

FORUNDERSØGELSER AF FIRE RISIKOOMRÅDER UDPEGET I VIBORG KOMMUNES KLIMATILPASNINGSPLAN:

NR. 33 VINKEL, NR. 65 VROUE, NR. 30 HALD EGE, NR. 57 SPARKÆR

DECEMBER 2019

Udarbejdet til: Viborg Kommune

Udarbejdet af: EnviDan A/S
Udført af: JJE, RAW
Kvalitetssikring: MIC

Projektnummer: 1181210



INDHOLDSFORTEGNELSE

Indhold

1. Indledning	3
2. Metode og tilgang til opgaveløsningen	4
2.1 Fase 1: Risikovurdering.....	4
2.2 Fase 2: udvikling af et plan-scenarie for klimatilpasningstiltag	5
2.3 Fase 3: cost-benefit analyse og usikkerhedsanalyse	6
3. Modelopstilling	7
3.1 Betragtede afløbsscenarier - status og plan.....	7
3.2 Beregningsforudsætninger	9
3.3 Opstilling af værdikort	15
4. Resultater	17
4.1 Vinkel.....	17
4.1.1 Områdekarakteristik.....	17
4.1.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)	17
4.1.3 Fase 2: Plan (plan ledningssystem med klimatiltag)	20
4.1.4 Fase 3: Cost-benefit analyse	23
4.1.5 Konklusion	25
4.2 Vroue	26
4.2.1 Områdekarakteristik.....	26
4.2.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)	26
4.2.3 Konklusion	27
4.3 Hald Ege	28
4.3.1 Områdekarakteristik.....	28
4.3.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)	28
4.3.3 Fase 2: Plan (plan ledningssystem med klimatiltag)	30
4.3.4 Fase 3: Cost-benefit analyse	34
4.3.5 Konklusion	36
4.4 Sparkær	37
4.4.1 Områdekarakteristik.....	37
4.4.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)	37
4.4.3 Konklusion	41
5. Økonomi	41

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1.0-1.9: Oversvømmelseskort for Vinkel - status og plan med klimatiltag.

Bilag 2.0-2.4: Oversvømmelseskort for Vroue - status.

Bilag 3.0-3.9: Oversvømmelseskort for Hald Ege - status og plan med klimatiltag.

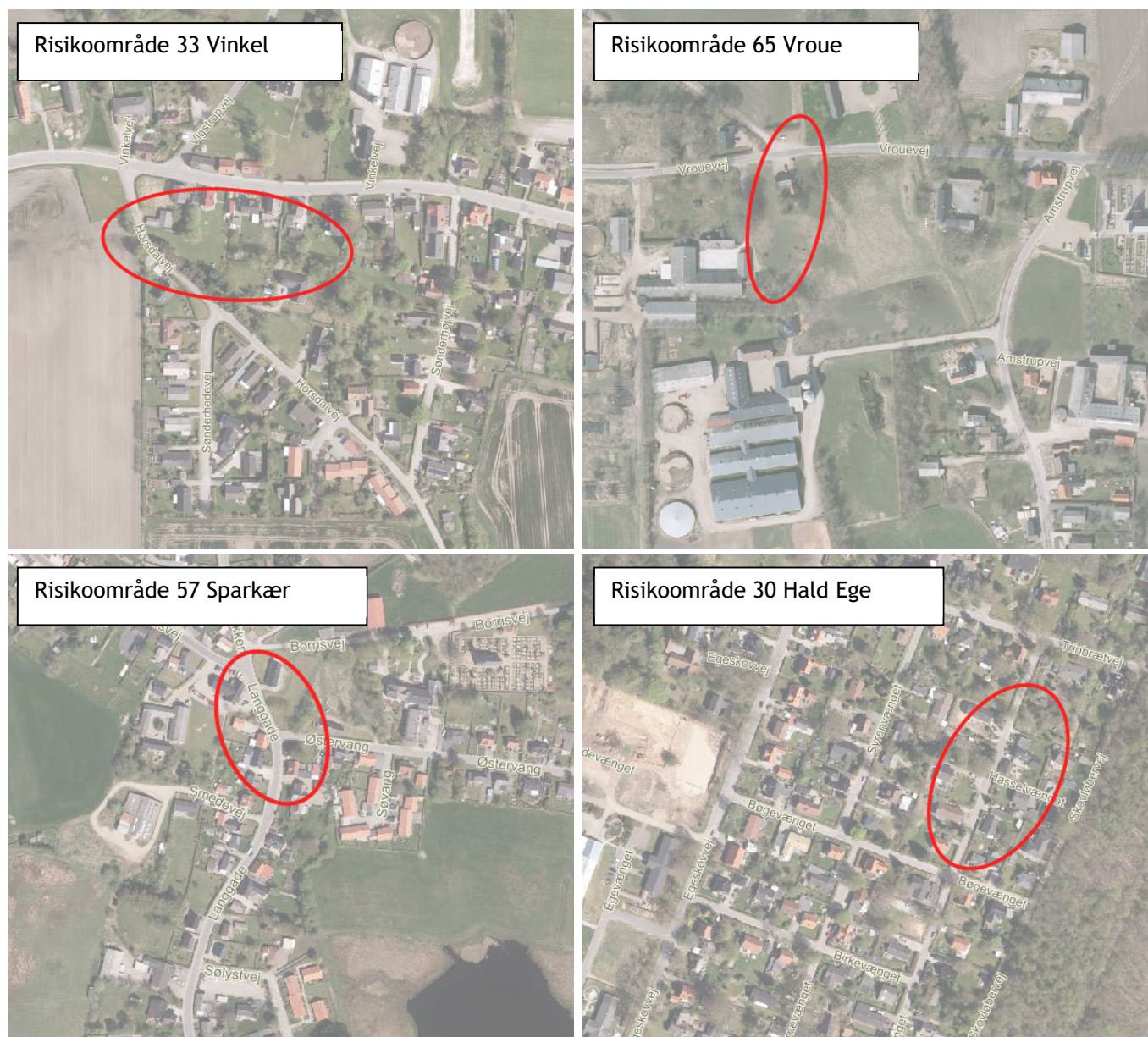
Bilag 4.0-4.4: Oversvømmelseskort for Sparkær - status.

1. INDLEDNING

Denne rapport redegør for forundersøgelser af fire risikoområder, der er udpeget i Viborg Kommunes Klimatilpasningsplan: Nr. 33 Vinkel, Nr. 65 Vroue, Nr. 30 Hald Ege og Nr. 57 Sparkær, se Figur 1-1.

Forundersøgelserne omfatter en redegørelse for oversvømmelsesrisiko, årsagssammenhænge ifm. oversvømmelser, værdisætning og skadesberegninger, identifikation af løsningstiltag samt cost-benefit analyse af løsningstiltag. Udgiftsfordelingen mellem kommune og forsyning aftales efterfølgende udarbejdelsen af forundersøgelserne.

Forundersøgelserne danner beslutningsgrundlag for det politiske valg af klimaindsatser i de fire risikoområder.



Figur 1-1: Forundersøgelsernes fire risikoområder i Vinkel, Vroue, Sparkær og Hald Ege.

2. METODE OG TILGANG TIL OPGAVELØSNINGEN

Forundersøgelserne udføres ved at følge nedenstående tre faser, som også er skitseret på Figur 2-1:

- Fase 1: Hvad er problemet? - risiko og konsekvensvurdering
- Fase 2: Hvad kan vi gøre ved det? - skitsering af løsningsforslag
- Fase 3: Hvad kan betale sig? - prioritering af løsninger

På baggrund af de tre faser fremstilles et beslutningsgrundlag for det politiske valg af en klimaindsats.

Udgangspunktet for at vælge klimaindsatsen er en konsekvensvurdering af indsatsen og en samfundsøkonomisk analyse af, om omkostningerne forbundet med en indsats modsvarer af den afledte skadesbesparelse (en positiv business case). Foreligger der en positiv business case for en indsats, giver det et velunderbygget argument for at klimatilpasse risikoområdet. Foreligger der en negativ business case for en indsats for risikoområdet, vil dette ikke automatisk afstedkomme en anbefaling om ikke at klimatilpasse risikoområdet. I så fald vil andre hensyn end de samfundsøkonomiske resultater også komme i betragtning i valget af klimaløsning.

De enkelte faser beskrives nedenfor.



Figur 2-1: Flow diagram for forundersøgelsen af ét risikoområde.

2.1 FASE 1: RISIKOVURDERING

Oversvømmelsesrisiko og årsagssammenhænge

Der foretages ajourføringer af de foreliggende hydrauliske modeller fra Energi Viborg A/S. Der er fokus på, at modellerne bliver ajourførte ift. gældende ledningsdata i afløbsdatabasen, og at oplande er beskrevet tilstrækkeligt detaljeret. I alle områder er der fokus på de øvre randbetingelser i form af mulige vandløbs- og dræntilslutninger. I den forbindelse inddrages tilgængelige drænkort samt resultater fra et DANVA-udviklingsprojekt (DANVA, 2018), med deltagelse af EnviDan, omkring uvedkommende vand og bidrag fra markdræn til afløbssystemet. EnviDan udfører som grundlag for de hydrauliske beregninger en GIS-analyse til fastlæggelse af det befæstede areal i kloakoplandene, en såkaldt spektralanalyse på baggrund af orthofotos. Desuden foretages en semiautomatisk inddeling af jordstykker fra grundkortet til nærmeste brønd.

Der er i de hydrauliske analyser fokus på effekten af klimatiltag i forhold til planlagte separeringsprojekter samt at få analyseret årsagssammenhænge og kilderne til de beregnede oversvømmelser for nedbør med gentagelsesperioder på 5, 10, 20, 50 og 100 år. Som hydraulisk modelværktøj benyttes MIKE-URBAN koblet med MIKE-FLOOD.

Skadesberegninger

Efterfølgende de hydrauliske modelberegninger beregnes skader under oversvømmelse. Som input konstrueres værdikort for de fire risikoområder med udgangspunkt i paradigmet for opstillingen af det eksisterende værdikort fra Viborg Kommunes Klimatilpasningsplan. Værdikortet repræsenteres standard enhedspriser (kr./m²) for værditabet forbundet med oversvømmelse af forskellige bygningskategorier, infrastruktur og arealtyper. Der benyttes en GIS-baseret model til beregning af skader under oversvømmelser. I GIS-modellen sammenholdes værdikortet med oversvømmelseskort til gentagelsesperioderne 5, 10, 20, 50 og 100 år, hvorved skaden kvantificeres til hver gentagelsesperiode.

I skadesopgørelsen skelnes mellem bygninger og andre arealtyper. For bygninger benyttes en skadesfunktion, hvor skaden afhænger af vanddybden og den oversvømmede bygningsperimeter, se følgende ligning:

$$T_{x,kr} = \text{minimum}\{T_{bygning}, O_{våd} \cdot E_{bygning} \cdot F_d\}$$

, hvor:

$T_{x,kr}$:	skadesomkostning ved en given gentagelsesperiode x [kr]
$T_{bygning}$:	den totale skadesomkostning for bygningen [kr]
$O_{våd}$:	den våde perimeter langs bygningen over en antaget kritisk vanddybde på 10 cm [m]
$E_{bygning}$:	skadesomkostning per kvadratmeter [kr/m ²]
F_d :	Faktor som beskriver hvor hurtigt bygningsskaden vokser ved øget oversvømmelse [m]

Ligningen beskriver, at skadesomkostningerne forbundet med en oversvømmet bygning ikke kan overstige bygningens maksimale værditab givet ved arealet multipliceret med enhedsomkostningen. For andre arealtyper beregnes skaden ved at multiplicere arealet af vandudbredelsen med enhedsprisen fra det underliggende værdikort.

Det skal understreges, at skadesberegningerne udelukkende omfatter skader som følge af vandindtrængning i bygninger. Analysen medtager ikke andre skadestyper, f.eks. forstyrrelser på transport, forretning og produktion, udgifter til genhusning, tab af ejendomsværdi, risiko for dødsfald, sygdomme, tab af kulturarv, psykisk stress, m.m. Skadesberegningerne kan således betragtes som værende optimistiske under de givne forudsætninger.

Samfundsøkonomiske beregninger

Som et mål for skadesomkostninger beregnes og benyttes *EAD (Estimated Annual Damage)* - den forventede årlige omkostning, som igen udtrykker hvor store skadesomkostninger der i gennemsnit over en lang årrække er forbundet med oversvømmelser. EAD beregnes automatisk i Skrift 31-værktøjet ved at finde sammenhængen mellem, hvor kraftig en hændelse er (gentagelsesperioden), og hvor store skader den giver anledning til i de fem hændelser: T5, T10, T20, T50 og T100.

Værktøjet akkumulerer dernæst de årlige skadesomkostninger over analyseperioden, fx en 100 års planhorisont. Effekten af fremtidige klimaændringer med stadig kraftigere regn- og skadeshændelser medtages i den forbindelse automatisk ved på årlig basis at opjustere EAD med en klimafaktor (baseret på Skrift-30). Desuden indregnes diskonteringsrentefoden, så der regnes på nutidsværdien af omkostningerne.

2.2 FASE 2: UDVIKLING AF ET PLAN-SCENARIO FOR KLIMATILPASNINGSTILTAG

Med udgangspunkt i beregningen af oversvømmelsesudbredelse og skadesomkostninger for status udvikles et samlet plan-scenarie for klimatilpasningstiltag i det betragtede risikoområde, der reducerer skaderne under kraftigt regn.

I oversvømmelsesmodellen implementeres forskellige løsninger, som omdirigerer vandveje og fjerner oversvømmelsen fra udvalgte områder med værditab til fx grønne områder med potentiale for forsinkelse og tilbageholdelse af overfladevand. Løsningerne udvikles med overslag på investeringsomkostninger samt løbende udgifter til drift- og vedligehold.

