

Klimabåndet

C16.1 Lokale fysiske forhold
Teknisk baggrundsrapport

Klimabåndet: Lokale fysiske forhold

Teknisk baggrundsrapport

Udarbejdet af Orbicon og Randers Kommune

Afsluttet oktober 2017.

Projektleder hos Orbicon Laura Horup Sørensen.

Fagbidrag fra Bjarne Moeslund, Morten Larsen, Anders Lund Jensen,

Leif Runge-Schmidt, Lars Chr. Larsen og Peter Bassø Duus.

Kontakt:

Projektleder for C16 Klimabåndet, Randers Kommune

mia.rix@randers.dk

Indholdsfortegnelse

1	Indledning og forudsætninger.....	4
2	Havspejlsstigninger og beskyttelsesniveau	5
2.1	Forventet havspejlsstigning.....	5
2.2	Landhævning	7
2.3	Landsenkning og lokale sætninger	8
2.4	Historiske stormflodskoter	9
2.5	Estimat på fremtidige stormflodskoter	12
2.6	Refleksioner omkring beskyttelseskote	13
3	Hydrauliske betragtninger omkring Randers Bro og det sydlige havneløb	14
3.1	Grundlag for screeningen.....	14
3.2	Randers Bro	15
3.3	Det sydlige havneløb fra Randers Bro til spidsen af pieren	17
4	Jordbundsforhold og geotekniske vurderinger.....	21
4.1	Vurdering	22
5	Håndtering af overfladevand ved Klimabåndet.....	23
5.1	Screening af arealerne langs Klimabåndet.....	23
5.2	Estimat på vandmængder i delområder	25
5.3	Synergimuligheder.....	26
6	Potentialer for naturudvikling langs Klimabåndet.....	29

1 Indledning og forudsætninger

Nærværende rapport er udarbejdet som led i Randers Kommunes forberedelser til den forestående konkurrence om Klimabåndet i regi af Coast 2 Coast Climate Challenge. Der er alene tale om en indledende teknisk screening, hvori der påpeges muligheder og udfordringer som kan indarbejdes i det kommende forløb.

Den tekniske screening er udarbejdet som et input til den løbende projektafklaring. Randers Kommune indgik i foråret 2017 en aftale med Orbicon om teknisk rådgivning i forbindelse med undersøgelsen af Klimabåndets geografi, biologi mv. Som led i opgaven blev der afholdt en række workshops mellem rådgiver og Randers Kommune. Det primære output fra processen er rapporterne "Lokale Fysiske forhold" og "Referenceprojekter", der indgår som baggrundsmateriale i konkurrencen om Klimabåndet. Mellem nævnte workshops undersøgte Orbicon en række tekniske forhold, som var relevante for at klarlægge mulighedsrum og bindinger i Klimabåndet. Resultaterne af disse screeninger er, efter en journalistisk bearbejdning, indarbejdet i rapporten om lokale fysiske forhold. Nærværende rapport indeholder det tekniske baggrundsmateriale, som er udarbejdet af Orbicon i forbindelse med den tekniske screening.

Rapporten består af 5 temaer, som præsenteres et ad gangen med en indledning efterfulgt af screeningens resultater. Det forudsættes, at læseren har et væsentligt teknisk indblik i problemstillingerne.

2 Havspejlsstigninger og beskyttelsesniveau

Randers Kommune har fastlagt et sikkerhedsniveau i form af gulvkote for nyt byggeri i kote 3,0 m for at sikre mod oversvømmelser ved stormflod. Som en del af Klimabåndet skal der også fastsættes en egentlig beskytteshøjde for stormflodsbeskyttelsen langs Klimabåndet.

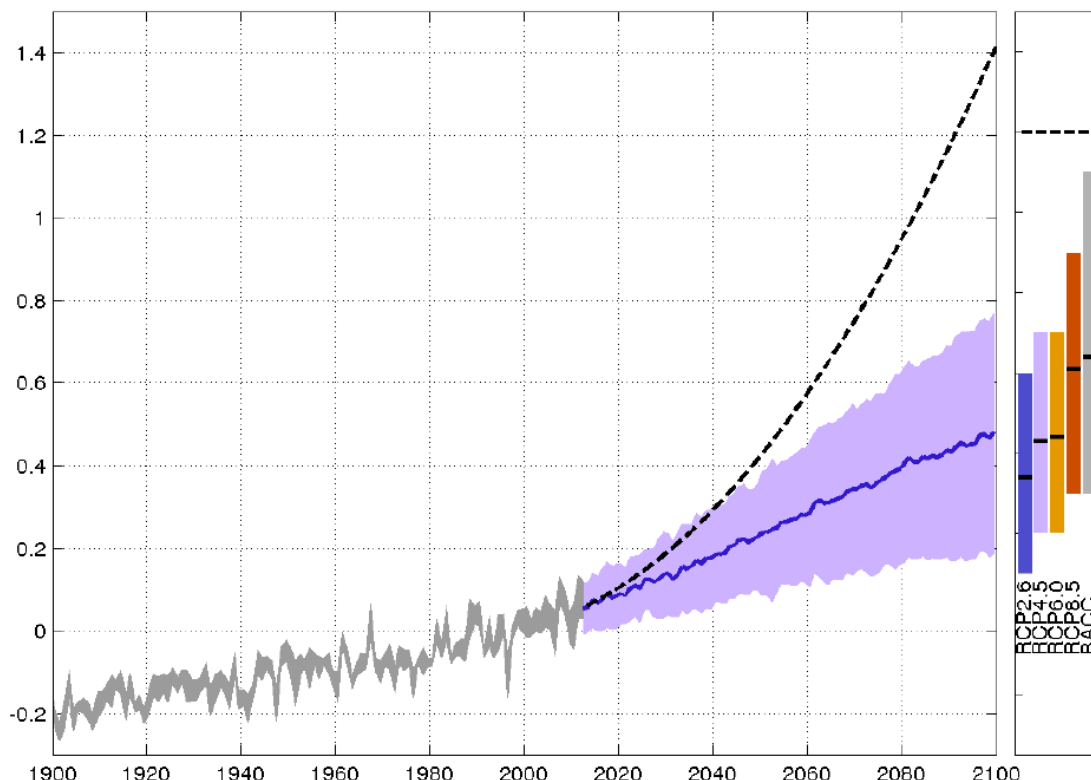
Til kvalificering af den beslutning ønsker Randers Kommune en vurdering af fremtidige højvandsniveauer i år 2035, 2050 og 2100 ved en række forskellige gentagelsesperioder. I screeningen suppleres forudsigelser om fremtidige klimaændringer med en vurdering af historiske stormfloder. Denne fremgangsmåde vælges for at lave et bedre estimat på fremtidige stormflodskoter med fornøden respekt til havstigning, landhævning og -sænkning.

Estimater på fremtidige højvandskoter er fremlagt for Carlo Sørensen, Kystdirektoratet, som fandt niveauerne meget fornuftige.

Alle koter er i DVR90 med mindre andet er angivet.

2.1 Forventet havspejlsstigning

Figur 1 viser DMI's angivelser af bedste bud på den absolutte middelvandstand frem mod år 2100.



Figur 1. Den absolutte middelvandstand ved Danmark i meter for årene 1900-2100. Den grå skygge for år 1900-2012 viser den observerede årlige middelvandstand ved danske vandstandsmålere, korrigeret for landhævning. Den blå streg for år 2012-2100 viser IPCC's bedste estimat af middelvandstanden i Nordsøen for RCP4.5 scenariet, og skyggen angiver usikkerheden for dette scenarie. Den stiplede linje angiver DMI's estimat af en øvre grænse for vandstandsstigninger til brug for usikkerhedsberegninger. I højre side af figuren vises middelværdi og usikkerheder for de fire IPCC scenarier samt for BACC's vurdering af A1B scenariet for perioden 2081-2100. Den stiplede linje viser DMI's øvre bud for denne periode. Kilde: /3/.

I tabel 1 er de tilsvarende middelværdier og spredninger for forskellige klimascenarier angivet.

Tabel 1. Absolut middelvandstandsstigning globalt og for Danmark, 1986-2005 til 2081-2100 [m]. DMI's øvre bud er til brug for usikkerhedsestimater. Kilde: /3/.

Ændringer i middelvandstand [meter]	Global middel	Danmark	Kilde
RCP2.6	0,40 (0,26 – 0,54)	0,34 (0,1 – 0,6)	IPCC AR5
RCP4.5	0,47 (0,32 – 0,62)	0,43 (0,2 – 0,7)	IPCC AR5
RCP6.0	0,47 (0,33 – 0,62)	0,44 (0,2 – 0,7)	IPCC AR5
RCP8.5	0,62 (0,45 – 0,81)	0,61 (0,3 – 0,9)	IPCC AR5
A1B	0,52 (0,36 – 0,69)	-	IPCC AR5
A1B – BACC	-	0,64 (0,3 – 1,1)	BACC2 (2014, in press)
DMI's øvre bud	-	1,2	DMI

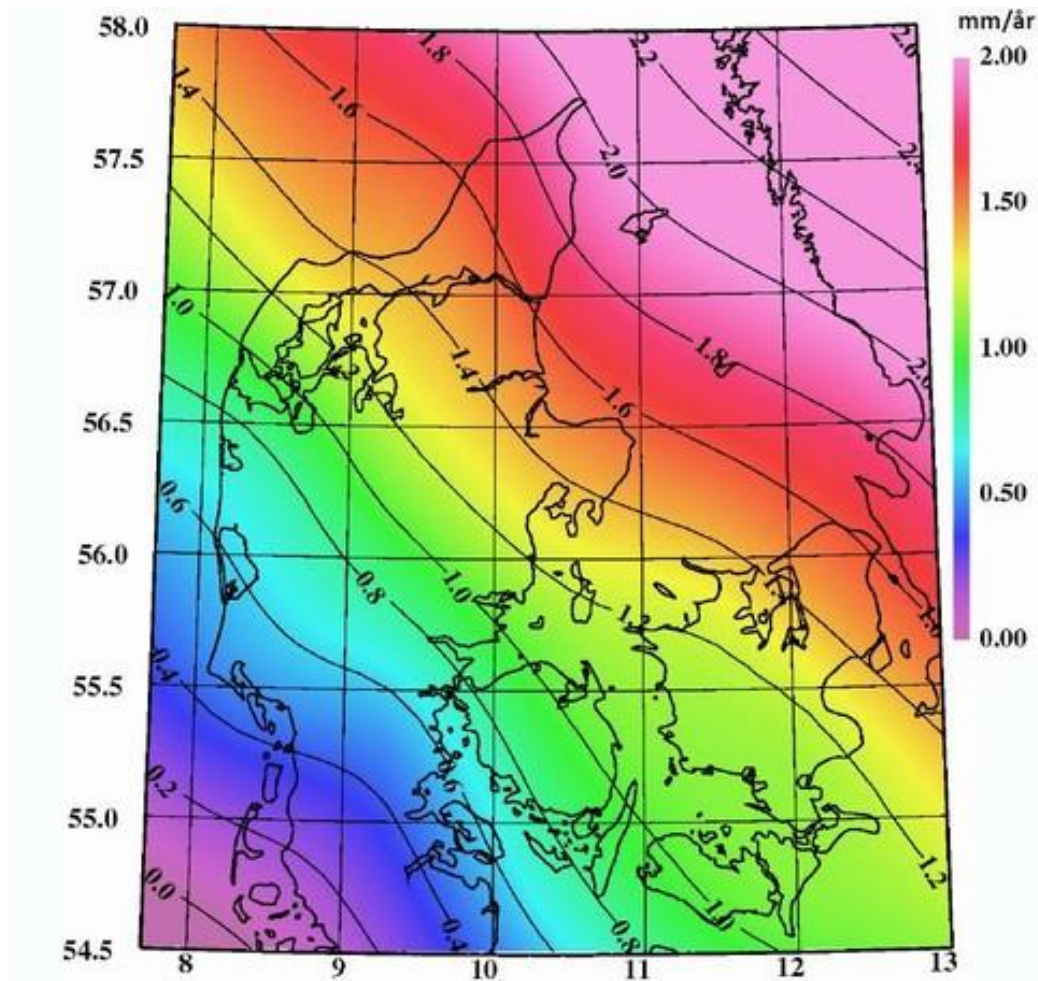
Det fremgår af såvel figuren som tabellen, at prognoser for havspejlsstigningen er usikre. Usikkerheden afhænger af hvilket klimascenarie der tages udgangspunkt i, og inden for hvert enkelt scenarie. Da Klimabåndet i Randers for størstedelens vedkommende forventes udført som varig infrastruktur anbefales det at indregne usikkerheden i RCP4.5 scenariet, angivet med den blå skygge i Figur 1. Aflæst på figuren giver dette scenarie en absolut vandspejlsstigning der kan ses i tabel 2.

Tabel 2. Absolut vandspejlsstigning ved klimascenarie RCP 4.5.

Årstal	1990	2017	2035	2050	2100
Kote	0	0,13	0,25	0,38	0,76

2.2 Landhævning

Til beskrivelse af den absolutte landhævning er figur 2 anvendt. I Randers ses den absolutte landhævning af være ca. 1,4 mm/år.



