

Holbæk Kommune

Risikokortlægning i relation til DK2020



Endelig rapport
oktober 2021



Indholdsfortegnelse

0	Sammenfatning.....	1
1	Indledning.....	3
2	Baggrund og formål	3
3	Metoder og data	4
3.1	Generelt om beregning af risikokort.....	4
3.1.1	Definitioner og beregningsmetode	4
3.1.2	Kortlægning af værdier og skadekurver.....	4
3.1.3	Beregning af risikokort - UCAT	7
3.2	Oversvømmelseskort for nedbør.....	7
3.2.1	Klimascenarier.....	8
3.2.2	Oversvømmelseskort for ikke-kloakerede områder	10
3.2.3	Endelige risikokort for nedbør.....	11
3.3	Oversvømmelseskort for havvand	11
3.4	Oversvømmelseskort for vandløb	14
4	Beregningsforudsætninger og -begrænsninger	15
5	Resultater	17
5.1	Generelt	17
5.2	Overblik	19
5.3	Nedbør	19
5.4	Havvand.....	23
5.5	Vandløb	27
5.6	Grundvand	30
6	Diskussion og anbefalinger.....	34
6.1	Diskussion af resultaterne.....	34
6.2	Anbefalinger.....	35
7	Referencer	36



Kvalitetssikring

<i>Kunde</i> Holbæk Kommune	<i>Kundens repræsentant</i> Andreas Jønck Faartoft
--------------------------------	---

<i>Projekt</i> Risikokortlægning i relation til DK2020	<i>Projekt reference</i>
---	--------------------------

<i>Udarbejdet af</i> Jørgen Bo Nielsen	<i>Dato</i> Oktober 2021
	<i>Godkendt af</i> Erland B. Rasmussen

<i>vision</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Af</i>	<i>Kontrolleret</i>	<i>Godkendt</i>	<i>Dato</i>
	Foreløbig udgave	JBN	EBR	EBR	25 okt
	Endelig udgave	JBN	EBR	EBR	27 okt



O Sammenfatning

CBMC Group har for Holbæk Kommune udarbejdet **risikokort** in relation til oversvømmelser forårsaget af:

- Skybrud
- Stormflod (herunder stigende middelvandspejl i havet)
- Vandløb

Risikokort forstås i denne sammenhæng som kort over de statistisk set forventede årlige skader (i kr./m²), som skyldes oversvømmelser med de nævnte årsager.

Disse risici forventes at udvikle sig (vokse) som følge af klimaændringer. For at kvantificere de forventede udviklinger i risici er der udarbejdet risikokort for tre klimascenarier:

- Klimaet i 2020
- Klimaet, som det forventes at være i 2070
- Klimaet, som det forventes at være i 2120

Skadeberegningerne er foretaget efter Ingeniørforeningens forskrifter for beregning af risikokort som følge af oversvømmelser. Risikoen for en given lokalitet afhænger af to faktorer:

1. Sandsynligheden for, at der forekommer oversvømmelser
2. De værdier, der befinder sig på stedet – eller mere præcist: omfanget af skader, såfremt disse værdier oversvømmes

I dette projekt er sandsynligheden for oversvømmelser fra skybrud beregnet med en kombination af dynamiske hydrauliske modeller dækkende de kloakerede områder og simplificerede, ikke-dynamiske metoder dækkende de ikke-kloakerede dele af kommunen.

Sandsynligheden for oversvømmelser fra havet (stigende middelvandstand og stormflod) er beregnet med en ikke-dynamisk model, som tillader havvandet at udbrede sig ind over land til alle områder, som ligger under vandstanden i havet, og som er forbundet til havet via områder, som også ligger lavere end havets vandstand.

Sandsynligheden af oversvømmelser fra vandløb er beregnet på grundlag af oversvømmelseskort fra Kystdirektoratet, som er baseret på ikke-dynamisk modellering af vandløbene med deres tilstødende områder.

Kort over de værdier, som er potentielt udsatte for skader ved oversvømmelser er etableret ud fra data fra BBR (bygninger) kombineret med data fra SDFE (veje, jernbaner, marker). Skadekurver for de forskellige typer af værdier er etableret med udgangspunkt i PLASK (Miljøstyrelsen) og med tilføjelser / justeringer aftalt med Holbæk Kommune.

Risikokortene er således udarbejdet efter ens metoder og på et ensartet data-grundlag for alle tre typer af oversvømmelser.

De udarbejdede risikokort er derfor velegnede til at:

1. Give et overordnet overblik over de forventelige gennemsnitlige årlige skader for alle dele af Holbæk Kommune som følge af skybrud,



- stormflod eller oversvømmelser fra vandløb for nutidssituationen og for de to fremskrevne klimascenarier;
2. Vurdere udviklingen i risiko som følge af klimaændringer og også til at vurdere den relative ændring af risiko relateret til de tre oversvømmelsestyper;
 3. Udpege delområder, hvor risikoen for skader er særligt høje, og hvor det derfor kan være hensigtsmæssigt enten at detailanalysere risici, at se på konkrete klimatilpasningstiltag eller på anden måde tage højde for denne risiko i kommunens planlægning.

Det skal fremhæves, at alle beregningerne er foretaget på grundlag af værdier og skadekurver, som svarer til forholdene i 2020. Der er således ikke taget højde for udviklinger i bygningsmassen eller andre udviklinger af infrastrukturen over perioden.

Resultaterne i de beregnede risikokort er kvantitative – udtrykt som forventede skader i kr./m²/år. For alle tre typer af oversvømmelser gælder, at skaderne typisk er relateret til få, men voldsomme begivenheder, som medfører meget store skader (jf. f.eks. de to store skybrud i København i 2011 og 2014 og jf. stormfloden forårsaget af stormen Bodil i 2013). Når sådanne enkeltbegivenheder indregnes statistisk i de årlige forventede skader, så får man tal, som ser høje ud, hvis man sammenholder dem med de skader, som man har registreret igennem en mere fredelig periode. Det er også tilfældet her, hvor Holbæk ikke har oplevet større skybrud eller skadevoldende stormfloder i en årrække. Resultaterne er derfor udtryk for, at man også i Holbæk statistisk må forvente at blive ramt af oversvømmelser i de kommende år – og at skaderne kan blive betydelige.

Resultaterne peger, som forventet, på at risikoen for skader vil vokse som følge af de forudsete klimaændringer.

Mere bemærkelsesværdigt er, at resultaterne også peger på, at over perioden fra nutiden til 2070 og videre til 2120 vil der ske en forskydning i risikoen, således at de forventede skader fra stormflod vil vokse betydeligt hurtigere end de forventede skader fra skybrud og oversvømmelser fra vandløb. Tabel O-1. viser de relative skader fra skybrud, vandløb og stormflod for Holbæk Kommune, således som de er beregnet for de tre årstal. De absolutte tal og tal for delområder af kommunen findes i rapportens Afsnit 5.

Tabel O-1 indeholder også en kolonne med de beregnede totale forventede årlige skader for Holbæk Kommune – med samme indeks. Det fremgår, at de samlede risici i løbet af de nærmeste 100 år vil blive godt og vel fordoblet.

Tabel O-1 *Forventede årlige skader (EAD, to betydende cifre) forårsaget af skybrud, vandløb hhv. stormflod, samt total i Holbæk Kommune omregnet til indeks, hvor stormflod EAD i 2020 er sat til indeks 100*

	Nutid	2070	2120
Skybrud	1300	1400	1500
Vandløb	130	130	140
Stormflod	100	310	1600
Total alle oversvømmelser	1500	1900	3300



1 Indledning

Nærværende rapport dækker projektarbejde udført af CBMC Group i henhold til kontrakt dateret 30. juni 2021 mellem Holbæk Kommune og CBMC Group om "Levering af risikokortlægning ifm. Klimatilpasningsarbejdet under DK2020".

Projektets indhold og omfang er beskrevet i tilbud fra CBMC Group dateret juni 2021.

2 Baggrund og formål

Det overordnede formål med opgaven har været at få foretaget en udførlig risikokortlægning for oversvømmelser i kommunen med henblik på anvendelse i kommunens arbejde inden for rammerne af DK2020 klimaplanlægning.

Det har været Holbæk Kommunes ønske at inddrage vand fra "alle sider" i klimaplanlægningen, hvilket i praksis vil sige havvand, regnvand, åer og vandløb samt grundvand. Nærværende afrapportering omfatter således risikokortlægning for alle fire typer af oversvømmelser.

Det har videre været Holbæk Kommunes målsætning, at det skal være muligt at sammenligne risici på tværs af årsager og på tværs af geografiske underområder i kommunen. Risikokort for de tre førstnævnte typer af oversvømmelser er derfor behandlet ud fra metoder og på grundlag af data, der gør det muligt at levere kvantitative kort i høj opløsning og sammenlignelige på tværs af oversvømmelsestype og lokalitet.

For grundvand er det ikke muligt at etablere egentlige oversvømmelseskort, hvorfor risici fra grundvand er behandlet mere kvalitativt med henblik på udpegning af områder, hvor kommunen bør udvise særlig bevågenhed i forbindelse med lokalplaner og lign.



3 Metoder og data

3.1 Generelt om beregning af risikokort

3.1.1 Definitioner og beregningsmetode

Risiko defineres som:

$$\text{Risiko} = \text{Sandsynlighed} \times \text{Konsekvens}$$

Risikokort for en given type oversvømmelse er med andre ord et kort over risikoen defineret som sandsynligheden for oversvømmelse multipliceret med de skader, som oversvømmelsen vil forårsage - beregnet og summeret op for alle tænkelige oversvømmelseshændelser fra de hyppige til de ekstremt sjældne.

Ved en sådan beregning kan man regne sig frem til - og kortlægge:

$$\text{Forventede Årlige Omkostninger} = \text{Estimated Annual Damages (EAD)}$$

Til at beskrive oversvømmelsens **sandsynlighed**, altså om en oversvømmelse sker hyppigt eller sjældent, benytter man begrebet gentagelsesperiode. En oversvømmelse med en gentagelsesperiode på 10 år vil i gennemsnit forekomme én gang for hvert 10 år. For at kunne beregne EAD skal man kende oversvømmelsernes omfang for en række forskellige gentagelsesperioder. Disse skal være angivet i form af oversvømmelseskort med vanddybder i hvert punkt - hver celle - i kortet.

Til at beskrive oversvømmelsens **konsekvens** skal man kende en skadekurve - igen i form af et kort med en skadekurve for hvert punkt (hver celle) i kortet. Skadekurven beskriver konsekvensen i form af skader ved en given oversvømmelse i kr./m². Skadekurven for en given celle afhænger af, hvilken type af værdi (også kaldet asset), der befinder sig på denne lokation - om det er en bygning, en vej, en mark eller noget fjerde.

For at beregne EAD har man med andre ord brug for:

- Oversvømmelseskort for en række gentagelsesperioder
- Kort med værdier (assets) og tilknyttede skadekurver

Til fortolkning af disse to datasæt har man desuden brug for højdedata - også kaldet digitale terrændata eller DEM-data. DEM-data benyttes typisk både ved beregningerne af oversvømmelseskortene og til den efterfølgende automatiske fortolkning af sammenhængen mellem oversvømmelser og skader. Det er vigtigt for beregningernes validitet, at der benyttes de samme DEM-data i de to dele af processen.

Ovenstående gælder helt generelt uanset oversvømmelsestype og uanset hvilket klimascenarie, der er tale om.

3.1.2 Kortlægning af værdier og skadekurver

Som grundlag for risikoberegningerne i dette projekt gælder endvidere, at der er anvendt éns skadekurver uanset typen af oversvømmelse og uanset det givne klimascenarie. Dette er et bevidst valg, som har til formål at sikre sammenlignelighed af EAD-kortene, således at prioritering af indsatser kan ske på et ensartet grundlag.

Valget af værdier (assets), som er taget i betragtning i beregningerne af EAD-kort, er sket i samråd med Holbæk Kommune. Valget reflekterer bl.a. den



nyeste lovgivning vedr. fastsættelse af serviceniveau m.v. for håndtering af tag- og overfladevandregler (Ref. /1/).

For hver værditype (asset klasse) beskrives skadekurven i dette projekt ved to parametre:

1. En tærskelværdi, som er minimumsvanddybden, der udløser en skade
2. En skadestørrelse, som er skaden i kr. per m², når tærskelværdien overskrides

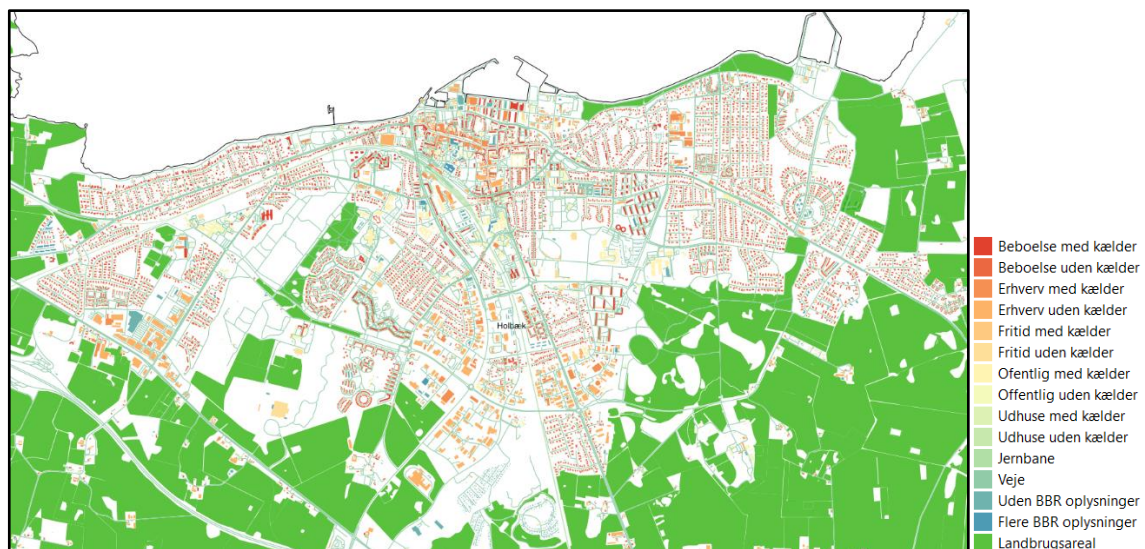
De valgte asset klasser med tilhørende parametre er vis i Tabel 3-1 herunder.