I tråd med analysen for status beregnes oversvømmelseskort for plan svarende til oversvømmelseshændelserne 5, 10, 20, 50 og 100 år. Der beregnes efterfølgende EAD og skadesbudget for planscenariet efter samme princip som er beskrevet under status. Efterfølgende beregnes differencen mellem skadesbudgettet for status og plan, som repræsenterer den skadesbesparelse, der kan opnås ved plan-scenariet.

2.3 FASE 3: COST-BENEFIT ANALYSE OG USIKKERHEDSANALYSE

Med udgangspunkt i de beregnede skadesomkostninger for status og plan samt i det opstillede budget for aktuelle tiltag udføres en egentlig cost-benefit analyse, hvor summen af investeringer i klimatilpasning sammenholdes med den afledte skadesbesparelse.

Foreligger der en positiv businesscase for en indsats, giver det et velunderbygget argument for at klimatilpasse risikoområdet. Foreligger der en negativ business case for en indsats for risikoområdet, vil dette ikke automatisk afstedkomme en anbefaling om ikke at klimatilpasse risikoområdet. Hvis der opnås en gevinst ved det endelige plan-scenarie kan de tilhørende klimatiltag i princippet godkendes. Disse tiltag vil i princippet definere de lokale mål for klimatilpasning og derved mål for regnvand på terræn.

Resultaterne tilknyttes en robust usikkerhedsanalyse ved Monte Carlo metoden.

3. MODELOPSTILLING

3.1 BETRAGTEDE AFLØBSSCENARIER – STATUS OG PLAN

I nærværende afsnit beskrives de to scenarier, der udgør grundlaget for fastsættelsen af klimamål:

- Status: Planlagt separeret kloaksystem
- Plan: Planlagt separeret kloaksystem med klimatilpasning

Status: Plan-kloaksystem

I forbindelse med nærværende opgave er udleveret planmodeller for Sparkær, Vinkel og Vroue af Energi Viborg. EnviDan A/S har med udgangspunkt i udleveret Dandas-database fra Energi Viborg opstillet en statusmodel for Hald Ege, som ligeledes er benyttet i analysen. På Figur 3-4 til Figur 3-2 er præsenteret oversigt over ledningssystemet i Mike Urban modellerne.



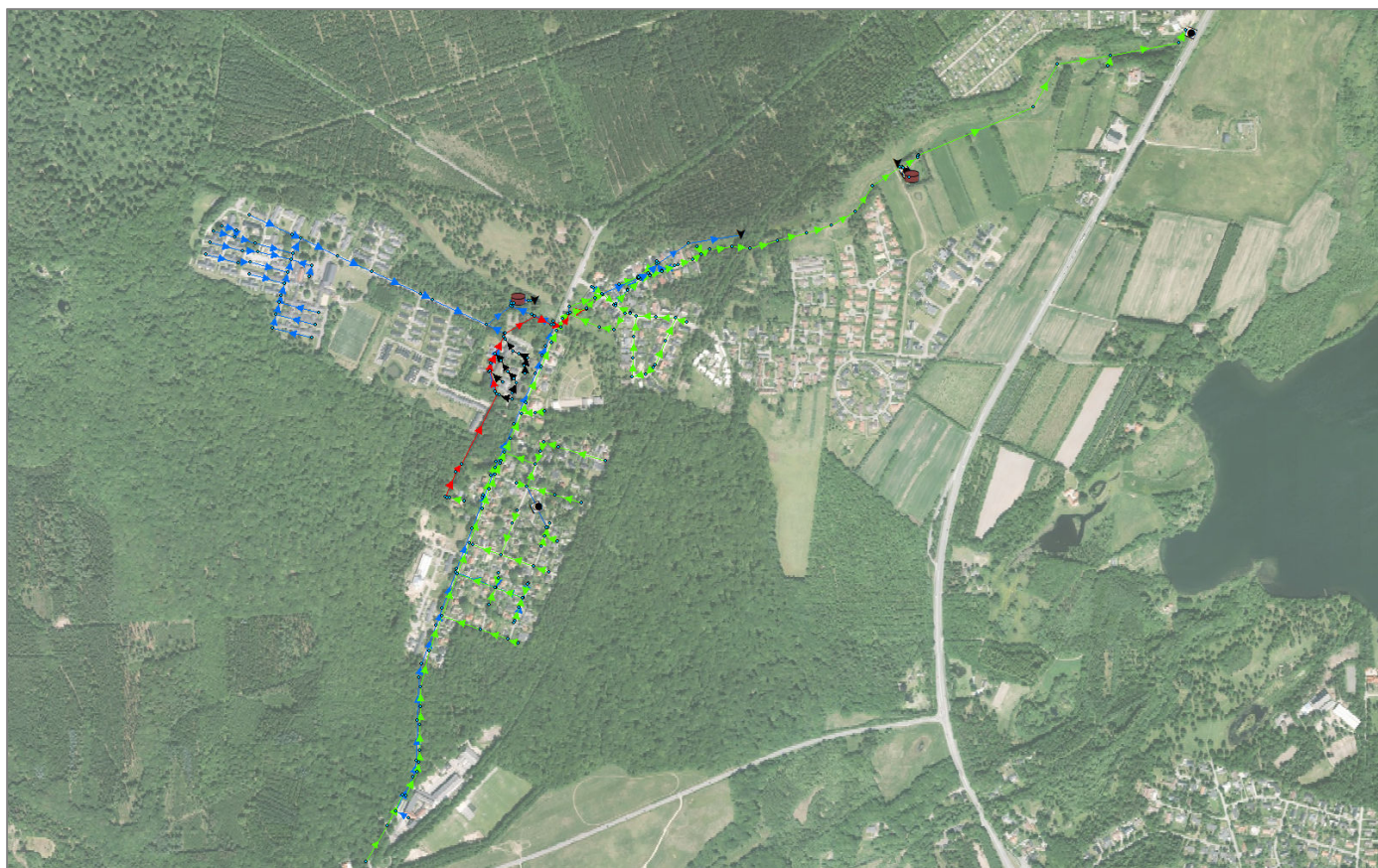
Figur 3-1: Oversigt over ledningssystem i MU-model af Vinkel.



Figur 3-2: Oversigt over ledningssystem i MU-model af Vroue.



Figur 3-3: Oversigt over ledningssystem i MU-model af Sparkær.



Figur 3-4: Oversigt over ledningssystem i MU-model af Hald Ege.

Plan: Plan-kloaksystem med klimatiltag

Modellen for indarbejdede klimatilpasninger opstilles indledningsvist i Fase 2 som en konsekvens af resultatbehandlingen af Fase 1. Modellen for klimatilpasningen beskrives i resultatafsnittet, afsnit 4.

3.2 BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER

Randbetingelser

Hald Ege

Regnvand ledes til bassin B1508R, i den nordlige ende af Hald Ege, hvor der er et droslet udløb på 16 l/s til Koldbæk. Koldbækken er rørlagt under Egeskovvej og under området ved Teglgårdsvej og Slugten. Vandløbet er ikke medtaget i modellen ved andet end højdemodellen, hvorfor den rørlagte del ikke er en del af modelsetuppet.

Fællesvand ledes til pumpestation ved Vejlevej ca. 1 km nordøst for Hald Ege. I modellen har pumpen en fast ydelse på 20 l/s. Langs fællesledningen er der to overløb til Koldbæk. De er begge beskrevet ved frit udløb i modellen.

Sparkær

I den hydrauliske model af det separatkloakerede Sparkær er der tre udløb fra regnvandssystemet til en drækanal i engområdet i den østlige del af Sparkær. Kanalen er en del af vandløbsoplandet til Rævind Bæk.

Herudover skal der etableres et nedsivningsbassin på Enrico Dalgas Vej ved Sparkær Idrætsforening. Bassinet håndterer vej- og tagvand fra den nordlige del af Præstebakken og Enrico Dalgas Vej. I modellen er nedsivningen sat til 1 l/s.

Vinkel

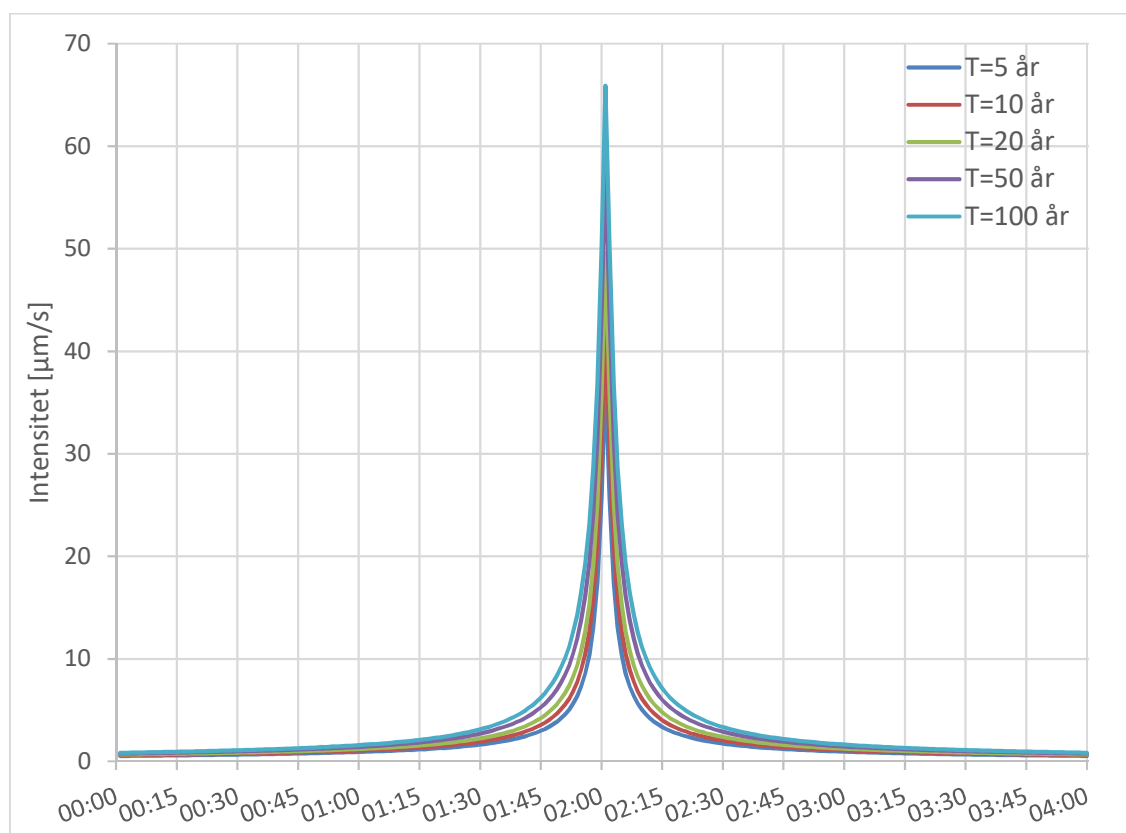
Det planlagte regnvandssystem i Vinkel, vil som eksisterende afløbssystem, ledes via en ledning til udløb i et vandhul ca. 1 km vest for byen. Vandhullet er en del af oplandet til Rind bæk. Der er frit udløb.

Vroue

I Vroue er der planlagt et nyt regnvandsbassin til forsinkelse af regnvandet fra byen. Det er gjort i form af et bassin med et droslet udløb (ø100) til det rørlagte vandløb, som er medtaget i modellen. Beskrivelsen af det rørlagte vandløb er medtaget til ca. 0,5 km nord for byen. Der er antaget frit udløb på det rørlagte vandløb.

Regnhændelser

Der benyttes CDS-regn med gentagelsesperioder på $T = 5, 10, 20, 50$ og 100 år genereret med Spildevandskomiteens regional regnerække-værktøj version 4.1 udarbejdet sammen med Skrift 30. Der er genereret fire sæt CDS-regn - ét sæt per by. På Figur 3-5 ses et eksempel på et sæt regnserier fra Hald Ege.



Figur 3-5: Hyetograf for CDS 5, 10, 20, 50 og 100 år.

Til denne beregning benyttes sikkerhedsfaktorerne i Tabel 3-1, som forefindes i de fremsendte dimensioneringskriterier.

Parameter	Værdi
Modelusikkerhed	1,20
Klimafaktor	1,00
Fortætningsfaktor	1,05
Samlet	1,26

Tabel 3-1 Sikkerhedsfaktor for servicekriteriet.

