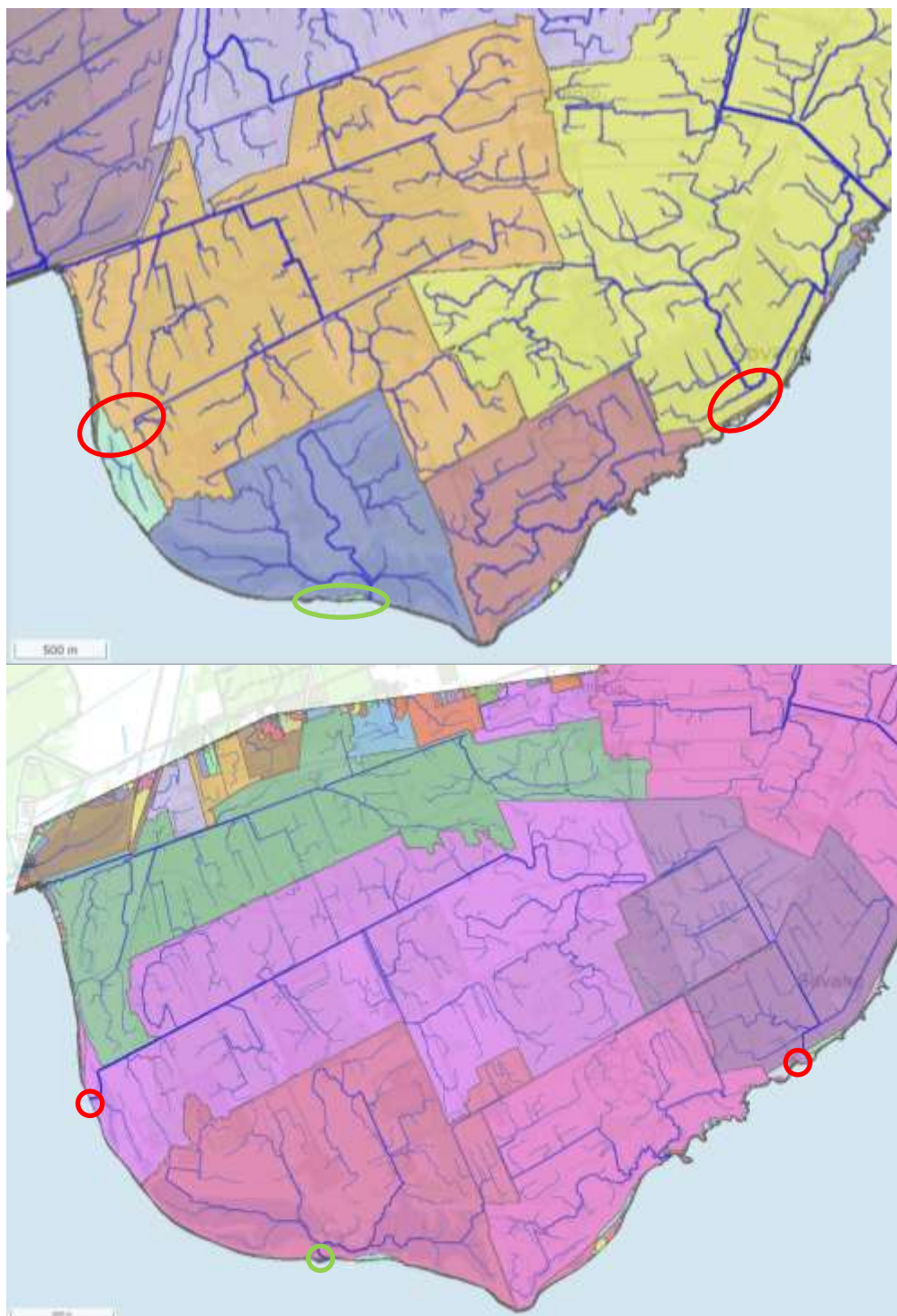
2.3 Eksisterende afvanding – Scalgo analyse

Den eksisterende afvanding af området er undersøgt med beregningsværktøjet Scalgo. Figur 2-11 viser de eksisterende afvandingsforhold (oplande) på det sydlige Amager ifølge Scalgo's "standardmodel". Som det fremgår af Figur 2-11 er der flere "fejl" i Scalgo's model af de nuværende strømningsveje ift. virkeligheden.

F.eks. er der ikke hydraulisk forbindelse ("åbning") ved Søndre Skovgrøfts udløb til havet. I stedet viser modellen, at alt vand fra Kongelunden ledes ud gennem Nordre Skovgrøft, hvilket ikke er korrekt. Ved Søvang er der heller ikke hydraulisk forbindelse ud til havet ved den eksisterende pumpestation, men i stedet ledes vandet til Hovedgrøften. Dette er derfor manuelt tilpasset i Scalgos "standardmodel", se nærmere i Figur 2-11.

Øvrige eksisterende grøfter er desuden gennemgået i Scalgo baseret på besigtigelser og kortgrundlaget nævnt ovenfor, og terrænet i modellen er tilpasset ved at "stemple terrænet ned" de steder, hvor der i virkeligheden er hydraulisk forbindelse, f.eks. en underføring, en rørlagt strækning eller en pumpe. Endelig er der foretaget en tilpasning af højdemodellen langs de reelle vandskel, hvor Scalgo ikke viste de korrekte vandskel. Det er f.eks. tilfældet i vandskellet mellem oplandet til Søvang og Hovedgrøften øst for Søvang.

Analyserne i det følgende er udført for den tilpassede model, hvor terræntilpasninger er udført iht. besigtigelserne og det indhentede kortgrundlag.



Figur 2-11

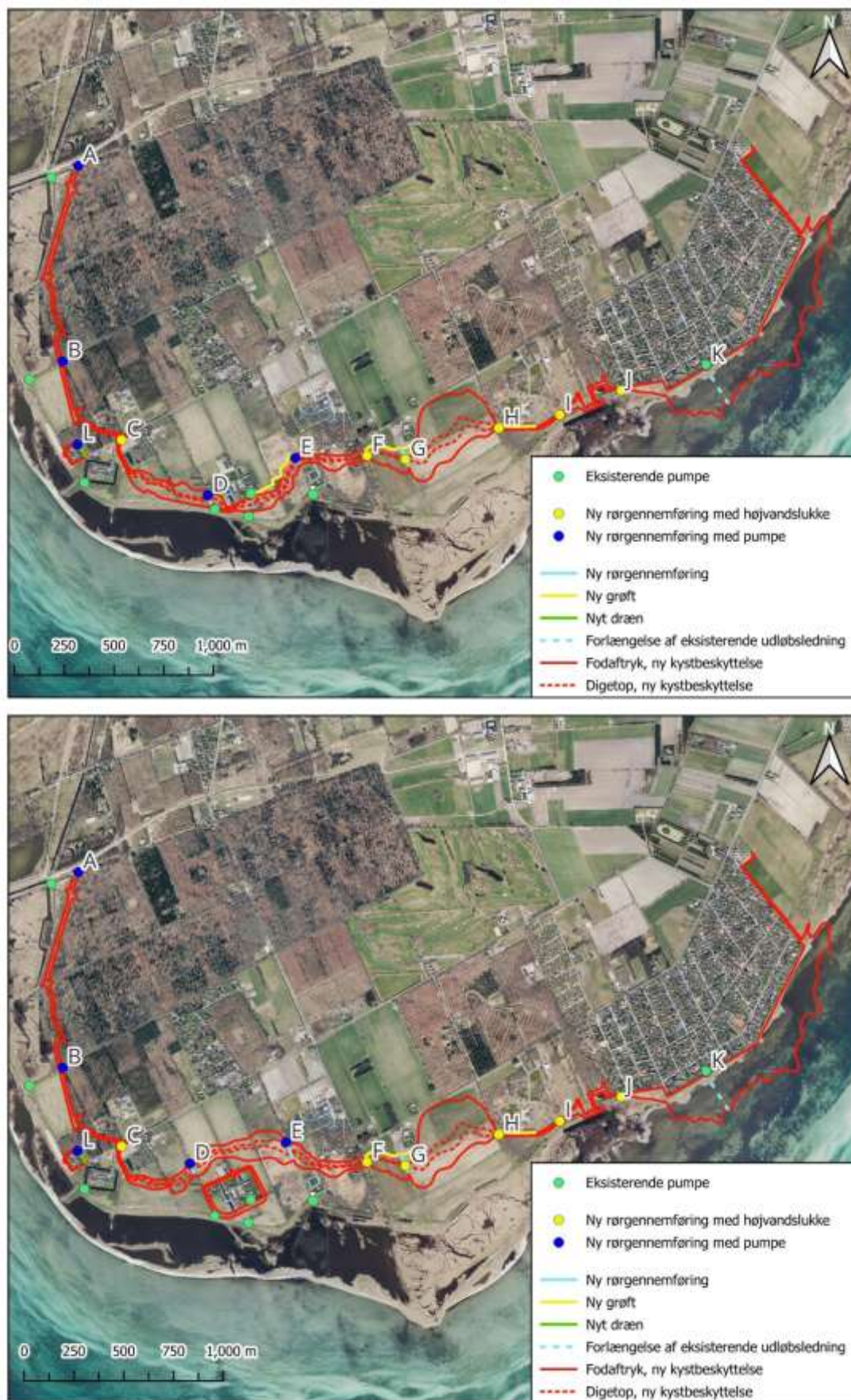
Eksisterende afvanding (oplande) af det sydlige Amager ifølge Scalgo. Øverst: Før tilpasninger. Nederst: Efter tilpasninger. De røde cirkler markerer to steder, hvor vandet ledes (pumpes) ud i dag, men som ikke var indeholdt i Scalgo. Den grønne cirkel markerer en ændring i højdemodellen, så vandet ledes ud det korrekte sted ifølge ortofoto. Der er derfor lavet tilpasninger i Scalgo i det eksisterende terræn, så vandet kan komme ud.

3 Afvandingsforhold efter etablering af ny kystbeskyttelse

3.1 Linjeføring

Der arbejdes med to mulige varianter, hhv. Hovedforslaget og Alternativet. I Hovedforslaget beskyttes TAMU af hoveddiget, mens det i Alternativet beskyttes med en lokal beskyttelse. De to varianter fremgår af Figur 3-1.

Der henvises til kapitel 5 vedr. tiltag ved lokal beskyttelse omkring ejendomme ved Kongelundskroen.



Figur 3-1 Linjeføring for hhv. Hovedforslaget (øverst) og Alternativet (nederst). Der henvises til kapitel 5 vedr. tiltag ved lokal beskyttelse omkring ejendomme ved Kongelundskroen.