Tabel 3-1 *Asset klasser, antal assets og tilhørende nøgleparametre*

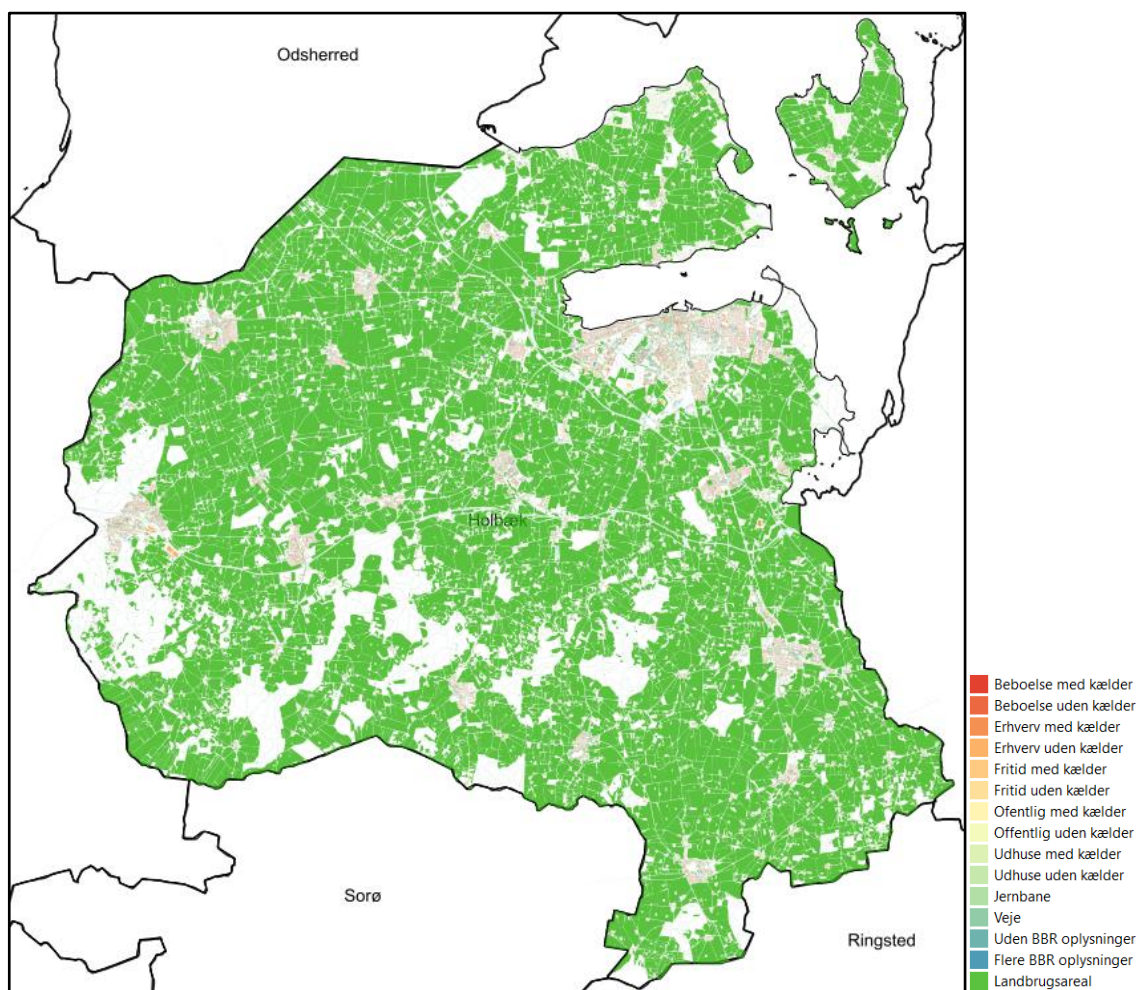
	Antal	Tærskel for skade (cm)	Skade (kr./m ²)
Beboelse med kælder	5.353	25	550
Beboelse uden kælder	16.393	25	1.200
Erhverv med kælder	364	25	550
Erhverv uden kælder	6.906	25	1.200
Offentlig med kælder	230	25	550
Offentlig uden kælder	453	25	1.200
Fritid med kælder	89	30	360
Fritid uden kælder	3.608	30	720
Udhuse og lign. med kælder	50	30	120
Udhuse og lign.uden kælder	30.352	30	120
Uden BBR registreringer	15.786	25	550
Flere BBR reg. for samme bygning	710	30	120
Vejstrækninger	31.169	40	12
Jernbanestrækninger	155	40	3
Landbrugsarealer	6.593	20	0,3
Totale antal enheder	118.211		

Den geografiske kortlægning af assets er fastlagt ud fra BBR-data udtrukket til projektet af Holbæk Kommune suppleret med offentligt tilgængelige data (SDFE) for assets andre end bygninger.

Assets er kortlagt i samme opløsning som anvendt ved EAD-beregningerne. Figur 3-1 og Figur 3-2 viser de færdige asset kort for hele Holbæk By henholdsvis hele Holbæk Kommune.



Figur 3-1 Kort over assets anvendt i projektet, Holbæk By



Figur 3-2 Kort over assets anvendt i projektet, Holbæk Kommune



3.1.3 Beregning af risikokort - UCAT

Selve beregningerne af risikokort – kort over EAD - er gennemført ved hjælp af **UCAT** – en suite af software udviklet af CBMC Group specifikt til risiko-baseret planlægning af klimatilpasning.

UCAT kombinerer oversvømmelseskort med kort over skadekurver og højde-data (digitale terrændata) til beregning af risikokort i høj opløsning. UCAT kan anvende oversvømmelseskort fra mange kilder, f.eks. Scalgo Live, MIKE FLOOD, eller simple GIS-beregninger af oversvømmelser fra hav. UCAT er primært et screeningsværktøj, som er målrettet til at finde områder med høj risiko for skader fra oversvømmelser. UCAT kan dog også benyttes med oversvømmelseskort beregnet med dynamiske modeller (f.eks. MIKE FLOOD) og kan derfor også benyttes til en egentlig optimering af klimatilpasnings-løsninger.

UCAT regner hurtigt og effektivt og er derfor også velegnet til scenarie-beregninger og følsomhedsanalyser.

I nærværende projekt er alle EAD-beregninger for alle typer oversvømmelser og alle klimascenarier gennemført med brug af UCAT. UCAT-beregningerne er gennemført med en opløsning på 1,6 m x 1,6 m.

UCAT-resultaterne kan aggregeres på forskellige måder for at gøre dem lettere at overskue og mere praktiske at anvende. I dette projekt er anvendt aggregering på for forskellige typer af oplande jf. Afsnit 5.

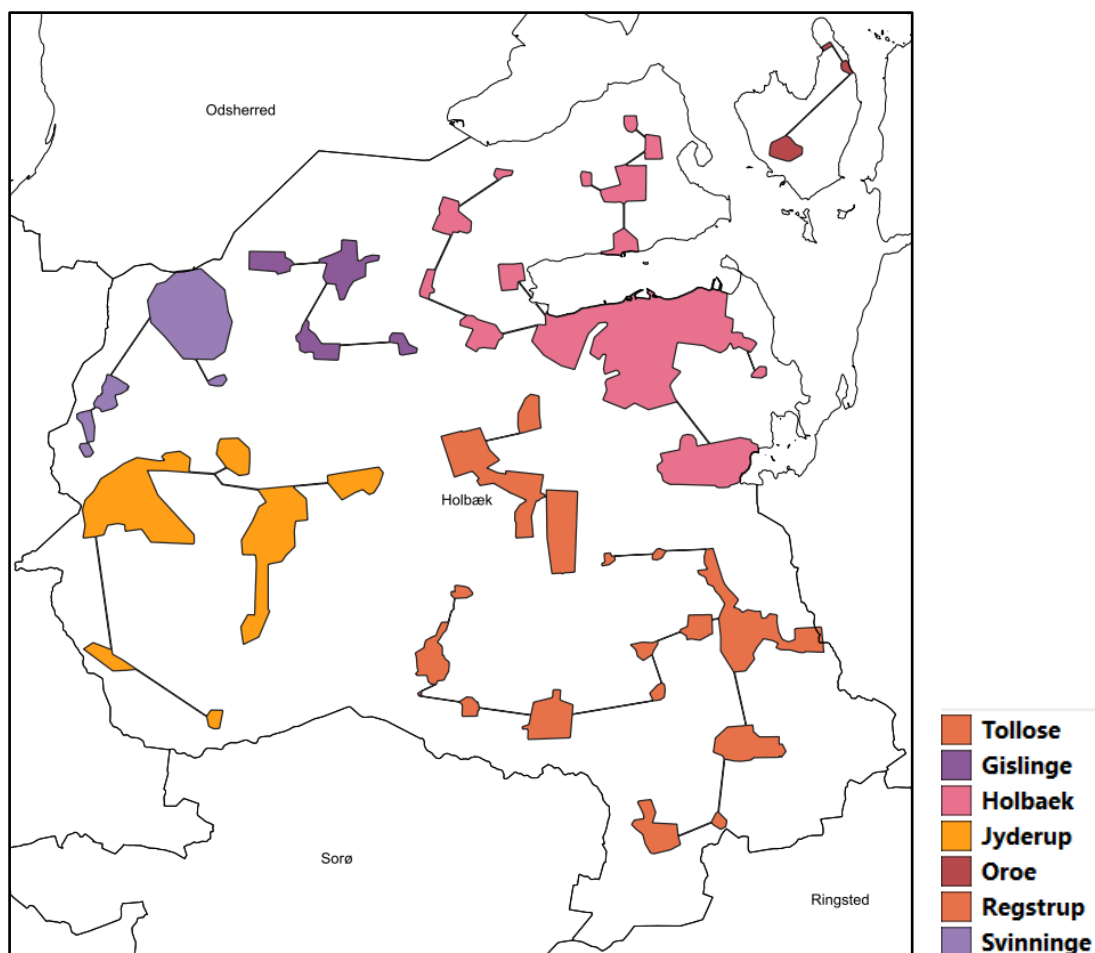
3.2 Oversvømmelseskort for nedbør

Projektets risikokort relateret til nedbør (skybrud) er beregnet på grundlag af oversvømmelseskort, som er tilvejebragt på to forskellige måder:

- For byerne (i store træk lig med de kloakerede dele af Holbæk Kommune) er anvendt oversvømmelseskort, som er resultater fra simuleringer gennemført med brug af MIKE URBAN FLOOD – et simuleringsværktøj udviklet af DHI. Beregningsresultaterne er leveret af Fors A/S, som har anvendt Krüger som udførende rådgiver på opgaven.
- For alle andre dele af Holbæk Kommune er anvendt oversvømmelseskort beregnet med UCAT på grundlag af data fra Dataforsyningen – datasættet DHM_Bluespot_Extremregn.

Den meteorologiske definition på et skybrud i Danmark er, at der falder mere end 15 mm nedbør på 30 minutter.

Figur 3-3 viser de delområder af Holbæk Kommune, for hvilke data fra Fors A/S (Krüger) er benyttet.



Figur 3-3 Kort over områder, hvor Krüger modelresultater er anvendt

3.2.1 Klimascenarier

Krügers oversvømmelseskort er etableret for 9 nedbørsmængder svarende til 3 gentagelsesperioder for hvert af de 3 klimascenarier. De tre klimascenarier svarer til nutid, 2070 hhv. 2120. Nedbør for 2070 og 2120 er estimeret ud fra klimascenarier RCP4.5, henholdsvis RCP8.5.

Gentagelsesperioderne er 10, 20 og 100 år. Krüger har valgt at anvende regnserier baseret på "Chicago Design Storms" (CDS) med 2 timers varighed. Dette er en standardmetode, som anbefales af Spildevandskomiteen og understøttes med offentligt tilgængelige værktøjer.

Til hver af de 9 regnserier svarer en samlet nedbørsmængde integreret over de 2 timer, CDS-hændelsen varer. Tabel 3-2 viser disse nedbørsmængder for de 9 regnserier.

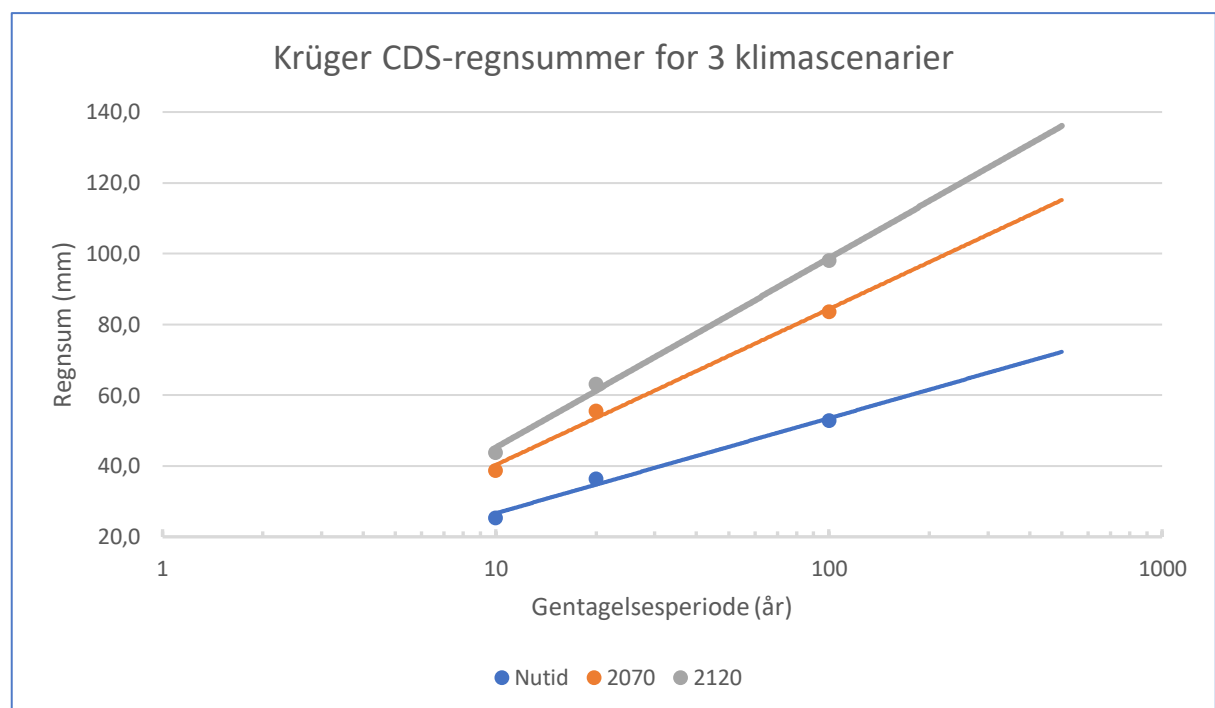


Tabel 3-2 *Nedbørsmængder i mm for Krügers 9 CDS-regnserier*

	Gentagelsesperiode (år)		
	10	20	100
Nutid	25,5	36,4	53,0
2070	38,8	55,7	83,7
2120	43,8	63,3	98,1

Beregningen af EAD sker, som beskrevet ovenfor, ved en integration af en kurve med skadeværdier beregnet for et antal gentagelsesperioder. Det er vigtigt for beregningernes nøjagtighed, at kurven er godt beskrevet, dvs. at kurven baseres på et tilstrækkeligt stort antal punkter – svarende til antal gentagelsesperioder. Tre gentagelsesperioder er derfor et minimum.

Krügers oversvømmelseskort er beregnet for i alt 9 regnserier. Hver af disse kan fortolkes som svarende til en gentagelsesperiode for hvert af de tre klimascenarier. Dette er gjort ved hjælp af kurverne i Figur 3-4. De resulterende ækvivalente gentagelsesperioder er vist i Tabel 3-3.



Figur 3-4 *CDS-regnsummer for 3 klimascenarier og tre gentagelsesperioder*



Tabel 3-3 Ækvivalente gentagelsesperioder for Krüger-simuleringer

Krügerregn	Ækvivalent gentagelsesperiode (år)		
	Nutid	2070	2120
Nutid – 10 års returperiode	10	5	5
Nutid – 20 års returperiode	20	8	7
2070 – 10 års returperiode	32	10	8
2120 – 10 års returperiode	48	12	10
Nutid – 100 års returperiode	100	19	13
2070 – 20 års returperiode	120	20	16
2120 – 20 års returperiode	220	33	20
2070 – 100 års returperiode	1200	100	53
2120 – 100 års returperiode	3000	200	100

I UCAT-beregningerne er inkluderet de gentagelsesperioder, som er markeret med grønt i Tabel 3-3. Hver EAD-kurve er således opløst med 6 punkter på kurven, hvilket giver en forbedret nøjagtighed af integrationen.