Figur 2. Absolutte rater for landhævning i Danmark. Kilde: /4/

Fremskrives DVR90 fra 1990 vil landet hæve sig således (uden hensyntagen til vandspejlsstigning):

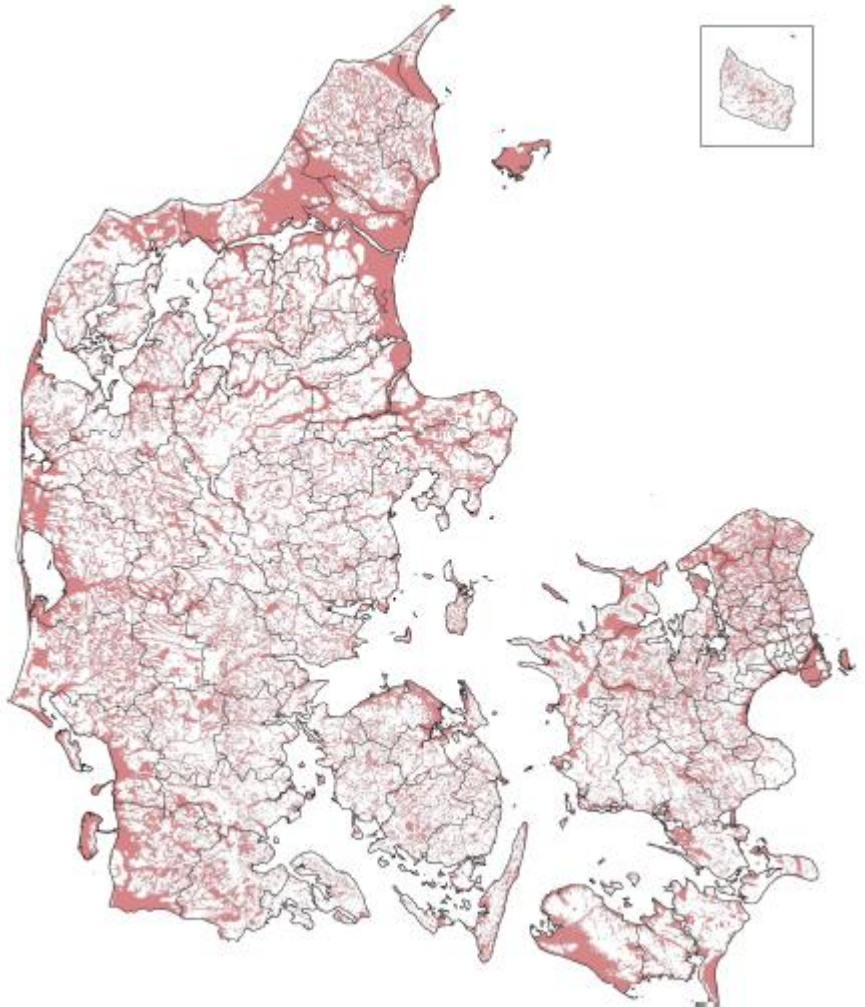
Tabel 3. Fremskrivning af landhævning i Danmark uden hensyntagen til vandspejlsstigning.

Årstal	1990	2017	2035	2050	2100
Kote	0	0,04	0,06	0,08	0,15

2.3 Landsænkning og lokale sætninger

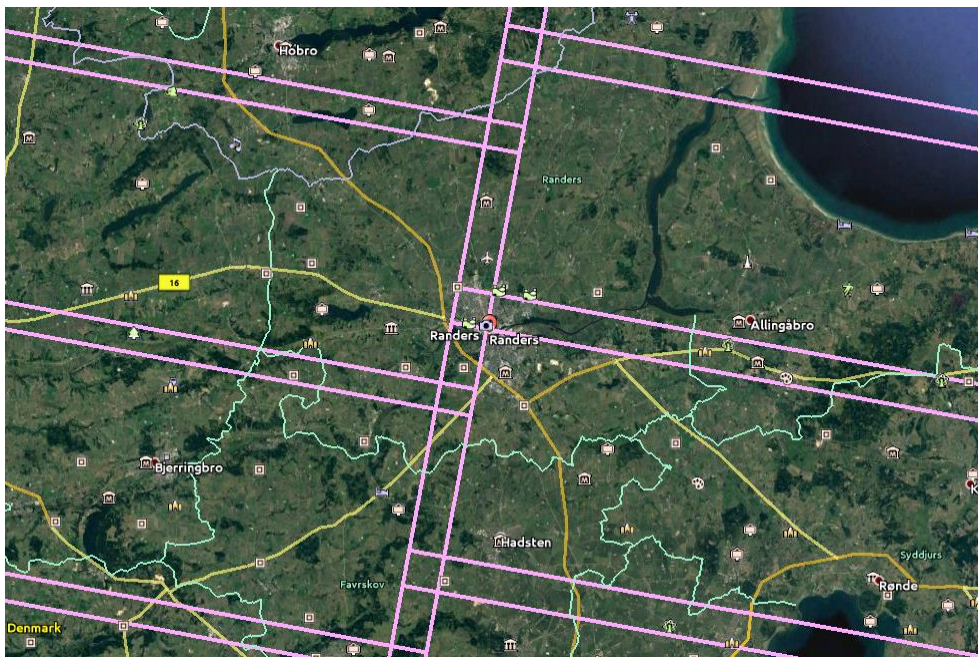
Landsænkning kan lokalt forekomme på opfyld og blødbundsområder. F.eks. sætter Aarhus Havn sig 2-3 mm/år. Randers Kommune har erfaring for at området ved Tørvebryggen, Toldbodgade og Havnegade i de seneste 10 år er sunket i omegnen af 5-7,5 mm/år. Sætningerne bør således være et opmærksomhedspunkt i det fremadrettede arbejde med Klimabåndet.

Kortet herunder er fra /6/.



Figur 3 Screeningskort over områder med forøget sandsynlighed for landsænkning /6/.

Der foreligger en mulighed for at tilvejebringe en bedre kortlægning af de lokale sætninger såvel som hævnings. Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE) kan ved hjælp af satellitten Sentinel1, der blev taget i brug i 2014, indhente målinger af terrænændringer for de seneste 2,5 år. Den anvendte teknik er Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR), som giver en særdeles god præcision på målinger af landbevægelser. Bevægelserne kan kobles til det eksisterende koordinatsystem. Randers ligger krydsningspunktet mellem 4 områder i satellittens InSAR-spor (se Figur 4), hvorfor der skal laves beregninger for 4 områder. En kortlægning af Randers vil således kunne koste op til kr. 260.000 ekskl. moms.



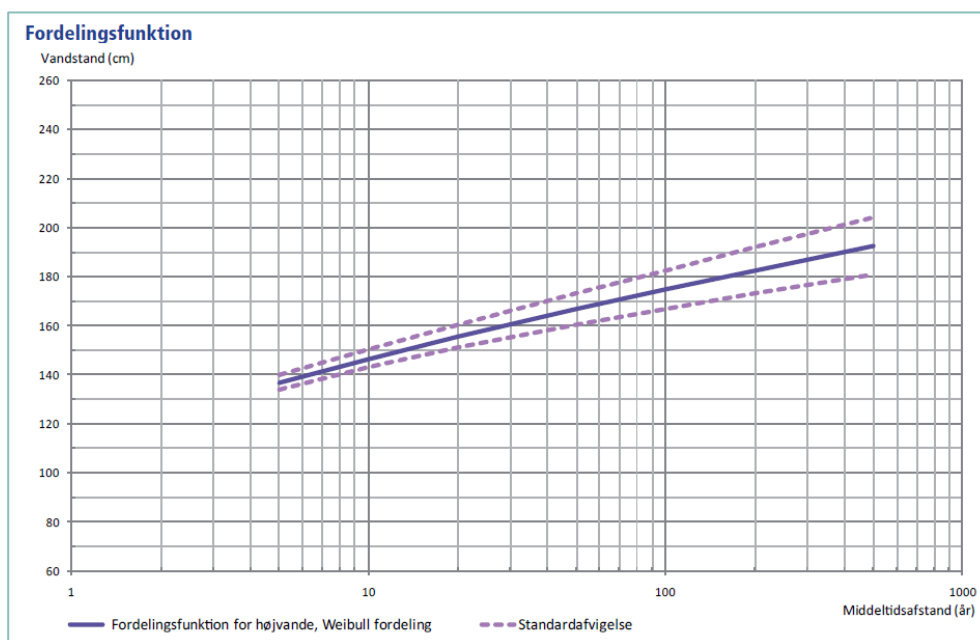
Figur 4 Sentinel 1 InSAR-spor.

Ved bygning af diger eller tilsvarende i områder med forøget sandsynlighed for sætninger, f.eks. i blødbundsområder eller på opfyld, vil disse anlæg af give anledning til yderligere sætninger. Anlægges der for eksempel et 2 m højt dige på et område med eksempelvis 4 m gytje/dynd, kan det i sig selv give anledning til sætninger på mindst 0,5 m, der oftest vil indtræffe i løbet af få år efter etableringen.

Sætningerne bør således håndteres allerede under projekteringen, idet de ved konstruktive tiltag kan reduceres betragteligt. Eksempelvis kan der under diget etableres et system af pælebårne betonplader i terræn under diget, eller der kan udføres en forstærkning af jorden under diget ved hjælp af nedborede sand/grussøjler, evt. betonsøjler. Med sådanne tiltag vil også langtidssætningerne, der ville forekomme i området uden anlæg af diger, blive elimineret, idet pælene føres til fast bund.

2.4 Historiske stormflodskoter

Efter Kystdirektoratets højvandsstatistik svarer en vandstand i kote 1,75 til en gentagelsesperiode på 100 år. I denne statistik indgår alene målte vandstande i 1909-2012; historiske ekstreme højvande før 1909 er således ikke inkluderet.



Figur 5 Fordelingsfunktion for højvande i Randers Havn, 1909-2012.

Der er imidlertid forekommet en række højvandssituationer/stormfloder i Randers, oftest i forbindelse med storme fra øst/nordøstlige retninger.

I ref. /5/ omtales en række stormfloder i Randers. I skriftet er undersøgt stormflodsbegebenheder imellem ca. 350 B. C. og frem til den sidst registrerede i 1976. Randers er første gang omtalt i 1825 og senest i 1883. For Randers synes der at være tale om en "hårdtvejrperiode" mellem ca. 1827 og 1883. I denne periode har der været 4 højvandssituationer, hvor vandstanden skønnes at være nået op på omkring 2,0 m regnet fra "daglig vande", og yderligere 5 situationer, hvor vandstanden skønnes at være nået op på ca. 1,5 m regnet fra "daglig vande". Den skønnede vandstand på 2 m for de 4 stormfloder er primært baseret på de overvejende kvalitative beskrivelser i ref./5/, idet der også forekommer oplysninger om højvandernes størrelse i forhold til tidligere højvander samt oplysninger om hvor langt op i byen, der forekom højvande. Oplysningerne om udbredelsen af højvanderne er søgt sammenholdt med gamle målebordsbladets højdekurver.

Der er fundet yderligere to kilder på stormfloder i Randers.

I A. Coldings skrift "Stormen over nord og Mellemeuropa 12-14. november 1872", der navnlig gjorde store skader i Østersøen, er der i Randers registreret en vandstand på ca. 1,4 m, regnet fra "daglig vande", og lidt mindre i Udbyhøj ved fjordens munding.

Under stormen Bodil 5. december 2013, registreredes en vandstand i Randers på 1,65 m.

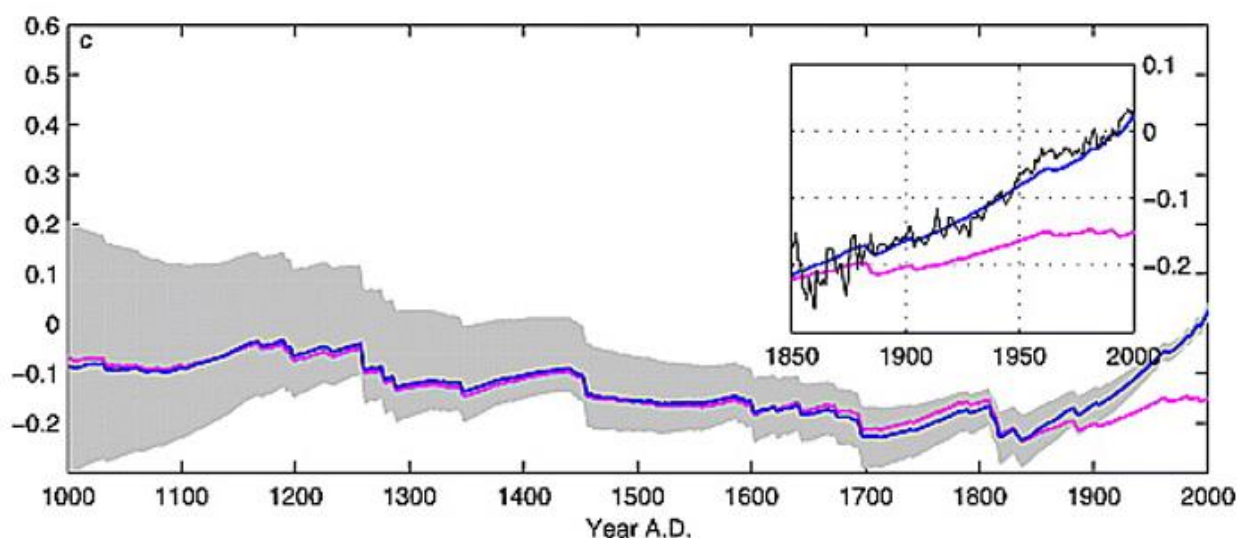
Korrektion for landhævninger og sætninger

I de skønnede værdier for vandstanden under historiske stormfloder tages der ikke højde for eventuelle lokale sætninger. Beskrivelsen af højvandssituationerne kan såle-

des referere til et højereliggende terrænniveau, dvs. vandstanden kan have været højere end skønnet ud fra de kvalitative beskrivelser. Man skal dog forvente, at de lokale sætninger med et relativt højere terrænniveau ville forløbe med aftagende rater, hvilket ville gøre de ovenfor anførte estimater tentativt i underkanten. Til gengæld lå landet på grund af den generelle landhævning lavere - dette omtales senere.