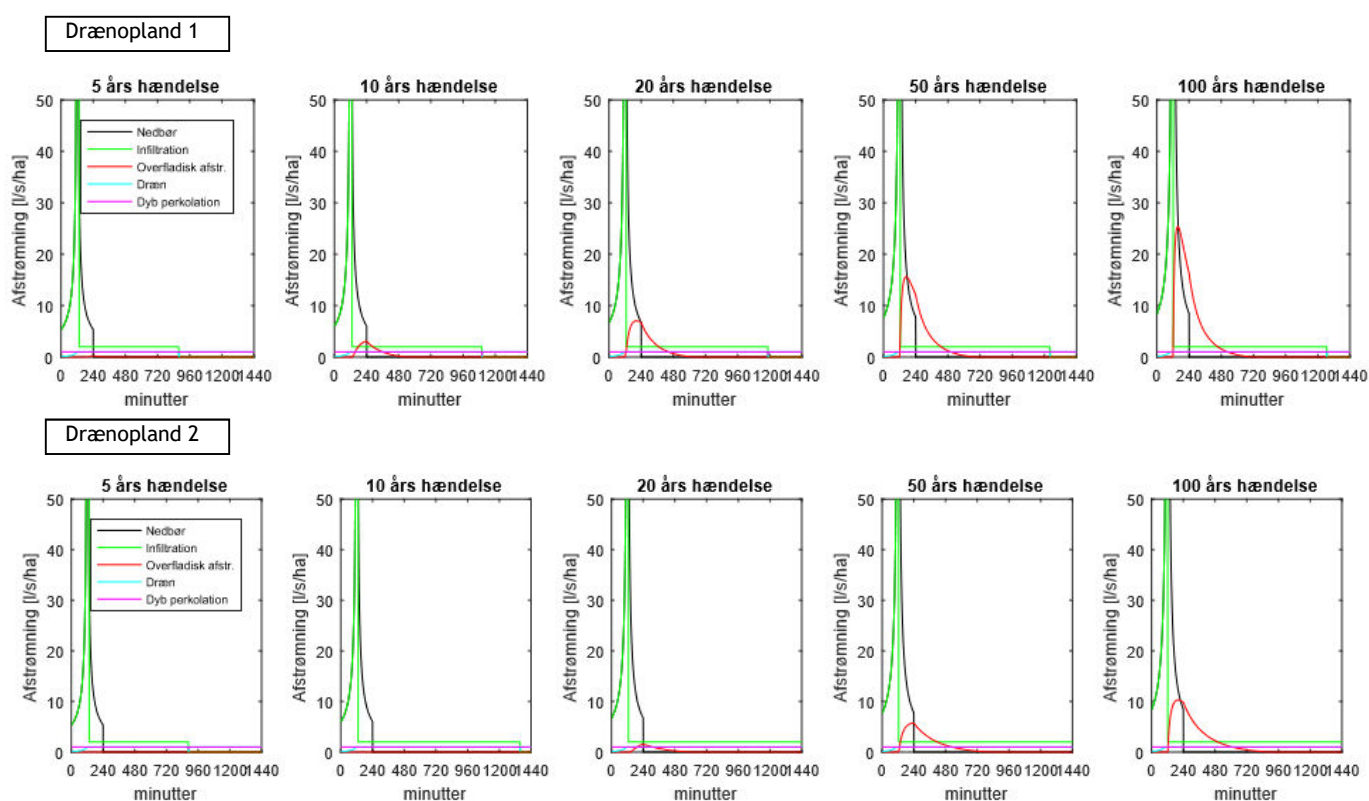
Modelusikkerheden er sat til 1,20, da der er benyttet ukalibreret modeller. Klimafaktor er fastsat til 1,0, da klimafaktoren håndteres i forbindelse med EAD-beregningerne. Fortætningsfaktoren er fastsat til 1,05. Sikkerhedsfaktor indeholder også hensyntagen til afstrømning fra grønne arealer i kloakoplandene.

Bidrag af dræn- og overfladisk afstrømning fra ukloakerede oplande

Vandoplandene til de betragtede risikoområder omfatter foruden kloakerede oplande betydelige rurale deloplande, der afhængig af de givne forhold omkring regnhændelse, topografi, jordbund og geologi kan bidrage med betydelig drænastrømning og overfladisk afstrømning i skybrudshændelser til de kloakerede oplande og risikoområder. I denne undersøgelse er det valgt at simulere tilstrømmende dræn- og overfladisk afstrømning fra rurale oplande i et selvstændigt simpelt beregningsmodul og derefter definere afstrømningen som tilskud / randbetingelser i drænbrønde i MIKE-URBAN modellen.

Til beregning af drænastrømning og overfladisk afstrømning fra de enkelte rurale oplande anvendes en forholdsvis simpel en-dimensionel afstrømningsmodel, se Figur 3-7. Modellen omfatter to kobledede reservoirer for overfladen (lavningen) henholdsvis jordmagasinet. Vandindholdet i de to reservoirer opdateres i beregningstidsskridt á 1 minut ved at specificere input og simulere output i form af drænastrømning og overfladisk afstrømning.

Input til lavningsmagasinet udgøres af brugerspecificeret nedbør, mens output er beregnet infiltration. Overstiger vandindholdet lavningskapaciteten beregnes afstrømningen af den overskydende vandmængde ved Mannings Formel. Jordmagasinet modtager input i form af beregnet infiltration fra lavningsmagasinet. Dernæst beregnes dyb perkolation og drænastrømning.



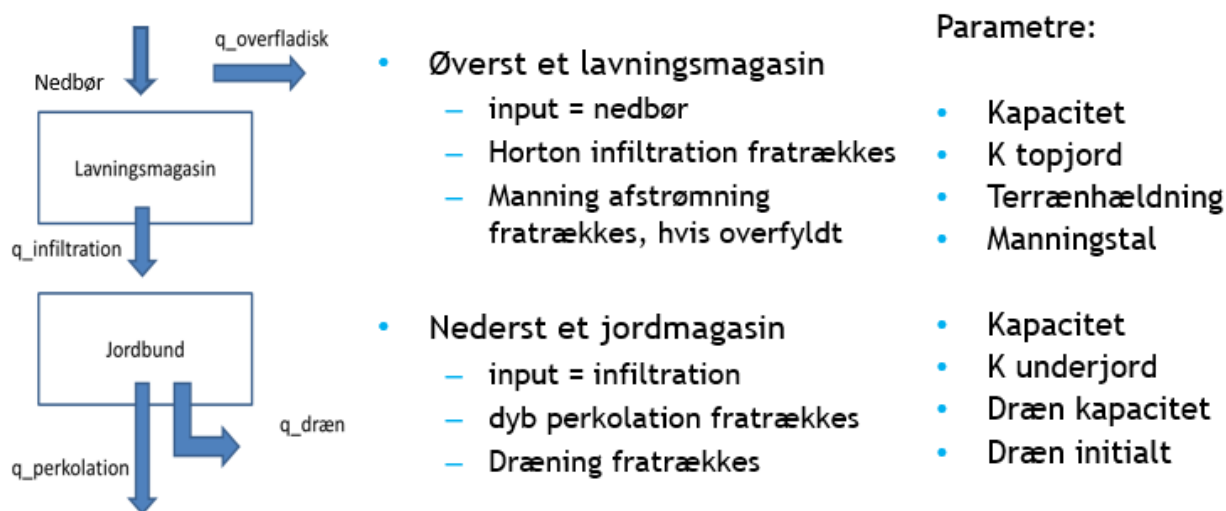
Figur 3-6: Eksempler på 1D-simuleret vandbalance for to drænoilande. For drænoiland 1 beregnes i højere grad overfladisk afstrømning end i drænoiland 2 pga. større terrængradienter.

Beregningerne baseres på parameterværdier for jordbunden (hydraulisk ledningsevne for top- og bundjord), terrænhældninger, Manningtal, dræncapacitet samt kapacitet af lavnings- og jordmagasin. Kapaciteten af lavningsmagasinet findes ved en simpel terrænanalyse i GIS, hvor det totale lavningsvolumen (m^3) i oplandet sættes i forhold til oplandsarealet (m^2).

De beregnede tidsserier for simuleret dræning og overfladisk afstrømning indsættes som randbetingelser i brønde i MIKE URBAN modellerne. Energi Viborg Vand A/S har bidraget med brøndinspektioner med henblik på at fastslå, hvorvidt drænastrømningen reelt tilgår de betragtede brønde. I de tilfælde, hvor der ikke er identificeret et tilkøbet markdræn er kun den overfladiske afstrømning indsat som randbetingelse i de pågældende brønde i MIKE URBAN.

Det skal bemærkes, at der er betydelig usikkerhed forbundet med parametriseringen af modellen for de enkelte dræn-oplande. Kapaciteten af jordmagasinet sættes konservativt til 20 mm for alle oplande, hvilket svarer til en næsten mættet jord. Hydrauliske ledningsevne værdier for lavnings- og jordmagasin estimeres på baggrund af jordartskort. Der anvendes generelt værdier for hydraulisk ledningsevne, som ligger i den lave ende af det realistiske spænd af jord-specifikke parameterværdier. Alt i alt repræsenterer modellerne worst-case med hensyn til simulering af overfladisk afstrømning.

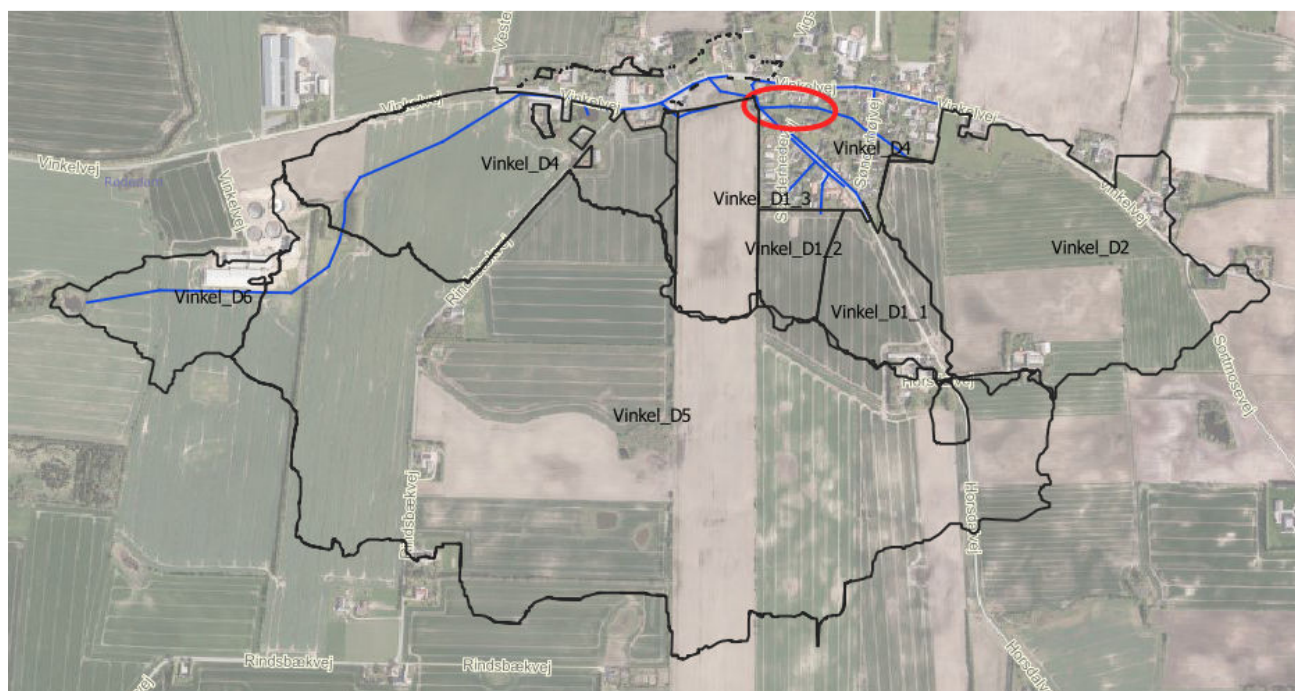
Nedenfor beskrives opsætningen af 1D-afstrømningsmodellen for hvert af risikoområderne.



Figur 3-7: Skitse af den anvendte 2-lags Horton model til beskrivelse af dræn- og overfladisk afstrømning i ukloakerede oplande.

Vinkel

På Figur 3-8 ses et kort over 7 drænoplande, der er koblet på modellen for Vinkel. Tabel 3-2 viser anvendte parametre for afstrømningsmodellen for hvert af drænoplandene i Vinkel. Området befinder sig på lerblandet-sand-jord, hvorfor der er anvendt 1×10^{-5} m/s for overjorden og 1×10^{-7} m/s for underjorden.



Figur 3-8: Kort over drænoplande i Vinkel.

Tabel 3-2: Parametre til beregning af dræn- og overfladisk afstrømning for Vinkel.

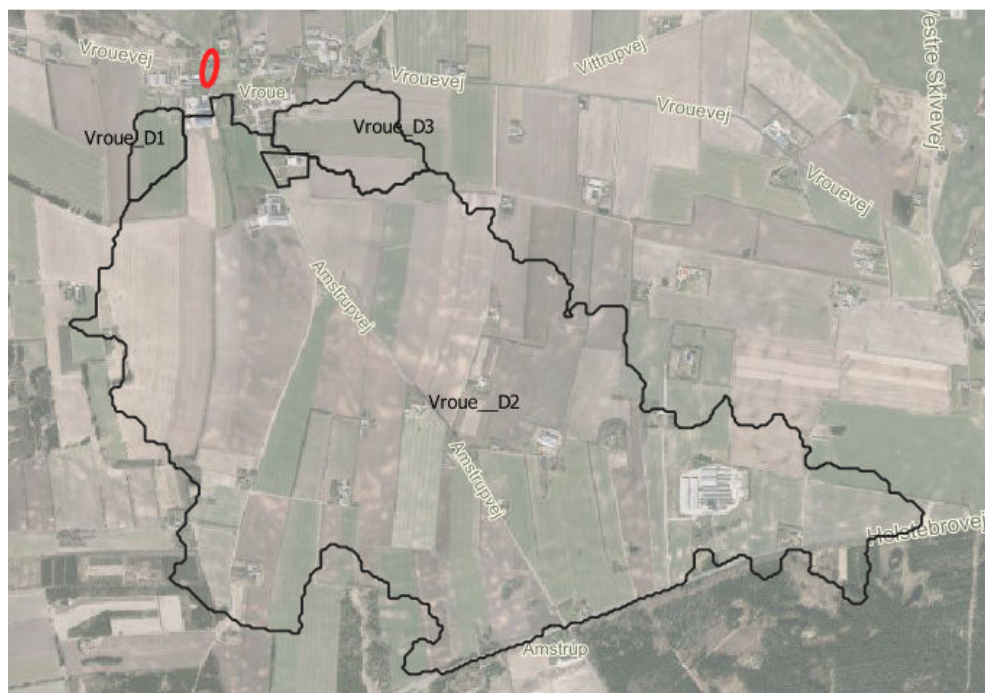
Navn	Areal	Hældning	Manning	K o.jord	K u.jord	Lavning	Jordmagasin	Qmid dræn		Qmax dræn		Bidragstype til MIKE-URBAN**
	ha	%	M ^{1/3} /s	m/s	m/s	mm	mm	l/s	l/s/ha	l/s	l/s/ha	
Vinkel_D1_1	5.2	1.5%	5	1.00E-05	1.00E-07	9.8	20	0.2	0.043	5.2	1	A
Vinkel_D1_2	2.7	2.5%	5	1.00E-05	1.00E-07	6.8	20	0.1	0.043	2.7	1	D+A
Vinkel_D1_3	7.0	2.8%	5	1.00E-05	1.00E-07	3.0	20	0.3	0.043	7.0	1	D+A
Vinkel_D2	23.9	1.8%	5	1.00E-05	1.00E-07	117.4	20	4.0	0.166	19.1	0.8*	D+A
Vinkel_D4	16.9	1.2%	5	1.00E-05	1.00E-07	13.0	20	0.7	0.043	16.9	1	D+A
Vinkel_D5	82.4	1.5%	5	1.00E-05	1.00E-07	0.2	20	3.5	0.043	82.4	1	D+A
Vinkel_D6	6.1	1.3%	5	1.00E-05	1.00E-07	6.3	20	0.3	0.043	6.1	1	D+A

*Den maksimale drænkapaцитet er estimeret ud fra ledningsdimensioner angivet på dræntegninger.