3.2.2 Oversvømmelseskort for ikke-kloakerede områder

For ikke-kloakerede områder er beregningerne af risikokort – EAD-kort – baseret på oversvømmelseskort etableret ud fra data fra Dataforsyningen, nærmere bestemt: datasættet DHM_Bluespot_Extremregn (kaldet: Bluespot-kort).

UCAT omregner dette datasæt til oversvømmelseskort for en given ekstrem-nedbør. Det sker med DEM-data fra datasættet DHM/Nedbør, som er en terrænmodel, hvor der er indarbejdet hydrologiske tilpasninger. Det inkluderer f.eks. strømningsveje under vejbroer, rørlagte dele af vandløb, etc.

Oversvømmelseskort er etableret for en serie af ekstrem-nedbørsmængder. Til hver af disse oversvømmelseskort svarer en gentagelsesperiode for hvert af de tre klimascenarier. Ved beregningen af disse gentagelsesperioder er der taget hensyn til:

- Nedbørsforhold for ekstremregn specifikt for Holbæk Kommune. Der er anvendt regnsommer svarende til 2-timers CDS-serier, så der er overensstemmelse med Krügers valg.
- Reduktion svarende til en konservativt estimeret nedsivning (7,2 mm over to timer), idet Bluespot-kort er beregnet uden hensyntagen til nedsivning.

De anvendte ekstrem-nedbørsmængder og deres ækvivalente gentagelsesperioder for de tre klimascenarier er vist i Tabel 3-4.



Tabel 3-4 Ækvivalente gentagelsesperioder for Bluespot nedbørsmængder

Nedbør (mm)	Gentagelsesperiode (år)		
	Nutid	2070	2120
20	12	8	7
30	23	16	12
40	60	31	21
50	108	64	35
65	500	107	85
80	1080	500	200
95		1030	500

EAD-kort nedbør for de tre klimascenarier for hele Holbæk Kommune er beregnet ud fra oversvømmelseskort svarende til de regnmængder og gentagelsesperioder, som er vist i Tabel 3-4. De viste nedbørsmængder i Tabel 3-4 er reduceret med en kapacitet svarende til et 10-års serviceniveau.

3.2.3 Endelige risikokort for nedbør

De endelige risikokort for nedbør er sammensat ud fra UCAT-resultater for henholdsvis kloakerede områder (EAD baseret på Krügers simuleringer) og UCAT-resultater for ikke-kloakerede områder (EAD baseret på bluespot kort).

3.3 Oversvømmelseskort for havvand

Vandspejlet i Isefjord stiger som følge af klimaforandringerne. Det bedste bud (jf. klimatilpasning.dk) på stigende vandspejl i Isefjord ligger for de forskellige klimascenarier på mellem 0,3 og 0,6 m fra 1986-2005 til 2081-2100.

Prognoserne for stigningen er behæftet med usikkerhed, og der er derfor også en risiko for, at stigningerne bliver større. Den generelle vandstandsstigning bør korrigeres for landhævning.

Landhævningerne ved Holbæk ligger på 0,94 mm/år, hvilket på en 50 års horisont (2070) svarer til ca. 5 cm og til ca. 10 cm i år 2120.

Klimaændringerne betyder ikke kun, at middelvandspejlet stiger, men også at der sker meteorologiske ændringer, som ændrer intensiteten og hyppigheden af storme. Effekten af hyppigere og kraftigere vinde vil dog være inkluderet i ændringerne i ekstremværdierne for stormflod, således at en nutidig 1000 års hændelse måske vil svare til en 500 års hændelse i år 2120. Ekstremstatistikken for stormflod skal derfor også fremskrives.

På dette grundlag er det valgt at tage udgangspunkt i en let konservativ havvandsstigning (40 cm år 2070 hhv. 100 cm år 2120 og delvis kompenseret af landhævning) med følgende scenarier:

2070: 0,40 m - 0,05 m = 0,35 m

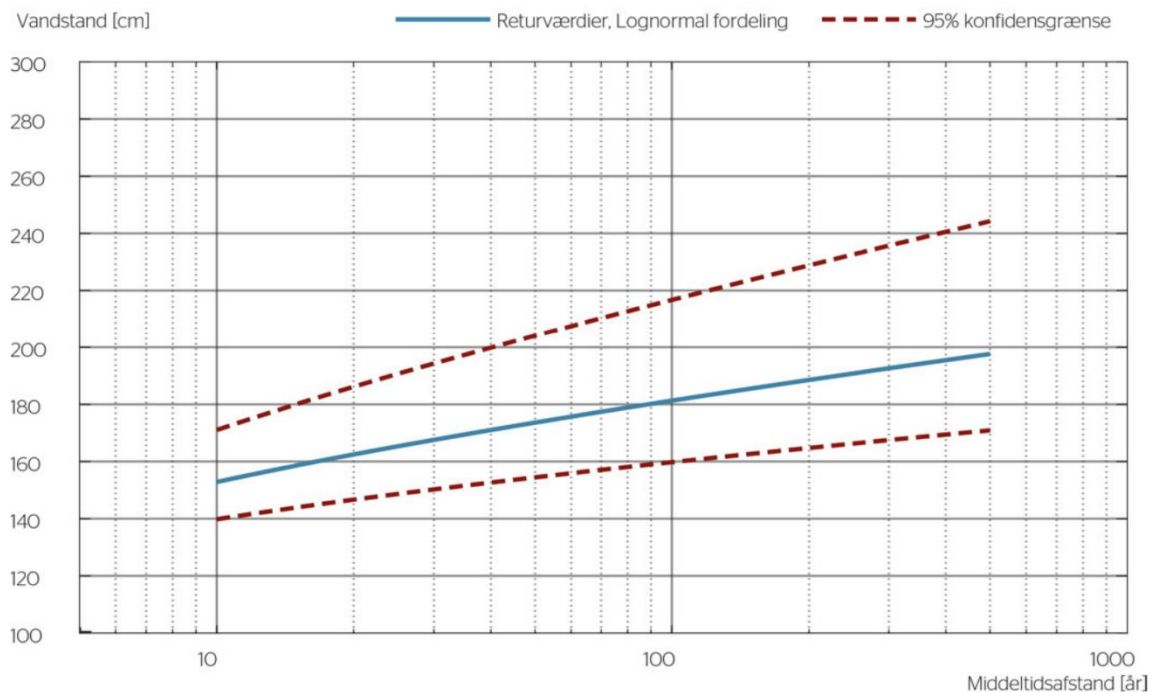
2120: 1,00 m - 0,10 m = 0,90 m

Disse havvandsstigninger skal ses i sammenhæng med den generelle vandstandsstatistik for ekstremvandstande i Holbæk, som er vist i Figur 3-5.



Middeltidshændelser

Vandstand [cm]



Figur 3-5 Ekstremvandstande (cm) i Holbæk Havn, nutid, som funktion af gentagelsesperiode. Fra Ref. /2/

Samlet giver det ekstremvandstande for de tre klimascenarier, som vist i Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Ekstremvandstande som funktion af gentagelsesperiode for de tre klimascenarier

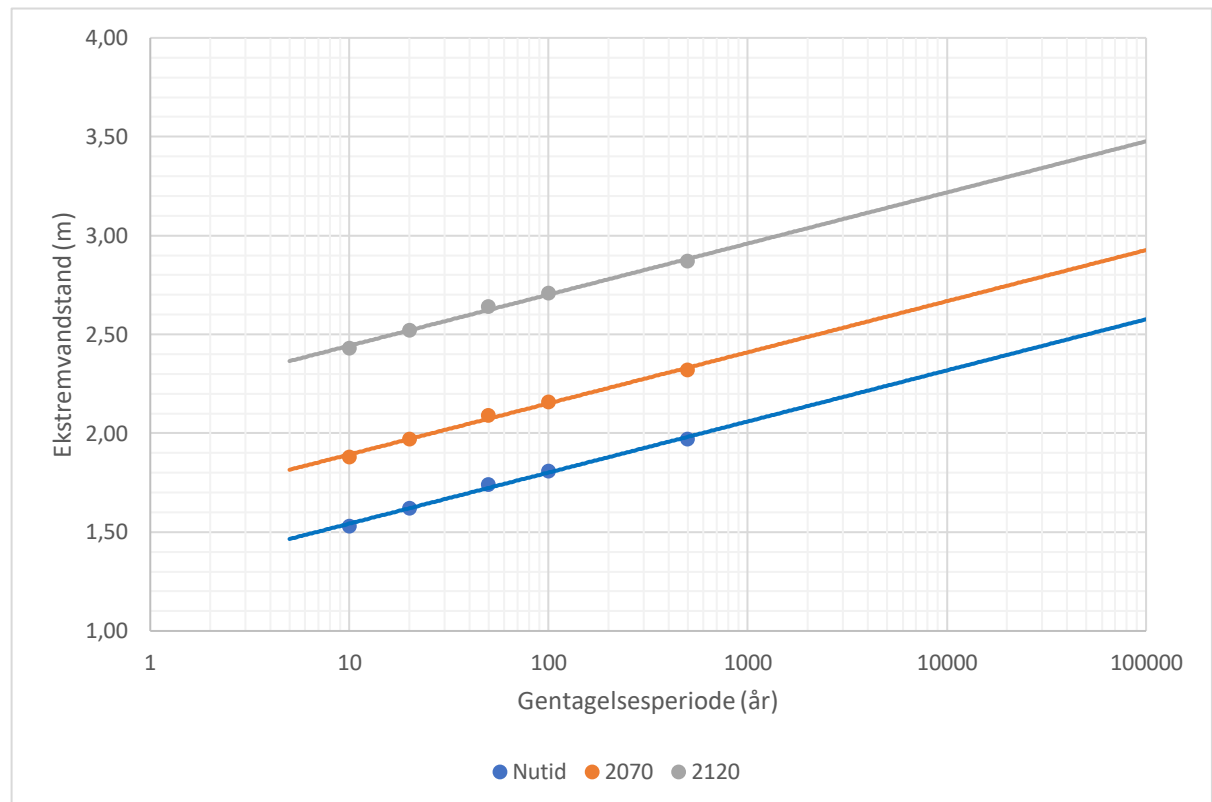
Gentagelsesperiode (år)	Vandstand (m)		
	Nutid	2070	2120
10	1,53	1,88	2,43
20	1,62	1,97	2,52
50	1,74	2,09	2,64
100	1,81	2,16	2,71
500	1,97	2,32	2,87

På dette grundlag er der valgt at beregne oversvømmelseskort for 8 vandstande: 1,5 m til og med 2,9 m med 0,2 m intervaller. Disse vandstande er konverteret til ækvivalente gentagelsesperioder ved hjælp af graferne i Figur 3-6 med resultaterne vist i Tabel 3-6. De viste ækvivalente gentagelsesperioder med tilhørende oversvømmelseskort er benyttet som input til UCAT for de tre klimascenarier.

Selve oversvømmelseskortene for havvand for de 8 forskellige vandstande er beregnet med en flood-fill metode, som tillader vand at strømme ind over land, såfremt der er en vej gennem terrænet, som ligger lavere end vand-



spejlet i havet. Dataforsyningen har etableret en DEM målrettet denne type beregninger, idet der er foretaget kvalitetssikring af beskrivelsen af diger, og samtidig er alle sluser lukket i terrænmodellen. Denne DEM er anvendt i projektet.



Figur 3-6 *Ekstremvandstande (m) i Holbæk Havn, tre klimascenarier, som funktion af gentagelsesperiode*

Tabel 3-6 *Vandstande brugt i UCAT-beregningerne af EAD for havvand med deres gentagelsesperioder*

Vandstand (m)	Gentagelsesperiode (år)		
	Nutid	2070	2120
1,5	7		
1,7	40	1	
1,9	230	10	
2,1	1.040	60	1
2,3	9.000	500	2
2,5	50.000	2.000	16
2,7		12.000	100
2,9			600



3.4 Oversvømmelseskort for vandløb

Oversvømmelseskort i høj opløsning for ekstremhændelser for vandløb kan hentes på oversvommelse.kyst.dk for tre gentagelsesperioder: 20, 100 og 1000 år. Der er tale om beregninger gennemført med ikke-dynamiske modeller og gældende for klimascenariet "Nutid".

Der findes ikke tilsvarende oversvømmelseskort for fremtidige klimascenarier. Der findes heller ikke klare anbefalinger af, hvordan fremtidige oversvømmelser skal estimeres.

I dette projekt er det derfor valgt at benytte en fremgangsmåde, som svarer til dem anvendt for vandstande og for Krüger nedbørshændelser: At estimere de ækvivalente gentagelsesperioder for de tre eksisterende oversvømmelseskort for de to fremtidige klimascenarier.

I GEUS-rapporten "Klimaeffekter på hydrologi og afstrømning – klimaekstremvandføring" er det anslået, at maximum-afstrømninger i åer i Østdanmark kan forventes at stige med ca. 25% frem imod 2070 og med ca. 50% frem imod 2100-2120.

Det kan med rimelighed antages, at ekstrem-afstrømning og ekstrem-vandstand følges ad. Samme afstrømning vil give samme vandstand nu og i de fremtidige scenarier. Med den antagelse, og med brug af afstrømningsdata fra stationer i nærheden af Holbæk – fra samme GEUS-rapport – finder man de ækvivalente gentagelsesperioder vist i Tabel 3-7.

EAD for de tre klimascenarier er derfor beregnet med UCAT på grundlag af disse oversvømmelseskort og tilhørende ækvivalente gentagelsesperioder.

Tabel 3-7 *Ækvivalente gentagelsesperioder (år) for oversvømmelseskort for vandløb*

Nutid	2070	2120
20	10	5
100	35	15
1000	200	60



4 Beregningsforudsætninger og -begrænsninger

I projektet er der anvendt beregningsværktøjer, som er velegnede til screeningsstudier af større områder, da de regner hurtigt og kan håndtere store datamængder effektivt. Det drejer sig om følgende værktøjer:

DHM_Bluespot_Ekstremregn. DHM_Bluespot_Ekstremregn er et datasæt, som viser i celler á 0,4 m x 0,4 m opløsning, hvor stor en nedbørsmængde der skal til, for at den pågældende celle oversvømmes. Datasættet dækker hele Danmark og kan downloades fra Dataforsyningen. Datasættet er beregnet ud fra samme principper, som anvendes i Scalgo Live udviklet af det danske firma Scalgo. Alle beregninger er ikke-dynamiske, hvilket vil sige, at der ikke tages hensyn til den tidslige faktor. Datasættet viser således, hvor vandet fra et skybrud ender – dvs. hvilke lavninger i terrænet, der oversvømmes for en given regnmængde under nogle simplificerede antagelser, herunder:

1. Jævnt fordelt nedbør over hele modelområdet;
2. Mindre lavninger i terræn er fyldt ud;
3. Ugennemtrængelig overflade;
4. Ubegrænset kapacitet af kanaler og rør til at flytte vand uden forsinkelser
5. Ingen hensyntagen til et evt. afløbssystem.

Den sidste simplificering er ikke relevant i dette projekt, idet dynamiske modelresultater er anvendt for kloakerede områder.

Simplificering nr. 3 er der i projektet taget højde for gennem en reduktion i nedbøren, som modsvarer en anslået naturlig nedsivning.