Som det fremgår af Figur 3-1, krydser den forventede linjeføring eksisterende grøfter ni steder (samt grøften vest for Søvang). Der laves en rørgennemføring på tværs af diget de steder, hvor der i dag løber en åben grøft. Ved hver af disse rørgennemføringer etableres som minimum et højvandslukke, så vandet kan strømme ud, men ikke ind. For de største strømningsoplande (se afsnit 3.2) vil der desuden være behov for at supplere med en pumpe, så vandet ikke samler sig på bagsiden af diget i situationer med højvande.

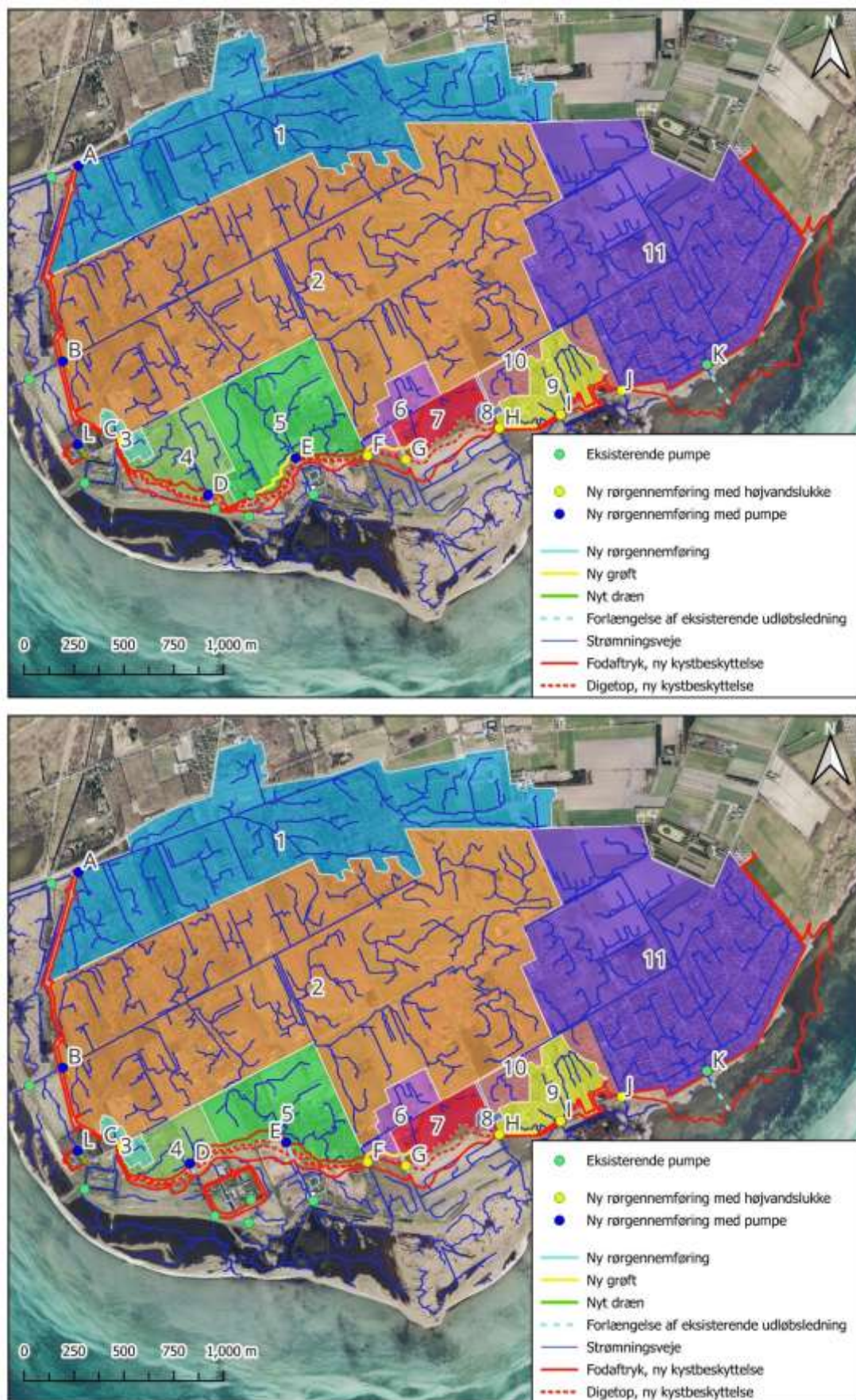
Som udgangspunkt etableres der ikke nye grøfter, men enkelte steder er det hensigtsmæssigt at lede bagvandet i en grøft på bagsiden af diget til nærmeste udledningspunkt. Dette er tilfældet fire steder med diget foran TAMU og tre steder med diget bagved TAMU.

Det skal bemærkes, at der ikke er vist en gennemføring af diget ved TAMU i de to scenarier på Figur 3-1. Dette skyldes, at vandet fra TAMU i dag ledes gennem en rørlagt strækning til en pumpe ved den eksisterende strandvold, se afsnit 3.2. Dette bevares uændret.

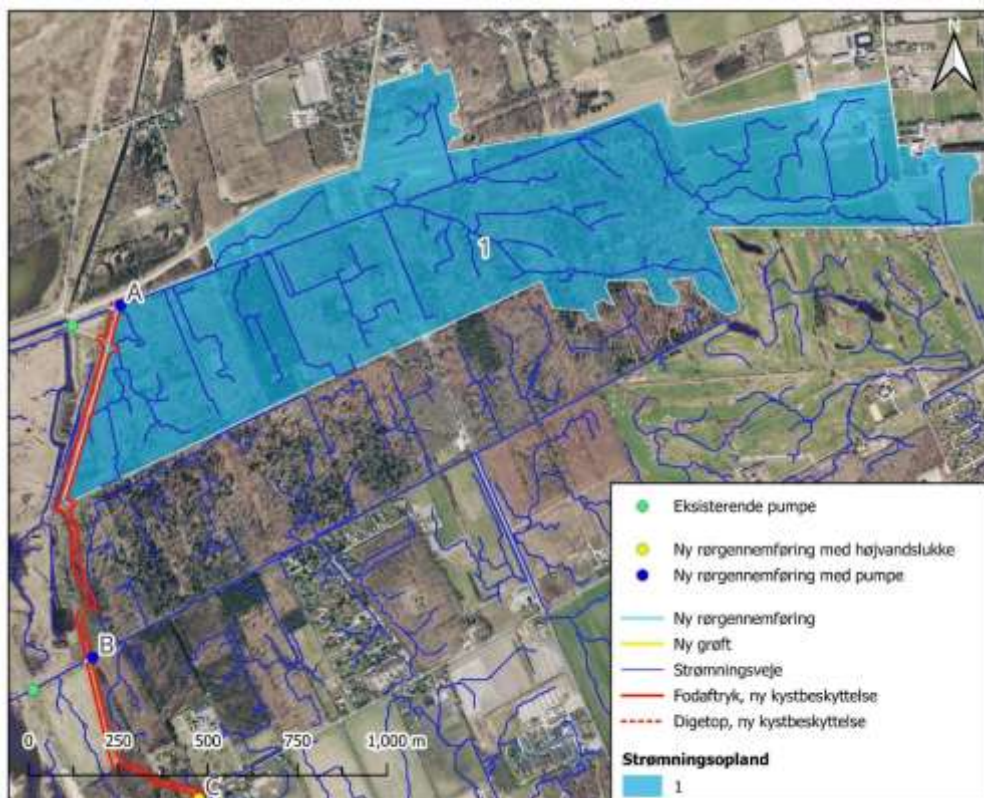
3.2 Oplande til rørgennemføringer af nyt dige

Et samlet overblik over strømningsoplande er vist på Figur 3-2. Kortet er lavet på baggrund af en analyse af strømningsveje i Scalgo med det nye dige, men tilpasset, så det stadig inkluderer forhold, der er bestemt af veje, vejgrøfter og lokal indsamlet viden fra besigtigelserne og samtaler med de relevante lodsejere og interessenter i området. F.eks. er grøfter "stemplet" ned i terrænmodellen, så vandet vil strømme i grøfterne, hvor disse findes. Uden dette tiltag var der pga. af det meget flade landskab eksempler på, at strømningsveje krydsede en grøft i stedet for at følge grøfterne. Det var også nødvendigt at stemple de eksisterende grøfter ned, hvor det nye landskabsdige er placeret på en grøft.

På de følgende figurer er de enkelte strømningsoplande vist med angivelse af oplandsarealer. De nuværende pumper og højvandslukker er bevaret, og generelt løber vandet ud ved gravitation i størstedelen af tiden, mens vandet – som i dag – kan pumpes ud under højvande.

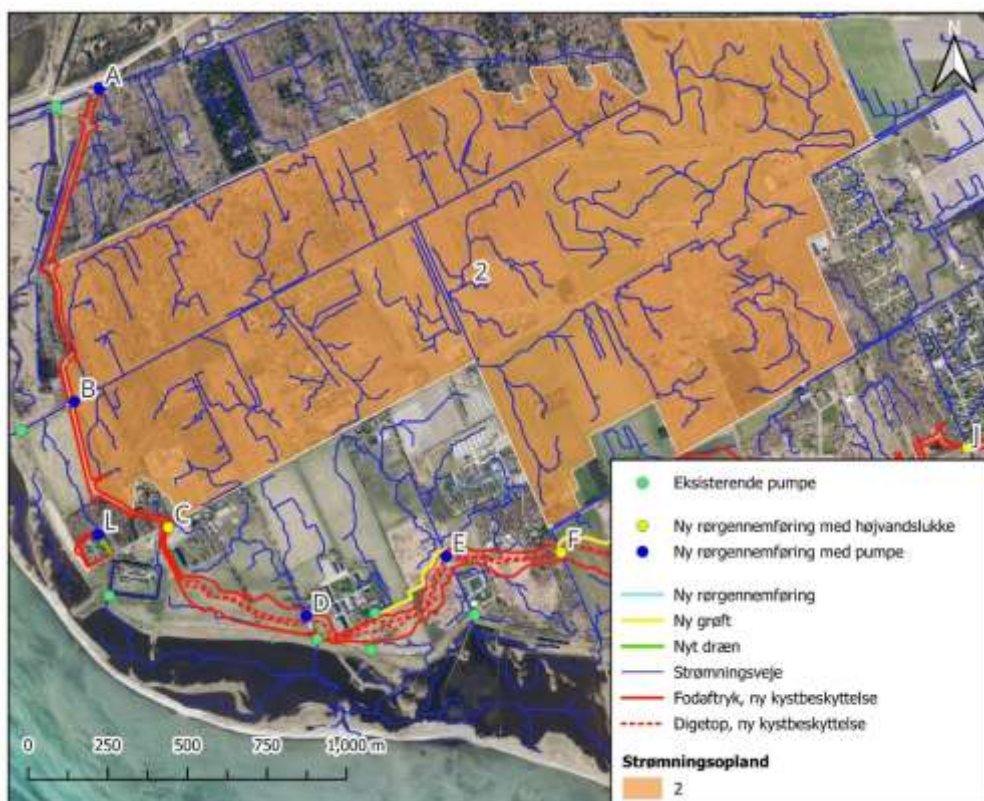


Figur 3-2 Strømningsoplande (nummeret 1-11) efter etableringen af den nye kystbeskyttelse. Øverst: Hovedforslaget. Nederst: Alternativet.