Mens der er stor usikkerhed omkring de lokale landsænkninger, er det nemmere at korrigere de historiske hændelser for den generelle landhævning efter isen og havstigning.

Havspejlstigningen siden midten af 1850'erne til 1990 kan jævnføres til ca. 20 cm. Hertil kommer yderligere 7 cm havstigning frem til 2017 - dvs. at havet dengang har ligget i ca. kote -0,27.



Figur 6. Anthropogenic forcing dominates sea level rise since 1850, S.Jevrejeva, A.Grinsted, J.C.Moore.

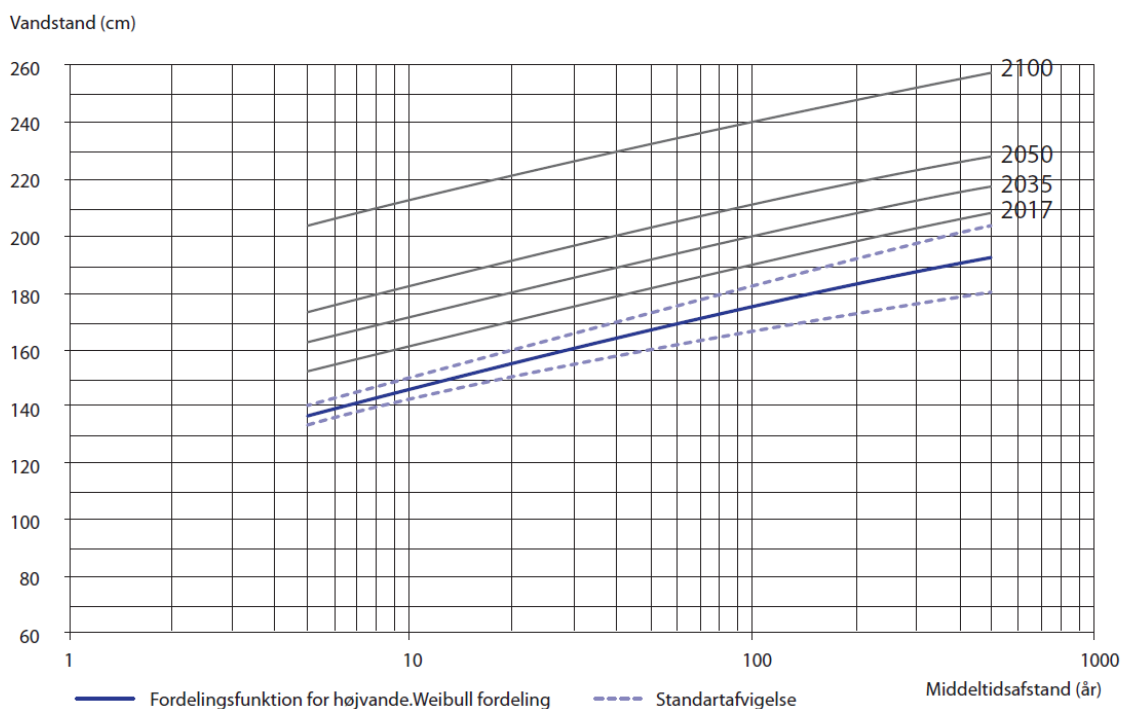
Landet lå tilsvarende lavere dengang og kan skønnes til ca. kote -0,20 med udgangspunkt i 1,4 mm landhævning pr. år. Med den store usikkerhed, der er knyttet til data-materialet, er det vurderet acceptabelt at antage, at landhævning og havspejlstigning frem til 1990 nogenlunde udjævner hinanden, hvorfor forholdene er sammenlignelige med i dag. Der korrigeres således alene for et fradrag på ca. 7 cm for at tage højde for havspejlstigningen fra 1990 til 2017.

Bedømt ud fra de historiske data for hårdtvejrperioden 1827-1883 alene, forekommer et højvande på mindst 2,0 m regnet fra "daglig vande" med en returperiode på 19 år. Bedømmes det på perioden fra omkring midten af 1100-tallet, hvor informationerne begynder at have en substantiel karakter, fås en returperiode på 266 år. Ifølge Kystdirektoratets statistik svarer kote 2,0 til en returperiode på ca. 1.000 år. Det forekommer at være end undervurdering i forhold til de historiske data.

Desuden bemærkes, at der også fremover kan forekomme hårdtvejrperioder eller anden udvikling i stormhyppighed og -styrke. På den baggrund findes det i denne sammenhæng mere hensigtsmæssigt at tilknytte en returperiode på 250 år for en 2,0 m vandstandshændelse i dag, vel vidende at en hårdtvejrperiode som i 1800-tallet kan komme igen, og ekstremhændelser kan opleves hyppigere i perioder.

2.5 Estimat på fremtidige stormflodskoter

Med udgangspunkt i de historiske hændelser er der lavet en korrigeret fordelingsfunktion for 2017, hvor 2,0 m hændelsen skærer 250 års returperioden. Med udgangspunkt heri kan forholdene i 2035, 2050 og 2100 estimeres, idet det forudsættes, at fordelingen af højvande ikke ændrer sig gennem årene, men at det alene er det normale vandspejl, der ændres som følge af vandstandsstigning og landhævning. Resultatet ses på figur 7.



Figur 7 Højvandsfunktion for Randers Bro 2012 (Kystdirektoratet) samt estimat på korrigeret statistik og fremskrevet statistik (Orbicon).

Tabel 4. Koterne for de ny fordelingsfunktioner som resultat af fremtidige havstigning og landhævning.

Årstal	1990	2017	2035	2050	2100
Landhævning	0	0,04	0,06	0,08	0,15
Havstigning	0	0,13	0,25	0,38	0,76
Differens	0	0,09	0,19	0,30	0,61
Korrigeret af fordelingsfunktion		0	0,10	0,21	0,52

Tabel 5. Vandstande for højvandsituationer med returperioder på hhv. 5, 10, 100 og 250 år for årene 2035, 2050 og 2100 beregnet på baggrund af koterne i tabel 4.

Årstal / Gentagelsesperiode	2017	2035	2050	2100
1 år	1,10	1,17	1,25	1,44
5 år	1,51	1,61	1,72	2,03
10 år	1,60	1,70	1,81	2,12
100 år	1,90	2,00	2,11	2,42
250 år	2,00	2,10	2,21	2,52

2.6 Refleksioner omkring beskyttelseskote

Ved fastlæggelse af beskyttelsesniveau bør prognosernes usikkerhed medtages i vurderingen; herunder usikkerhederne i udviklingen af vandstandsstigningen og landhævning. Umiddelbart vurderes usikkerheden på den forventede vandstand at være under ± 10 cm frem til år 2035. Usikkerheden på landhævningen kendes ikke, men antages at være konstant.

Beskyttelsesniveauet kan fastlægges med udgangspunkt i de ovenfor angivne forventede vandspejlsniveauer, idet der eventuelt gives et tillæg for bølgeopskyl og -overskyl. Randers Havn er dog velbeskyttet mod direkte bølgeangreb fra vindgenererede bølger. Det skønnes derfor ikke for nærværende nødvendigt at inkludere tillæg for bølgeopskyl og -overskyl i en digesikring af rekreative områder og byudviklingsområder. Enkelte steder kan en mindre forhøjelse på ca. 0,3 m eventuelt blive aktuelt; det må afhænge af de aktuelle forhold.

Hvor klimatilpasningen ikke umiddelbart kan forhøjes før efter år 2100, anbefales det at beskytte til minimum kote 2,5. De gældende retningslinjer vedr. beskyttelse til kote 3,0 er - med forudsætningerne i dette notat - på den sikre side. Der kan eventuelt arbejdes med en beskyttelse, der forhøjes løbende. Et sikringsniveau omkring kote 2,0 vil beskytte mod en 100-års hændelse frem til omkring 2035. Med yderligere 10 cm yderligere opnås beskyttelse mod en 250-års hændelse. I 2035 kan beskyttelsesniveauet hæves til et niveau, der fastlægges i lyset af den stedfundne udvikling.

De hyppigere højvandshændelser er interessante i forhold til brugen af mobile og fleksible højvandssikringer samt beredskabsløsninger, idet de afspejler, hvor ofte en fleksibel sikring skal aktiveres eller beredskabet skal iværksættes. Se de fremskrevne værdier for en 1-års hændelse i tabellen ovenfor (idet der er taget udgangspunkt i RCP4.5-middelværdien, dvs. den blå linje uden sikkerhedstillæg på figur 2).

Hvis der for eksempel arbejdes med en permanent beskyttelse til kote 1,25 (eller at der planlægges et højvandsrobust (resilient) landskab under denne kote) kombineret med en mobil barriere, så vil barrieren skulle aktiveres mindst én gang om året i år 2050 – sandsynligvis 2-3 gange hyppigere pga. usikkerhed i varslingen.

Referencer

- /1/ 2012 Højvandsstatistikker. Kystdirektoratet, 2012.
- /2/ DMI.dk - <http://www.dmi.dk/hav/maalinger/vandstand/>
- /3/ Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6, 2014
- /4/ Kyst.dk - <http://kysterne.kyst.dk/landbevaegelser-i-danmark.html>
- /5/ Stormfloder. Ib Gram-Jensen. DMI, 1991
- /6/ Kortlægning af områder med forøget sandsynlighed for landsænkning. Niels H. Broge et. al. Technical Report no. 17. Geodatastyrelsen, 2013

3 Hydrauliske betragtninger omkring Randers Bro og det sydlige havneløb

De hydrauliske forhold omkring Gudenåen, Randers Bro og det sydlige havneløb fra Randers Bro til den østlige ende af pieren har stor betydning for mulighederne og begrænsningerne i udviklingen af en højvandsbeskyttelse langs Klimabåndet. Der er derfor gennemført en indledende hydraulisk screening af to forhold, som er vurderet at være af særlig stor vigtighed i forhold til den videre projektudvikling.

- 1) Vil Randers Bro være en barriere for Gudenåen, hvis vandstanden i Randers Fjord er høj – vil vandet kunne komme under broen uden risiko for overskylning af broen?



Figur 8. Randers Bro.

- 2) Er det sydlige havneløb fra Randers Bro til østenden af pieren en hydraulisk flaskehals, eller kan klimabåndet delvist bygges ud i Gudenåens tværsnit, uden at det medfører opstuvningskonsekvenser opstrøms?



Figur 9. Luftfoto af Randers havn.

3.1 Grundlag for screeningen

Til brug for vurderingen af disse to forhold er anvendt en ajourført VASP-model for Gudenåen. Modellen dækker strækningen fra motorvejsbroen over Gudenådalen til østenden af pieren (se figur 10).



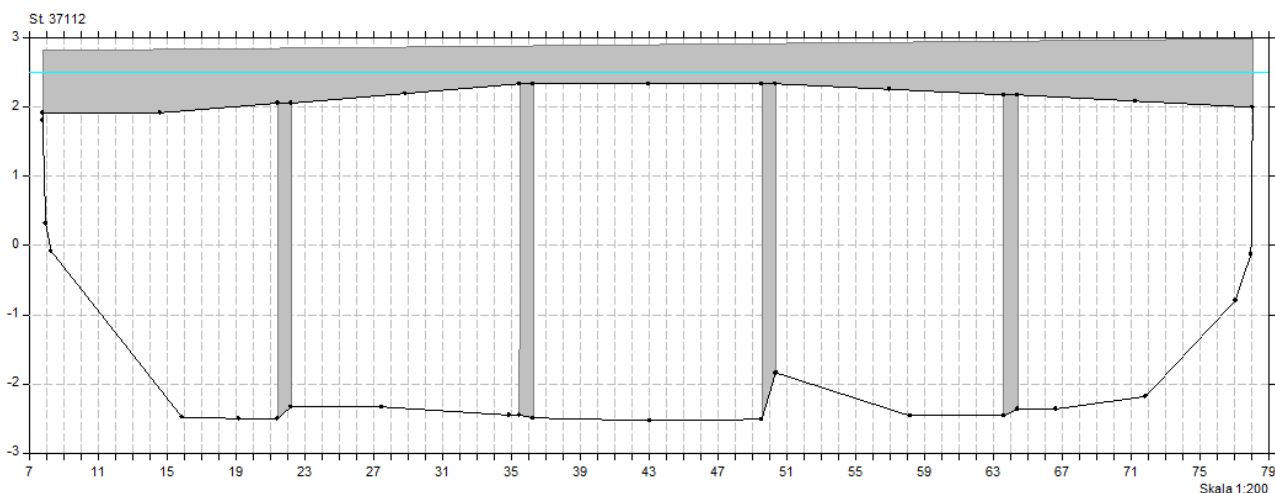
Figur 10. Stationering af den nedstrøms del af VASP-modellen.