Datasættet viser som nævnt, hvor i terrænet vandet ender. Resultaterne viser således ikke, hvis vandet har skabt oversvømmelser på sin vej frem til lavningerne. Herunder er det værd at bemærke, at beregningsmetoden antager, at rør, vejunderføringer, grøfter og lignende altid flytter vandet øjeblikkeligt – altså svarende til, at de har uendeligt stor kapacitet. Der sker således ikke opstuvning bag en vej, såfremt der blot går et lille rør under vejen.

Hvis man vil have effekter i form af vandets strømning på terræn indtil det når en lavning eller temporær opstuvning bag forhindringer med, er det nødvendigt at anvende en dynamisk model.

Scalgo Live og DHM_Bluespot_Ekstremregn anvendes bredt i Danmark til screeningsstudier, hvorefter man evt. kan anvende en dynamisk model i efterfølgende detailstudier.

UCAT Floodmap – et støtteværktøj. UCAT Floodmap beregner oversvømmelseskort ud fra DHM_Bluespot_Ekstremregn for en given nedbørsmængde. Værktøjet finder alle celler, som oversvømmes for den givne nedbør samt vanddybderne i de pågældende celler.

MIKE FLOOD (MIKE URBAN FLOOD). MIKE URBAN FLOOD er et avanceret dynamisk modelværktøj, som kombinerer en 2D overflademodel og en 1D afløbssystemmodel, således at vandet kan strømme både i afløbssystemet og på overfladen og imellem de to. Simuleringerne er tidsligt opløst, dvs. at man ser hele strømningsforløbet fra nedbørens start til efter afslutningen af eventuelle oversvømmelser. Resultaterne, som anvendes i beregningerne af skader, er de maksimale vandstande for hele simuleringperioden i hver celle af overflademodellen.



I dette projekt har Krüger benyttet en beregningsmetode, hvor nedbøren påtrykkes afløbssystemet, som så kan spilde vand ud i omgivelserne, hvis afløbsnettets kapacitet overskrides. MIKE FLOOD kan også benyttes med andre optioner. F.eks. kan man lade nedbøren falde på overfladen og strømme til afløbssystemet (eller sive ned eller ende i lavninger undervejs). Resultaterne fra de to metoder vil ikke være ens, men begge metoder er acceptable i henhold til den kommende vejledning for Cirkulære 2276.

UCAT Floodfill – et støtteværktøj. UCAT Floodfill er (som simuleringsværktøj) anvendt til at beregne oversvømmelser fra fjorden. Beregninger er foretaget under antagelse af, at et givent vandniveau i fjorden vil føre til oversvømmelse af alle arealer, som ligger lavere end dette niveau, såfremt de er forbundet til fjorden med lavninger, som også ligger lavere end fjordens niveau. Heri ligger nogle simplificeringer i form af manglende dynamik (oversvømmelser tager i praksis tid for at nå frem) og manglende sekundære forbindelser ind i land (primært rør, som kan lede vandet andre steder hen, hvor der så kan ske oversvømmelser). Til screeningsbrug anses disse simplificeringer som acceptable.

De anvendte terrænmodeller (DHM_Havstigning) er tilpassede terrænmodeller, hvilket betyder, at overfladevand kan strømme i terrænmodellen, som det strømmer i naturen, det vil sige under veje, hvor vejene krydses af en å og ind under broer etc. Sluser ud mod havet er holdt åbne ved skybrudsberegninger og lukkede ved beregninger af oversvømmelser fra hav.

UCAT udviklet af CBMC Group. UCAT kombinerer oversvømmelseskort med kort over ejendomme (og andre værdier) til beregning af detaljerede risikokort. UCAT kan anvende oversvømmelseskort fra mange kilder, f.eks. Scalgo Live, DHM_Bluespot_Ekstremregn, MIKE FLOOD, eller simple GIS-beregninger af oversvømmelser fra hav. UCAT er et screeningsværktøj til at finde områder med høj risiko for skader fra oversvømmelser – hvad enten det er oversvømmelser fra skybrud, stormflod eller fra andre fænomener. Til screeningsstudier harmonerer det derfor godt at anvende UCAT sammen med Scalgo Live/DHM_Bluespot_Ekstremregn og QGIS. I efterfølgende detailstudier kan UCAT ligeledes anvendes sammen med dynamisk beregnede oversvømmelseskort.

Som nævnt anvender UCAT kort over ejendomme som input. Disse er – i dette projekt – trukket fra BBR. For at komme frem til risikokortet bruges også et sæt skadekurver, som beskriver skaderne på en given type ejendom, såfremt den oversvømmes. I dette studie er der i samråd med Holbæk Kommune anvendt skadekurver, som tager udgangspunkt i Miljøstyrelsens PLASK database. Der ligger en simplificering i, at der anvendes én skadekurve per ejendomstype, men til statistiske beregninger af denne type, er denne simplificering ikke kritisk. Der ligger endvidere en simplificering i, at de anvendte skadekurver alle er simple on/off kurver. Det vil sige, at der ikke forekommer nogen skader på en bygning (eller anden asset), så længe vandniveauet ikke overskrider en tærskelværdi. Når denne tærskelværdi overskrides, registreres til gengæld fuld skade. UCAT kan også benytte mere komplekse skadekurver, men til screeningsformål anses dette ikke for påkrævet.



5 Resultater

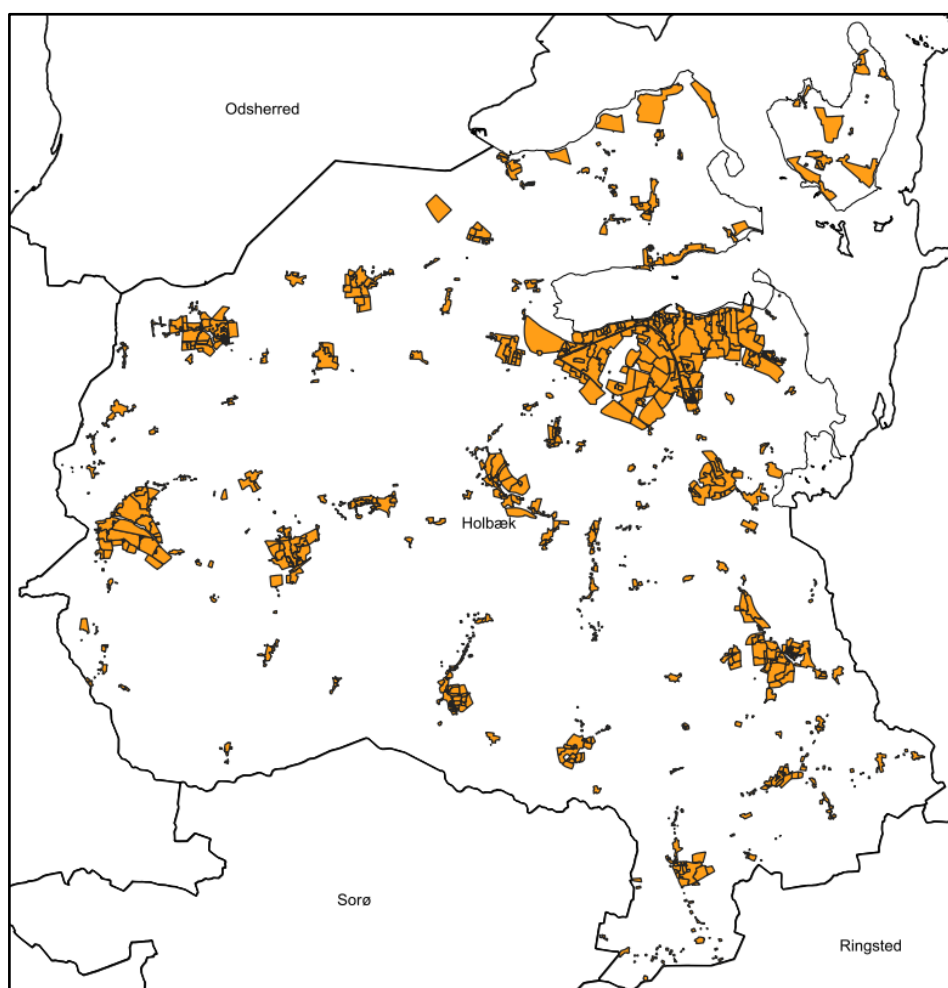
5.1 Generelt

Projektets resultater består primært af risikokort. Disse er dels beregnet med en opløsning på 1,6 m x 1,6 m og dels aggregeret i form af gennemsnit eller totalsum for oplande.

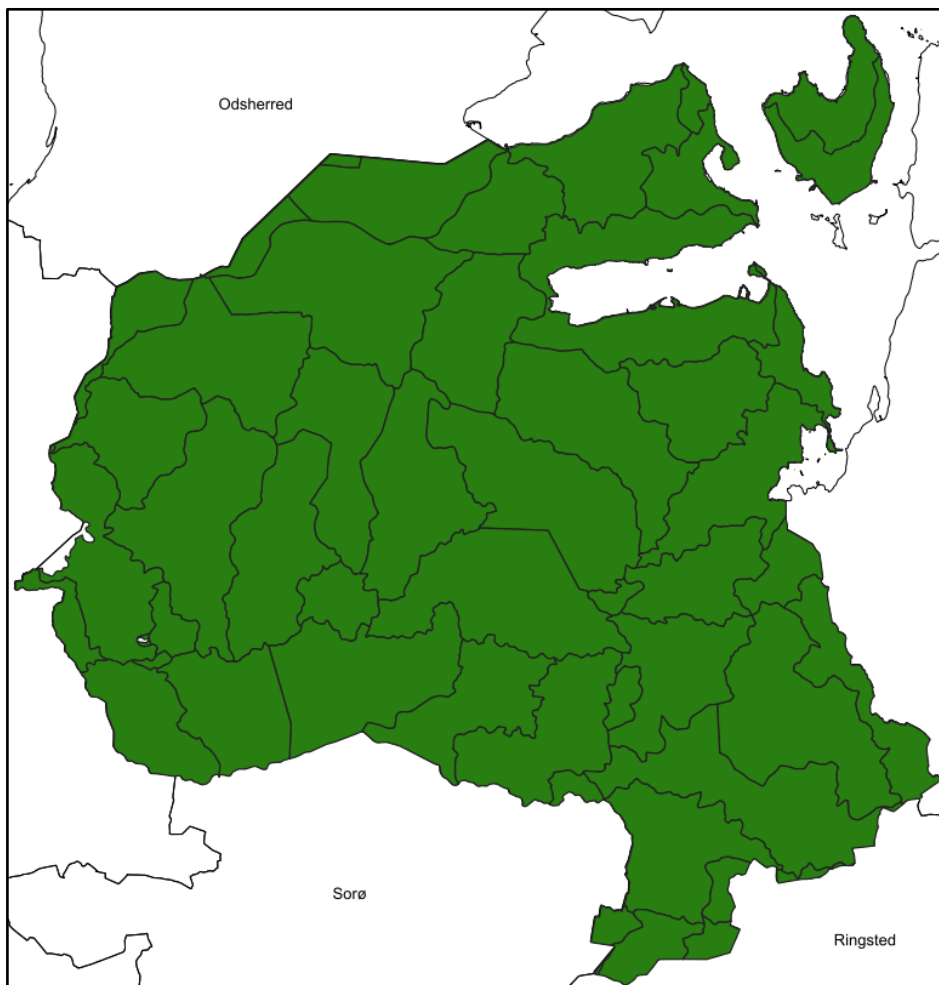
Der er anvendt tre typer af oplande:

- Oplande for afløbssystemet. Disse er benyttet til nedbør i de områder, hvor der er benyttet Krüger-data til risikoberegningerne. Data for disse oplande er leveret af Fors A/S.
- Hydrologiske oplande. Disse er benyttet i alle andre områder for så vidt angår nedbør og i hele Holbæk Kommune for så vidt angår vandløb. Data for disse er hentet fra Dataforsyningen.
- Risikoområder for stormflod. Disse er områder med høj risiko for skader fra stormfloder, hvor EAD er summeret op for at vise de samlede risici i et antal sammenhængende delområder af kommunen.

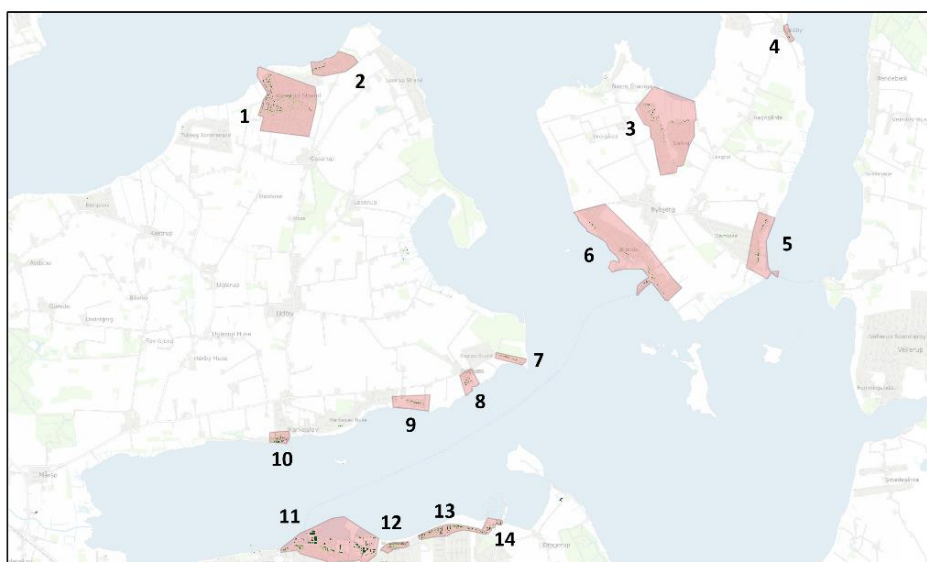
Figur 5-1 viser oplande for afløbssystemet. Kun oplande, som befinder sig i de af Krüger dækkede modeloplande, er benyttet til resultatvisning. Figur 5-2 viser de hydrologiske oplande. Figur 5-3 viser risikoområder for skader fra stormflod.



Figur 5-1 Oplande for afløbssystemet



Figur 5-2 Hydrologiske oplande



Figur 5-3 Risikoområder for stormflod. Nummereringen er anvendt i Tabel 5-3.

Nærværende rapport viser eksempler på risikokort. Der er endvidere afleveret et komplet sæt resultater i digital form, således at Holbæk Kommune kan



analysere videre og producere illustrationer, som passer til den relevante problemstilling.

Udover risikokort i de nævnte formater, er der også etableret lister over de oplande, hvor der er fundet de største risici i kr./m². Sådanne Top-lister er beregnet for hver af de tre oversvømmelsestyper og for hvert af de tre klimascenarier.

5.2 Overblik

De forventede årlige skader (EAD) fra oversvømmelser for hele Holbæk Kommune totalt og for de tre oversvømmelsestyper og tre klimascenarier er vist i Tabel 5-1.

Tabel 5-1 EAD for hele Holbæk Kommune

Holbæk Kommune	EAD (M kr./år)		
	Nutid	2070	2120
Nedbør	49,0	55,0	56,0
Havvand	3,8	12,0	62,0
Vandløb	4,9	5,1	5,4
Total	58,0	72,0	124,0

Det ses, at risikobilledet i dag domineres af nedbør, som står for 80-90% af alle skader.

Frem mod 2070 vil risiko for skader fra havvand vokse, men risiko for skader fra nedbør dominerer stadig i 2070.