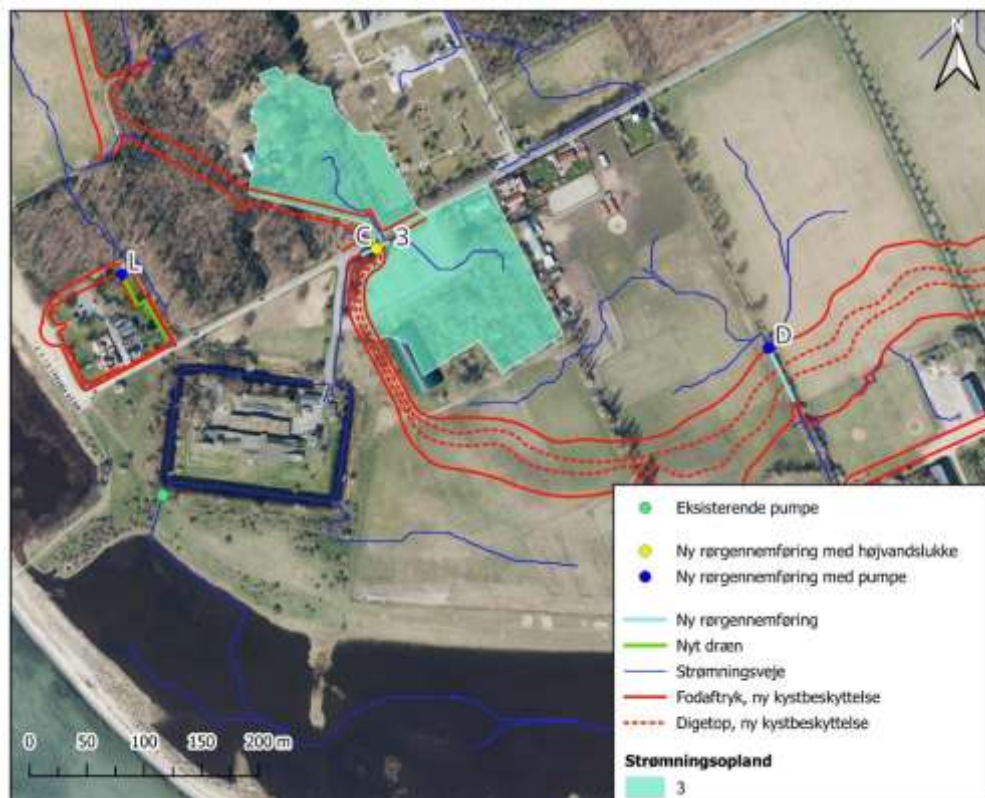
Figur 3-3

Strømningsopland 1: Nordre Skovgrøft – Højvandslukke og pumpe ved A. Oplandsareal 1,16 km². Eksisterende pumpe bibeholdes. Ny pumpe anvendes ved højvande.



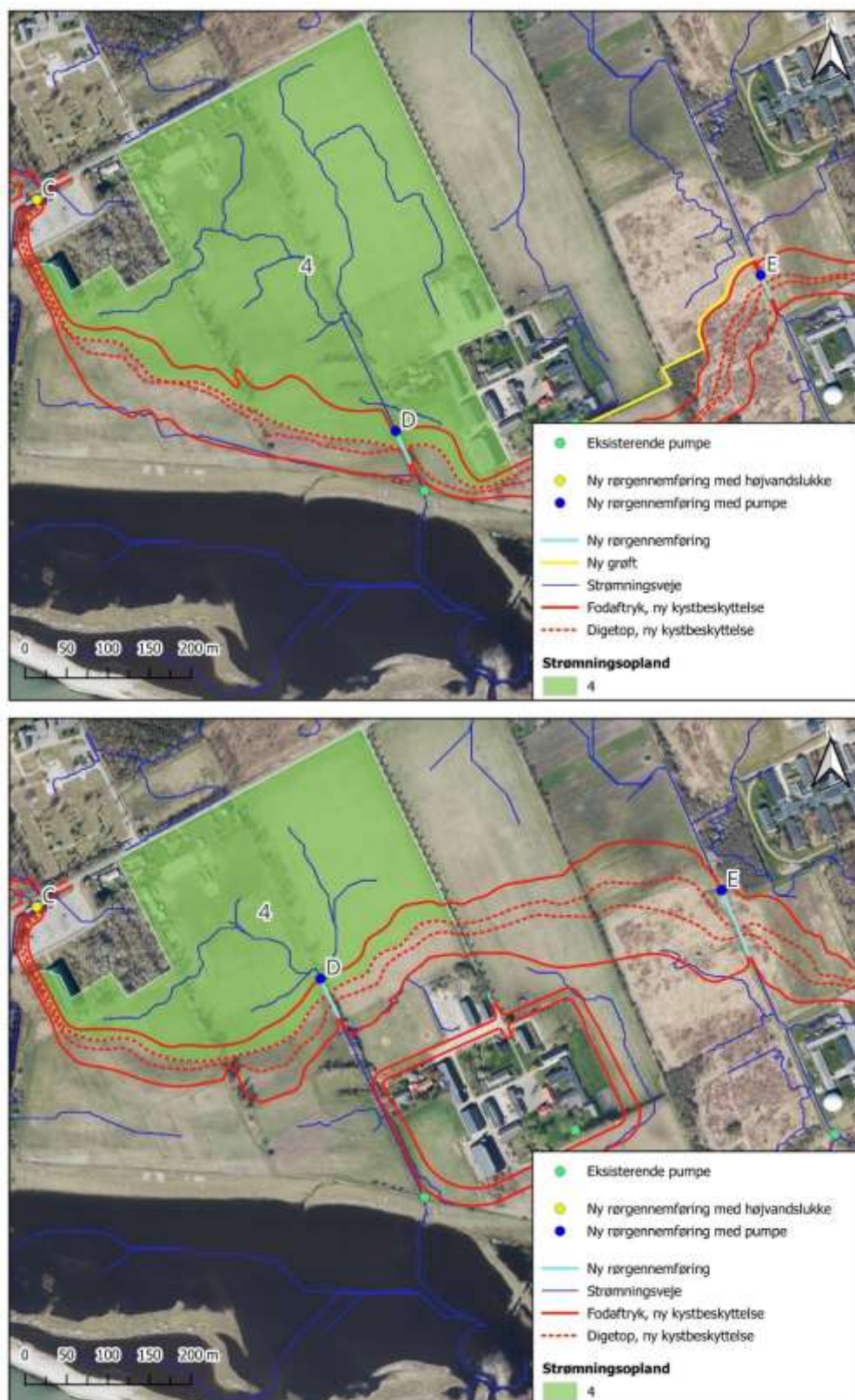
Figur 3-4

Strømningsopland 2: Søndre Skovgrøft – Højvandslukke og pumpe ved B. Oplandsareal 2,55 km². Eksisterende pumpe bibeholdes. Ny pumpe anvendes ved højvande.



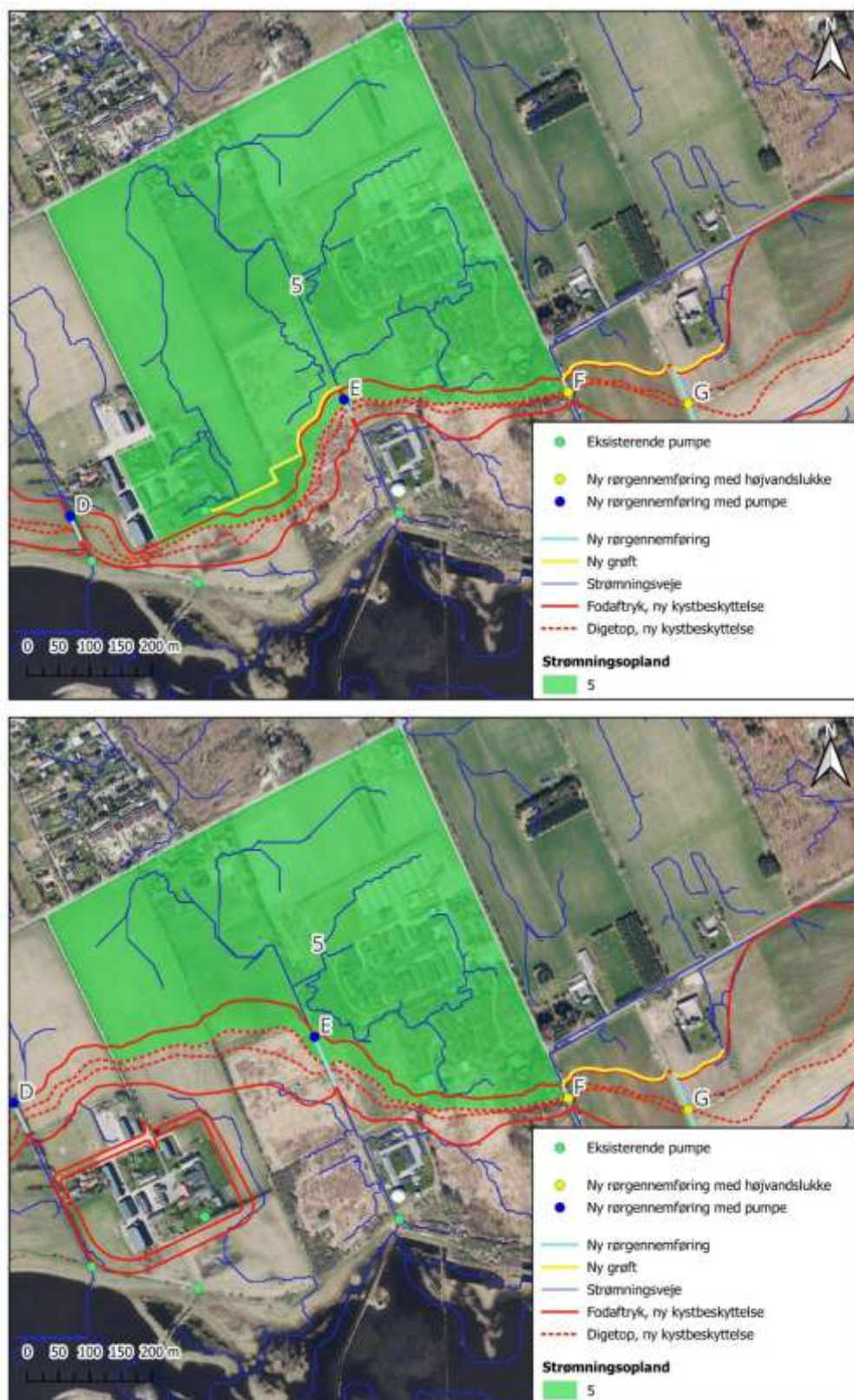
Figur 3-5

Strømningsopland 3: Kongelundsfortet – Højvandslukke ved C. Vandet ledes ud ved gravitation. Oplandsareal 0,03 km².