Modellen regner på en nylig opmåling fra Orbicon på det viste tracé på figur 10 ned til Randers Bro. Det er kun hovedløbet, der er opmålt og regnet på, da det er skønnet, at sideløbene på sydsiden af øerne kun i mindre grad bidrager til vandføringsevnen i normale situationer.

Når denne model bruges til at regne på ekstremafstrømning, vil resultatet være højere vandspejlskoter end hvad der kan forventes, da den altså ikke tager hensyn til, at øerne oversvømmes, og sideløbet i højere grad bidrager til vandføringsevnen sammenlignet med en normalsituation. Dette vurderes imidlertid acceptabelt, da formålet med denne beregning ikke er at bestemme specifikke koter, men alene at belyse forskelle mellem to scenarier.

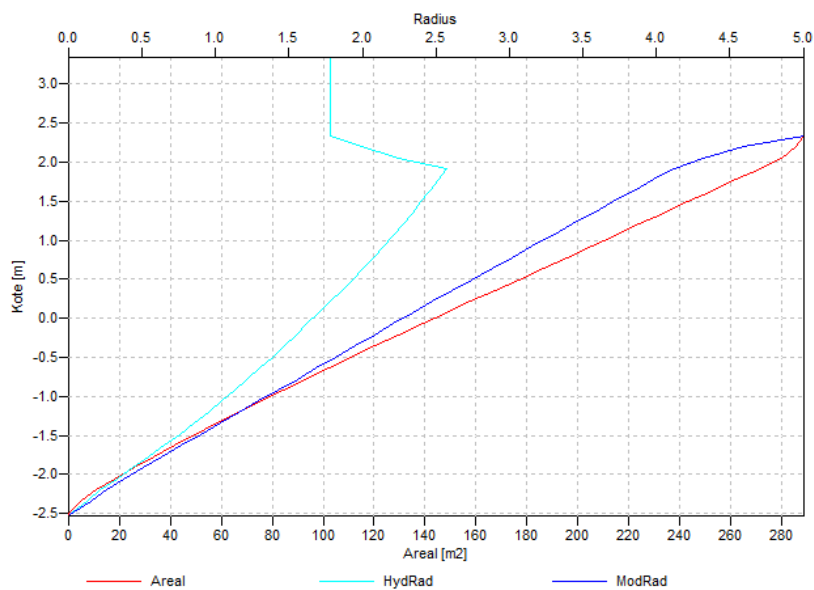
3.2 Randers Bro

Randers Bro er indlagt i modellen med nedenstående tværsnitsprofil, hvor der er taget hensyn til bropillerne.



Figur 11. Tværsnit af Randers Bro med kote 2,5 m DVR 90 markeret med blå streg (Orbicon).

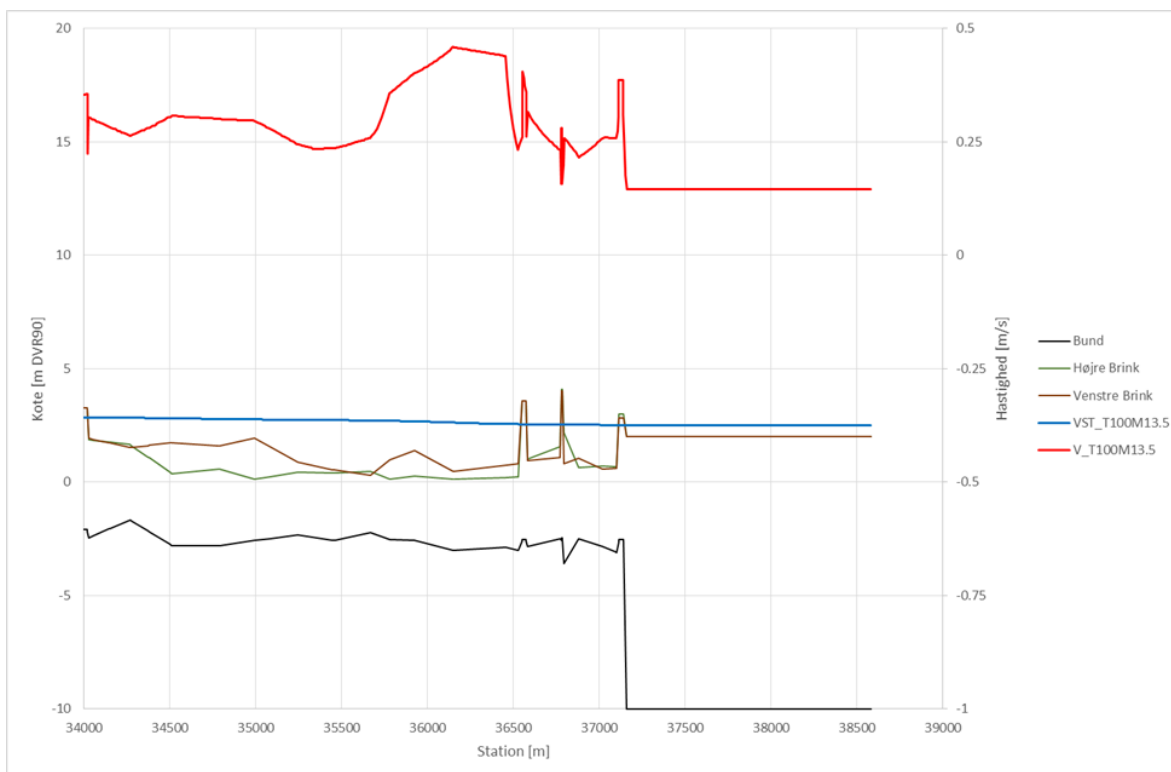
Det er valgt at regne på hydraulisk radius fremfor modstands radius. Hydraulisk radius er mest korrekt i forhold til brodækket, da modstanden fra undersiden af brodækket medtages. Det fremgår af nedenstående figur, hvor den hydrauliske radius er sammenlignet med modstands radius.



Figur 12. Hydraulisk og Modstandsradius samt Areal for tværsnittet under Randers Bro.

Som det fremgår af figuren reduceres den hydrauliske radius, når vandstanden når undersiden af brodækket ca. i kote 2. Det skyldes, at den våde perimeter øges uden at arealet øges. Det samme gør sig ikke gældende for modstands radius, hvilket også fremgår af figuren.

I beregningerne er der regnet på en 100-års afstrømningshændelse, hvilket medfører en vandføring på ca. $110 \text{ m}^3/\text{s}$ i Gudenåen gennem Randers. Som nedre rand er anvendt en stormflodshændelse med vandstand i kote 2,5 m i Randers Havn. Jævnfør tværsnitsprofilet for Randers Bro (figur 11) vil vandstanden dermed stå ca. midt på brodækket (figurens lyseblå linje). Der er regnet med et lavt sommer manningtal (13,5) under broen for at tage hensyn til uforudsete modstande, der sætter sig fast under broen. På trods af det lave manningtal og brodækkets effekt på den hydrauliske radius i kombination med den høje vandføring, ses der ikke nogen stuvning opstrøms broen, se længdeprofilet nedenfor (Randers Bro ligger ca. ved station 37.200 m). Foruden vandstanden ses strømningshastigheden på længdeprofilet. Det ses, at der er en acceleration under broen, men at det ikke medfører høje hastigheder, som giver anledning til store tryktab.



Figur 13. Beregning af Randers Bros påvirkning af vandspejlet i Gudenåen (Orbicon).

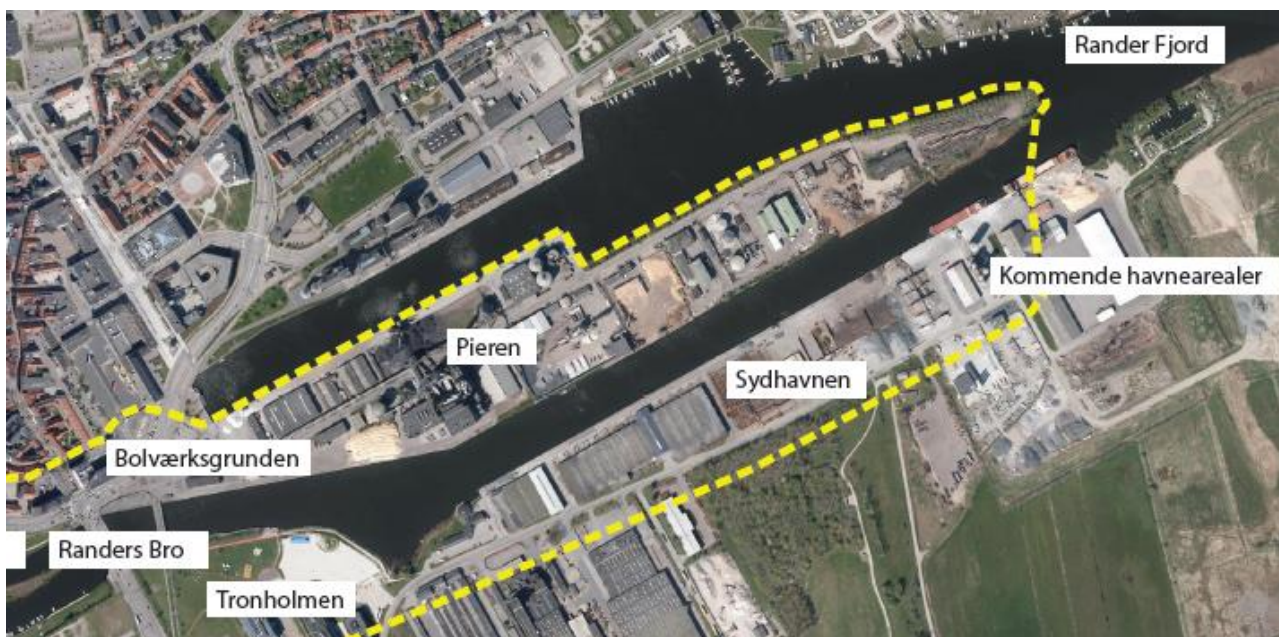
I beregningen er der anvendt en kombination af en 100-års afstrømningshændelse i Gudenåen og en stormflodshændelse i Randers Fjord. Såfremt afstrømningshændelsen forekommer under normale vandstandsforhold i Randers Fjord vil strømningshastigheden under Randers Bro være højere end i situationen med stormflod. Den højere hastighed vil medføre et forøget tryktab af en størrelse, der er af meget begrænset betydning og ikke vil forårsage højere vandstande opstrøms Randers Bro end i den beregnede kombination af 100-års hændelsen og stormflod.

På baggrund af ovenstående analyse vurderes det, at Randers Bro ikke er en hydraulisk flaskehals, og at Gudenåen ikke vil overskylle broen under de givne forhold. Det bemærkes dog, at Randers Bros konstruktion og stabilitet kan blive udfordret. Dette forhold er ikke vurderet nærmere i denne sammenhæng.

3.3 Det sydlige havneløb fra Randers Bro til spidsen af pieren

I screeningen er der gennemført to beregninger med en vandstand i fjorden på hhv. kote 2,5 og kote 0.

I begge beregninger er profilet på det sydlige havneløb indsnævret kraftigt for at få en vurdering af konsekvenserne, hvis sejlrenden ikke vedligeholdes som i dag, og hvis profilet indsnævres, f.eks. ved etablering af skrånende anlæg ud fra sydsiden af Pieren og Sydhavnen.



Figur 14. Luftfoto af områderne Pieren og Sydhavnen der indgår i Klimabandsprojektet.

Det er oplyst, at den eksisterende bund ligger i kote -7 m, og at bredden er 60 m (opmålt på luftfoto). Ved indsnævringen er dybden reduceret, så bunden ligger i kote -4 m og bredden er reduceret til det halve - 30 m, se nedenstående figur.