Dette billede vil derefter ændre sig i perioden frem mod 2120. På dette tidspunkt vil risiko for skader fra havvand være størst, og denne stigning vil samlet føre til, at EAD stort set vil blive fordoblet i løbet af de kommende 100 år.

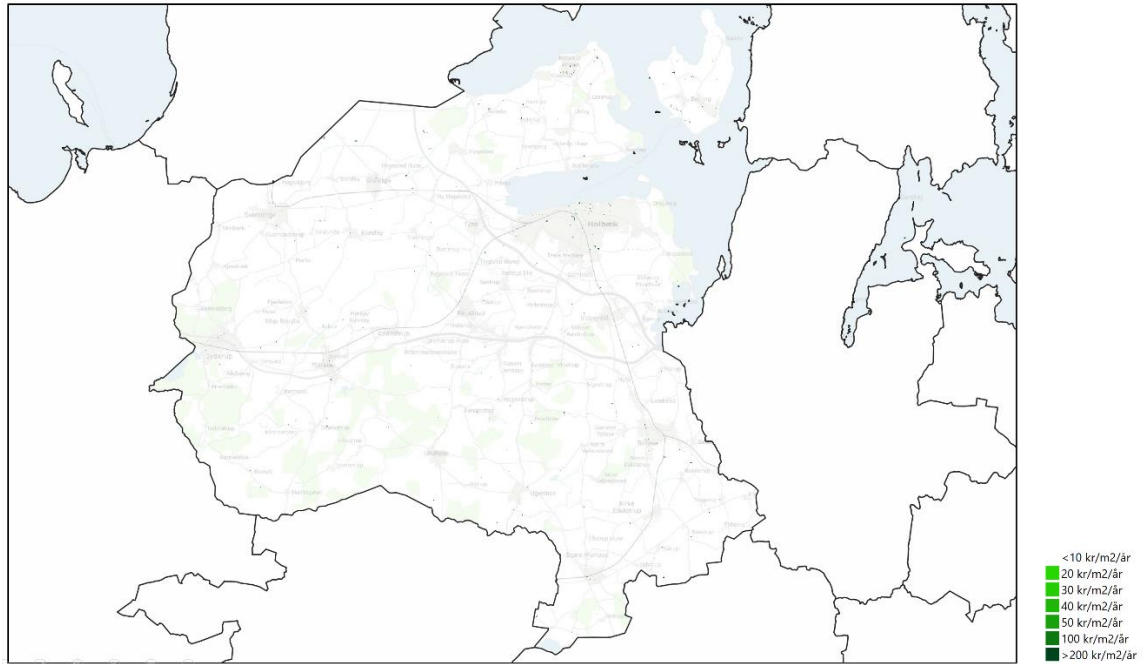
Disse ændringer er naturligvis under forudsætning af, at klimaændringerne følger de scenarier, der ligger til grund for beregningerne.

5.3 Nedbør

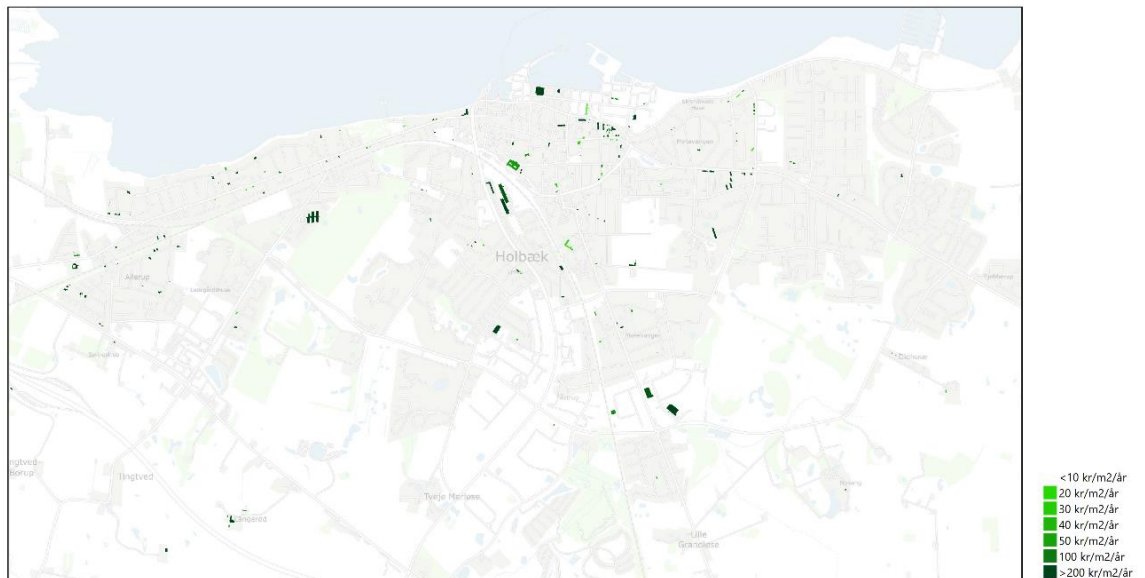
Generelt gælder, at der ikke er de store forskelle i EAD for de tre klimascenarier. Illustrationerne i dette afsnit er valgt svarende til Scenarie 2120 – medmindre andet fremgår. Data i GIS-format for alle scenarier indgår i bilagene til rapporten.

Figur 5-4 og Figur 5-5 viser EAD i 1,6 m opløsning for hele Holbæk Kommune henholdsvis Holbæk By for nedbør og svarende til scenarie 2120.

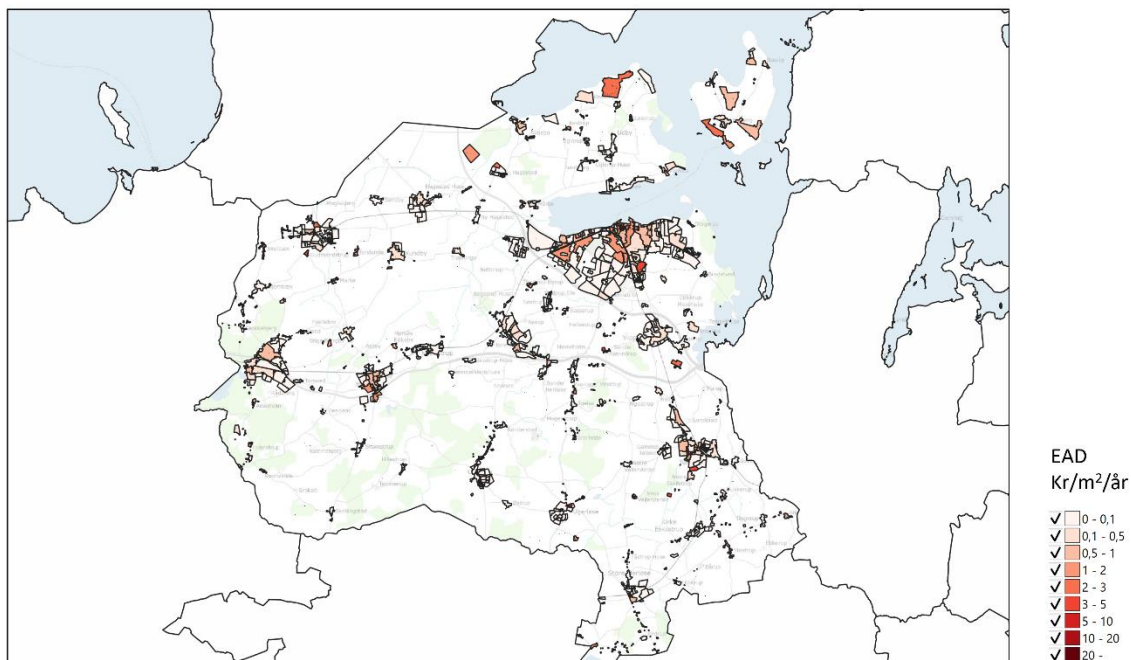
Figur 5-6 og Figur 5-7 viser EAD aggregeret på kloakoplande for Holbæk Kommune henholdsvis Holbæk By.



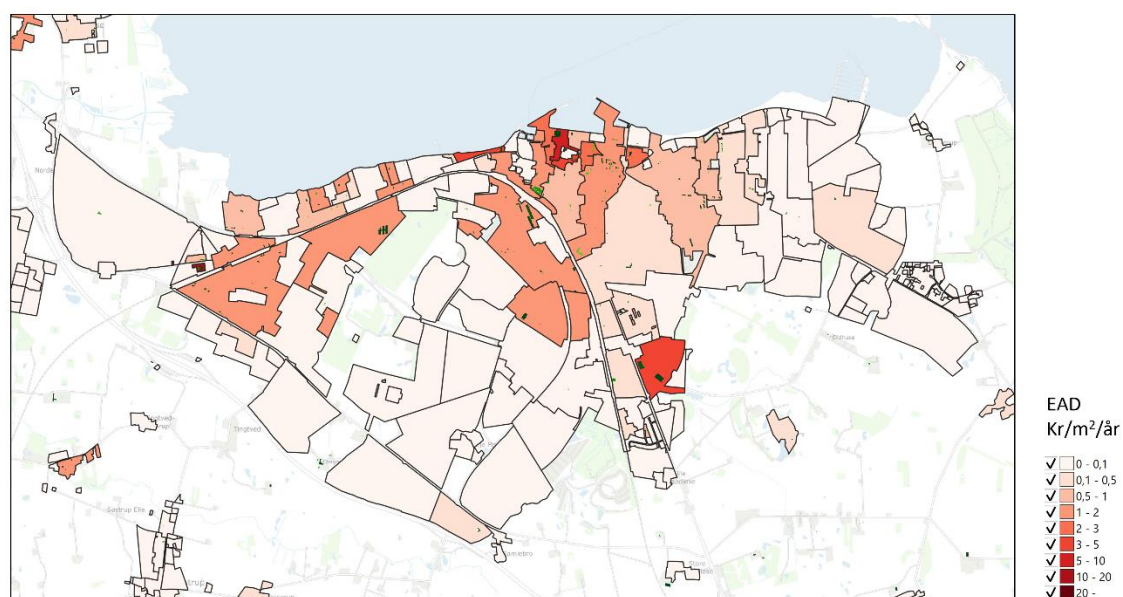
Figur 5-4 EAD i kr./m²/år for nedbør, scenarie 2120, Holbæk Kommune



Figur 5-5 EAD i kr./m²/år for nedbør, scenarie 2120, Holbæk By



Figur 5-6 EAD for kloakoplande i Holbæk Kommune. Klimascenarie 2120



Figur 5-7 EAD for kloakoplande i Holbæk By. Klimascenarie 2120

Tabel 5-2 er en liste med samtlige kloakoplande i Holbæk Kommune, som opfylder følgende to kriterier (gældende for klimascenarie 2120):

1. EAD > 300.000 kr./år totalt for kloakoplandet
2. EAD > 1 kr./m²/år for kloakoplandet

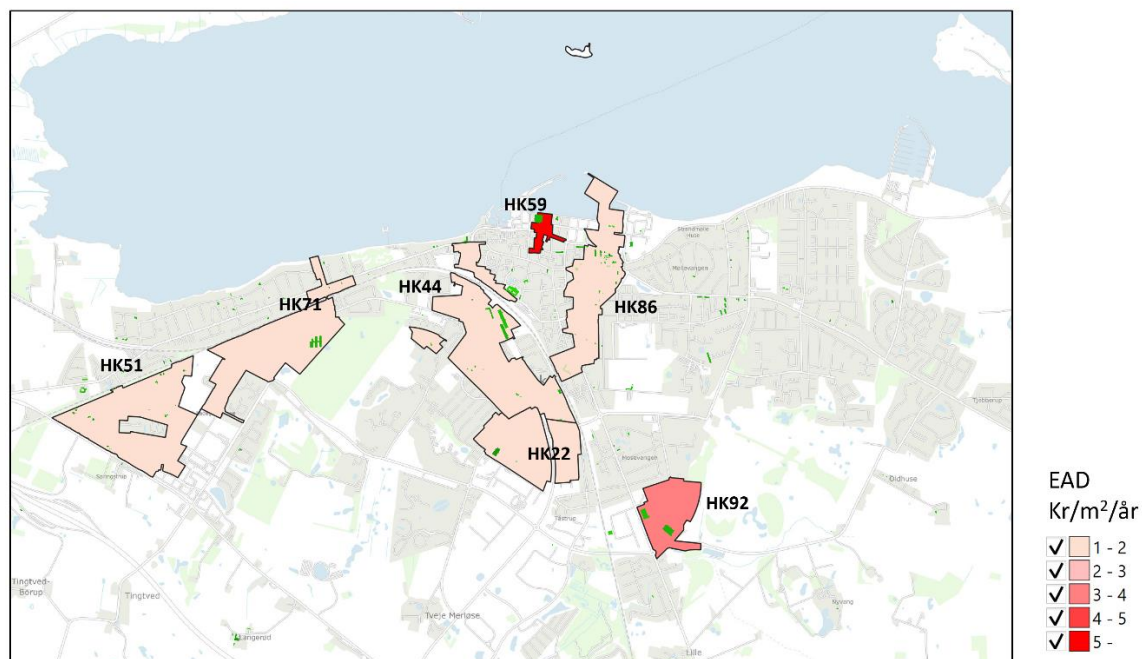
Listen er rangordnet på grundlag af EAD/m²/år.

Figur 5-8 og Figur 5-9 viser, hvor de pågældende er lokaliseret henholdsvis i Holbæk By og i resten af kommunen.