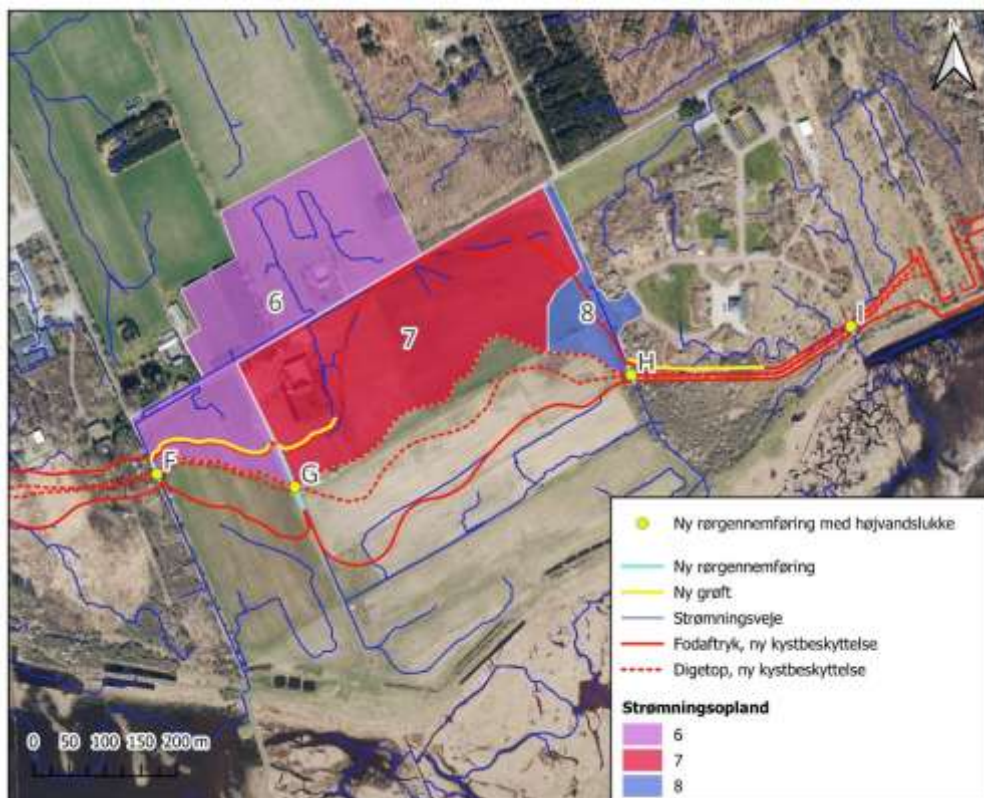
Figur 3-6

Strømningsopland 4: Kalvebodvej syd – Højvandslukke og pumpe ved D. Øverst: Hovedforslag, oplandsareal 0,17 km². Nederst: Alternativet, oplandsareal 0,10 km².



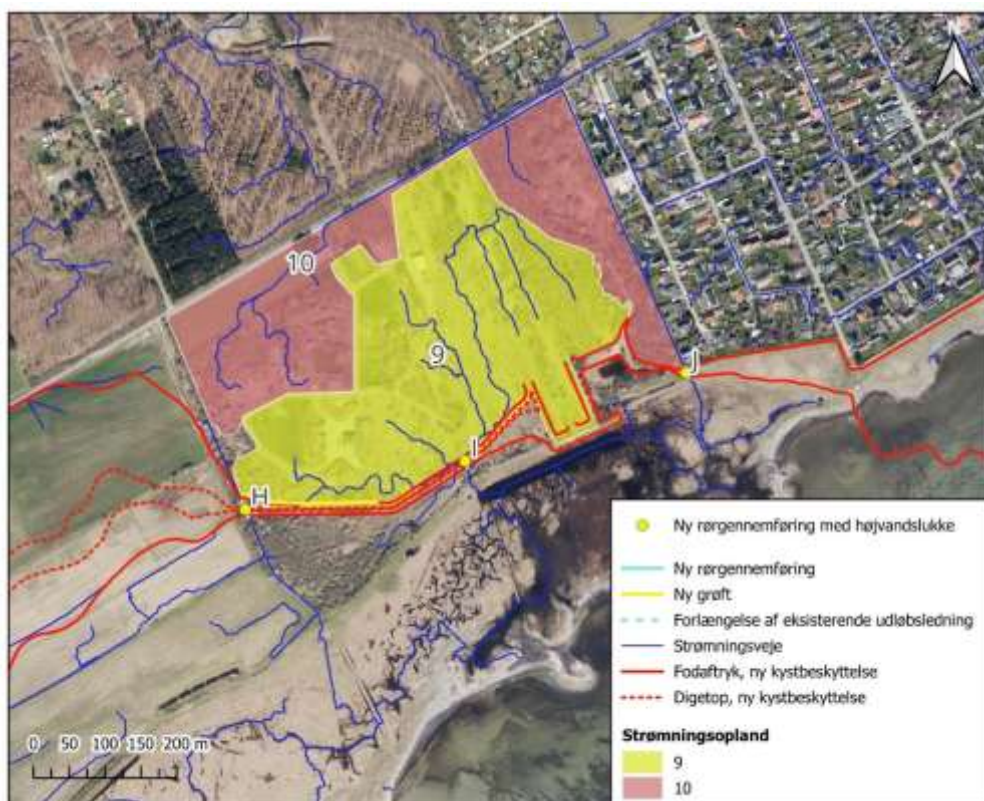
Figur 3-7

Strømningsopland 5: Forsvaret – Højvandslukke og pumpe ved E. Øverst: Hovedforslaget, oplandsareal 0,38 km². Nederst: Alternativet, oplandsareal 0,29 km².



Figur 3-8

Strømningsopland 6-8: Fælledvej – Højvandslukke i tre punkter (F, G og H). Vandet ledes ud ved gravitation. Oplandsarealerne er hhv. 7,7 ha, 8,6 ha og 1,3 ha.



Figur 3-9

Strømningsopland 9-10: Pionergården (FE) – Højvandslukke i to punkter (I og J). Vandet ledes ud ved gravitation. Oplandsarealer er hhv. 0,14 km² og 0,09 km².



Figur 3-10 Strømningsopland 11: Søvang – vandet pumpes som i dag ud fra eksisterende pumpe ved K. Udløbsledningen forlænges til forsiden af nyt kystforland. Oplandsareal 1,28 km².

4 Tiltag til håndtering af bagvand

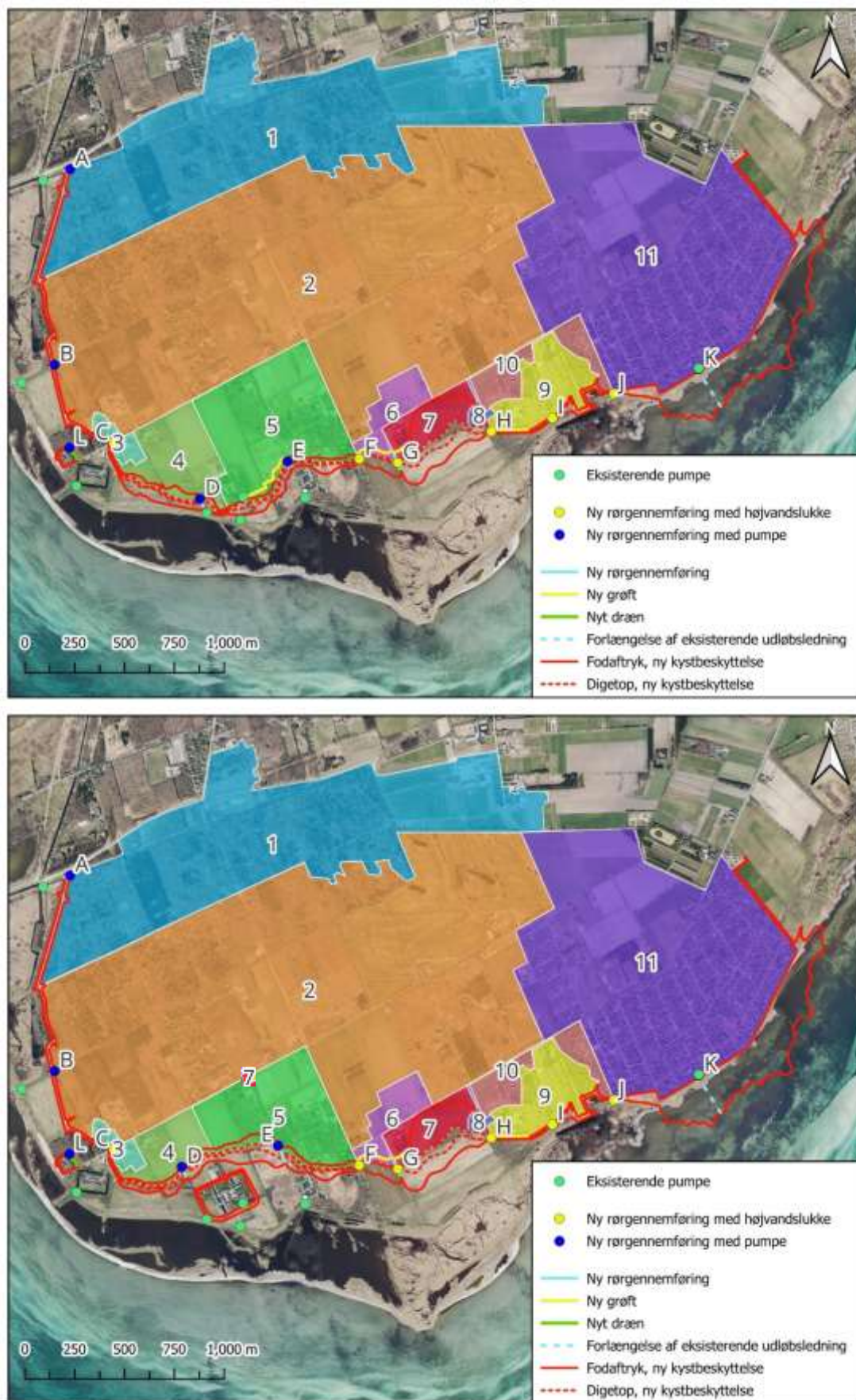
Dette afsnit omhandler krydsningerne af "hoveddiget". Der henvises til kapitel 5 vedrørende tiltag ved den lokale beskyttelse ved ejendommene ved Kongelundskroen. Det vurderes, at eksisterende afvandingsforanstaltninger ved TAMU vil være tilstrækkelige i den fremtidige situation for Alternativet, hvor TAMU beskyttes med en lokal beskyttelse. Der etableres således ikke nye lokale tiltag ved TAMU i Alternativet.