**A = Kun overfladisk afstrømning tilføres MU; D+A: Både drænastrømning og overfladisk afstrømning tilføres MU.

Vroue

Figur 3-9 viser et kort over drænoplande i Vroue. Der var indledningsvist tre drænoplande, som potentielt var koblet til afløbssystemet, hvoraf det største D2 afvander 327 ha. Drænoplanet D1 er efterfølgende taget ud, da det ikke bidrager til risikoområdet. Området befinder sig på lerblandet-sandjord, hvorfor der er anvendt 1×10^{-5} m/s for overjorden og 1×10^{-7} m/s for underjorden.



Figur 3-9: Kort over drænoplande i Vroue. Obs: Opland Vroue_D1 bidrager ikke til modellen.

Tabel 3-3: Parametre til beregning af dræn- og overfladisk afstrømning for Vroue.

Navn	Areal	Hældning	Manning	K o.jord	K u.jord	Lavning	Jordmagasin	Qmid dræn		Qmax dræn		Bidragstype til MIKE-URBAN**
	ha	%	M ^{1/3} /s	m/s	m/s	mm	mm	l/s	l/s/ha	l/s	l/s/ha	
Vroue_D2	327.3	0.8%	5	1.0E-05	1.0E-07	104.7	20	10.5	0.032	261.9	0.8*	D+A
Vroue_D3	13.9	1.5%	5	1.0E-05	1.0E-07	9.9	20	0	0	13.9	1	A

*Den maksimale drænkapaцитet er estimeret ud fra ledningsdimensioner angivet på dræntegninger.

**A = Kun overfladisk afstrømning tilføres MU; D+A: Både drænastrømning og overfladisk afstrømning tilføres MU.

Sparkær

Figur 3-10 viser et kort over drænoplande til Sparkær. Området er karakteriseret ved 8 drænoplande, der potentielt er koblet til afløbssystemet. Området befinder sig på lerblandet- sandjord, hvorfor der er anvendt 1×10^{-5} m/s for overjorden og 1×10^{-7} m/s for underjorden.



Figur 3-10: Kort over drænoplande i Sparkær.

Tabel 3-4: Parametre til beregning af dræn- og overfladisk afstrømning for Sparkær.

Navn	Areal	Hældning	Manningstal	K o.jord	K u.jord	Lavning	Jordmagasin	Qmid dræn		Qmax dræn		Bidragstype til MIKE-URBAN*
	ha	%	M ^{1/3} /s	m/s	m/s	mm	mm	l/s	l/s/ha	l/s	l/s/ha	
Sparkær_D1	8.8	2.1%	5	1.00E-05	1.00E-07	11.3	20	0.1	0.012	8.8	1	D+A
Sparkær_D2	3.3	3.8%	5	1.00E-05	1.00E-07	3.5	20	0.0	0.012	3.3	1	A
Sparkær_D3	10.4	1.9%	5	1.00E-05	1.00E-07	52.4	20	0.2	0.017	10.4	1	D+A
Sparkær_D4	25.8	2.8%	5	1.00E-05	1.00E-07	43.7	20	0.4	0.014	25.8	1	D+A
Sparkær_D6	18.2	1.0%	5	1.00E-05	1.00E-07	360.7	20	0.3	0.016	18.2	1	D+A
Sparkær_d6	160.1	1.9%	5	1.00E-05	1.00E-07	248.6	20	2.6	0.016	160.1	1	D+A
Sparkær_D7	14.7	5.2%	5	1.00E-05	1.00E-07	15.2	20	0.2	0.016	14.7	1	D+A
Sparkær_D8	6.2	4.6%	5	1.00E-05	1.00E-07	27.9	20	0.1	0.016	6.2	1	D+A

*A = Kun overfladisk afstrømning tilføres MU; D+A: Både drænafløb og overfladisk afstrømning tilføres MU.

Hald Ege

Det vurderes ikke sandsynligt, at der optræder hverken dræn- eller overfladisk afstrømning i de rurale oplande til Hald Ege, da byen hovedsageligt er beliggende på grove sandede og grusede aflejringer. Derfor er der ikke indregnet disse bidrag i beregningerne for Hald Ege.

3.3 OPSTILLING AF VÆRDIKORT

Der er konstrueret værdikort for hvert risikoområde på baggrund af enhedspriserne i Tabel 3-5, som er suppleret med Tabel 3-6. Til opstillingen af værdikort er der anvendt en række grundkort, se Tabel 3-7, samt BBR-kortmateriale fra kommunen over bygninger, som skal tildeles skadesværdi. Bygninger som ikke tildeles skadesværdi er (baseret på BBR-anvendelseskode): carporte, drivhuse, udhuse, garage og ukendt bygning.

Tabel 3-5: Værdisætningsgrundlag i form af enhedspriser for skade. Modtaget af Viborg Kommune.

	Anvendelse	Kilde	Hotspot-værdi	Værdi pr. m ² i kr.
Bebyggelse	Erhverv (Industri og handel)	BBR		1.000
	Listevirksomheder	GIS-tema	Ja	10.000
	Boliger	BBR		600
	Fritidsboliger (sommerhuse, kolonihaver m.v.)	BBR		400
	Offentlig service (institutioner, plejehjem, sygehuse m.v.)	BBR		3.000
	Fredede bygninger o. lign	BBR	Ja	10.000
Anlæg	Trafikvej – Gennemfart og jernbaner	Standardbredde	Ja	10.000
	Lokalvej - Primær	Standardbredde	Ja	5.000
	Lokalvej - Sekundær	Standardbredde	Ja	1.000
	Lokalvej - Tertiær	Standardbredde		100
	Kirkegård	GIS-tema		100
	Affaldsdeponi og genbrugspladser	GIS-tema		100
	Fund og fortidsminder	GIS-tema	Ja	10.000
	Vandværker og tilhørende borer	GIS-tema	Ja	10.000
	Forsyningsanlæg (herunder pumpestationer)	GIS-tema	Ja	10.000
	Lufthavn	GIS-tema	Ja	10.000
	Militært anlæg	GIS-tema	Ja	10.000
	Parkeringsanlæg	GIS-tema	Ja	10.000
	Sportsanlæg	GIS-tema	Ja	10.000
	Togstation/rangéranlæg	GIS-tema	Ja	10.000
	Værdifulde landbrugsområder	GIS-tema		0,65
Landbrug	Lavbundsområder	GIS-tema		0,35
	V2-kortlagte grunde	GIS-tema	Ja	10.000
Andre	Institutioner – evakueringstunge borgere	GIS-tema	Ja	10.000

Tabel 3-6: Værdisætningsgrundlag, som erstatter værdierne i Tabel 3-5.

Anvendelse	Værdi pr. m ² i kr.
Andre veje	0
Jernbane og letbane	90
Trafikvej-Gennemfart	30
Lokalvej-Primær	30
Lokalvej-Tertiær	0
Lokalvej-Sekundær	10

Tabel 3-7: Grundkort anvendt til opstilling af værdikort.

Kilde	Tema	Anvendelsesformål
GeoDanmark (Bygninger)	Bygninger	Til placering og kategorisering af veje
GeoDanmark (Trafik)	Vejmidte brudt	Til placering af bygninger
GeoDanmark (Teknik)	Begravelsesområde	Til placering af kirkegård
GeoDanmark (Bebyggelse)	Erhverv	Til placering af erhverv (resten antages at være boliger)

Grundlaget for opstillingen af vejudbredelse i projektområdet er temaet "Vejmidte brudt", se Tabel 3-5, som består af linjestykker med en angivet attribut for vejklasse.

Vejklasserne fra "Vejmidte brudt" er relateret til vejklasserne i værdisætningsgrundlaget, se Tabel 3-5, på baggrund af antagelserne i Tabel 3-8. I konverteringen fra vej-linjestykker til vejpolygoner er der anvendt vejbredde som angivet i Tabel 3-8.

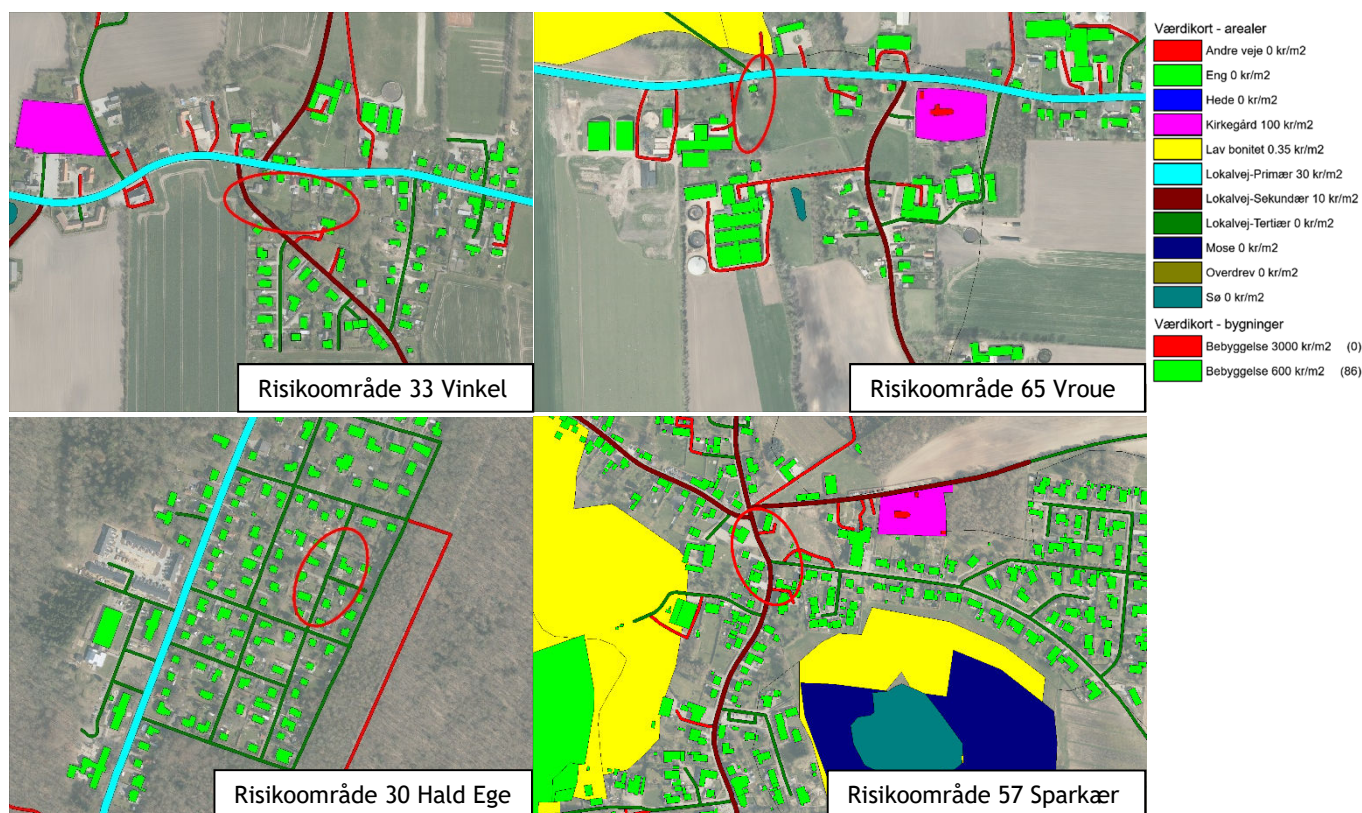
Tabel 3-8: Antaget relation mellem grundkort "Vejmidte brudt" og værdikort samt antaget vejbredde.

Navn Vejmidte brudt	Navn Værdisætningsgrundlag (Tabel 3-5)	Antaget vejbredde i meter
Trafikvej-Gennemfart	Motorveje og primære trafikveje (Motortrafikveje)	14
Lokalvej-Tertiær	Andre veje	5
Lokalvej-Sekundær	Sekundære trafikveje	6
Indkørselsvej	Andre veje	3
Anden vej	Andre veje	4
Trafikvej-Fordeling	Sekundære trafikveje	14
Lokalvej-Primær	Sekundære trafikveje	10

De resulterende værdikort er vist på Figur 3-11. Projektområderne består altovervejende af boliger. Vejene i området er hovedsageligt sekundære og tertiære boligveje.

Enhedspriserne for skade er dermed primært 600 kr./m² for boliger henholdsvis 10 eller 30 kr./m² for veje.

Der er ikke lokaliseret hot-spots i områderne i henhold til værdisætningsgrundlaget.



Figur 3-11: Værdikort for Vinkel, Vroue, Sparkær og Hald Ege. 1:10.000.

4. RESULTATER

Nedenfor er resultaterne gennemgået for de enkelte Risikoområder. Der redegøres for oversvømmelsesrisiko, årsagssammenhænge ifm. oversvømmelser, værdisætning og skadesberegninger, identifikation af løsningstiltag, cost-benefit analyse af løsningstiltag samt udgiftsfordeling mellem kommune og forsyning.