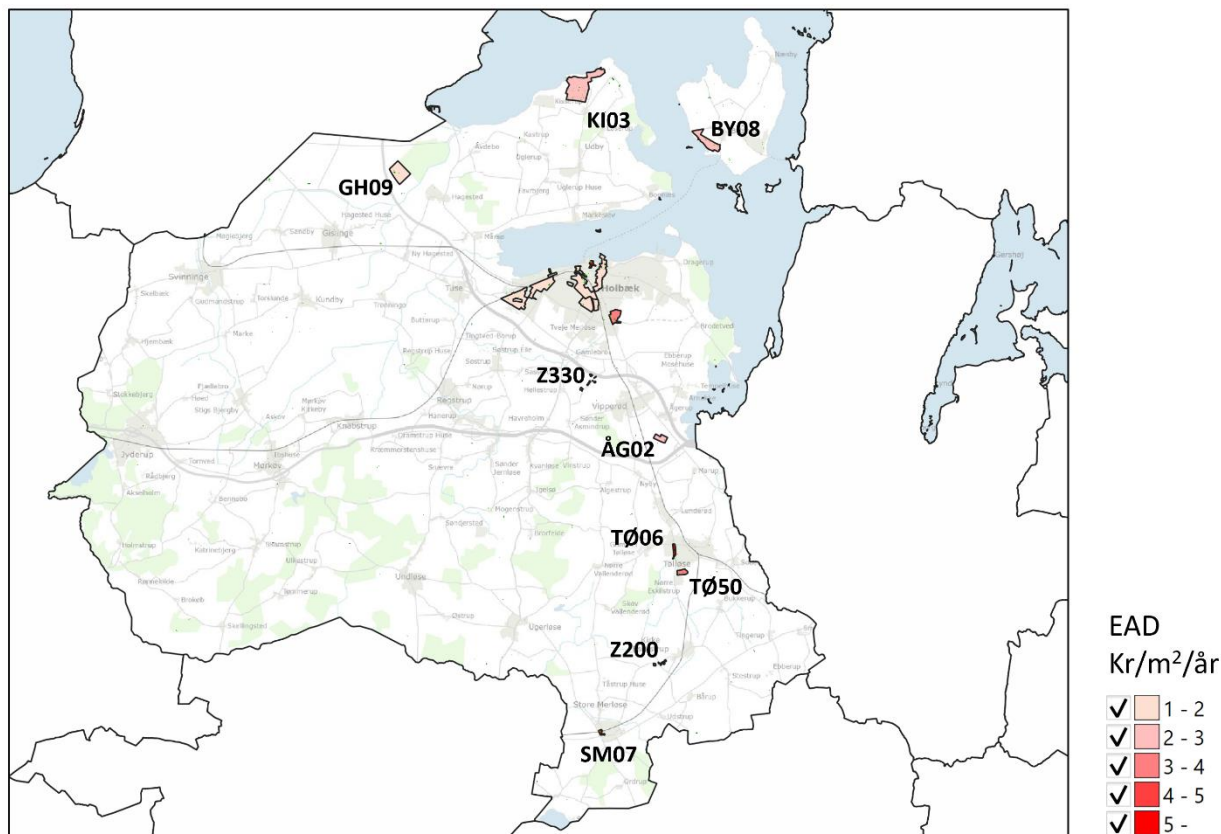


Tabel 5-2 Kloakoplande i Holbæk Kommune med høje EAD-værdier

Kloakopland	EAD kr./m ² /år	EAD kr./år
SM07	22,8	611.000
Z330	15,1	486.000
Z200	9,9	302.000
HK59	7,1	256.000
TØ06	6,5	317.000
HK92	3,5	684.000
TØ50	3,0	251.000
ÅG02	2,5	302.000
KI03	2,1	2.130.000
BY08	2,0	753.000
HK22	1,6	506.000
GH09	1,5	667.000
HK44	1,5	860.000
HK71	1,3	574.000
HK86	1,3	499.000
HK51	1,0	480.000



Figur 5-8 Kloakoplande i Holbæk By med høje EAD-værdier



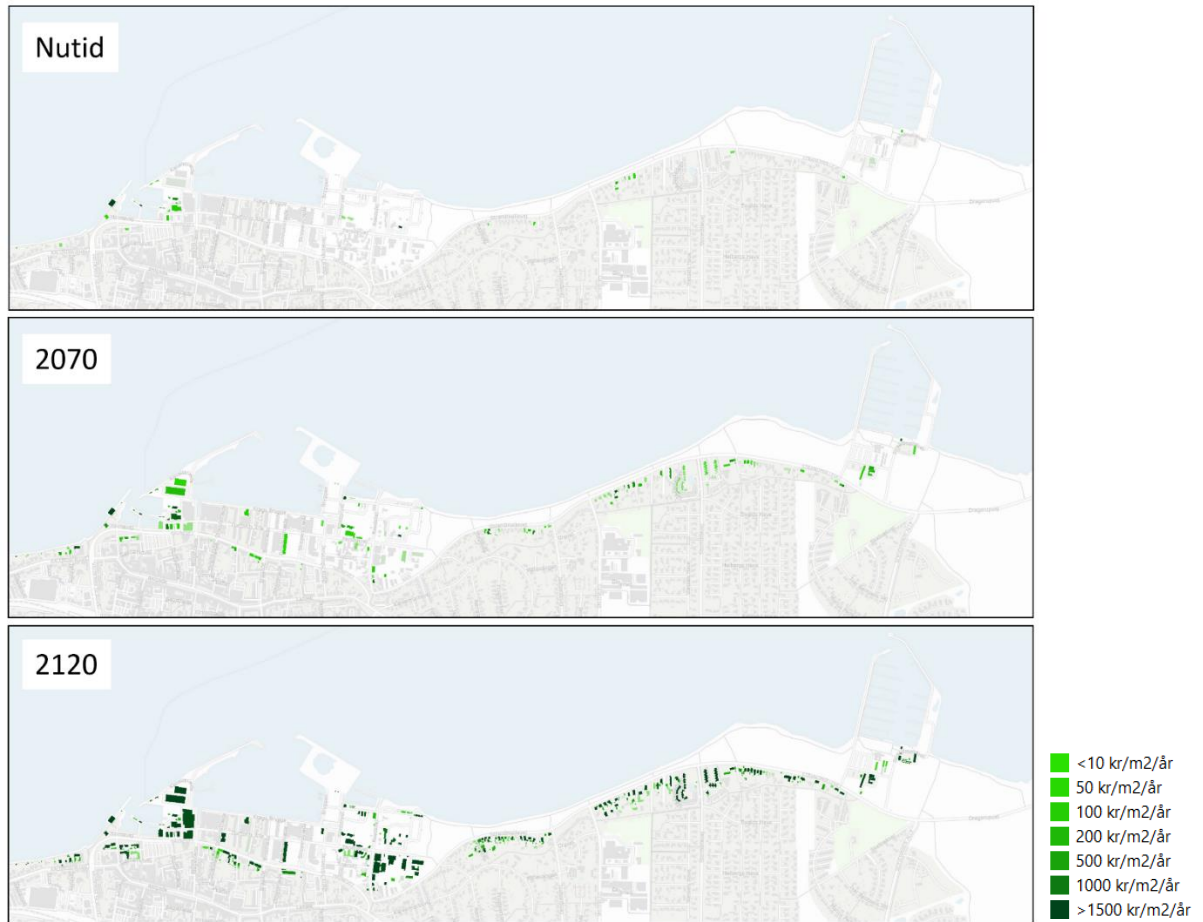
Figur 5-9 Kloakoplande i Holbæk Kommune med høje EAD-værdier

5.4 Havvand

I modsætning til nedbør, så har klimascenarierne stor betydning for de forventede skader relateret til oversvømmelser fra fjorden – sådan som det også fremgår af Tabel 5-1. Derfor er de fleste af illustrationerne i dette afsnit også givet for alle tre gennemregnede klimascenarier. Oversvømmelser fra fjorden rammer kun kommunens kystområder. Derfor er illustrationerne også fokuseret på disse områder. Digitale GIS-data for hele Holbæk Kommune er en del af projektets leverancer.

Figur 5-10 – Figur 5-13 viser risikokort i høj opløsning for fire udsatte områder for de tre klimascenarier:

1. Holbæk by og kyststrækningen øst for byen
2. Kyststrækningen nord for Holbæk Fjord – fra Hørby til Bognæs
3. Kysten omkring Kisserup Strand
4. Orø



Figur 5-10 Risikokort for havvand for Holbæk By og kyststrækningen øst for byen



Figur 5-11 Risikokort for havvand for kyststrækningen nord for Holbæk Fjord – fra Hørby til Bognæs



Figur 5-12 Risikokort for havvand for kysten omkring Kisserup Strand

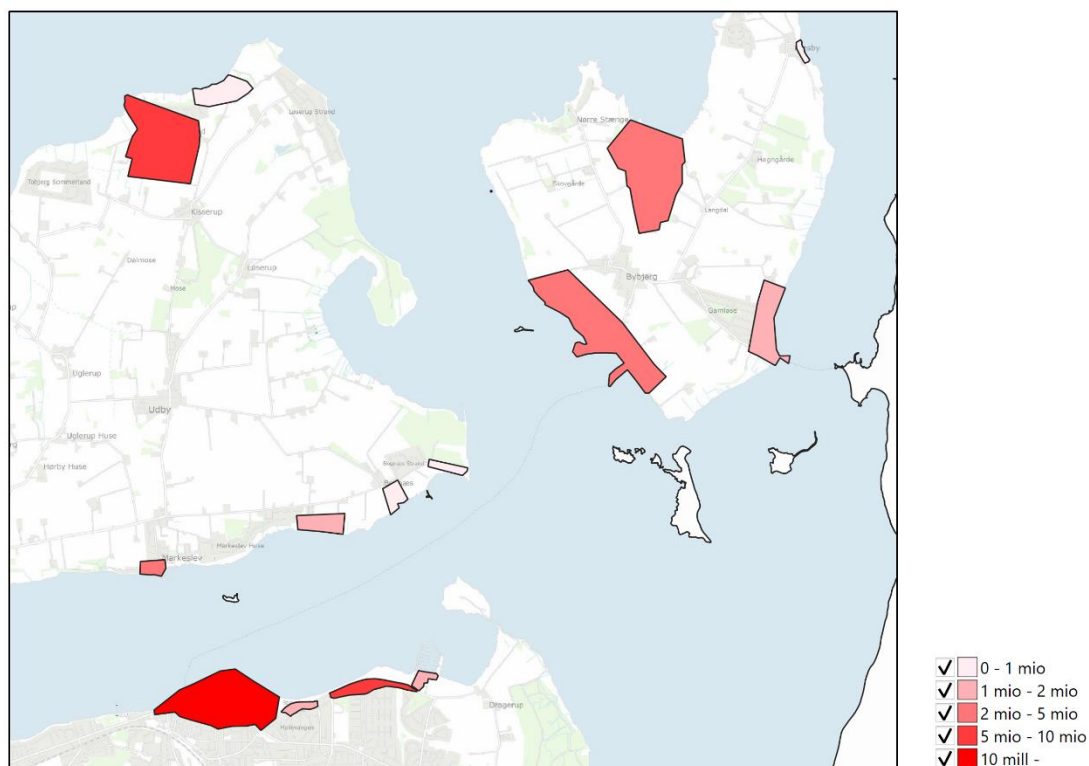


Figur 5-13 Risikokort for havvand for Orø

Størsteparten (> 80%) af skaderisikoen for havvand befinder sig inden for de 14 udsatte kystoplande vist i Figur 5-3. Tabel 5-3 viser de beregnede EAD-værdier for disse 14 kystoplande for de tre klimascenarier. Figur 5-14 illustrerer risici i de 14 oplande for klimascenarie 2120.

Tabel 5-3 Kystoplande i Holbæk Kommune med høje EAD-værdier

Nr.	Område	Nutid		2070		2120	
		EAD mio/år	Rang	EAD mio/år	Rang	EAD mio/år	Rang
11	Holbæk Havn	1,04	1	2,84	1	26,2	1
13	Strandmøllevej Øst	0,04	9	0,55	5	9,16	2
1	Kisserup Strand Vest	0,35	2	1,69	2	6,36	3
6	Orø, Brønde	0,33	3	1,37	3	3,20	4
10	Hørby Havn	0,04	9	0,42	7	3,01	5
3	Orø, Pilegårdsområdet	0,07	7	0,14		2,06	6
12	Strandmøllevej Vest	0,01		0,25	10	1,91	7
14	Holbæk Marina-Dragerup Vig	0,01		0,15		1,74	8
5	Orø, Gamløse	0,15	5	0,37	9	1,61	9
9	Fjorddalsvej	0,05	8	0,38	8	1,22	10
2	Kisserup Strand Øst	0,01		0,16		0,89	
8	Hjulsporet, Bognæs	0,08	6	0,54	6	0,81	
7	Tornehagen, Bognæs	0,21	4	0,58	4	0,79	
4	Orø, Næsby	0,01		0,03		0,55	



Figur 5-14 EAD for de 14 mest udsatte kystplande for klimascenarie 2120

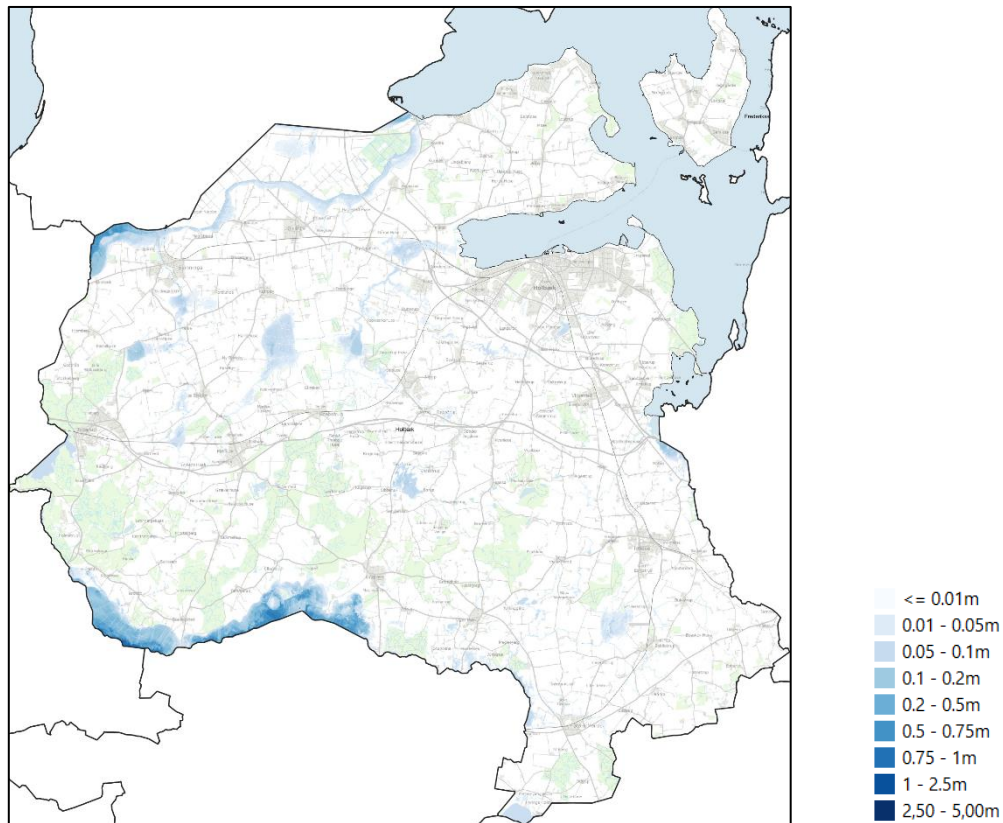
5.5 Vandløb

Risikoberegningerne viser kun en lille udvikling i risikobilledet for oversvømmelser fra vandløb for de beregnede klimascenarier. Som vist i Tabel 3-7 forventes hyppigheden af væsentlige oversvømmelser at stige markant, men da selv en 1000-års hændelse i dag kun i meget begrænset omfang rammer bygninger eller anden kostbar infrastruktur, må skadesomkostningerne også forventes at være begrænsede fremover.