Som gennemgået i afsnittet ovenfor, vil vandet under højvande skulle pumpes ud ved flere af grøfternes krydsning af det fremtidige dige. Som udgangspunkt etableres der kun nye pumper i de grøfter, hvor vandet allerede i dag pumpes ud. De steder, hvor det er angivet, at vandet ledes ud ved gravitation, skal der desuden etableres et højvandslukke. Hvor det fremtidige dige gør, at vandet ikke kan løbe ud ved gravitation, som det gør i dag, dog gennem en rørført grøft, etableres en ny pumpe. Pga. havspejlsstigningerne og stigende grundvand, vil det formentlig i den nærmeste fremtid også være nødvendigt at pumpe vandet ud i en større del af året – særligt om vinteren.

For nogle af de mindre områder, vurderes det ikke fordelagtigt at pumpe vandet ud. I stedet samles vand fra mindre områder i en grøft på bagsiden af diget, og vandet ledes til nærmeste grøft, hvor der er en pumpe eller højvandslukke. Dette er vist i Tabel 4-1. Da kystbeskyttelsesprojektet som nævnt ovenfor har til formål at sikre, at eksisterende forhold ikke forværres, men ikke løse de eksisterende udfordringer med bagvand i Dragør, skal det bemærkes, at der i fremtiden kan blive behov for

supplerende tiltag, f.eks. flere/nye grøfter og evt. pumper som følge af stigende grundvand. Sådanne tiltag er ikke behandlet nærmere i dette notat.

De eksisterende pumper bliver i fremtiden delvist overflødige, da de alle – på nær pumpen i TAMU's have (pumpe 4A på Figur 2-1) – kommer til at ligge udenfor det fremtidige dige. Det forudsættes imidlertid, at de nuværende pumper beholdes for at holde området udenfor det fremtidige dige tørt i en årrække, så de nuværende naturforhold forbliver status quo. På et tidspunkt vil det ikke være muligt eller hensigtsmæssigt at beholde disse pumper. Når de en dag er udtjent, kan man med fordel sløjfe dem, så området udenfor diget kan overgå til en vådere strandeng.



Figur 4-1 Gennemføringspunkter og pumper langs det fremtidige dige. Øverst: Hovedforslag. Nederst: Alternativ.

Figur 4-1 viser gennemføringspunkter af diget, benævnt A-L, med angivelse af hvordan udledningen i det fremtidige scenarie vil ske, hhv. via frit udløb ved gravitation gennem højvandslukke, og hvor vandet vil kunne pumpes ud via en pumpestation.

Som det fremgår af Tabel 4-1, forsynes rørøringer fra de store strømningsoplande, som i dag er forsynet med en pumpe, med et højvandslukke samt en ny pumpe.

De mindre oplande (6-10), der i dag bliver drænet ved gravitation, forsynes med højvandslukke, hvorved vandet kan strømme ud ved gravitation. Hvis det viser sig, at der opstår problemer med afvanding af de mindre oplande (6-10), vil det være muligt senere at etablere en pumpe ved digegennemføringen for afhjælpning af dette.

Tabel 4-1 Oversigt over eksisterende og fremtidige tiltag til håndtering af bagvand.

Opland	Nuværende status	Fremtidigt tiltag til bortledning af vand fra opland	Fremtidig status	Digegennemfø- ringspunkt (fremti- dig situation)
1	Pumpning	Ny pumpe etableres i digetracé	Pumpning	A
2	Pumpning	Ny pumpe etableres i digetracé	Pumpning	B
3	Passiv udløb med kontraklap ved Kongelundsfortet	Passiv digegennemføring med kontraklap	Passiv digegennemføring med kontraklap	C
4	Pumpning	Ny pumpe etableres i digetracé	Pumpning	D
5	Pumpning	Ny pumpe etableres i digetracé Hvis kystbeskyttelsen placeres foran TAMU, etableres en ny grøft på bagsiden af diget hen mod udledningspunkt E.	Pumpning	E
6	Frit udløb ved gravitation	Passiv digegennemføring med kontraklap Ny grøft på bagsiden af diget til udløbspunkt F	Frit udløb ved gravitation + kontraklap	F
7	Frit udløb ved gravitation	Passiv digegennemføring med kontraklap Ny grøft/rørlægning på bagsiden af diget for bortledning af vand hen mod udledningspunkt G.	Frit udløb ved gravitation + kontraklap	G
8	Frit udløb ved gravitation	Passiv digegennemføring med kontraklap Den østlige del af opland 7 ledes til udledningspunkt H, da vandet i sidste ende ender samme sted på strandengen.	Frit udløb ved gravitation + kontraklap	H
9	Passiv digegennemføring med kontraklap	Passiv digegennemføring med kontraklap Ny grøft på bagsiden af diget til udløbspunkt H	Frit udløb ved gravitation + kontraklap	I
10	Frit udløb ved gravitation	Passiv digegennemføring med kontraklap	Frit udløb ved gravitation + kontraklap	J
11	Pumpning	Forlængelse af udløbsledning til forsiden af nyt kystforland (eksisterende pumpefaciliteter bevares)	Pumpning	K
-	Frit udløb ved gravitation	Ny pumpe etableres i ny grøft ved Kongelundskroen	Pumpning	L

5 Særlige forhold ved Kongelundskroen

Området omkring Kongelundskroen ligger udenfor den generelle stormflodsbeskyttelse, og der etableres til beskyttelsen af dette område en lokal beskyttelsesløsning bestående af diger, højvandsmur og beredskabsløsning ved indkørsler. Området ved Kongelundskroen skråner delvist ned mod en eksisterende grøft, som iht. analysen af eksisterende forhold, se Figur 5-1, afvander mod Søndre Skovgrøft.

Derfra pumpes vandet ud ved den nuværende pumpe for enden af Søndre Skovgrøft. Det vurderes, at der er behov for at etablere et nyt dræn langs indersiden af

dige og højvandsmur med et udløb til den eksisterende grøft NØ for bebyggelsen, som sikrer afledningen af regnvand fra området ved Kongelundskroen hen til Søndre Skovgrøft, se Figur 5-1. Drænet etableres ved fod af dige/fod af højvandsmur, med endepunkt i en brønd i den nordlige del af området, se Figur 5-1, hvori der installeres en ny pumpe. Fra brønden føres et rør gennem diget til eksisterende grøft, så drænvand fra området omkring kroen kan pumpes til grøften for at sikre afvandingen af området i den fremtidige situation.



Figur 5-1 Strømningsveje ved Kongelundskroen (indrammet med en firkantet beskyttelseslinje og ny rørgennemføring med pumpe markeret med L).

6 Vurdering af strømningsoplande og afstrømningsmængder

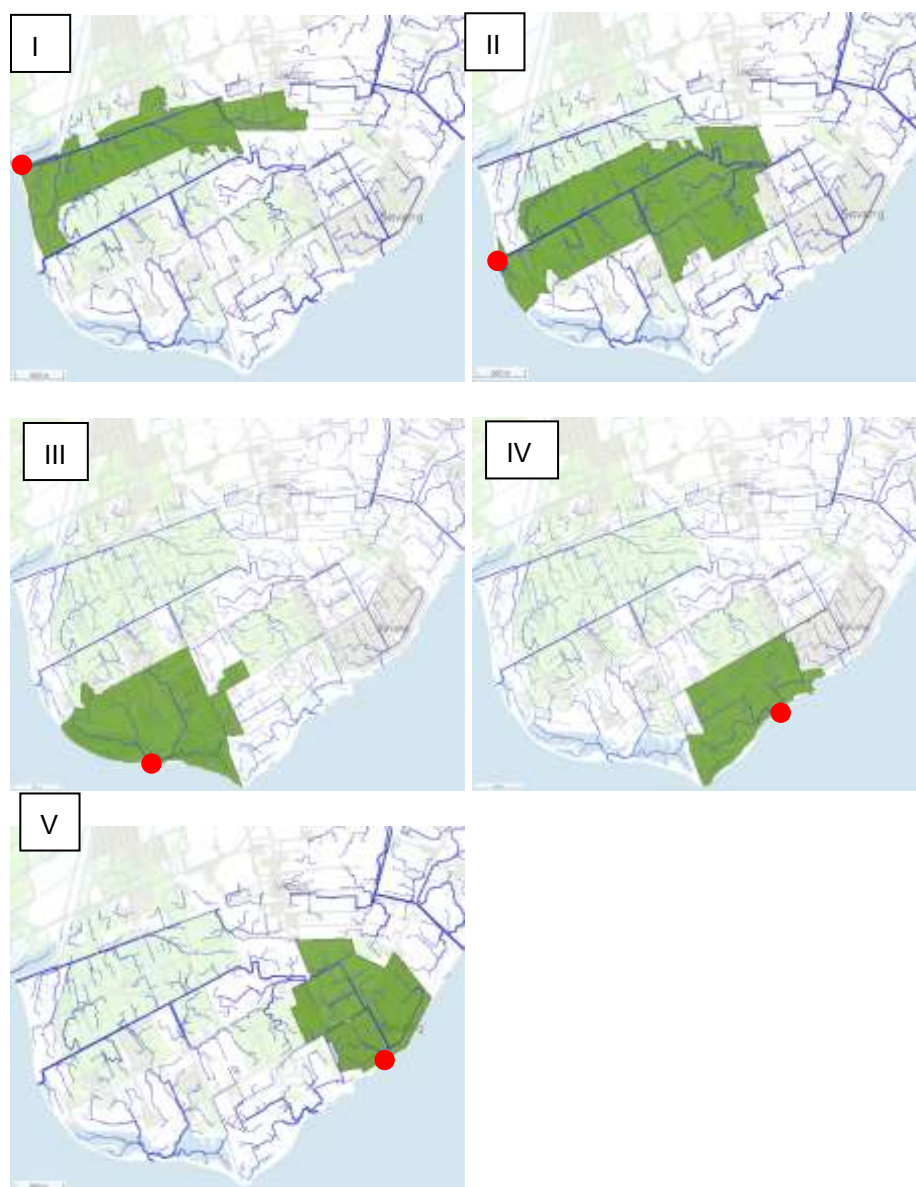
6.1 Generelt

Formålet med nærværende kapitel er at kortlægge og vurdere evt. ændringer i strømningsoplande og afstrømningsmængder som følge af etableringen af den nye kystbeskyttelse. Desuden foretages en indledende vurdering af rørdimensioner, nødvendig pumpekapaцитet osv.