Gudenåen

Byen til Vandet

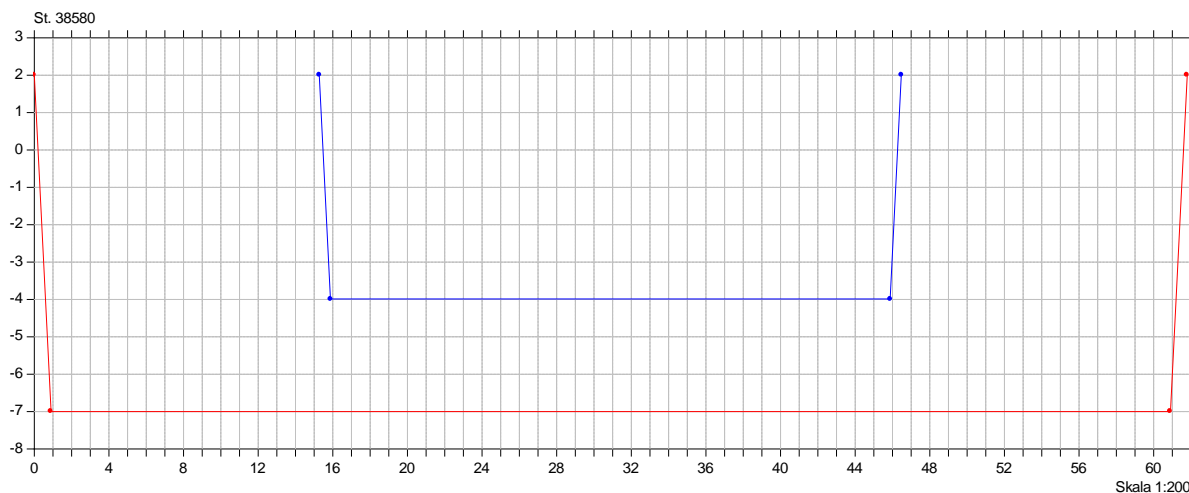
Lodret akse : Kote i m DV/R90, skala 1:50

Vandret akse : Afstand i m, skala 1:50

Gudenå Randers Havn

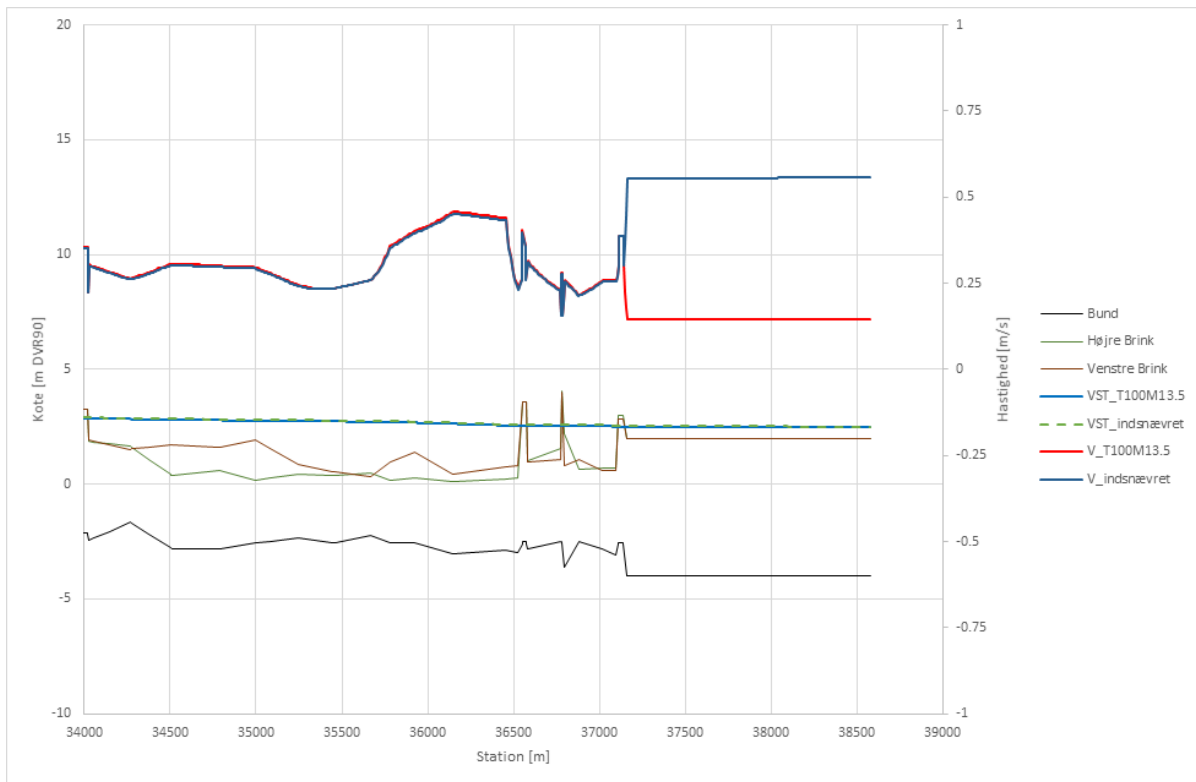
Gudenå Randers Havn indsnævring

—•— Gudenå Randers Havn indsnævring
—•— Gudenå Randers Havn



Figur 15. De to tværsnit af det sydlige havneløb langs pieren, som er brugt i beregningerne.

Nedenfor ses et længdeprofil, der viser indsnævringens effekt på vandstanden og hastigheden ved en vandspejlskote i fjorden på kote 2,5. Som det fremgår, vil hastigheden øges som følge af det reducerede tværsnitsareal, mens vandstanden næsten ikke ændres. Ved st. 37.000 m (Randers Bro) er effekten således en stigning på 2-3 cm ved 100-års afstrømningshændelsen, mens der ingen effekt ses ved de mindre afstrømningshændelser.



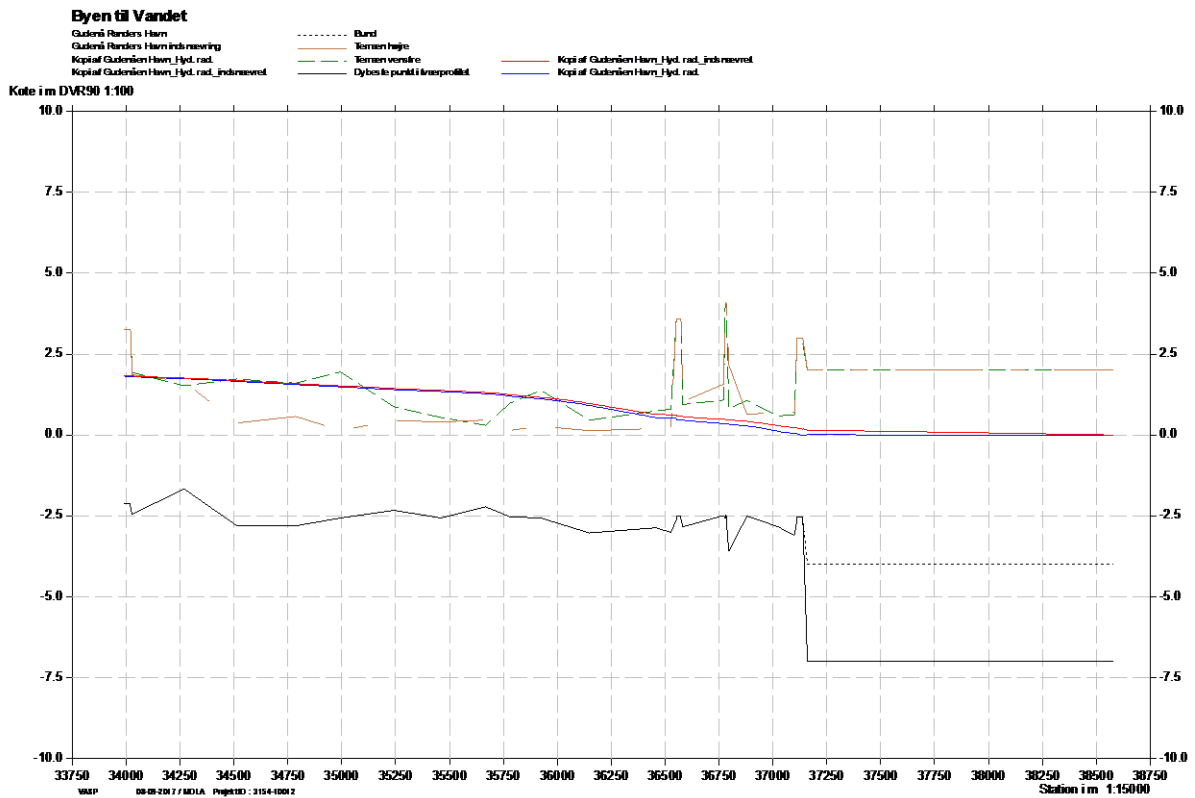
Figur 16. Resultat fra beregning med fjordens vandspejl i kote 2,5.

Der er lavet en tilsvarende beregning, hvor vandspejlet i fjorden sættes til kote 0, for at se indsnævringens betydning i en situation med en ekstrem afstrømningshændelse i Gudenåen og "normalt" vandspejl i fjorden.

Denne beregning viser, at hastigheden øges som følge af mindre tværsnit, hvilket giver et større energitab. Ved st. 37.000 m (Randers Bro) øges vandstanden herved med ca. 17 cm svarende til at vandstanden øges fra kote 0,05 m DVR90 til kote 0,22 m DVR90. Forskellen på vandstanden i det nuværende, brede tværsnit og det hypotetiske, smalle forløb er således størst, når der regnes på en normalsituation i fjorden og mindre, når der regnes på en stormflodshændelse. Dette er ganske forventeligt, da der i situationen uden stormflod er en vandspejlsgradient ned mod fjorden i kote 0. Ved kote 2,5 derimod er det derimod fjordens vandspejl, der dikterer åens vandspejl og ikke afstrømningen i Gudenåen.

Den beregnede stigning i vandspejlet på +17 cm i det smalle profil sammenlignet med det eksisterende brede profil aftager i øvrigt hurtigt opstrøms Randers Bro. Forskellen på +17 cm er ved motorvejsbroen (st. 33.990 m) reduceret til ca. +2 cm.

Gudenåen



Figur 17. Resultat fra beregning med fjordens vandspejl i kote 0.

Resultatet af undersøgelsen indikerer således, at indsnævring af tværsnitsprofilen i det sydlige havneløb ikke vil resultere i betydende påvirkning på vandstanden i Gudenåen.

Det bemærkes, at det snarere er strækningen opstrøms jernbanebroen langs Hvidemøllegrunden, som kan have en begrænset kapacitet. Dette har dog minimal betydning ved beregningerne under stormflod, hvor vandspejlsgradienten ved Hvidemøllegrunden er begrænset som følge af vandstandspåvirkningen fra Randers Havn.

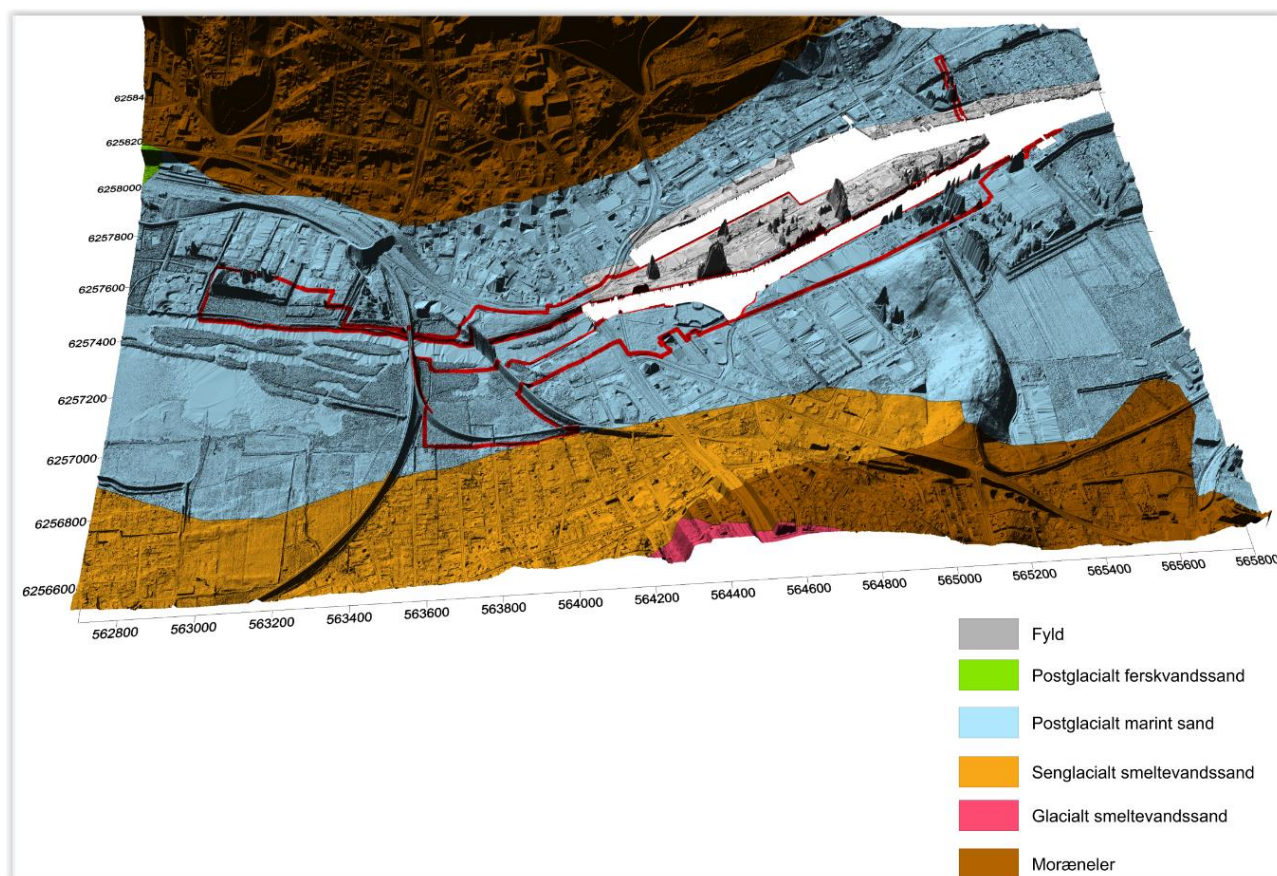
Ved 100-års afstrømningshændelsen er hastigheden i det indsnævrede profil langs pieren 0,9 m/s, hvorfor det må anbefales, at der anvendes erosionsrobuste materialer som grus og sten, når der skal bygges ud i Gudenåen. Der vil være risiko for erosion af jord og sand.