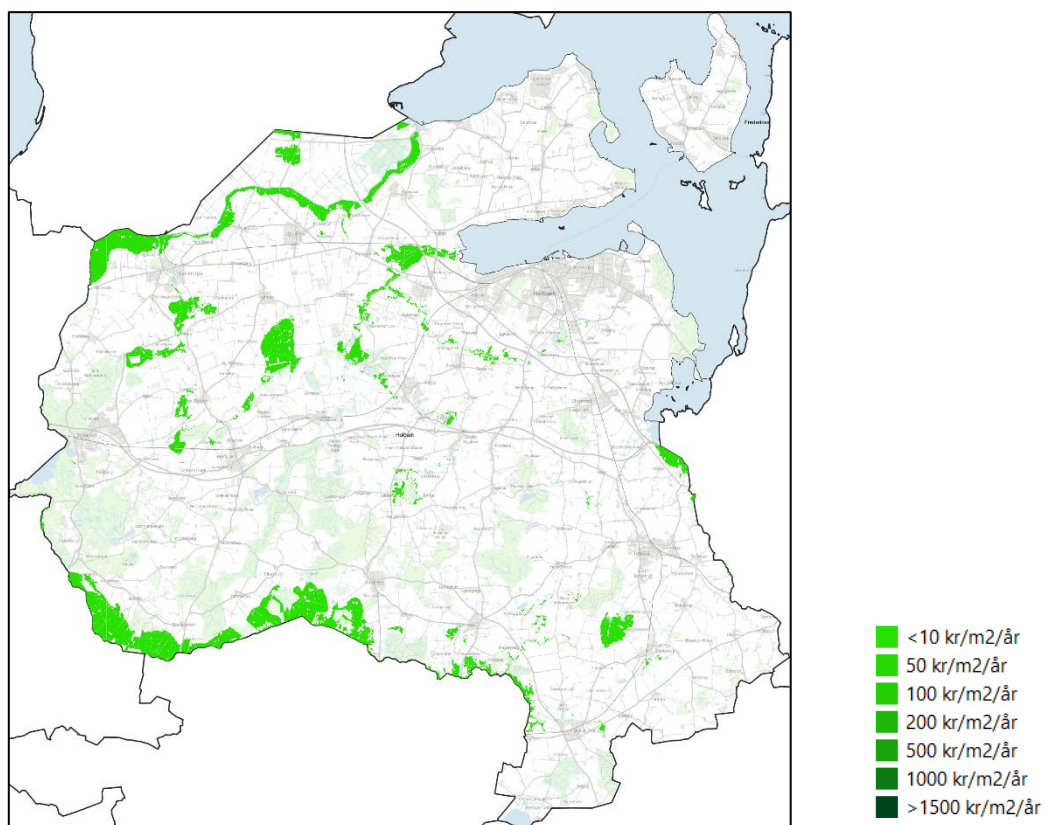
Figur 5-15 viser et oversvømmelseskort svarende til 1000-års hændelsen for nutid – til illustration af, at byområder stort set ikke berøres.

Figur 5-16 viser risikokort i høj opløsning for hele Holbæk Kommune for klimascenarie 2120. Figur 5-17 viser et detailkort for Svinninge, som er et af de få områder med risiko for bygningsskader.

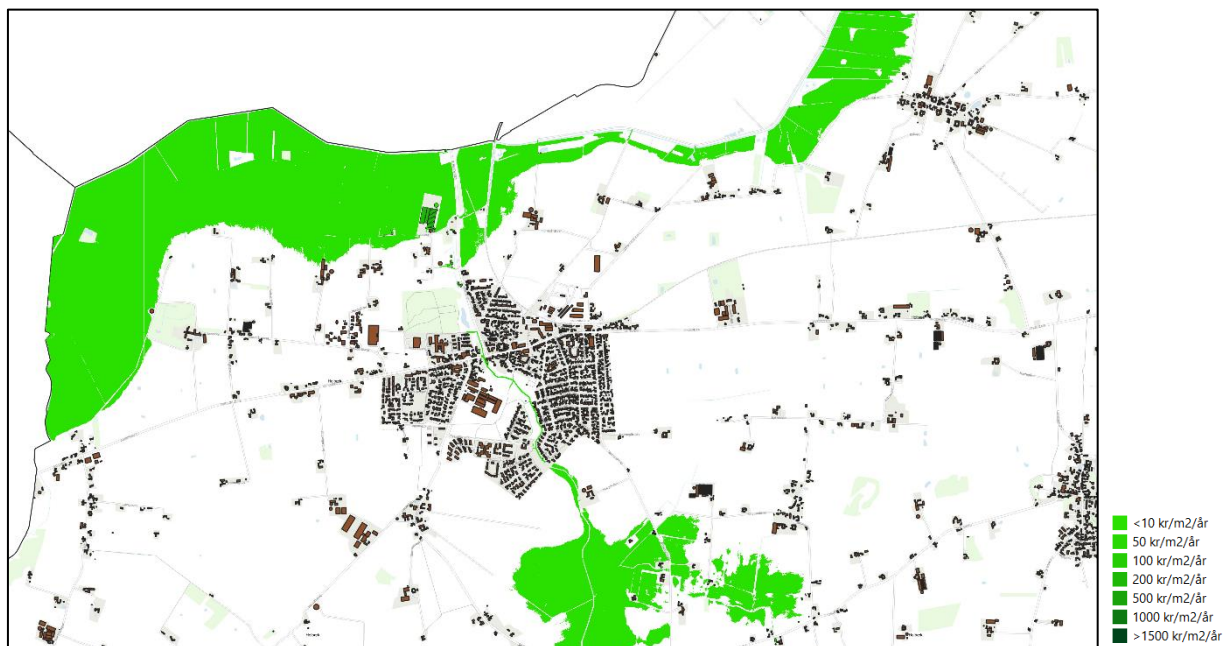
Figur 5-18 viser et risikokort, som er aggregeret på vandoplande. Som det ses, er der kun små variationer og derfor ikke grundlag for at udpege særlige risikoområder, når det gælder oversvømmelser fra vandløb.



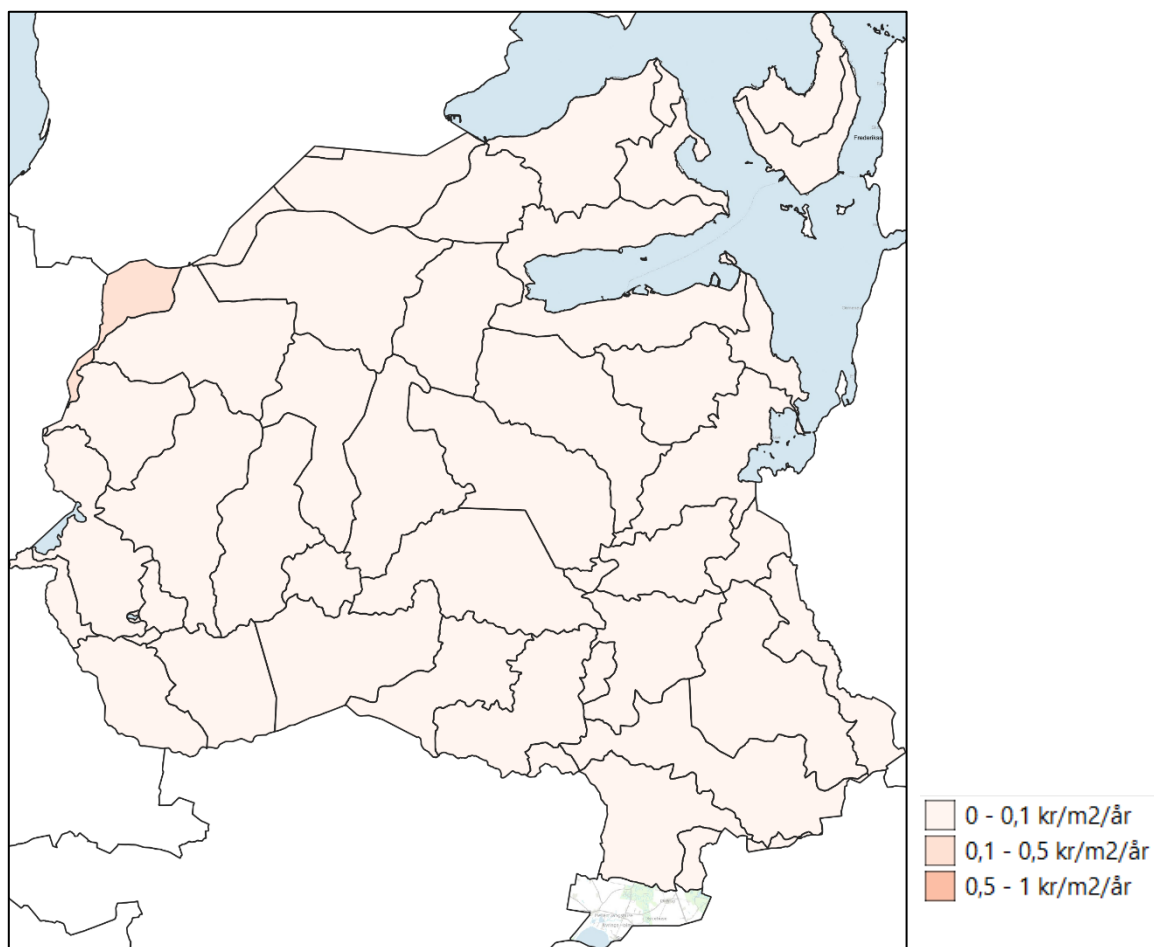
Figur 5-15 Oversvømmelseskort for vandløb for en 1000-års hændelse med nutidigt klima



Figur 5-16 Risikokort for vandløb for klimascenarie 2120, Holbæk Kommune



Figur 5-17 Risikokort for vandløb for klimascenarie Nutid, Svinninge og omgivelser



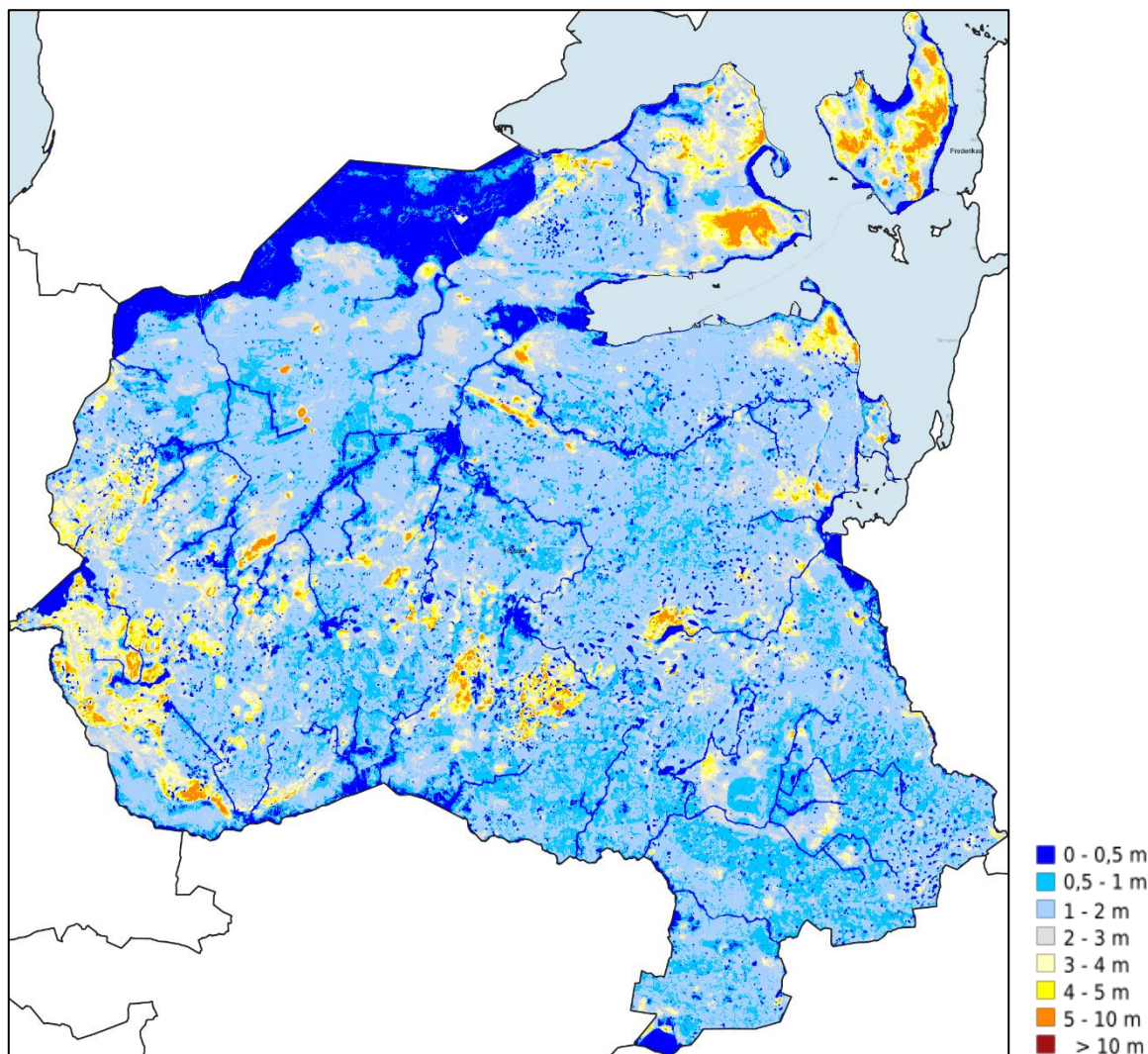
Figur 5-18 Risikokort, EAD aggregeret for vandoplade, klimascenarie 2120



5.6 Grundvand

Da der ikke foreligger eller kan etableres oversvømmelseskort relateret til grundvand, kan der heller ikke gennemføres en kvantitativ beskrivelse af de tilhørende risici. I stedet er disse beskrevet kvalitativt i dette afsnit.

Holbæk Kommune har i dag primært terrænnært grundvand langs kysterne og langs ådalene. Grundvandet står generelt højest om vinteren. Figur 5-19 viser områder med dybder fra terræn til grundvandsspejlet om vinteren i nutidssituationen.



Figur 5-19 Terrænnært grundvand, Nutid (dybde fra terræn til grundvand i vinterperioden)

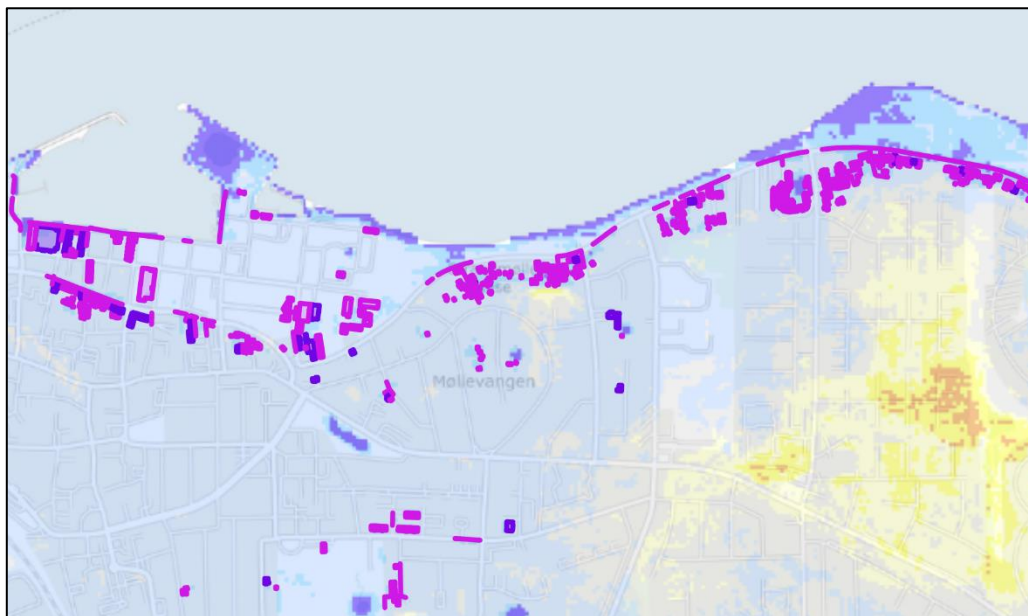
Med det nuværende grundvandsniveau er en række veje og bygninger i Holbæk Kommune i risiko for skader fra grundvand. Figur 5-20 – Figur 5-23 viser udsatte veje og bygninger i fire områder (kortudtræk fra kamp.miljoportal.dk).