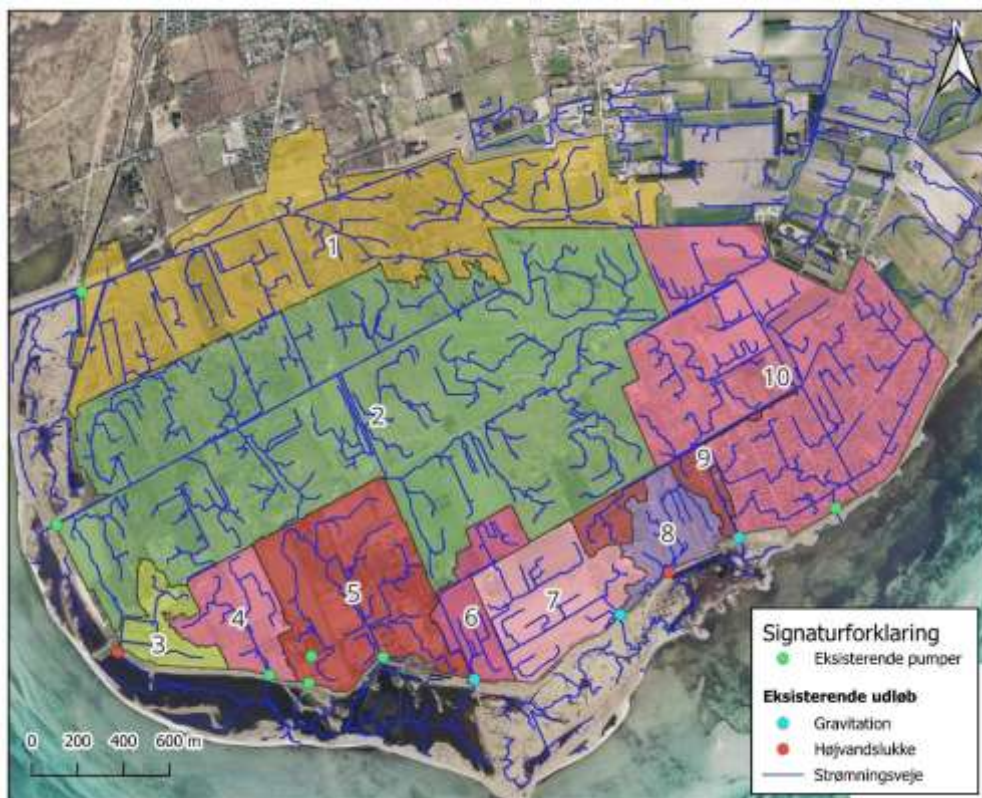
6.2 Eksisterende strømningsoplande

Området på det sydlige Amager kan i dag overordnet opdeles på fem hovedstrømningsoplande (inkl. Søvang). Strømningsvejene er ført helt ud til havet for de fem oplande. De fem strømningsoplande ses på Figur 6-1 og er angivet med romertal I til V. Delstrømningsoplande der ligger indenfor det nuværende dige og de nuværende strandvolde er vist på Figur 6-2.

Tabel 6-1 giver et overblik over arealerne for de enkelte del-strømningsoplande.



Figur 6-1 Nuværende strømningsoplande under eksisterende forhold nummeret I til V. Udledning til havet sker ved de røde prikker.



Figur 6-2 Eksisterende strømningsveje og deloplande indenfor det eksisterende dige.

Som det ses af Figur 6-2 og Tabel 6-1 er der i alt ti deloplande/udledningspunkter i det eksisterende dige, mens der i det nye forslag til kystbeskyttelseslinje er 11 deloplande/udledningspunkter, som vist på Figur 4-1. Det skyldes, at de nye deloplande 7+8 på Figur 4-1 i dag tilhører samme opland, og udledningen sker også til samme udledningspunkt i havet som i dag. Dvs. der ændres ikke på oplandsarealet eller udledningspunktet fra dette "hovedopland".

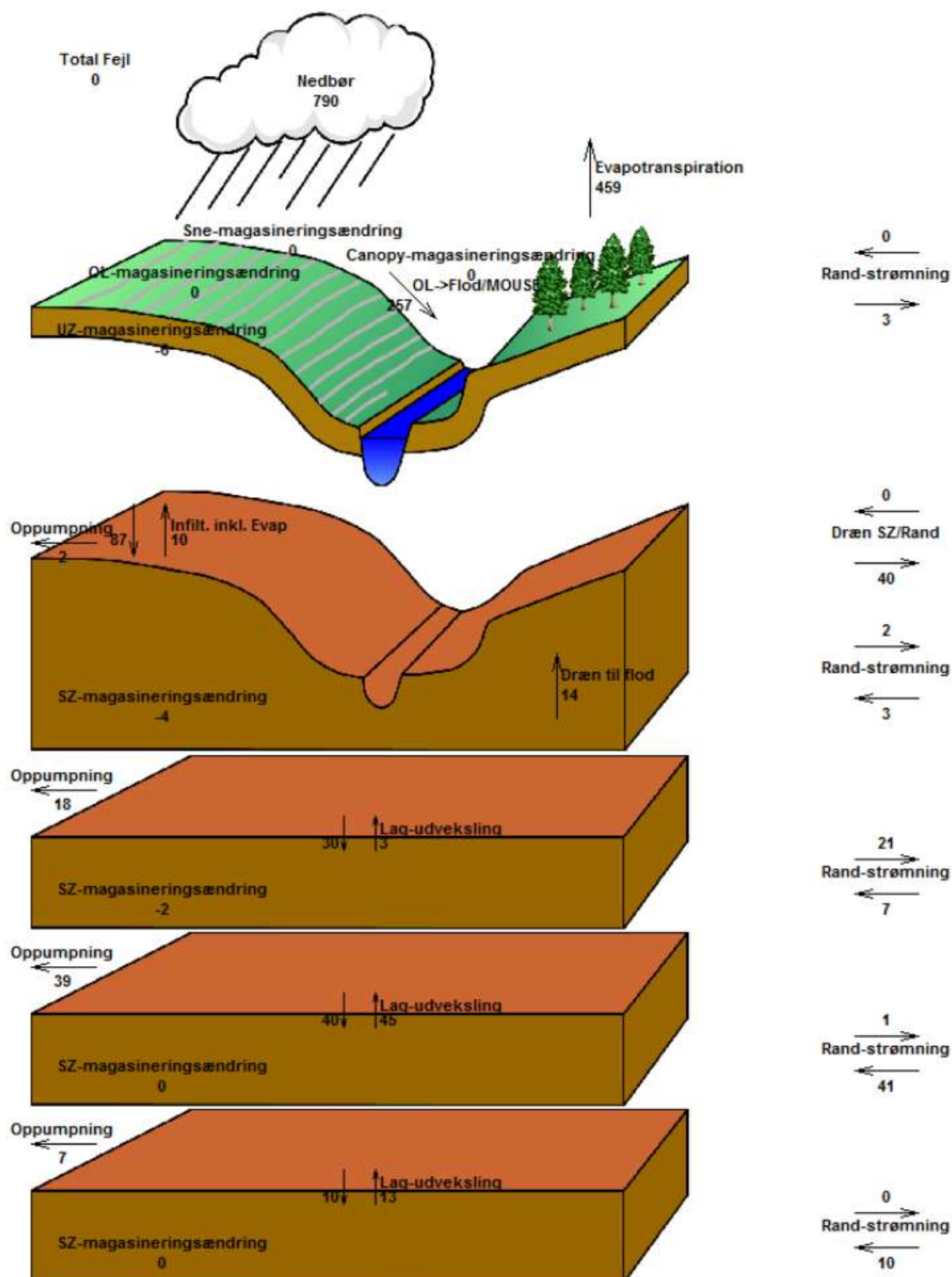
Tabel 6-1 *Estimerede arealer for strømningsoplande ved de eksisterende forhold baseret på en Scalgo analyse. Det antages, at udstrømningen svarer til en forskel mellem nedbør og fordampning på 330 mm/år, se tekst nedenfor. Deloplande refererer til Figur 6-2.*

Hovedopland	Delopland (eksisterende)	Areal indenfor diget (km ²)	Areal udenfor eksisterende dige (km ²)	Areal i alt (km ²)	Udstrømning (m ³ /år)
I: Nordre Skovgrøft	1	1,22	0,31	1,53	505.000
II: Søndre Skovgrøft	2	2,62	0,11	2,73	900.000
III: Aflandshage	3	0,11	0,60	1,39	460.000
	4	0,18			
	5	0,50			
IV: Pionergården	6	0,15	0,35	1,05	345.000
	7	0,29			
	8	0,15			
	9	0,11			
V: Søvang	10	1,26	0,01	1,27	420.000
I alt		6,59	1,38	7,97	2.630.000

Som det fremgår af Tabel 6-1, er oplandet (inklusive Søvang) knapt 8 km². For at vurdere afstrømningen fra disse arealer er der lavet en simpel vandbalance med udgangspunkt i klimadata. Det antages i denne sammenhæng, at udstrømningen fra grøfter og kanaler er lig med nedbør fratrasket fordampningen.

Det er en meget simpel vandbalance, som vil kunne forfines med en hydrologisk model for området. Der findes allerede eksisterende modeller, der kan tages udgangspunkt i, f.eks. DK-modellen, ref. /1/, eller Tårnby-Dragør modellen, ref. /2/. Sidstnævnte blev opstillet for ca. 10 år siden med fokus på at beregne indvindingsoplande og grundvandsdannende oplande for vandværkerne i Dragør og Tårnby.

Modellen estimerer en forskel mellem nedbør og fordampning på ca. 330 mm/år (790 mm/år nedbør minus 459 mm/år fordampning), som vist på Figur 6-3. Dette estimat vurderes at være konservativt, da en mindre del af udstrømningen til havet også vil foregå gennem udsivning i selve jorden. Til gengæld er der ikke indvinding af betydning i området, der kan forstyrre billedet.