4.1 VINKEL

4.1.1 Områdekarakteristik

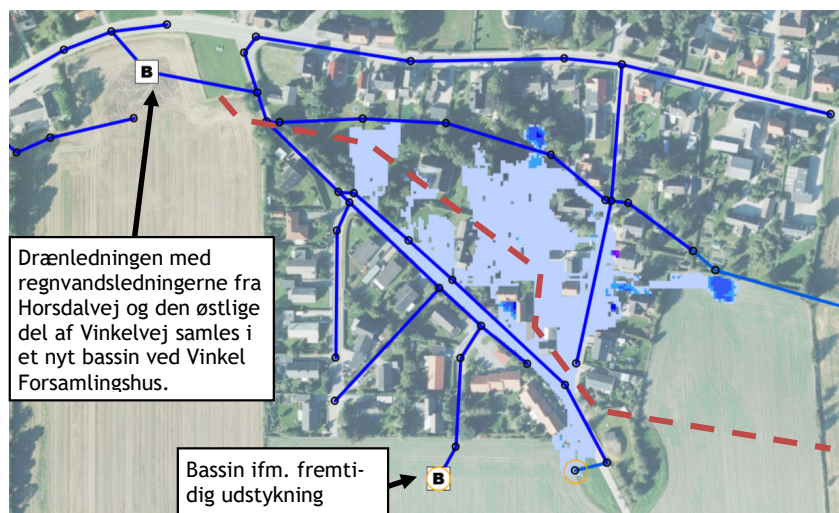
Det meste af byen er fælleskloakeret, og er i den vejledende perspektivplan planlagt separatkloakeret i perioden 2019-2029. Et dræn/vandløb er koblet ind på regnvandsledningen fra øst, se Figur 4-1.



Figur 4-1: Risikoområde 33 i Vinkel med oversvømmelsesudbredelse i en 100 års regn i 2050. Fra Viborg WebGIS.

4.1.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)

I planforslaget for separeringen af Vinkel samles drænledningen med regnvandsledningerne fra Horsdalvej og den østlige del af Vinkelvej, se Figur 4-2. De tre ledninger samles i et nyt bassin ved Vinkel forsamlingshus, hvor Horsdalvej og Vinkelvej mødes. Udløbet fra bassinet reguleres af den anvendte rørdimension på Ø160. Desuden planlægges et bassin mod syd i forbindelse med fremtidig udstykning. Det sydlige bassin har en regulering på 8 l/s fra den ny udstykning.



Figur 4-2: Planlagt ledningssystem og bassiner. Stiplet linie viser adskillelsen mellem den nordlige og sydlige del af kloaksystemet.

Oversvømmelsesudbredelse og årsagssammenhænge

I Bilag 1.0-1.4 er vedlagt oversvømmelseskort for regnhændelserne 5, 10, 20, 50 og 100 år.

Ved T5 ses kun sporadisk vandfyldte lavninger, ellers er der generelt vanddybder under 5 cm. Dog ses oversvømmelse af én bygning på nordsiden af Horsdalsvej. I risikoområdet er der ikke betydelig oversvømmelse ($d < 10$ cm). Ved T10 ses vandudbredelsen at vokse i lavningerne. I risikoområdet optræder der nu oversvømmelse over 10 cm. Tendensen fortsætter ved de større regnhændelser. Ved T100 ses der vanddybder på mellem 0,5-1,0 meter i Vinkel og i risikoområdet.

Til vurderingen af årsagerne til oversvømmelse i Vinkel er der foretaget en analyse af relative afstrømningsbidrag fra kloakerede henholdsvis rurale oplande for den nordlige og sydlige del af Vinkel (se Figur 4-2). Tabel 4-1 viser en volumenopgørelse over afstrømningsbidrag fra kloak-oplande i den nordlige del af Vinkel (oplande til den nordlige ledning gennem risikoområdet) henholdsvis fra det rurale opland mod øst. Tabel 4-2 viser opgørelsen for kloakoplandene ved Horsdalsvej hhv. for drænoilandet mod syd.

Både Tabel 4-1 og Tabel 4-2 viser generelt, at kloakoplandene (de befæstede arealer) bidrager relativt mest i forhold til de rurale oplande ved de små gentagelsesperioder (T5 og T10). Dette skyldes, at afstrømningsbidraget fra markerne vokser med stigende regnintensitet i takt med at overjorden i stadig højere grad opfyldes. For den nordlige del af byen vokser det relative bidrag fra markerne fra 7 % i 5 års hændelsen til 29 % i 100 års hændelsen. For den sydlige del af byen spiller bidraget fra markerne en større rolle. Kun ved gentagelsesperioderne 5 og 10 år bidrager kloakoplandene relativt mest, men det omvendte gør sig gældende ved større gentagelsesperioder. I 100 års hændelsen udgør bidraget fra markerne mod syd f.eks. hele 65 % af det samlede volumen.

Tabel 4-1: Volumenopgørelse af bidrag fra kloakoplande i den nordlige del af Vinkel hhv. fra det rurale opland mod øst.

Gentagelsesperiode	Total	Nedbør (by)	Markafstrømningsbidrag fra øst
[år]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
5	890	830 (93%)	60 (7%)
10	1.120	960 (86%)	160 (14%)
20	1.400	1.090 (78%)	310 (22%)
50	2.170	1.620 (75%)	550 (25%)
100	2.580	1.820 (71%)	760 (29%)

Tabel 4-2: Volumenopgørelse af bidrag fra kloakoplande på Horsdalsvej hhv. fra det rurale opland mod syd.

Gentagelsesperiode	Total	Nedbør (by)	Markafstrømningsbidrag fra syd
[år]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
5	560	450 (80%)	110 (20%)
10	920	520 (57%)	400 (43%)
20	1.370	600 (44%)	770 (56%)
50	2.250	890 (40%)	1.360 (60%)
100	2.880	1000 (35%)	1.880 (65%)

Oversvømmelserne i Vinkel kan primært tilskrives to overordnede forhold.

Det første forhold knytter sig til området mod syd på Horsdalvej. Her ses allerede ved T5 en vandstrømning på tværs af ejendommene mod risikoområdet. Dette tilskrives begrænset kapacitet i den eksisterende regnvandsledning på denne strækning. Ved større gentagelsesperioder bidrager det sydlige markopland mere og mere i forhold til selve kloakoplandet, hvilket forværrer oversvømmelsesproblemet. Ved T20 og deroover ses

oversvømmelse af rækkehusene syd for Horsdalvej, som udelukkende skyldes tilstrømmende vand fra marken mod syd. Vandet fra Horsdalvej løber også i nordlig retning ad Sønderhøjvej og videre til de to af lavningerne på hver side af vejen. I forbindelse hermed strømmer vandet på tværs af ejendommene, dog med vanddybder lavere end 10 cm. Længere nede ad Horsdalvej krydser vandet også ejendommene på sydsiden af vejen og løber ind til lavningen i risikoområdet. At vandet krydser ejendommene selv ved lave gentagelsesperioder, tilskrives i høj grad at der ikke er kantsten på hverken Horsdalvej eller Sønderhøjvej, se Figur 4-3 for et foto af lokaliteten. Oversvømmelserne i den sydlige del af Vinkel optræder umiddelbart i forbindelse med peaket på regnen.

Det andet forhold knytter sig til det nordlige område med bassinet og regnvandsledningen som krydser risikoområdet. Regnvandsledningen ligger med et beskedent fald fra risikoområdet til det planlagte bassin. I de små regnhændelser, og i den første del af de større regnhændelser, er ledningen og bassinet i stand til at aflede mængderne, men efterhånden fyldes regnvandsbassinet og der sker tilbagestuvning med oversvømmelse til følge i lavningerne langs ledningstracéet. Oversvømmelserne i risikoområdet og langs ledningstracéet tilskrives således både bidrag fra den nordlige og sydlige del af byen. I forhold til den sydlige del af byen optræder tilbagestuvningen i ledningen og oversvømmelserne i risikoområdet og langs ledningstracéet senere og forsinket i forhold til peaket på regnen.

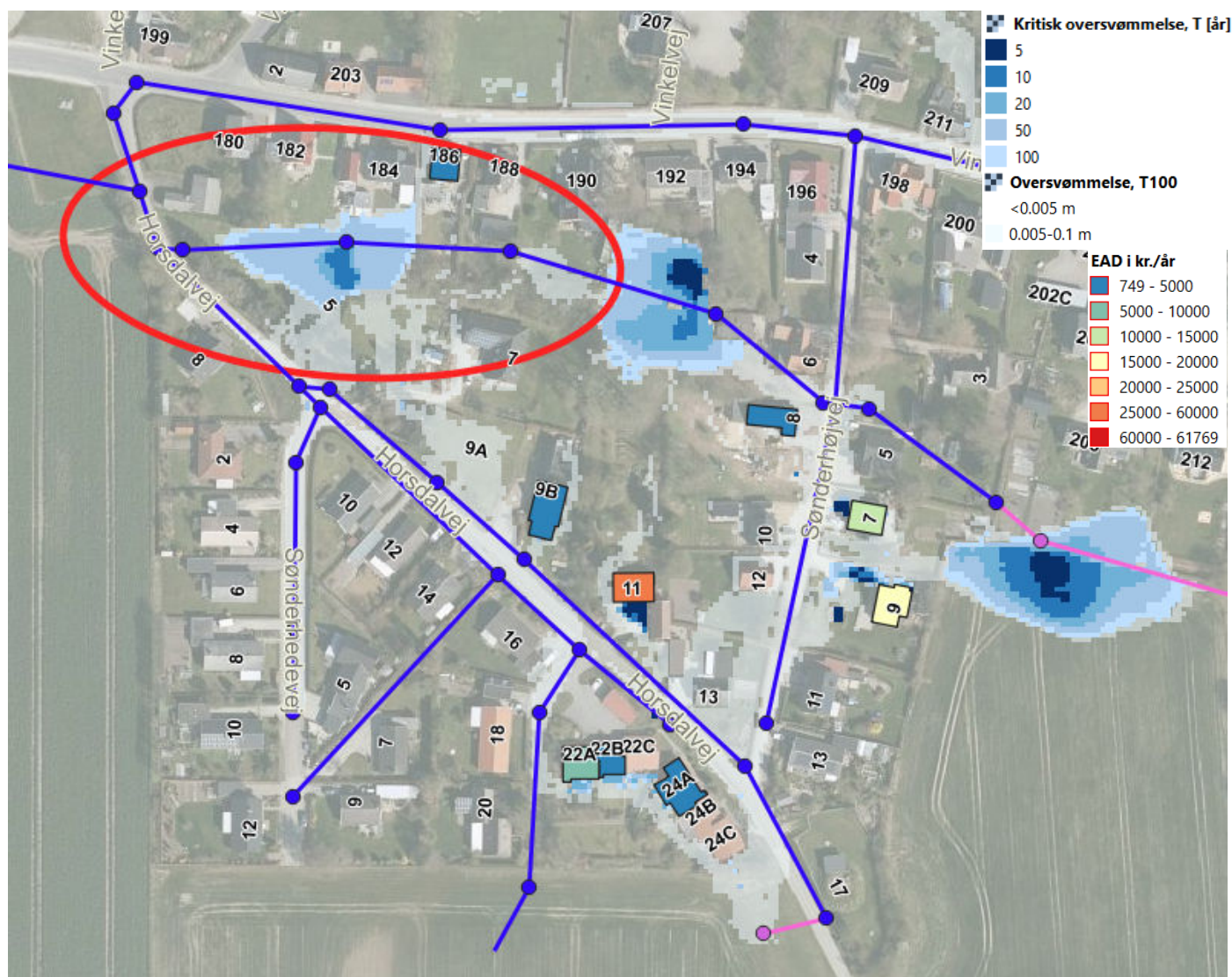


Figur 4-3: Horsdalvej set fra Vinkelvej. Der ses ikke kantsten på vejen. Højre bygning findes ifølge luftfoto ikke mere.

Oversvømmelsesafledte skader

Skaderne under oversvømmelse er beregnet ved at sammenholde oversvømmelseskort med de frembragte værdikort i henhold til beskrivelsen i afsnit 2.1. Figur 4-4 viser de forventede årlige skader (EAD) på bygningsniveau.

I alt er ti ejendomme i risiko for oversvømmelse. Seks af disse er forbundet med en relativ beskedent risiko under 5.000 kr./år, heraf de to ejendomme syd for Vinkelvej i selve risikoområdet. Én ejendom syd for Horsdalvej er forbundet med en skadesrisiko på mellem 5.000-10.000 kr./år. Dernæst følger to ejendomme med en risiko på 10.000-15.000 kr./år henholdsvis 15.000-20.000 kr./år på Sønderhøjvej. Ejendommen med den største skadesrisiko på over 25.000 kr./år i området er beliggende på Horsdalvej.



Figur 4-4: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i hændelser med beregnet EAD på bygningsniveau. Lilla farve er kunstige ledningsstrækninger i MIKE URBAN, der er implementeret for at simulere korrekt oversvømmelsesudbredelse.

4.1.3 Fase 2: Plan (plan ledningssystem med klimatiltag)

Løsningstiltag

Med udgangspunkt i beregningen af oversvømmelsesudbredelse og skadesomkostninger for status er der udviklet et samlet plan-scenarie for klimatilpasningstiltag i Vinkel, der reducerer skaderne under kraftig regn.