1. Kystlinjen fra Holbæk Havn og østover
2. Kisserup Strand
3. Et område i Regstrup Ådal vest for Regstrup
4. Pilegaardsområdet på Orø

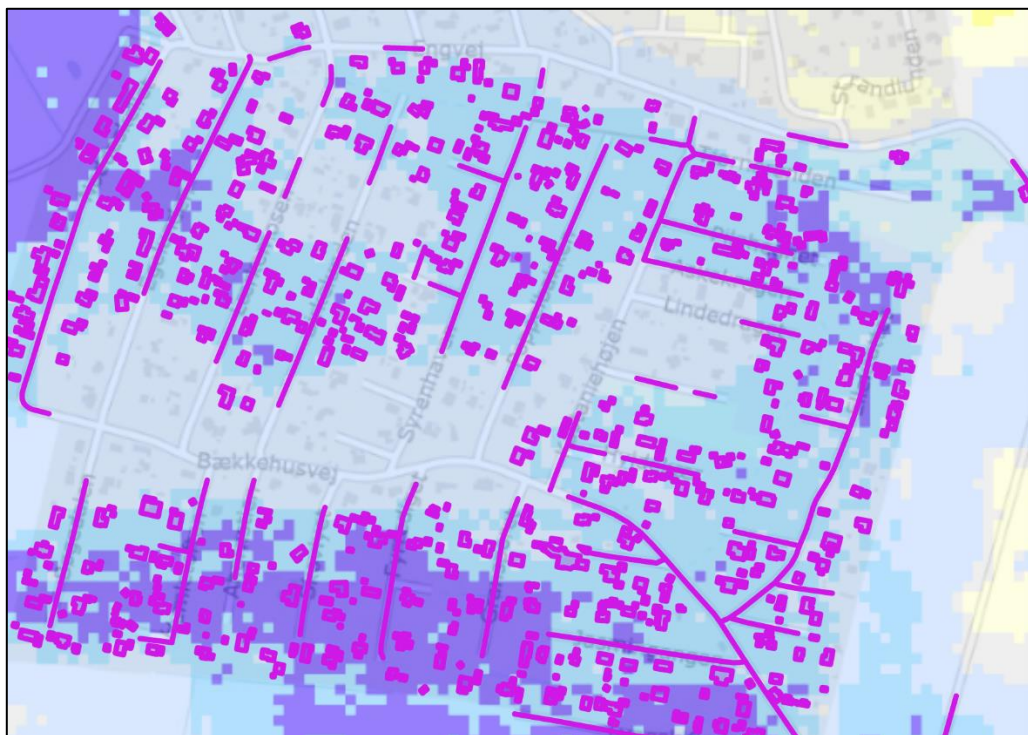


Yderligere delområder med udsat infrastruktur kan hentes fra samme kilde.

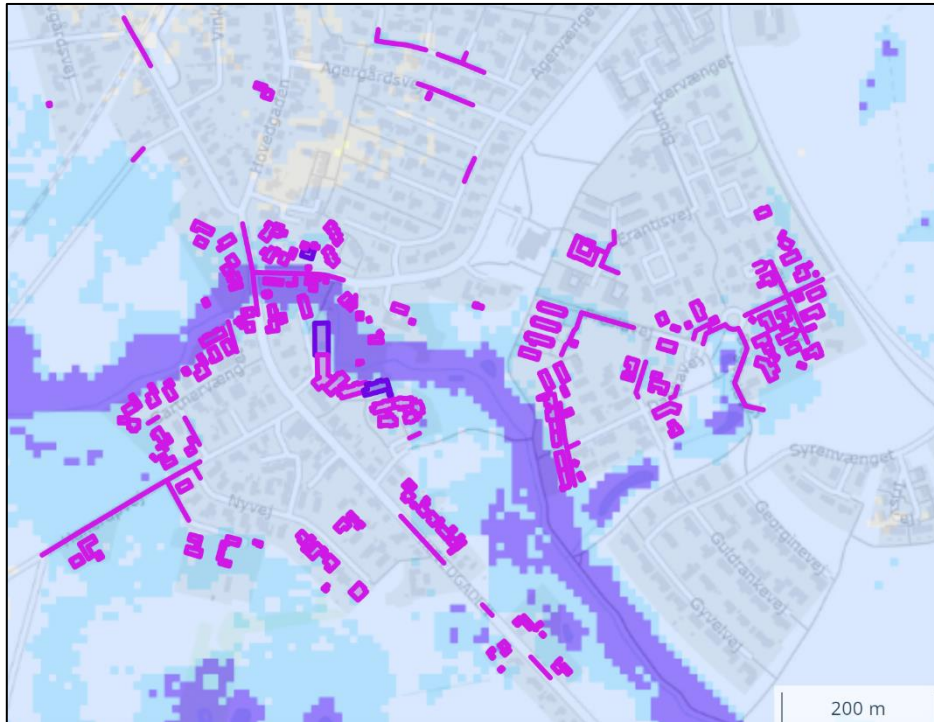
Beregninger af udviklingen i grundvandsdybden er behæftet med betydelig usikkerhed og foreligger kun i en relativt grov opløsning (100 m kvadrater). For Holbæk Kommune estimeres i de fleste områder en stigning i grundvandspejlet på mellem 10 og 50 cm frem til 2070 – og yderligere stigning herefter. Disse stigninger er nogenlunde jævnt fordelt, se Figur 5-24.



Figur 5-20 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Kystlinjen fra Holbæk Havn og østover (fra Ref. /3/)

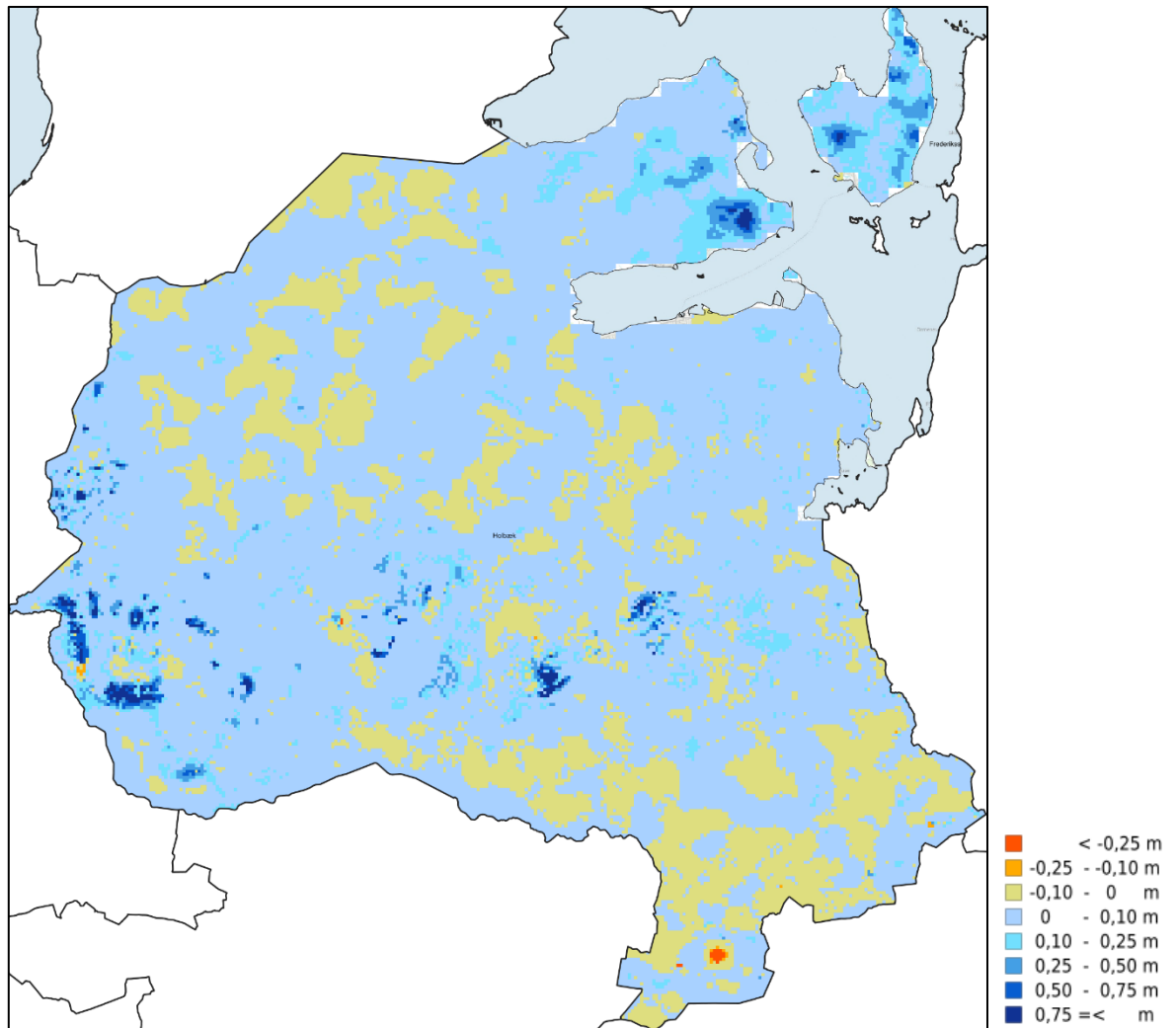


Figur 5-21 Udsatte veje og bygninger, Nutid, Kisserup Strand (fra Ref. /3/)



The map shows a geographical area with various water bodies and land features. A red square marks the study site. Labels on the map include 'Salvign', 'Fortisvannet', 'Standsvannet', and 'Salvign'. A scale bar at the bottom right indicates a distance of 200 meters.

CVR 4028 5652



Figur 5-24 Ændringer i grundvandsniveau frem mod 2100



6 Diskussion og anbefalinger

6.1 Diskussion af resultaterne

Overblikket fra Tabel 5-1 tåler gentagelse som grundlag for en diskussion af resultaterne.

Tabel 6-1 EAD for hele Holbæk Kommune (identisk med Tabel 5-1)

Holbæk Kommune	EAD (M kr./år)		
	Nutid	2070	2120
Nedbør	49	55	56
Havvand	3,8	12	62
Vandløb	4,9	5,1	5,4
Total	58	72	124

Med de klimafremskrivninger, som generelt anbefales i dag, kan Holbæk Kommune med andre ord forvente en forøgelse af de samlede risici for skader fra oversvømmelser fra nutidssituationen til år 2070 på ca. 25% og til 2120 på mere end 100%.

Næsten hele denne øgning skyldes havvandsstigninger og stormfloder. Som det fremgår af Afsnit 5.4, er den forøgede risiko koncentreret på udvalgte kyststrækninger, hvor private villaer og sommerhuse bidrager med en stor del af væksten i risiko. Det er værd at bemærke, at denne forøgede risiko ikke vokser lineært. Væksten accelererer efter 2070. Under forudsætning af, at nutidsrisikoen er acceptabel, er der således tid til at gennemføre fysiske foranstaltninger, men også anledning til at planlægge fremtidige investeringer i de udsatte kystområder med denne viden som baggrund.

Såfremt kommunen i dag vurderer, at oversvømmelser fra skybrud ikke udgør et væsentligt problem, peger beregningerne på, at de fremtidige klimaændringer ikke vil ændre på denne situation. Det er dog værd at bemærke, at den beregnede nutids-EAD langt fra er ubetydelig og klart højere end de registrerede skader i de senere år. Det skyldes formodentligt, at Holbæk ikke har været ramt af skybrud af størrelser, som kan sammenlignes med dem, som ramte København i 2011 og 2014, mens risikoberegningerne tager højde for, at større skybrud før eller siden vil ramme Holbæk. Beslutningerne vedrørende mulige klimatilpasninger bør derfor tages på baggrund af de beregnede risici snarere end på baggrund af de historiske skader i det nærmest foregående årti.

Den nye bekendtgørelse om fastsættelse af serviceniveau m.v. for håndtering af tag- og overfladevand (Ref. /1/) omhandler bl.a. metoder til at fastlægge den samfundsøkonomiske rentabilitet af investeringer i klimatilpasning. Metoderne og datagrundlaget anvendt i nærværende projekt kan relativt enkelt udbygges til at etablere et første overslag over de sandsynlige reduktioner i risiko, som vil kunne opnås for de enkelte oplande ved at øge serviceniveauet. Det kan gøres ved at køre UCAT-beregninger med de eksisterende oversvømmelsesdata, hvor disse data tilskrives nye ækvivalente gentagelsesperioder – efter samme principper, som beskrevet i Afsnit 3.2.

Risici relateret til oversvømmelser fra vandløb er generelt lave og stammer næsten udelukkende fra skader på landbrugsjord. I de nærværende



beregninger er skadekurven for landbrugsarealer fastlagt uden nogen form for detaljering. Såfremt der ønskes et mere præcist billede af disse risici, bør beregningerne gentages efter en nærmere analyse af de realistiske skader – bl.a. på basis af vurderinger af, hvilken årstid denne type oversvømmelser forekommer og hvilke afgrøder, der kan forventes at blive ramt.

Problemer med højtstående grundvand er allerede udbredte i Holbæk Kommune – inklusive i bebyggede områder nær kysterne og i ådalene. Med betydelig usikkerhed forudsiges højere grundvandsstand med det ændrede klima. Der er dog ikke meget tvivl om, at grundvandsstanden vil blive højere langs kysterne i takt med hævnningen i middelhavniveauet. Dette vil naturligvis forøge de samlede risici i disse områder, som også er udsat for de direkte trusler fra havet, jf. ovenfor. Det er ikke muligt på det nuværende grundlag at sætte tal på denne del af de øgede risici.

6.2 Anbefalinger

På baggrund af de voksende risici for skader forårsaget af havvand anbefales det, at der fremover er særlig bevågenhed på at sikre de mest udsatte områder. Mere detaljerede risikoanalyser vil kunne give et mere præcist samfundsøkonomisk grundlag for beslutninger omkring investeringer i beskyttelsesforanstaltninger. Detailanalyserne kunne f.eks. omfatte:

- Brug af dynamiske modeller, så det tidslige forløb af oversvømmelser tages i regning.
- Brug af mere detaljerede skadeskurver. Sådanne foreligger fra nylig forskning på DTU.
- En fysisk vurdering af de udsatte bygninger, f.eks. disses sokkelhøjder og andre helt lokale forhold. En sådan vurdering kunne i visse tilfælde resultere i simple og billige løsninger til begrænsning af den lokale risiko – eller blot i mere præcise risikoberegninger.

For så vidt angår skader fra skybrud, så bør det overvejes at kvalificere beregningerne for udvalgte kloakoplande gennem at supplere de eksisterende dynamiske simuleringer med beregninger, som også inkluderer vandets vej fra nedbøren lander, til den når frem til afløbssystemet. Dette er naturligvis mest relevant i oplande med værdier, som er i risiko for at rammes af denne del af oversvømmelserne.

Derudover anbefales det at gennemføre en vurdering af det samfundsøkonomiske potentiale ved at forbedre serviceniveauet for afløbssystemet for udvalgte (eller alle) kloakoplande, som fremstår som de kritiske jf. Tabel 5-2. Dette kan ske uden væsentlige økonomiske omkostninger, idet datagrundlaget allerede er etableret.



7 Referencer

- REF. /1/ Bekendtgørelse Nr. 2276: Bekendtgørelse om fastsættelse af serviceniveau m.v. for håndtering af tag- og overfladevand. Miljø- og Fødevareudvalget 2020-21. Bilag 311, Lovtidende A 2020
- REF. /2/ Kystdirektoratet, 2018: Højvandsstatistikker 2017. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.86 s.
- REF. /3/ <https://kamp.miljoeportal.dk/grundvand>