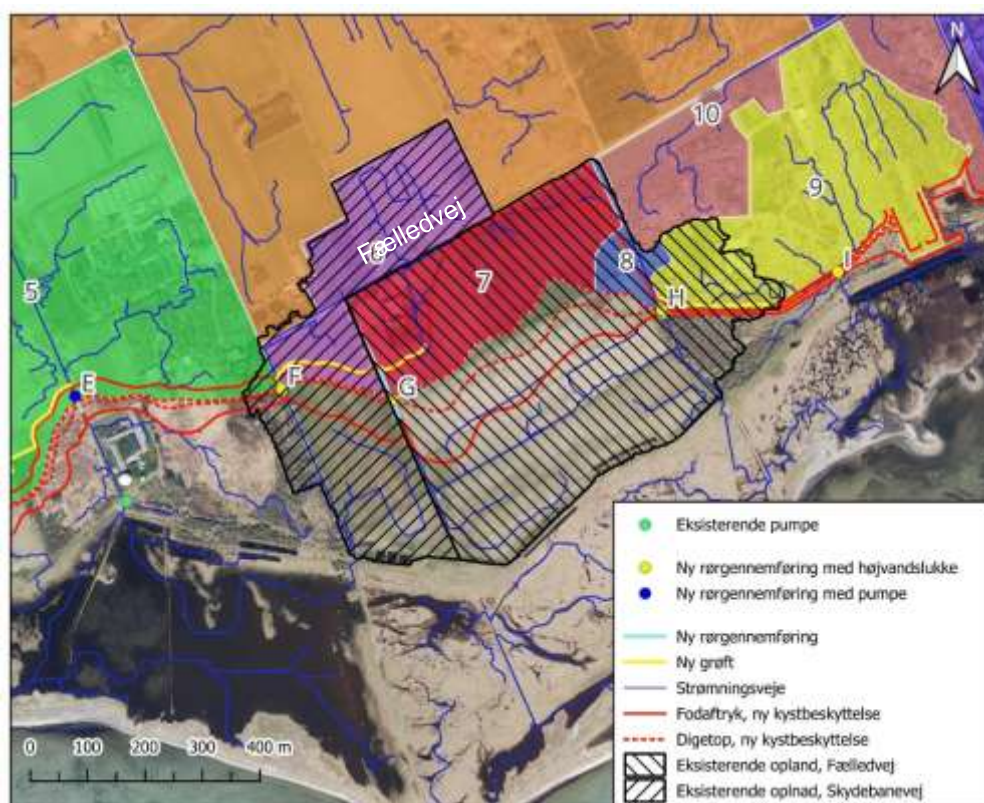
Figur 6-3 Vandbalance fra Tårnby-Dråger modellen, ref. /2/.

6.3 Fremtidige strømningsoplande

Hvis der blot etableres et fremtidigt dige uden hensyntagen til de eksisterende grøfter og udløb, vil der kunne opstå problemer med afvandingen af bagvandet. Derfor udføres tiltagene beskrevet i kapitel 4 og 5, så det sikres, at afvanding via eksisterende grøfter kan foregå uhindret i fremtiden.

Som udgangspunkt skal det være de samme arealer, som bidrager til afstrømningen og udledes de samme steder, efter den nye kystbeskyttelse er etableret. Derfor er udledningen af bagvandet også håndteret, så det udledes de samme steder i fremtiden som i dag. Dette er vist på Figur 6-4.

Som det ses af Figur 6-4 er der et område ved Pionergården, hvor afvandingen ændres med den nye beskyttelseslinje. Hvor vandet i dag strømmer ud ved punktet H, vil det med den foreslåede beskyttelseslinje strømme ud ved punktet I. Udledningen fra både H og I ender dog i samme lagunesø og dermed også samme udledningspunkt til havet. For at modvirke, at der kommer til at stå vand på terræn i delområde 9, etableres en ny grøft på bagsiden af diget mod udledningspunkt H, som vist på Figur 6-4.



Figur 6-4 Udsnit af strømningsoplande ved Fælledvej. Skraverede polygoner er de eksisterende oplande, mens de farvede polygoner er de fremtidige oplande. De gule streger viser nye grøfter, der skal sikre, at bagvandet ledes til samme udledningspunkt som det eksisterende.

Udledningen vil desuden kunne ske hurtigere, hvis vandet pumpes ud i stedet for naturlig afdræning gennem grøfter. Udledningerne fra arealerne bag diget reduceres ift. i dag, idet en del af arealet i fremtiden kommer til at ligge *foran* diget. De totale udledte vandmængder (fra bagved og foran diget) vurderes dog at være stort set

uændret som følge af det nye dige. Potentielt vil ændringer i fordampningen og ned-sivningen kunne ændre de samlede udledningsmængder fra den overfladiske afstrømning, men det vurderes at være meget begrænset.

OBS: Der ses i denne sammenhæng bort fra klimaændringer for de udledte årlige vandmængder i fremtiden pga. øget nedbør. Dette skyldes, at vandmængderne også vil øges, hvis kystbeskyttelsen ikke etableres, og at projektets hovedformål er at beskytte mod stormflod. I forhold til bagvand skal projektet sikre, at de nuværende udfordringer ikke forværres sammenlignet med i dag. Mht. de fremtidige maksimale udledninger er der dog indregnet en klimafaktor for at kunne estimere dimensioner på de fremtidige rørgennemføringer, som beskrevet i afsnit 6.4.

De estimerede arealer og årlige vandmængder, der strømmer ud, er vist i Tabel 6-2.

Tabel 6-2 Estimerede arealer for strømningsoplande ved de fremtidige forhold baseret på en Scalgo analyse. Det antages, at udstrømningen er 330 mm/år, se tekst ovenfor.

Opland	Oplandsareal (km ²)	Udstrømning (m ³ /år)
1: Nordre Skovgrøft	1,16	383.000
2: Søndre Skovgrøft	2,53	835.000
3: Kongelundsfortet	0,03	10.000
4: Kalvebodvej	0,17* / 0,10**	56.000* / 33.000**
5: Forsvaret	0,38* / 0,29**	125.000* / 96.000**
6+7+8: Fælledvej	0,18	59.000
9+10: Pionergården	0,23	76.000
11: Søvang	1,28	422.000
Arealer indenfor diget	5,96* / 5,80**	1.967.000* / 1.914.000**
Arealer udenfor diget	2,01* / 2,17**	663.000* / 716.000**
Arealer i alt	7,97	2.630.000

*) Hovedforslaget

**) Alternativet

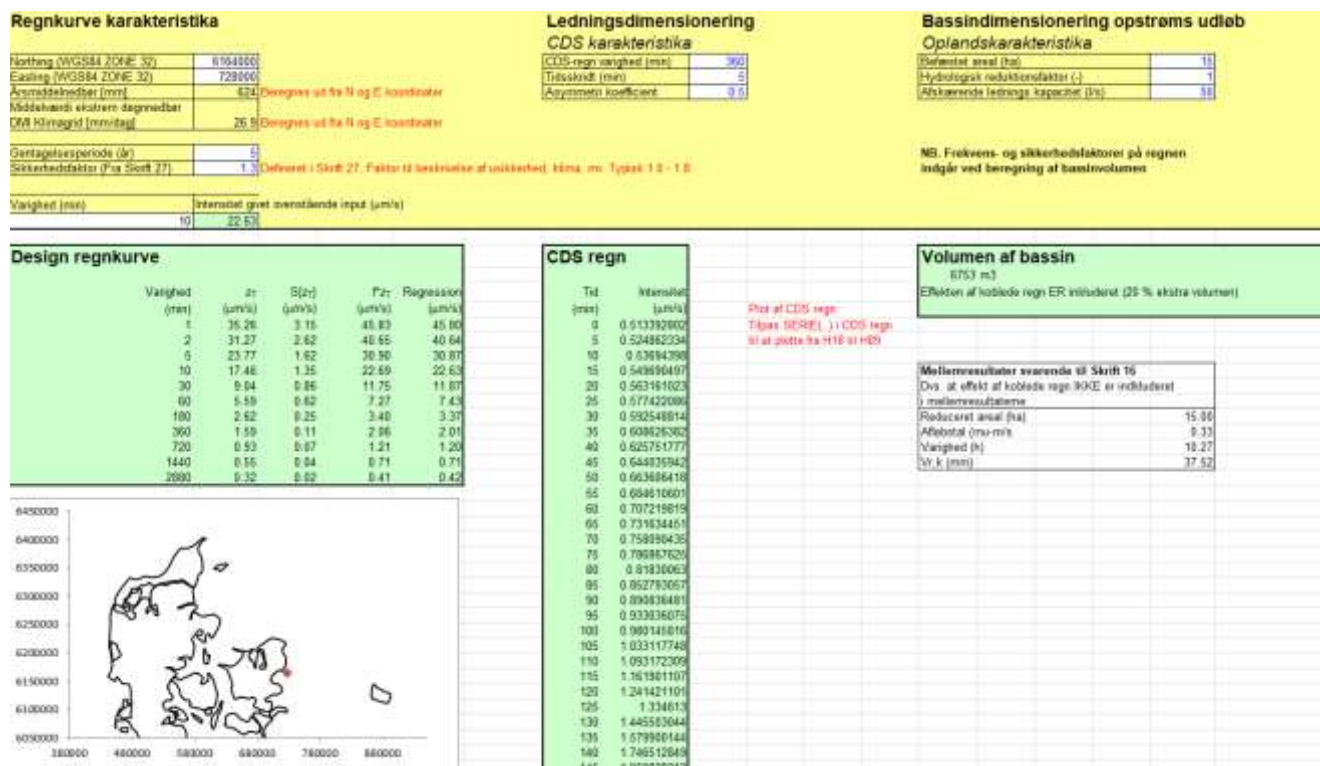
6.4 Dimensionering af rørgennemføringer

I afsnittet ovenfor er de årlige udledninger for de forskellige strømningsoplande estimeret. Det er imidlertid også relevant at estimere de dimensionsgivende vandføringer i en skybrudssituation. I den forbindelse er det valgt at dimensionere for en klimafremskreven 100-årshændelse.

Ved alle rørgennemføringers indløb (på "bagsiden") etableres en rist for at hindre at grene mv. trænger ind i rørene og blokerer for gennemstrømningen. Ristene skal som led i den løbende drift- og vedligeholdelse efterses og evt. ophobede grene mv. fjernes.

Metoden er følgende:

- 1 En klimafremskreven 100-årshændelse om 100 år ved Dragør svarer ifølge ref. /3/ til regndybde på 93,4 mm (6 timers regn med klimafaktor 1,4). Se eksempel på Spildevandskomiteens regneark på Figur 6-5.
- 2 Det antages, at jorden (eller kloaksystemet, hvor det findes) kan absorbere/bortlede en 5-årshændelse, hvilket svarer til en regndybde på 43,5 mm (6 timers regn med klimafaktor 1,3).
- 3 Dette giver en overskudsnedbørmængde på ca. 50 mm (93,4 mm – 43,5 mm).
- 4 I Scalgo påføres området bag diget en skybrudshændelse med en regndybde på 50 mm, idet der ikke regnes på nedsivning, dræning eller kloaksystem i Scalgo. De beregnede volumener af vand på terræn bag diget udtrækkes fra Scalgo for de enkelte delstrømningsoplande.
- 5 Herefter bestemmes på tilsvarende vis den *overskydende* maksimale 10-minutters regnintensitet, dvs. forskellen mellem de maksimale 10-minutters regnintensitet ved en klimafremskreven 100-årshændelse (49,63 $\mu\text{m/s}$) og 5-årshændelse (22,63 $\mu\text{m/s}$). I dette tilfælde giver det ved Dragør en overskydende maksimal 10-minutters regnintensitet på 27 $\mu\text{m/s}$.
- 6 På ny benyttes Spildevandskomiteens Regneark fra Skrift 30, der kan anvendes til at dimensionere et bassinvolumen på baggrund af et reduceret oplandsareal og en afskærende ledningskapacitet. I dette tilfælde kendes oplandsarealet og bassinvolumenet (volumen af vand på terræn for de enkelte delstrømningsoplande, som er beregnet under punkt 4). Den afskærende ledningskapacitet svarer til dimensioneringen af gennemføringerne.
- 7 Med et kendskab til dimensioneringen af vandføringen gennem diget, samt en anslået hældning og ruhed på røret, kan rørets diameter estimeres ud fra en traditionel rørdimensionering, f.eks. med Colebrook & White's formel.