Det kan helt grundlæggende slås fast, at det er fjordens vandspejl, der afgør det kritiske vandspejl i Gudenåen ved Randers. Selv en 100-års afstrømningshændelse i Gudenåen giver en meget lille vandspejlsforøgelse under højvande. Gudenåens vandføring giver først anledning til større vandspejlsforskelle ved så lave vandstande i fjorden, at der ikke længere er risiko for oversvømmelse af Randers by.

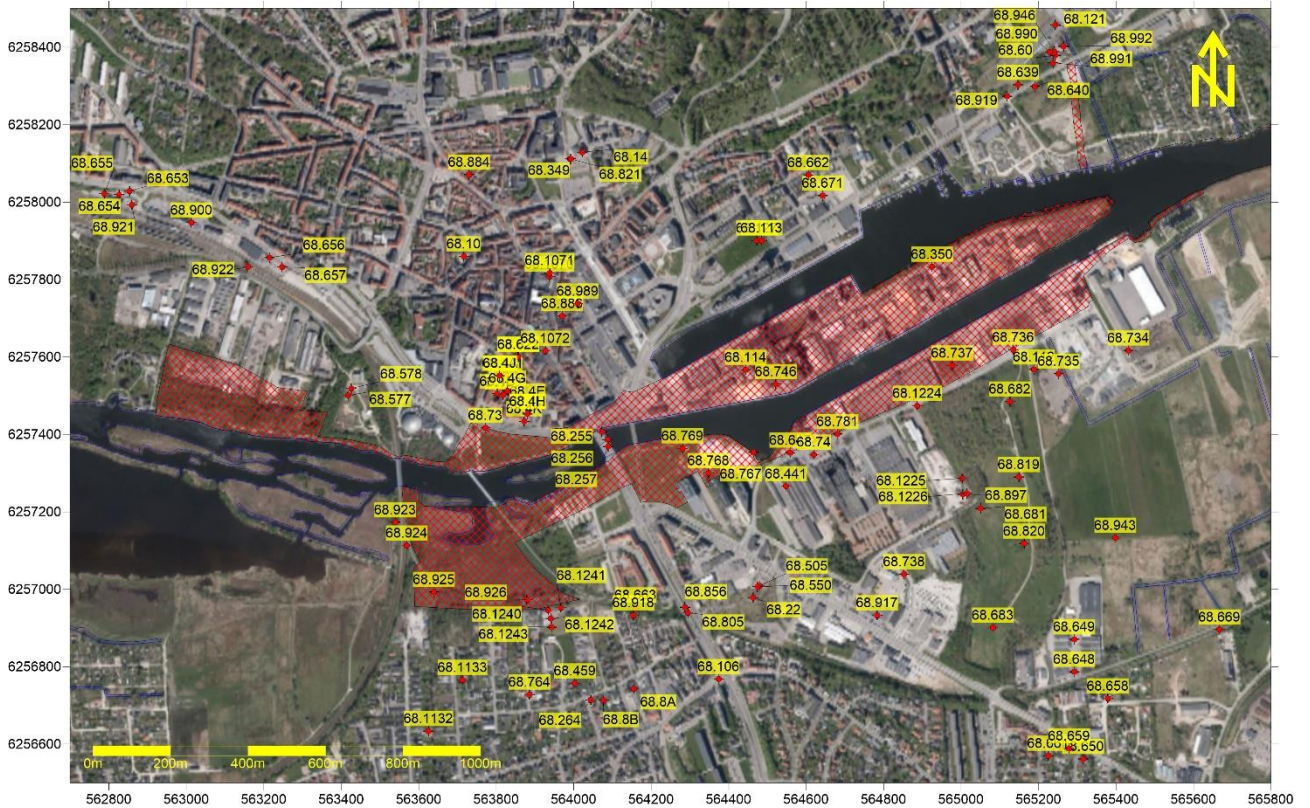
4 Jordbundsforhold og geotekniske vurderinger

Langs Klimabåndet i Randers er der udført en screening af jordbundsforholdene med henblik på at forstå terrænforhold, geoteknik, herunder funderingsmuligheder og risikoen for blød bund.

Klimabåndet ligger ved Randers Havn og Gudenåen midt i Randers. Ifølge GEUS' jordartskort strækker Klimabåndet sig gennem et område med dække af postglaciale marint sand i toppen. Borningsoplysninger indikerer, at lagfølgen under terræn er meget vekslende.



Figur 18. GEUS jordartskort (1:200.000) overlejret terrænmodellen. Klimabåndet er markeret med rød streg.



Figur 19. Kort med angivelse af boringer i GEUS' Jupiter-database. Klimabåndet er vist med rød skravering.

På Figur 19 er vist de boringer der findes i GEUS' Jupiter-database. Det ses, at der findes en del boringer indenfor eller langs Klimabåndet. Lagfølgen i de enkelte boringer er meget varieret. Typisk ses postglaciale aflejringer af sand, tørv og gytje ned til 10-12 m under terræn, før der antræffes fast bund.

4.1 Vurdering

I boringer i og langs Klimabåndet ses meget vekslende lagfølger. Boringer tæt på hinanden viser stor variation uden entydige lag. På grund af den stærkt varierende geologi i det øvre jordlag i Klimabåndet er det på det nuværende vidensgrundlag ikke muligt at anvisne lagfølger eller udpege områder, hvor der ikke må påregnes foranstaltninger mod blød bund.

Det må påregnes, at der skal udføres relativt detaljerede geotekniske undersøgelser i digetracéer, idet der vurderes at være betydelig risiko for sætninger langs tracéerne.

5 Håndtering af overfladevand ved Klimabåndet

Etablering af en stormflodsbeskyttelse gennem Randers vil påvirke afstrømningen af overfladevand fra bagvedliggende arealer. Nogle områder kan være i risiko for oversvømmelse af overfladevand (fra nedbør og/eller vandløb) i tilfælde af sammenfaldende hændelser med høj vandstand i fjorden og stor afstrømning fra bagvedliggende arealer.

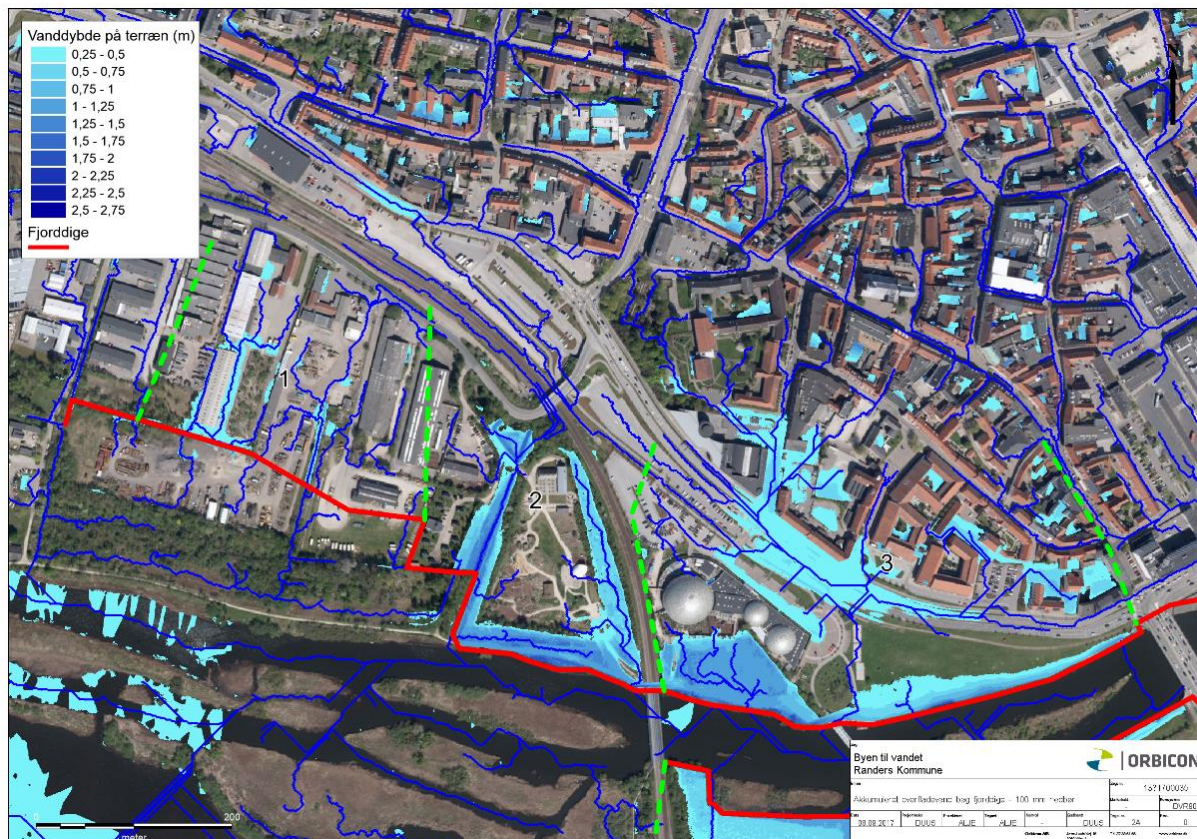
Som forberedelse til det videre arbejde med Klimabåndet er der foretaget en indledende screening af, hvor der er risiko for oversvømmelser med vand fra baglandet i tilfælde af sammenfaldende hændelser. Det forudsættes, at der er kontraklapper på alle udløb, så vand fra Randers Fjord ikke kan trænge ind bag en højvandsbeskyttelse gennem afløbssystemet. Målet er at afdække i hvilke områder, der er potentiale for at skabe synergi mellem håndtering af skybrudsvand og beskyttelse mod stormflod og derigennem bidrage til at sikre, at der arbejdes med robuste, fremtidssikrede løsninger.

5.1 Screening af arealerne langs Klimabåndet

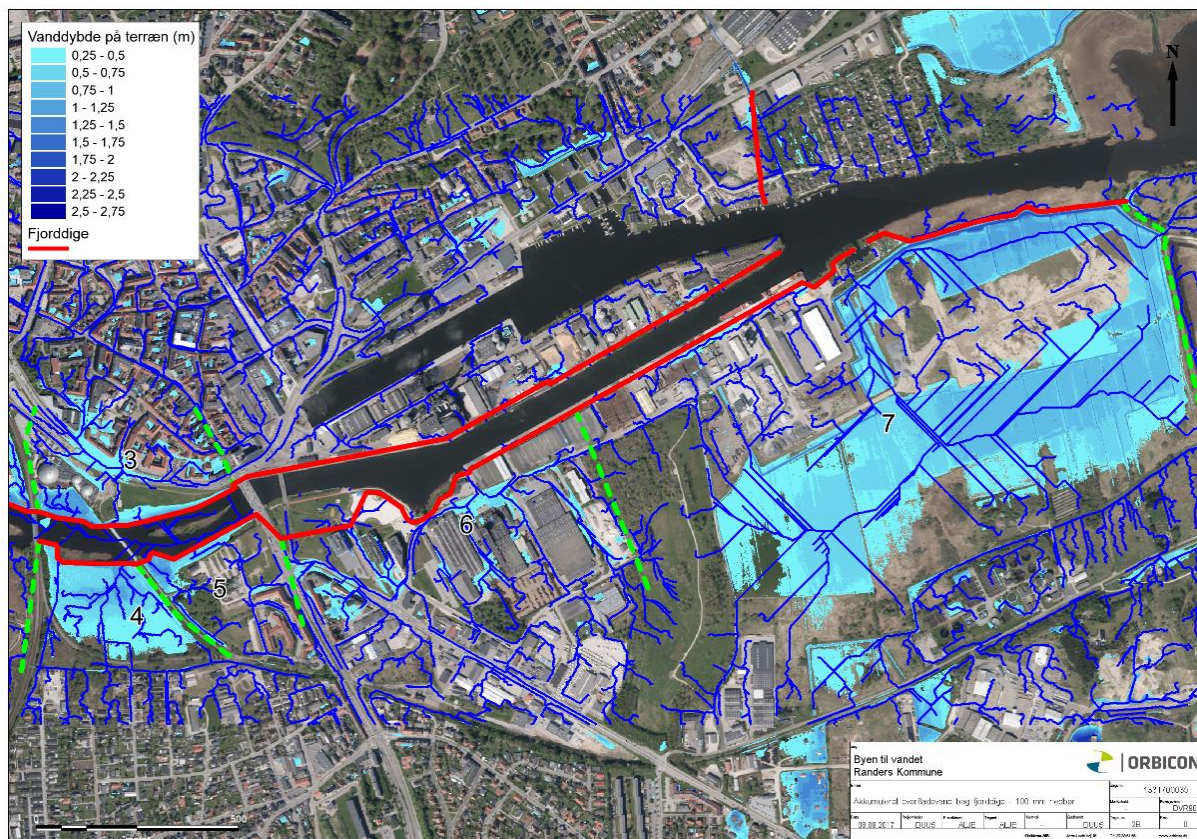
Til brug i screeningen skitseres en fiktiv digestrækning inden for Klimabåndets interesseområde i Scalgo Live. Langs strækningen antages terrænet hævet til over kote 3,0 m. De nedenfor viste oversvømmelser er beregnet ved en nedbørshændelse med 100 mm nedbør, hvor der alene antages at ske afstrømning på terræn (fra både befæstede og ubefæstede arealer). Der er således ikke taget højde for afledning af overfladevand via afløbssystemet. Strømningsvejene viser dog stadig, hvor overfladevandet ville løbe på terræn, hvis der ikke var dige mod fjorden.