Der er fokuseret på at øge forsinkelseskapaciteten i det planlagte regnvandsbassin samt på at øge afledningskapaciteten fra Horsdalsvej og Sønderhøjvej. Der er således udviklet og implementeret følgende klimatiltag i oversvømmelsesmodellen for Vinkel:

- Tiltag ved bassin ved Vinkelvej og Horsdalsvej med etablering af større overløb og volumen til klimavand:
 - Overløbskote i 41 m og opjustering af bassinvolumen med 1/3 fra 1.200 til 1.600 m³. Af de 1.600 m³ er 1.000 m³ reserveret til serviceniveau-vand, mens de 600 m³ er reserveret til klimavand over serviceniveauet. Magasineringsvolumen over kote 41 m bidrager også til mindskelse af oversvømmelser i bassinets opland.
- Tiltag på Horsdalsvej og Sønderhøjvej, se Figur 4-5:
 - 365 m kantsten á 10 cm langs den nordlige side af Horsdalsvej, heraf ca. 55 m portoverkørsler mod ejendomme og mod Sønderhøjvej. 20 m sænket vejkant nord for Horsdalsvej 8 for at dirigere vand fra vejen i retning mod bassinet.
 - 360 m kantsten á 10 cm på begge sider af Sønderhøjvej, heraf ca. 80 m portoverkørsler mod ejendomme.

Bemærk, at der ikke er udviklet tiltag rettet mod oversvømmelsen af rækkehusene på Horsdalsvej, fordi oversvømmelsen her skønnes udelukkende at være forårsaget af den overfladiske afstrømning fra marken mod syd (Viborg Kommune investerer kun i klimatiltag som følge af oversvømmelse fra kloaker).

Udvidelsen af bassinet fra 1.200 m³ til 1.600 m³ (under kote 41 m), betyder, at der er opstuvning til terræn langs drænløbet ved en nuværende 50 års hændelsen. På baggrund af resultaterne er det estimeret, at i en klimafremskreven situation (fremskrevet med 50 år), så vil der være opstuvning i baghaverne ved ca. en 20 års hændelse.

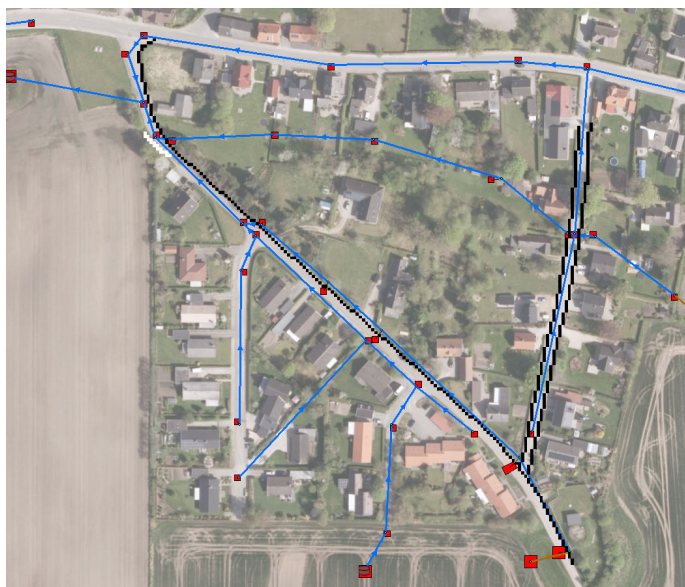
Tabel 4-3 viser anvendte enhedspriser for klimatiltag, mens Tabel 4-4 viser de estimerede omkostninger til investeringer og årlige udgifter til drift og vedligehold. Anvendte priser afspejler meromkostninger i forhold til de planlagte separeringsprojekter.

Tabel 4-3: Anvendte enhedspriser for klimatiltag. 2014 priser.

Type	Enhed	Investerings- omkostning kr/enhed	Drifts- omkostning kr/enhed/år	Levetid år	Reinvestering %
Etablering af kantsten (lokalitet uden fortovej)	m	400	30	20	50%
Kantsten og tilretning af indkørsler	m	3.000	30	20	50%
Sænkning af vejkant	m	2.000	20	20	50%
Udvidelse af åbent regnvandsbassin til klimavand	m ³	250	2,5	50	50%

Tabel 4-4: Omkostninger forbundet med foreslåede klimatiltag i Vinkel. 2019 priser.

Tiltag	Antal enheder	Investerings- omkostning Kr.	Driftsomkostning Kr./år	Reinvestering Kr.
Etablering af kantsten på Horsdalsvej	310 m	124.000	9.300	62.000
Kantsten og tilretning af indkørsler på Horsdalsvej	55 m	165.000	1.650	82.500
Etablering af kantsten på Sønderhøjvej	280 m	112.000	8.400	56.000
Kantsten og tilretning af indkørsler på Sønderhøjvej	80 m	240.000	2.400	120.000
Sænkning af vejkant ved Horsdalsvej nr. 8	20 m	40.000	400	20.000
Udvidelse af åbent regnvandsbassin til klimavand	400 m ³	100.000	1.000	50.000
Total		781.000	23.150	390.500



Figur 4-5: Kort over placering af forhøjede kantsten i Vinkel.

Oversvømmelsesudbredelse og oversvømmelsesafledte skader

I Bilag 1.5-1.9 er vedlagt oversvømmelseskort for regnhændelserne 5, 10, 20, 50 og 100 år. Figur 4-6 viser en samlet skadesopgørelse for området, mens Figur 4-7 viser et kort over den kritiske oversvømmelsesudbredelse i området med angivelse af procentuel reduktion i EAD på bygningsniveau.

I forhold til oversvømmelseskortene for status ses de betragtede tiltag at have en betydelig reducerende effekt på oversvømmelsesudbredelsen. De 10 cm kantsten på Horsdalsvej ses at reducere oversvømmelsesudbredelsen fra vejen betydeligt - især ved de små gentagelsesperioder. Dog ses de 10 cm at være utilstrækkelig ved indkørslen til Horsdalsvej nr. 13, hvor der fortsat strømmer vand ud fra vejen i nordlig retning. Der ses også en tydelig reducerende effekt på oversvømmelsesudbredelsen langs ledningstracéet i og ved risikoområdet, hvilket tilskrives effekten af at opjustere bassinkapaciteten.

Figur 4-6 viser, at den samlede skadesrisiko EAD for området vist på Figur 4-7 reduceres med 58.000 kr./år (92 %) fra 63.000 kr./år til 4.000 kr./år. Reduktionen skyldes en effektiv skadesreduktion til alle hændelser.

Skadesomkostninger

Omkostninger ved gentagelsesperioder, tusind kr.:

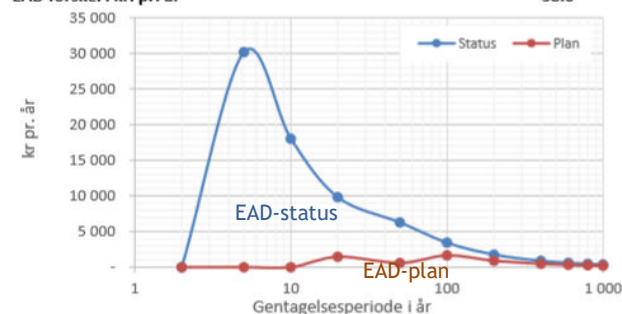
T [år]	5	10	20	50	100	200	400	600	800	1000
Status	151	180	196	314	343	350	358	362	365	367
Plan	0	0	29	29	165	180	195	203	209	214

EAD - forventet årlig skade, tusind kr. pr. år

EAD uden tiltag 63.0

EAD ved implementering af tiltaget 4.0

EAD forskel i kr. pr. år 58.0



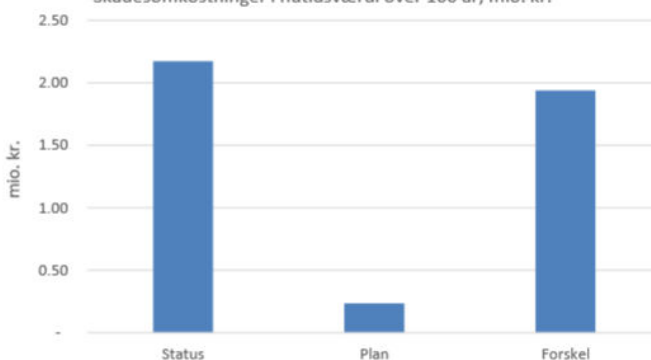
Omkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr

Skadesomkostninger, status 2.2

Skadesomkostninger, plan 0.2

Skadesforskel i mio. kr. 1.9

Skadesomkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr.

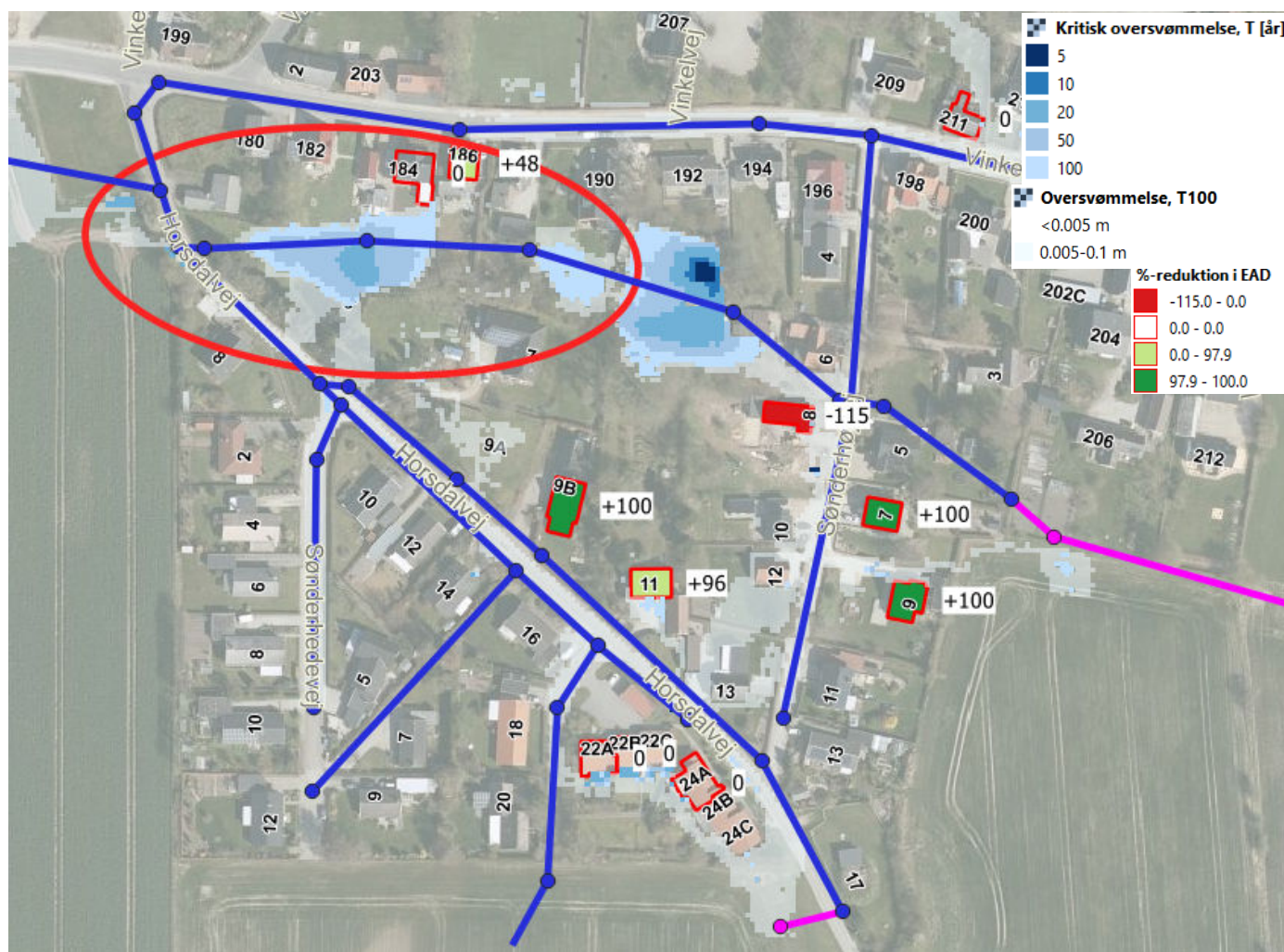


Figur 4-6: Samlede oversvømmelsesskader og EAD med og uden af klimatiltag i Vinkel. EAD beregnes som arealerne under de respektive skadeskurver normeret med gentagelsesperioden.

Det ses på kortet, Figur 4-7, at skadesrisikoen elimineres eller reduceres markant på alle bygninger med undtagelse af Sønderhøjvej nr. 8, hvor der optræder en stigning af skadesrisikoen i forhold til situationen uden

klimatiltag. Her er skadesrisikoen imidlertid ret beskeden i udgangspunktet (EAD ~ 1.000 kr./år), hvorfor den absolutte stigning ikke umiddelbart vurderes at være kritisk.

I en vurdering af en evt. kritisk stigning i skadesrisikoen er det i øvrigt mere retvisende at sammenligne den nuværende kloakeringssituationen med plan-scenariet inkl. klimatilpasning. Generelt for området må det forventes, at skadesrisikoen mindskes ved separering og klimatilpasning i forhold til den nuværende situation med fællessystem.



Figur 4-7: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i plan-scenariet med klimatiltag med beregnet procentuel reduktion af EAD ("Estimated Annual Damage") i forhold til status-scenariet. En negativ reduktion signalerer en stigning i EAD.

4.1.4 Fase 3: Cost-benefit analyse

Med udgangspunkt i de beregnede skadesomkostninger for status og plan samt i det opstillede budget for aktuelle tiltag er der udført en cost-benefit analyse, hvor summen af investeringer i klimatilpasning sammenholdes med den afledte skadesbesparelse. I analysen betragtes en samlet skadesopgørelse for de seks ejendomme vist på Figur 4-7, hvor der er konstateret en effekt af klimatiltagene.