Figur 6-5 Eksempel fra Spildevandskomiteens Regneark fra Skrift 30.

Baseret på ovenstående metode er der beregnet akkumulerede volumener af vand bag det fremtidige dige som vist i Tabel 6-3 og Figur 6-6. Ved dimensioneringen af vandføringen gennem diget er der anvendt en klimafremskrevet 100-årshændelse fratrasket en 5-årshændelse. Dvs. i praksis svarer det til en regnhændelse, der netop giver en 10-minutters maksimal intensitet på 27 $\mu\text{m/s}$. I dette tilfælde giver en hændelse med returperiode på 29,5 år og sikkerhedsfaktor (=klimafaktor) på 1 netop en maksimal 10-minutters regnintensitet på 27 $\mu\text{m/s}$.

Vandvolumenerne i Tabel 6-3 er for de eksisterende forhold, idet en vigtig forudsætning er, at de fremtidige forhold ikke må blive vådere pga. det nye dige.

Tabel 6-3 Beregnede vandvolumener bag diget, vandføring gennem underføring og tømmetid. Dimensioneringen af vandføring gennem diget er udført med en returperiode på 29,5 år og en sikkerhedsfaktor = 1, hvilket netop giver en maksimal 10-minutters regnintensitet på 27 $\mu\text{m/s}$ ved Dragør. Det "befæstede" areal svarer til det samlede areal, da det antages, at jordens nedsivningsevne er opbrugt og ledningsnettet fyldt op. Den teoretiske tømmetid er beregnet som total regnvolumen/vandføring.

Delområde	"Befæstet" areal (ha)	Total regnvolumen, (50 mm regn x "befæstet areal") (m ³)	Vandvolumen bag diget ved de nuværende forhold (m ³)	Vandføring (l/s)	Teoretisk tømmetid (timer)
1	116	58.000	50.141	1.025	16
2	253	126.500	103.315	2.250	16
3	3,0	1.500	1.289	25	17
4 (Hovedforslaget)	17	8.500	3.925	610	3,4
4 (Alternativet)	10	5.000	3.207	155	8,3
5 (Hovedforslaget)	38	19.000	16.780	250	20
5 (Alternativet)	29	14.500	14.770	105	35
6	7,7	3.850	2.085	210	4,9
7	8,6	4.300	526	410	1,4
8	1,3	650	71	105	0,9
9	14	7.000	4.838	370	5,6
10	9,0	4.500	2.928	150	8,1
11	128	64.000	18.897	10.000	1,8



Figur 6-6 Risikoområder for oversvømmelse og større strømningsveje på terræn ved 50 mm nedbør beregnet i Scalgo. Oversvømmelserne er vist for de eksisterende forhold, idet målsætningen er, at området bag det fremtidige dige ikke bliver vådere end i dag.

I Tabel 6-3 er de estimerede vandføringer ved gennemførelse af diget afrundet til nærmeste hele 5 l/s, dog således, at bassindimensioneringen sikrer et volumen, der minimum svarer til det vandvolumen, der er bestemt i Scalgo-analysen. Det skal desuden understreges, at der er taget hensyn til koblede regnhændelser, så der er inkluderet et 20% større volumen. Dette er indbygget i Spildevandskomiteens Regneark for at tage højde for, at systemet ikke er helt tømt, før den næste regnhændelse indtræffer.

Det skal desuden bemærkes, at den teoretiske tømmetid er beregnet på baggrund af det totale regnvolumen og vandføringen gennem rørføringen af diget. Den reelle tømmetid vil være længere, idet vandføringen aftager, når vandvolumenet bag diget reduceres.

Endelig skal det understreges, at der i beregningerne ikke er taget hensyn til, om de beregnede vandvolumener på terræn vil skabe problemer bagved diget eller om vandet kan "parkeres" de pågældende steder. Som det fremgår af Figur 6-6 er der en del risikoområder, der ligger i områder med bygninger. En dynamisk beregning af en skybrudshændelse kan vurdere dette mere detaljeret samt give et mere realistisk estimat på tømmetiden for vandet bag diget. Dette kunne f.eks. udføres inden projektet overgår til anlægsfasen.

Tre af de 11 delområder i Tabel 6-3 skiller sig ud med markant større oplandsarealer og deraf større nødvendig vandføring gennem diget. Det er områderne 1 og 2 (Nordre og Søndre Skovgrøft, der afvander Kongelunden samt områder udenfor) og område 11 (Søvang). Fælles for disse områder er, at de allerede i dag er forsynet med en pumpestation til at bortlede regnvandet. Deloplandene ved TAMU er i dag

ligeledes afvandet med pumper, hvilket også vil tilfældet i fremtiden, hvorfor der heller ikke er estimeret rørdimensioner for område 4 og 5.

For de øvrige seks delområder er der beregnet en indre diameter for ledningen, idet det forudsættes, at vandet kan ledes ud ved gravitation. Til denne beregning anvendes Colebrook & White's formel. Det antages, at ledningerne gennem diget har en ruhed, $k=2$ mm, og en hældning på 5 promille. De estimerede dimensioner fremgår af Tabel 6-4.

Tabel 6-4 Estimerede ledningsdimensioner for rørgennemføring med gravitation.

Delområde	Udledningstype	Rørdimension, indre diameter (m)
1	Pumpning	-
2	Pumpning	-
3	Gravitation	0,21
4 Foran TAMU*	Pumpning	-
4 Bagved TAMU*	Pumpning	-
5 Foran TAMU*	Pumpning	-
5 Bagved TAMU*	Pumpning	-
6	Gravitation	0,47
7	Gravitation	0,60
8	Gravitation	0,36
9	Gravitation	0,58
10	Gravitation	0,41
11	Pumpning	-

*) Disse områder er i dag afvandet med pumper, hvilket også vil være tilfældet fremtiden.

Som det fremgår af Tabel 6-4 estimeres den indre diameter på de forskellige gennemføringer af diget til mellem ca. 0,2 m og 0,6 m. Det vurderes at gennemføringerne skal etableres med rørdimensioner Ø300-Ø600 mm for både at sikre kapacitet og mulighed for drift (bl.a. hensyn til nødvendig vandføring for at åbne kontraklap) og vedligehold. Det skal i den forbindelse understreges, at der vil være mulighed for optimering i detailprojekteringen, idet der i små rørdimensioner vil være bedre mulighed for at skabe en selvrensende effekt af rørledningerne, mens det vil være nemmere at udføre drift og vedligehold af større rørdimensioner. Disse forhold skal opvejes mod hinanden i den endelige dimensionering.

7 Konklusion

Der er i dette notat lavet en analyse af de nuværende afvandingsforhold bag de eksisterende diger. Analysen har inkluderet indsamling af GIS-data på grøfter og kanaler samt besigtigelse af området for at kortlægge de eksisterende pumper og dræn.

Derefter er der benyttet en *tilpasset* terrænmodel af de eksisterende forhold, hvor den erhvervede viden om grøfter og rørunderføringer er anvendt, til at beregne strømningsveje og -oplande for den overfladiske afstrømning. Dette har resulteret i ti delområder indenfor de eksisterende diger – som samles til i alt fem overordnede oplande med hver sit udledningspunkt i Køge Bugt.

Herefter er der beregnet strømningsveje og -oplande for en terrænmodel, hvor der er anlagt en kystbeskyttelse (dige og terrænregulering) hhv. foran TAMU (Hovedforslaget) og bagved TAMU (Alternativet). Dette resulterer i 11 delområder indenfor det fremtidige dige, som stadig samles til i alt fem overordnede oplande med hver sit udledningspunkt.

Ved Pionergården er der et mindre område på ca. 2,4 ha, der potentielt kan ændre afvandingsmønster, hvis der ikke udføres tiltag. Dette afhjælpes ved at etablere en ny grøft på bagsiden af diget og lede vandet til udledningspunkt H i stedet for udledningspunkt I. Udledningen fra de to punkter ender i den samme lagunesø, og dermed det samme udledningspunkt til havet.

Som følge af de meget flade terrænforhold samt mange dræn og grøfter er den anvendte analyse være behæftet med en vis usikkerhed. F.eks. vil helt lokale forhold som tilstoppede grøfter formentlig kunne ændre på strømningsretningen i grøfterne. Lokale regnbyger, der falder i dele af oplandet, vil også kunne strømme i forskellig retning, alt efter hvor i oplandet regnen falder. I denne analyse er det dog forudsat, at regnen er ligeligt fordelt i hele oplandet.

Ved de fremtidige rørgennemføringer af diget monteres højvandsklapper, så vandet ikke kan stuve tilbage i systemet (opstrøms). For de større oplande skal der også etableres pumper, så vandet kan afledes fra baglandet i tilfælde af en stormflodshændelse.

Baseret på analyserne i dette notat, vurderes det, at et fremtidigt dige ikke vil ændre på hverken de udledte vandmængder fra baglandet, de overordnede strømningsoplande eller udledningen til de forskellige eksisterende udledningspunkter langs kysten.

De estimerede rørdimensioner varierer mellem 0,2 m til 0,6 m ved gennemføringen af diget for de oplande, der i dag afvandes ved gravitation. Det vurderes på den baggrund, at gennemføringerne skal etableres med minimum rørdimensioner Ø600 mm for både at sikre kapacitet og mulighed for drift og vedligehold.

En dynamisk hydraulisk model vil kunne beregne hvor meget vand, der vil stå i de enkelte lavninger, og hvad tømmetiden er for bagvandet. Herved kan det vurderes, om der allerede i dag eller først i fremtiden vil være behov for at pumpe bagvandet ud ved de forskellige strømningsoplande. Der er i denne fase ikke udført dynamiske beregninger af vandføringerne i det nye diges rørgennemføringer.

8 Referencer

- /1/ **GEUS**
National Vandressource Model. Modelopstilling og kalibrering af DK-model 2019
2019.
- /2/ **Naturstyrelsen**
Hydrologisk model Tårnby-Dragør. Tårnby-Dragør kortlægningsområde
2015.
- /3/ **Spildevandskomiteen**
Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter - Skrift nr. 30
2014.