Figur 20. Oversigtskort med angivelse af fiktivt dige og vand akkumuleret bag diget ved 100 mm nedbør (Orbicon).



Figur 21. Bluespot-kort med vanddybder >0,25 m ved etablering af dige. Strømningsveje er for situationen uden dige, hvor vandet kan løbe direkte i fjorden (Orbicon).



Figur 22. Bluespot-kort med vanddybder >0,25 m ved etablering af dige. Strømningsveje er for situationen uden dige, hvor vandet kan løbe direkte i fjorden (Orbicon).

På sydsiden af Gudenåen ved Randers Bro sker der i beregningen det, at terrænmodellens lavninger fyldes op, hvorefter vandet strømmer mod vest på tværs af vejen Randersbro/Strømmen til Brotoften. I virkeligheden vil man ikke tillade dette, men i højere grad håndtere nedbøren, hvor den falder. Derfor er vejen Randersbro/Strømmen rent beregningsteknisk forhøjet for bedre at kunne vurdere vandmængderne i de enkelte delområder.

Screeningen viser, at etablering af en højvandsbeskyttelse som skitseret på figuren ovenfor vil resultere i, at en række strømningsveje blive afskåret. Dette vil medføre, at overfladevand akkumuleres bag højvandsbeskyttelsen, såfremt der ikke etableres en udløbsmulighed med kontraklap. I højvandsituationer, hvor vandet ikke kan løbe passivt ud i fjorden, vil det blive nødvendigt at pumpe vandet væk, hvis det ikke kan magasineres.

5.2 Estimat på vandmængder i delområder

Screeningen viser konkret syv delområder, hvor der potentielt kan opstå betydelige oversvømmelser som følge af akkumulering af overfladevand bag ved en højvandsbeskyttelse.

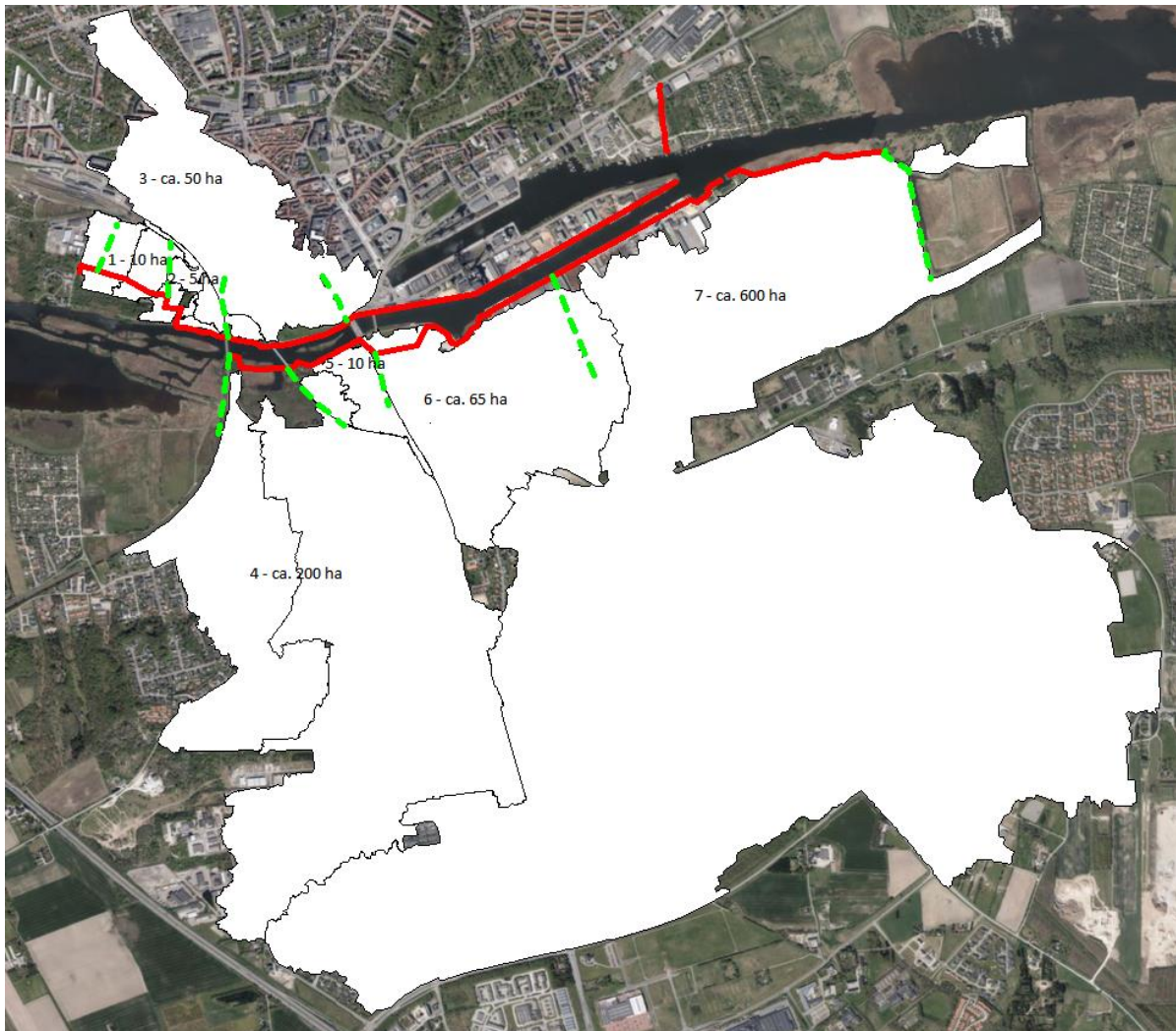
I Tabel 6 fremgår det totale akkumulerede vandvolumen i området. Det svarer til det samlede pumpebehov i området, hvis der ikke etableres opstuvningskapacitet. Pumpebehovet kan nedsættes, såfremt der etableres arealer indenfor områderne, hvor der kan magasineres vand uden påvirkning af infrastruktur, bygninger, tekniske anlæg mv. Desuden vises stigningen i akkumuleret vandvolumen ved etablering af en stormflodsbeskyttelse langs fjorden. Denne kolonne viser således konsekvensen ved etablering af en stormflodsbeskyttelse.

Tabel 6. Akkumulerede vandmængder (Orbicon).

Område	Akkumuleret vandvolumen i status (m ³)	Akkumuleret vandvolumen i plan (m ³)
1 - Hvidemøllegrunden	1.000	3.000
2 - Naturcentret	1.000	14.000
3 - Randers regnskov og Justesens Plæne	11.000	25.000
4 - Storkeengen	1.000	37.000
5 - Brotoften	2.000	10.000
6 - Tronholmen	12.000	23.000
7 - Den ny havn	390.000	390.000

Ovenstående vandmængder kan anvendes som indikation på den omtrentlige mængde vand, der skal håndteres. Det bemærkes, at mængderne kan variere ganske betragteligt afhængig af kloakkens vandtransport og de ubefæstede arealers evne til at akkumulere vand i jordmatricen.

Oplandene til de enkelte delområder ses på nedenstående figur. Oplandsstørrelsen afspejles, som det ses af det akkumulerede vandvolumen.



Figur 23. Oplandene til de områder bag en højvandsbeskyttelse, som er i risiko for oversvømmelse i tilfælde af ekstremnedbør (Orbicon).

5.3 Synergimuligheder

Screeningen har vist syv områder, som er i risiko for at blive oversvømmet af vand fra baglandet, hvis det ikke kan komme ud i Gudenåen. I det følgende redegøres for nogle betragtninger omkring synergimuligheder for de enkelte områder i forhold til vandhåndtering.

Område 1 – Hvidemøllegrunden

Dette er et interesseområde for Randers Spildevand i forhold til at etablere et regnvandsbassin til rensning af urbant regnvand. Dette bassin kan med fordel anvendes til håndtering af ekstremregn og udpumpning til Gudenåen. Der kan evt. etableres ekstra pumpekapacitet om nødvendigt. Dette kan fjerne de oversvømmelser, der ses omkring nogle af de eksisterende bygninger. Dette skal dog ses i forhold til den fremtidige anvendelse af området, som endnu ikke er afklaret.

Område 2 – Randers Regnskova Danmarksparken

Danmarksparken er højt beliggende og ikke umiddelbart truet af opstuvende vand. Der er sandsynligvis så megen magasineringskapacitet, at der er tid til at vente på, at vandstanden falder i Gudenåen, og vandet selv kan løbe ud. Dette kan eventuelt sikres indarbejdet i en fremtidig udviklingsplan for området.

Område 3 – Randers Regnskov og Justesens Plæne

Området syd for Randers Regnskov er i risiko for at blive oversvømmet med nedbør, hvis der etableres en stormflodsbeskyttelse foran. Det er primært den nedbør, som falder lokalt på området. Regnvandet fra dette område kan ikke ledes til Justesens Plæne, da den ligger højere i terrænet, og håndteringen af dette vand skal derfor ske på de arealer, som Randers Regnskov i dag disponerer over.

Et væsentligt større opland afstrømmer via parkeringspladserne syd for Tørvebryggen og selve Tørvebryggen. Vand fra dette opland kan give oversvømmelser ved Tørvebryggen, Hospitalsgade og Laksetorvet, før det løber over den vestlige ende af Justesens Plæne til Gudenåen. Oversvømmelserne kan reduceres ved at etablere en skybrudsrende i Justesens Plæne til Gudenåen. En kontraklap skal etableres for at sikre, at vand fra Gudenåen ikke kan trænge op i oplandet i tilfælde af stormflod.

Hvis højvandsbeskyttelsen etableres nede ved Gudenåen, kan plænen bruges til magasinering af regnvand. Hvis beskyttelsen etableres ved Tørvebryggen vil det umiddelbart forværre oversvømmelsesrisikoen ved Tørvebryggen, Hospitalsgade og Laksetorvet, med mindre der etableres en løsning, hvor udfordringen håndteres, f.eks. ved at pumpe eller lede regnvandet væk. Det anbefales, at magasineringskapaciteten på plænen vurderes i forhold til oplandsstørrelse og evt. pumpekapacitet.

Område 4 – Storkeengen

Der er udarbejdet et forprojekt for Storkeengen, hvor der er skitseret et vådområde med dige til håndtering og pumpning af regnvand fra Vorup. Dette delområde er således allerede velbearbejdet og kommenteres ikke nærmere.

Område 5 – Brotoften

Dette område er beliggende ved siden af Storkeengen. Vand der akkumuleres på dette areal kan med fordel ledes til Storkeengen for at undgå oversvømmelser på Brotoften, som ligger højere. Dette er pt. ikke medtaget i forprojektet, men er en oplagt synergi-mulighed.

Område 6 – Tronholmen

Dette område strækker sig fra Århusvej ud til Kranvej. Overfladevand fra dette område akkumuleres til dels mellem bygninger og på vejen Tronholmen, før vandstanden når et niveau, hvor vandet kan strømme ud ved Jernvej. I den vestlige del af området er der mulighed for at benytte grønne arealer til magasinering og forsinkelse af vandet. I den østlige del er der umiddelbart begrænsede muligheder for at holde vand tilbage, hvorfor det virker oplagt at pumpe vandet ud ved Jernvej.

Område 7 – Sydhavnen og de fremtidige havnearealer

Dette område omfatter byudviklingsområdet ved Sydhavnen og øst herfor udviklingsarealerne, hvor Randers Havn på sigt udflyttes til. Der ligger et næsten 6 km² stort hydrologisk opland bag dette område, og meget store vandmængder vil kunne strømme til dette område.

Den ny sydhavn skal bygges med kajkant i kote 3, så selve havnen vil fungere som højvandsværn. Overfladevandet fra havnearealerne og fra baglandet kan med fordel håndteres på arealerne syd for de fremtidige havnearealer, hvor der bør afsættes plads til vand, eventuelt sammen med natur.

6 Potentialer for naturudvikling langs Klimabåndet

Naturen er et vigtigt element i grundfortællingen om Klimabåndet. Randers Kommune lægger vægt på, at Klimabåndet skal styrke den bynære natur og skabe sammenhæng mellem naturen øst og vest for Randers. I den forbindelse skal det tilstræbes, at Klimabåndet tager afsæt i den naturidentitet, der allerede er langs Gudenåen og Randers Fjord, så Klimabåndets naturidentitet spiller sammen med den eksisterende natur.

Der er naturligvis en lang række forhold, der spiller ind på den endelige udformning af naturidentiteten og, mere konkret, naturindholdet i klimatilpasningsløsningerne langs Klimabåndet: eksempelvis lokale vandstandsforhold og klimatiske faktorer, jordforurening, sammenhæng med den omgivende natur og hensyn til hjemmehørende flora og fauna. Dertil kommer æstetiske hensyn, hensyn til byudvikling, rekreative interesser, robusthed over for lokal benyttelse og meget mere.