På Figur 4-8 er vist resultatet af cost-benefit analysen for Vinkel i nutidsværdi. Det ses øverst, at de samlede tiltagsomkostninger over 100 år udgør 1,85 mio. kr., mens de afledte sparede skadesomkostninger udgør 1,94 mio. kr. Der er således en nettonutidsværdi (NNV - samfundsøkonomisk gevinst) på 0,09 mio. kr., hvis der investeres i klimatiltag mod oversvømmelser i Vinkel. Nederst ses de akkumulerede omkostninger over 100 år. Det ses, at investeringen er tilbagebetalt efter 87 år.

Figur 4-9 viser resultatet af usikkerhedsanalysen for cost-benefit analysen, som baserer sig på en Monte Carlo kørsel med 5000 forskellige kombinationer af indgangsparametre i cost-benefit analysen. Det ses, at der i 50 % af tilfældene (medianen) optræder en positiv NNV på 0,05 mio. kr. I 25 % af tilfældene opnås en NNV på -0,22 mio. kr., mens der i 75 % af tilfældene optræder en NNV på 0,38 mio. kr. Anvendes median-værdien som et retvisende mål for resultatet af cost-benefit analysen, kan det konkluderes at det ud fra en samfundsøkonomisk betragtning er rentabelt at investere i klimatiltag i Vinkel.

Resultatet vurderes robust, da analysen udelukkende kapitaliserer markedsomsatte fysiske skader som følge af vandindtrængning. Som nævnte i afsnit 2.1 medtager analysen således ikke andre skadestyper. Indregnes disse skadeskategorier ligeledes i analysen ville de påtænkte klimatiltag medføre en endnu større samfundsøkonomisk besparelse.

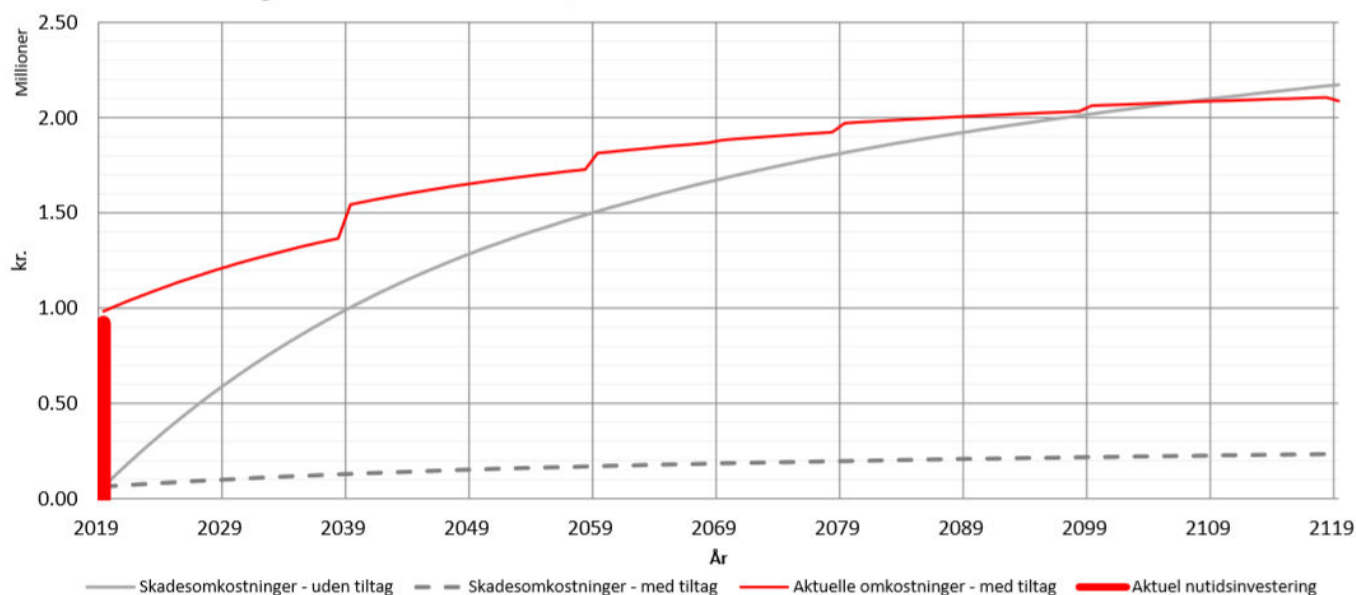
Med udgangspunkt i den dokumenterede samfundsøkonomiske gevinst ved at implementere de præsenterede klimatiltag, kan det evt. overvejes at investere yderligere i en ekstra udvidelse af bassinet med henblik på at opnå en endnu større effekt på oversvømmelserne i 50- og 100-årshændelserne i risikoområdet. I den forbindelse skal der dog rettes opmærksomhed på om der er tilstrækkelig afledningskapacitet i den nedstrøms beliggende ledning fra bassinet.

Samfundsøkonomisk resultat i nettonutidsværdi over 100 år, mio. kr.

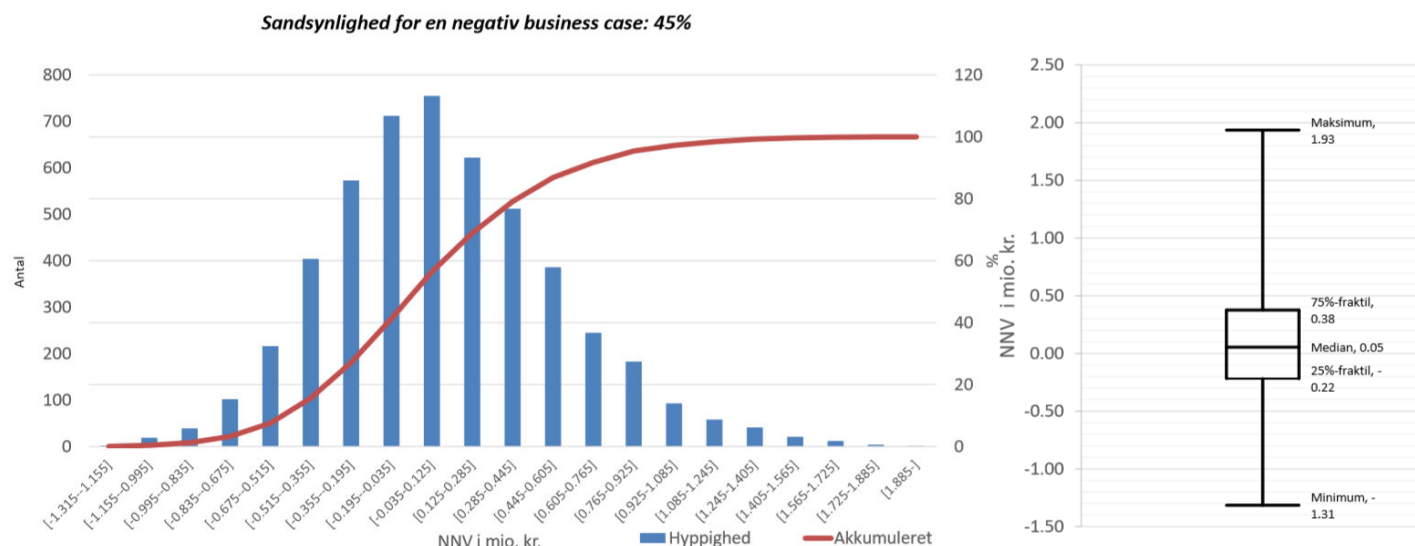
Omkostninger	
Tiltagsomkostninger	1.85
Investering	0.92
Reinvestering	0.30
Drift og vedligehold	0.63
Gevinster	
Sparede skadesomkostninger	1.94
Bebyggelse og arealer	1.94
Brugerdefinerede (trafik, hotspots, etc.)	
Sidegevinster	
Brugerdefinerede (natur, rekreativ merværdi, etc.)	
Samfundsøkonomisk gevinst i mio. kr.	0.09
Gevinst ift. tiltagsomkostninger	
	5%



Akkumulerede omkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr.



Figur 4-8: Resultatet af cost-benefit analysen for Vinkel.



Figur 4-9: Resultatet af usikkerhedsanalysen ved Monte Carlo metoden for Vinkel. Til venstre: Histogram, til højre: Box-Whiskers diagram.

4.1.5 Konklusion

Der er udviklet en samlet plan for klimatilpasningstiltag i Vinkel, der reducerer skaderne som følge af kloakoversvømmelse under kraftig regn. Tiltagene omfatter øget forsinkelsesvolumen i det planlagte regnvandsbassin samt etablering af kantsten på Horsdalsvej og Sønderhøjvej.

Cost-benefit analysen indikerer en positiv business case, dvs. at investeringsomkostningerne forbundet med de udviklede klimatiltag vil være mindre end de afledte besparelser på oversvømmelsesskader over 100 år. Der er således et velunderbygget argument for at klimatilpasse risikoområdet. Implementeres de beskrevne tiltag vil de eliminere eller kraftig reducere risikoen for kloakoversvømmelser i Vinkel og dermed definere de lokale mål for klimatilpasning og derved mål for regnvand på terræn.

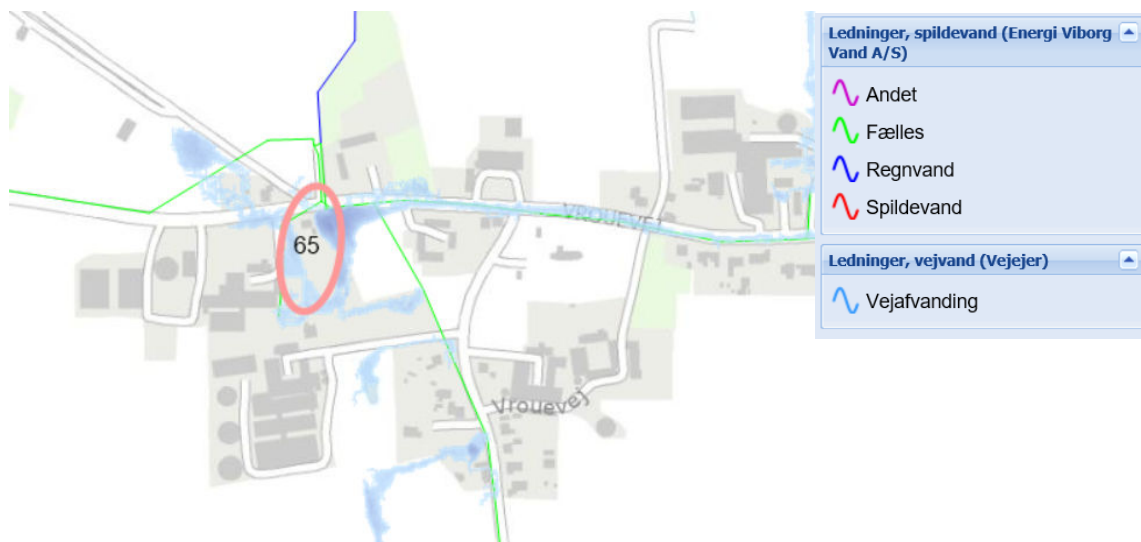
I forbindelse med den videre udvikling og projektering af klimatiltagene bør der rettes opmærksomhed på:

- Om der er mulighed for at udvide bassinkapaciteten yderligere fra de anvendte 400 til 600 m³. Udvidelsen vil mindske oversvømmelsen langs ledningstracéet yderligere under skybrud. I den forbindelse skal der rettes opmærksomhed på om den modtagende ledning nedstrøms bassinet vil udgøre en begrænsende faktor for tømningen af bassinet.
- Om der er mulighed for at øge kantstenshøjden mere end de 10 cm ved indkørslen til Horsdalsvej nr. 13, fordi de 10 cm ifølge modellen er utilstrækkelig med henblik på at hindre indstrømmende vand under ekstremregn.
- At der er risiko for at marken syd for Vinkel bidrager med overfladisk afstrømning og oversvømmelse af rækkehusene på Horsdalsvej under ekstremregn. Her kan oversvømmelserne ikke relateres til manglende kloakkapacitet i Vinkel, hvorfor der i denne undersøgelse ikke er udviklet afhjælpende tiltag mod disse oversvømmelser. I forbindelse med udførelsesfasen af separerings- og klimaprojektet kan der foretages en nærmere vurdering af oversvømmelsesrisikoen og ydes råd og vejledning til berørte borgere om etablering af private klimatiltag på egen grund.

4.2 VROUE

4.2.1 Områdekarakteristik

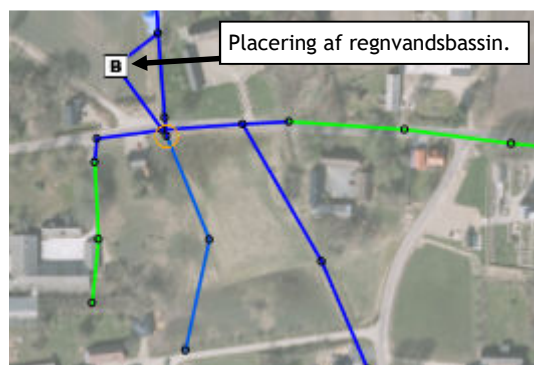
Kloakoversvømmelseskort viser risiko for oversvømmelse af private arealer i et lokalt lavpunkt på sydsiden af Vrouevej, hvor et rørlagt vandløb krydser Vrouevej, se Figur 4-10. Det meste af byen er fælleskloakeret, og er i den vejledende perspektivplan planlagt separatkloakeret i perioden 2019-2029.



Figur 4-10: Risikoområde 65 i Vroue med oversvømmelsesudbredelse i en 100 års regn i 2050. Fra Viborg WebGIS.

4.2.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)

I planforslaget for separeringen af Vroue etableres et regnvandsbassin på den nordlige side af Vrouevej, se Figur 4-11. Desuden udvides vandløbsledningen under vejen til en Ø500 mm.



Figur 4-11: Planlagt ledningssystem med bassin.