Denne screening er således ikke et endegyldigt svar på mulighederne i Klimabåndet. Den skal læses som et indspark til afklaringsprocessen og ikke som konkrete ønsker til de enkelte områder. Screeningen belyser naturpotentialet i Klimabåndet med afsæt i den eksisterende natur og de lokale fysiske forhold i Klimabåndets delområder. Med det udgangspunkt giver screeningen *forslag til* det naturmæssige indhold og gradienter, der svarer til, hvad man ville kunne finde i et givent område, hvis byen ikke var der, eller til, hvad man måtte ønske på intensivt urbaniserede arealer for at bringe naturen tæt på beboerne og brugerne af arealerne.

Der tages således ikke stilling til ændringer af eksisterende natur. I stedet gives *forslag* til at koble denne sammen med den fremtidige natur på måder, som både fremmer nytteværdien af den nye natur for mennesker, og som skaber grundlag for større naturindhold og større biodiversitet i byen og byens kant mod vandet.

Der tages heller ikke stilling til den detaljerede udvikling af enkelte arealer, da det naturligvis først kan udarbejdes i en helhedsorienteret og tværfaglig proces i konkurrencen, hvor naturen samtænkes med klimatilpasningsløsninger, hensyn til byudviklingen osv. Derfor er screeningen holdt på overordnet niveau.



Figur 24. Klimabåndets geografiske afgrænsning markeret med den gule stiplede linje.

Hvidemølleområdet

Den eksisterende natur nærmest åen har status som §3-beskyttet mose og består af vådt og fugtigt pile- og ellekrat. Dette område kan bevares uforandret som en naturlig overgang mellem åen og det bagvedliggende byområde. Den nordlige del af dette afsnit ligger højere i terræn og er i dag urbant areal uden eller med meget ringe naturindhold.

Her kunne man som overgang til det eksisterende ånære, mere eller mindre utilgængelige område plante højt voksende træer med sigte på skabelse af en fremtidig skov. Denne består ved "modenhed" ideelt set (i forhold til klima) af spredte træer, hvis kroner tilsammen danner et skyggefuldt og køligt skovmiljø, i hvilket der er et højloftet skovrum med mulighed for forskellige rekreative aktiviteter, og hvor de store træer udgør det primære element i områdets biosfære.

Med en sådan højstammet skov vil man få et bynært og ret tørt skovmiljø, der gradvis går over i den naturlige, ånære og våde pile- og ellekrat. Skoven vil efter få år byde på mere kølige og skyggefulde arealer, end man finder i det nærliggende, intensivt bebyggede område.

Alternativet til en med tiden højstammet skov er en lysåben, tør og overdrevsagtig natur. En sådan vil komme til at stå i skarp kontrast til den eksisterende fugtige/våde bræmme langs åen og vil ikke



Figur 25. Billede fra Langå Egeskov med et lyst skovrum på tør bund, hvor træerne (så vidt muligt naturlige danske arter) tjener som grøn kulisse.

byde på samme klimamæssige og rekreative gevinster som skoven. Men fordi arealet er sydvendt, vil en kombination af lysåbent areal med spredte, skyggegivende træer også kunne være attraktivt, både naturmæssigt og rekreativt.



Figur 26. Billedet er Hungstrup skov, der viser kombinationen af spredte træer og lysåbent areal.

Justesens Plæne

Naturindholdet i området kan styrkes ved at supplere det nuværende græsområde med buske og træer, der kan opdele den meget eksponerede flade og skabe skygge og læ. Det vil bidrage til øget naturindhold ved at skabe træhabitater for fugle og insekter. Biodiversiteten kan yderligere fremmes ved at berige området med små, lavvandede vandhuller, ligesom der kan etableres små bakker med forskellig udformning og eksponering, evt. som del af højvandsbeskyttelsen. Både vandhuller og bakker etableres i og med råjord.

Det lille naturområde mellem Brotoften og Storkeengen kan være model for områdets beplantning: lysåbne græsarealer med spredte bevoksninger af buske og træer og lavtliggende partier med sump og lavt vand.



Figur 27. Justesens plæne i Randers.

Brotoften

Den sydlige å-front er i forhold til åen og dennes natur begrænset af de bindinger og begrænsninger, som knytter sig til motorbådsklubben og befæstningen af åbredden. Der eksisterer derfor ikke aktuelt en naturlig overgang mellem åen og det bagvedliggende areal, og der er heller ikke muligheder for, med den nuværende bådhavn, at skabe en naturlig overgang.

Det bagvedliggende område er tørt og indbyder til etablering af et lysåbent græsland med spredte bevoksninger af buske og træer, svarende til det afgræssede område på den del af Brotoften, der ligger lige øst for banestien, der krydser Den blå bro. Arealet kan med sigte på fremme af biodiversiteten og de rekreative kvaliteter beriges med små, lavvandede vandhuller, ligesom der kan etableres små terrænforhøjninger med forskellig udformning og eksponering. Både vandhuller og bakker etableres i og med råjord.



Figur 28. Lysåbent areal ved Krakamarken sydøst for Randers.

Tronholmen

Arealet har i dag for hovedpartens vedkommende karakter af lysåbent græsland med fokus på rekreative aktiviteter. De eksisterende variationsskabende beplantninger er alle præget af stram geometri og ensartet indhold, hvorfor de mere bidrager til arealets landskabelige udtryk end til naturindholdet.

De aktuelt store græsflader kan, under skyldig hensyntagen til de rekreative aktiviteter, tilføres naturberigende elementer såsom spredte, form- og indholdsmæssigt diverse bevoksninger af træer og buske, små terrænhævninger, spredte sten og stenansamlinger samt lavvandede vandhuller.

Randen mod vandet er i dag delvis befæstet og delvis med naturlig kantvegetation. Der kan arbejdes med at skabe et større naturindhold i overgangen mellem land og vand.

Tagrør vil som længere ude i fjorden kunne være det naturlige vegetationselement på stedet, men fordi arten er højt voksende, vil den kunne tage udsigten til vandfladen. Da udsigten mod vandet givetvis er et stort aktiv i området, kan der etableres en fortsat lavtvoksende rørsump, som man fra randen af arealet kan se ud over. Det kan derfor være mere attraktivt med en lavtvoksende art som Strand-Kogleaks.

Grænsefladen mellem urbane arealer og fjorden er vanskelig at håndtere i henseende til den terrestriske natur, idet kun få arter kan trives i et miljø med vekslende saltholdighed og vandstand og tidvis bølgeeksponering. Store sten og robuste sumpplanter synes derfor at være det oplagte valg, hvis grænsefladen skal have et vist indhold af grøn land-/sumpvegetation.

På overgangen mellem land og vand kan store kampesten over vand være visuelt attraktive, sammenlignet med betonkonstruktioner o. lign. Under vand vil de udgøre et habitat for marine alger, fisk og dyr. Med den rette udformning og de rette adgangsforhold vil sådanne kampesten få karakter af et kunstigt rev, som kan opleves på nært hold. På mere overordnet plan vil en sådan udformning af overgangen mellem land og vand kunne bidrage til naturindholdet i de tilgrænsende vandområder og vil på den måde kunne være en gevinst for naturindholdet i den urbane del af Randers Fjord.



Figur 29. Strand kogleaks (foto: Wind, P. 2013).



Figur 30. Aarhus Ø har fået et kunstigt stenrev for at tiltrække sæler og anden marin flora og fauna. Samtidig fungerer området som en vandlegeplads, hvor gæster kan opleve revets biodiversitet på tæt hold (Foto: Axel Schütt, Aarhus Stiftstidende 2015).

Pieren

Halvøen er i dag præget af et meget lille indhold af natur, idet det meste af fladen og randen har stærkt præg af havnearealer og de dertil knyttede aktiviteter. Det fremtidige naturindhold bliver derfor et spørgsmål om vægningen af naturarealer i forhold til urbane arealer. Idet det antages, at pieren i fremtiden er et attraktivt byudviklingsområde, tages der udgangspunkt i, at der primært kan blive tale om at etablere natur (grønne arealer) med stor rekreativ og klimamæssig nytteværdi. Sådanne arealer vil typisk være træer til skabelse af skygge og kølige opholdsarealer samt lysåbne, grønne arealer til at bryde med bygninger og veje. I det omfang arealanvendelsen tillader det, kan der naturligvis også etableres vandhuller, men idet afstanden til det omgivende vand er lille, er mere vand og landplaceret vandnatur næppe det mest oplagte valg. På hovedparten af arealet vil det fremtidige naturindhold derfor i udstrakt grad være bestemt af valget af buske og træer og karakteren af de lysåbne og tørre grønne arealer.

Langs kanten er der flere muligheder for at indarbejde et naturindhold i udformningen af området. En naturlig rand af rørskov vil mime det billede, der findes i Randers Fjord og Gudenåen og hæve naturkvaliteten. Da pierens rand sandsynligvis vil være meget attraktiv til etablering af nærkontakt med det omgivende vand, vil en ubrudt, naturlig rand med rørskov imidlertid næppe være det primære valg. Alternativt kan der arbejdes med en vekslende kant, hvor der stedvis bevares eller etableres en grøn rand af rørsump.



Figur 31. Naturlig kant med betydeligt naturindhold langs Perreux floden i Frankrig (Base 2011).

Hvor naturindholdet langs kanten skal indpasses sammen med en række andre hensyn, er der mere frie muligheder for at fremme naturen i vandet. Det kan eksempelvis gøres ved at skabe en bund, der virker tiltrækkende på fisk, som kan opleves fra de befæstede arealer. En sådan rand/bund kunne bestå af vanddækkede kampesten, på hvilke der erfaringsmæssigt vil vokse forskellige makroalger, og på og mellem hvilke et bredt spektrum af fisk og dyr vil kunne leve. Naturen i vandkanten vil kunne ses og opleves fra det tilstødende byrum.

Spidsen af halvøen rummer i dag det største naturindhold. Dette kan bevares og styrkes ved at udlægge spidsen af halvøen til dennes grønne oase med en natur præget af lysåbne græsarealer på de højest beliggende flader og en naturlig rand af rørskov mod vandet.



Figur 32. Forskelligt naturindhold og typer af vandkanter langs Gudenåen.

Sydhavn

Den nuværende sydhavn er i dag præget af et meget lille indhold af natur, idet det meste af fladen og randen har stærkt præget af havnearealer og industriel udnyttelse.

Det fremtidige naturindhold bliver derfor et spørgsmål om vægtningen af naturarealer i forhold til urbane arealer. Som på pieren antages det, at der i det forventeligt attraktive byudviklingsområde fremover primært kan blive tale om at etablere natur (grønne arealer) med stor rekreativ og klimamæssig nytteværdi. Sådanne arealer vil typisk være træer til skabelse af skygge og kølige opholdsarealer, samt lysåbne, grønne og mest tørre arealer (eks. små tørre bakker med karakter af overdrev) til at bryde med bygninger og veje. I det omfang arealanvendelsen tillader det, kan der naturligvis også etableres vandhuller, men idet afstanden til vand er lille, er mere landplaceret vand og vandnatur næppe det mest oplagte valg på arealet. På hovedparten af arealet vil det fremtidige naturindhold således i udstrakt grad være bestemt af valget af buske og træer og karakteren af de lysåbne, tørre grønne arealer.



Figur 33. Lysåbent grønt område ved Læsten bakker.

Som beskrevet for pieren vil rørskovene være et naturligt indslag langs kanten mod vandet. Da området forventes at være meget attraktivt til etablering af nærkontakt med det omgivende vand, kan en naturlig rand med rørskov komme i konflikt med andre hensyn. Der kan eventuelt arbejdes med, at man stedvis bevarer eller etablerer en grøn rand af rørsump kombineret med andre beplantninger, der tillader større udsyn til vandet.

Det gælder ligeledes som for pieren, at der kan arbejdes med at fremme naturen i vandet, eksempelvis ved at skabe en bund, der virker tiltrækkende på fisk, og som kan opleves fra de befæstede arealer. Derudover vil det være en oplagt mulighed at fremme kontakten med vandmiljøet ved at etablere kanaler ind i og på arealet. Hvis der arbejdes med kanaler ind i området (eller andre steder i området), kan sådanne

kanaler beriges naturmæssig ved udlægning af store sten, der vil fungere som kunstige rev til gavn for vandmiljøet.



Figur 34. Leg og ophold langs vandkanten ved Fussingø sø.

I modsætning til Pieren er der i baglandet til Sydhavnen store grønne arealer, som rummer et langt større naturpotentiale end selve havnefronten. I kraft af den korte afstand kan de hurtigt nås til fods eller på cykel. Dette forhold kan indtænkes i måden, hvorpå Sydhavnen beriges med grønne arealer. Der kan således arbejdes på at etablere en naturmæssig kobling til de bagvedliggende arealer. Der kan også arbejdes bevidst med at naturindholdet langs Sydhavnen skal adskille sig fra den bagvedliggende natur med en anden og mere bypræget natur.

Referencer:

Axel Schutt, *Aarhus Stiftstidende* (2015) - <https://stiften.dk/aarhus/Nye-stenrev-til-marsvin-og-saeler-ved-Aarhus-Oe/artikel/273421>

Visit Aalborg (2017) - <http://www.visitaalborg.dk/aalborg/aalborg-havnefront>

Wind, P. (2013) - <http://allearter-databasen.dk/index.php?taksonomi=Schoenoplectus+maritimus>

Base 2011. <http://www.baseland.fr/en/riverbanks-coastal-places/just-completed-perreux-banks>