Oversvømmelsesudbredelse og årsagssammenhænge

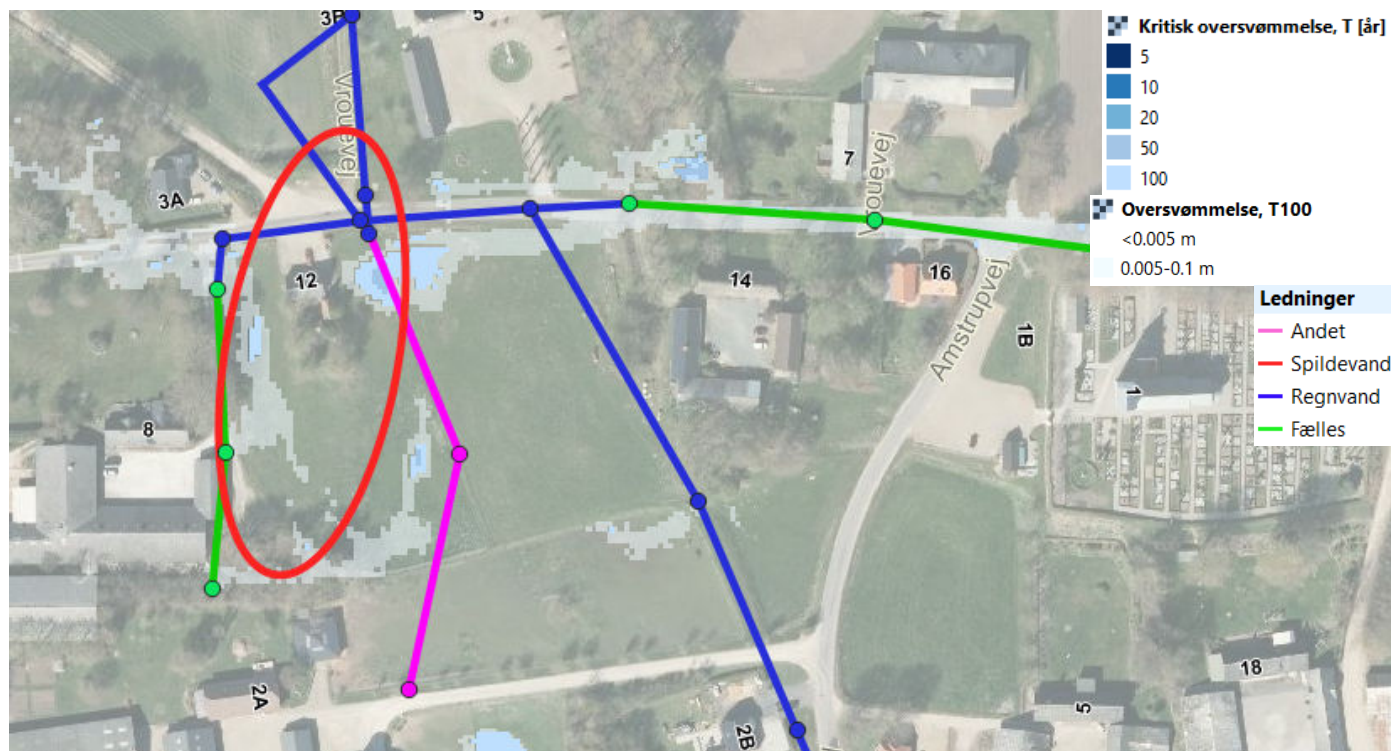
I Bilag 2.0-2.4 er vedlagt oversvømmelseskort for regnhændelserne 5, 10, 20, 50 og 100 år. Figur 4-12 viser udbredelsen af kritisk vanddybde (>10 cm) til de betragtede hændelser (samt vandudbredelsen under 10 cm til T100).

Ifølge oversvømmelsesmodellen optræder der først oversvømmelse ved T50 og T100 i risikoområdet. Oversvømmelsesudbredelsen ved T100 synes at være mindre end det oprindelige kortgrundlag, som er anvendt for udpegningen af risikoområdet, se Figur 4-10.

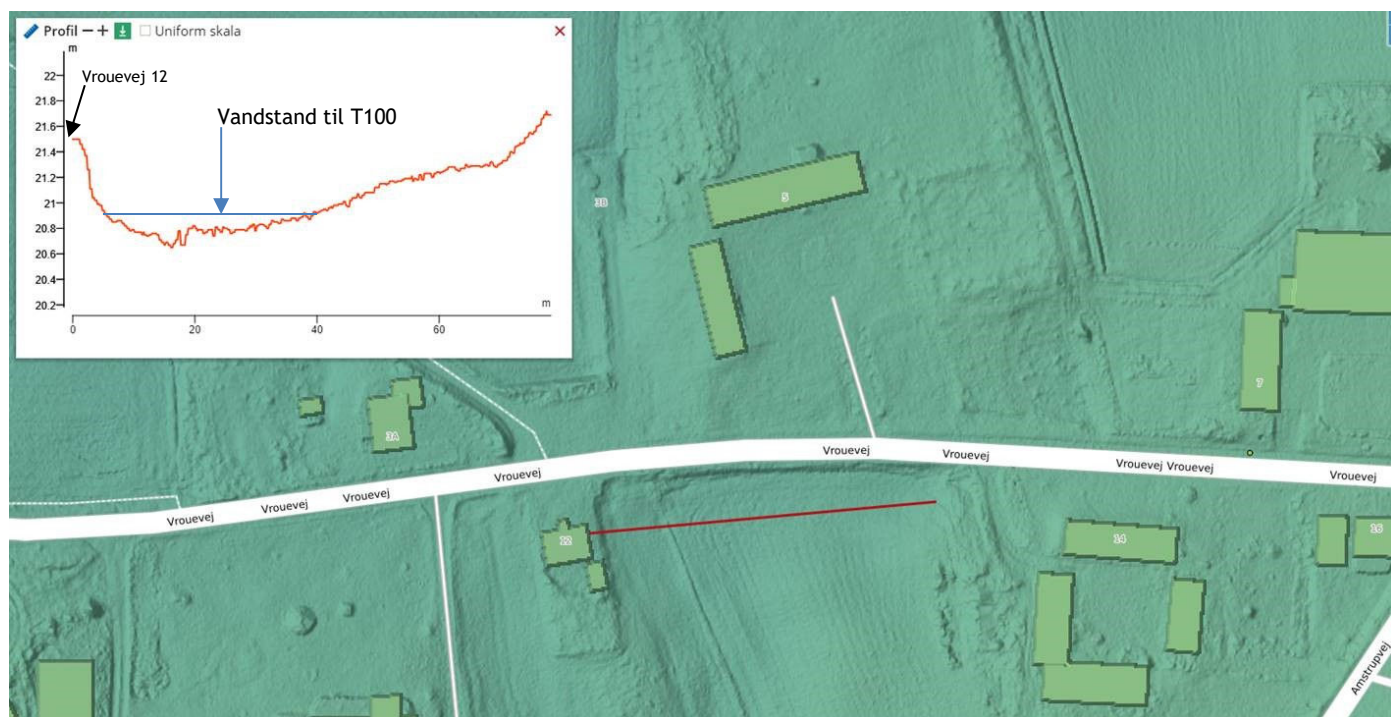
Det kan konstateres, at ejendommen på Vrouevej 12 ikke er i risiko for oversvømmelse. Ejendommen vurderes til at ligge minimum 50 cm højere end den højeste simulerede vandspejlskote i en 100 års hændelse, se terrænprofil på Figur 4-13. Endvidere optræder der kun ganske sporadiske vanddybder over 10 cm på Vrouevej, hvorfor heller ikke trafikafviklingen er i umiddelbar risiko for at blive nævneværdig påvirket under skybrud.

4.2.3 Konklusion

Da der i scenariet med det planlagte ledningssystem for Vroue ikke er konstateret risiko for oversvømmelse af hverken bygninger eller vigtig infrastruktur, op til en 100 års hændelse, er der ikke identificeret et behov for klimatiltag. Forundersøgelsen for klimatiltag i Risikoområde 65 erklæres hermed afsluttet.



Figur 4-12: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i hændelser samt oversvømmelsesudbredelse til T100. Lilla farve er vandløbsledningen, som er repræsenteret på en kort ledningsstrækning i MIKE URBAN.



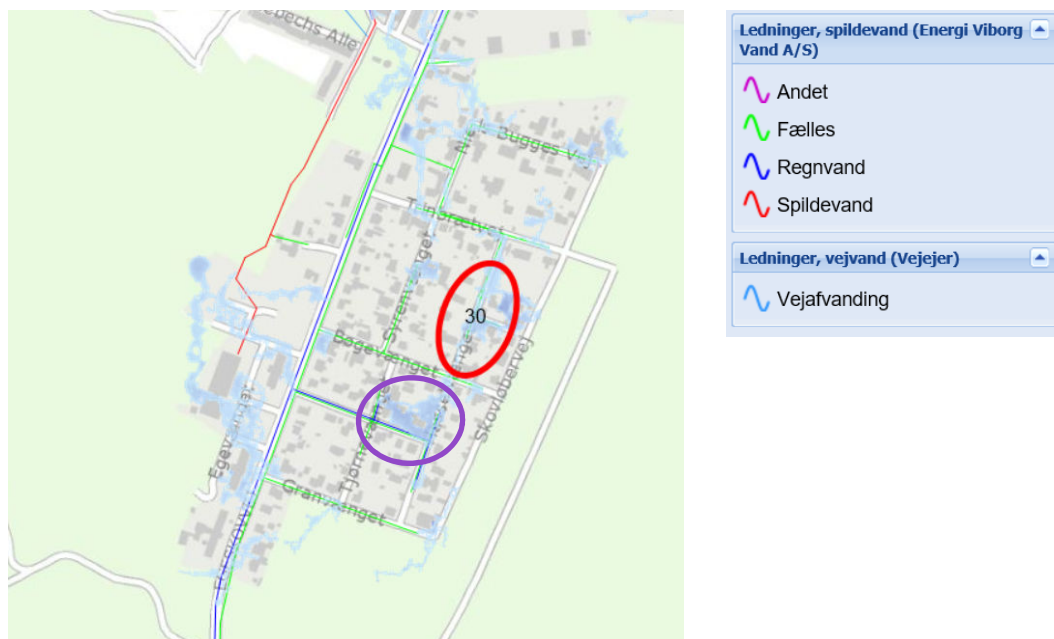
Figur 4-13: Terrænprofil i SCALGO Live gennem Risikoområde 65.

4.3 HALD EGE

4.3.1 Områdekarakteristik

Kloakoversvømmelseskort viser risiko for oversvømmelse af et boligområde i Hald Ege i risikoområde 30 på strækningen Hasselvænget 1-8, se Figur 4-14. Undersøgelsen omfatter også området lige syd for risikoområdet ved T-krydset mellem Hasselvænget og Birkevænget.

Området er en sammenblanding af forskellige kloakeringstyper og der er således ejendomme, som er hhv. fælles, separat og spildevandskloakerede i området. Begge oversvømmede områder er lokale lavninger, som er lavere beliggende end Egeskovvej, hvor hovedledningerne for både regn- og fællesvand ligger. Risikoområdet er så lavt beliggende, at fællessystemet her ikke kan gravitere til hovedsystemet og derfor tømmes med en pumpe til Trinbrætvej. I det sydlige oversvømmelsesområde graviterer både regn- og fællesledning til hovedledningerne i Egeskovvej.



Figur 4-14: Risikoområde 30 i Hald Ege med oversvømmelsesudbredelse i en 100 års regn i 2050. Forundersøgelsen omfatter også det lille området lige syd for risikoområdet ved T-krydset mellem Hasselvænget og Birkevænget. Fra Viborg WebGIS (det lille område er tilføjet).

4.3.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)

De planlagte kloakeringsforhold i området er i høj grad baseret på at ejendommene udtræder af kloakfællesskabet mod delvis refusion af tilslutningsbidraget. I området er 77% (74 ud af 95 ejendomme) udtrådt og Energi Viborg Vand A/S har i forbindelse med projektet kun foretaget enkelte ændringer af ledningsnettet (udskiftet pumpestation, nyt rørbassin).

Hald Ege Skole har med spildevandsplanen status som planlagt separeret, hvorfor tag- og overfladevand ledes til regnvandsledningen på Egeskovvej.

Oversvømmelsesudbredelse og årsagssammenhænge

I Bilag 3.0-3.4 er vedlagt oversvømmelseskort for T = 5, 10, 20, 50 og 100 år.

Oversvømmelsesberegningerne viser, at der i 5-årshændelsen er vandstande på terræn over 10 cm ved T-krydset mellem Hasselvænget og Birkevænget. Vandstanden når først over 10 cm i risikoområdet i 50-årshændelsen.

Oversvømmelsen i risikoområdet skyldes dels tilledningen fra fællesledningens opland, som kun kan fjernes med begrænset hastighed svarende til pumpens maksimale ydelse. Et andet bidrag til oversvømmelsen er tilstrømmende vand fra brønde på Bøgevænget, som følge af kapacitetsproblemer på ledningen her. På baggrund af beregningsresultaterne vurderes bidraget til oversvømmelsens størrelse i højere grad at være styret af dette ydre bidrag end oplandet direkte tilknyttet pumpen.

Bøgevænget ligger på en lokal højderyg mellem de to oversvømmelsesområder og opstuvningen her bidrager ligeledes til vand på terræn ved T-krydset mellem Birkevænget og Hasselvænget. Baggrunden for opstuvningen ved fælles- og regnvandsledningen ved T-krydset er manglende kapacitet i hovedledningerne i Egeskovvej. Da Egeskovvej ligger højere end Hasselvænget, sker der tilbagestuvning fra Egeskovvej til lavningen ved T-krydset, hvilket resulterer i oversvømmelsen. Der sker både oversvømmelse fra regn- og fællesledningen.

Resultaterne indikerer således, at det er begrænsningerne på hovedledningerne, som er med til at skabe oversvømmelsesproblemerne, da lavpunkterne i risikoområdet og det sydligere område med T-krydset mellem Hasselvænget og Birkevænget fungerer som buffervolumen på afløbssystemet.

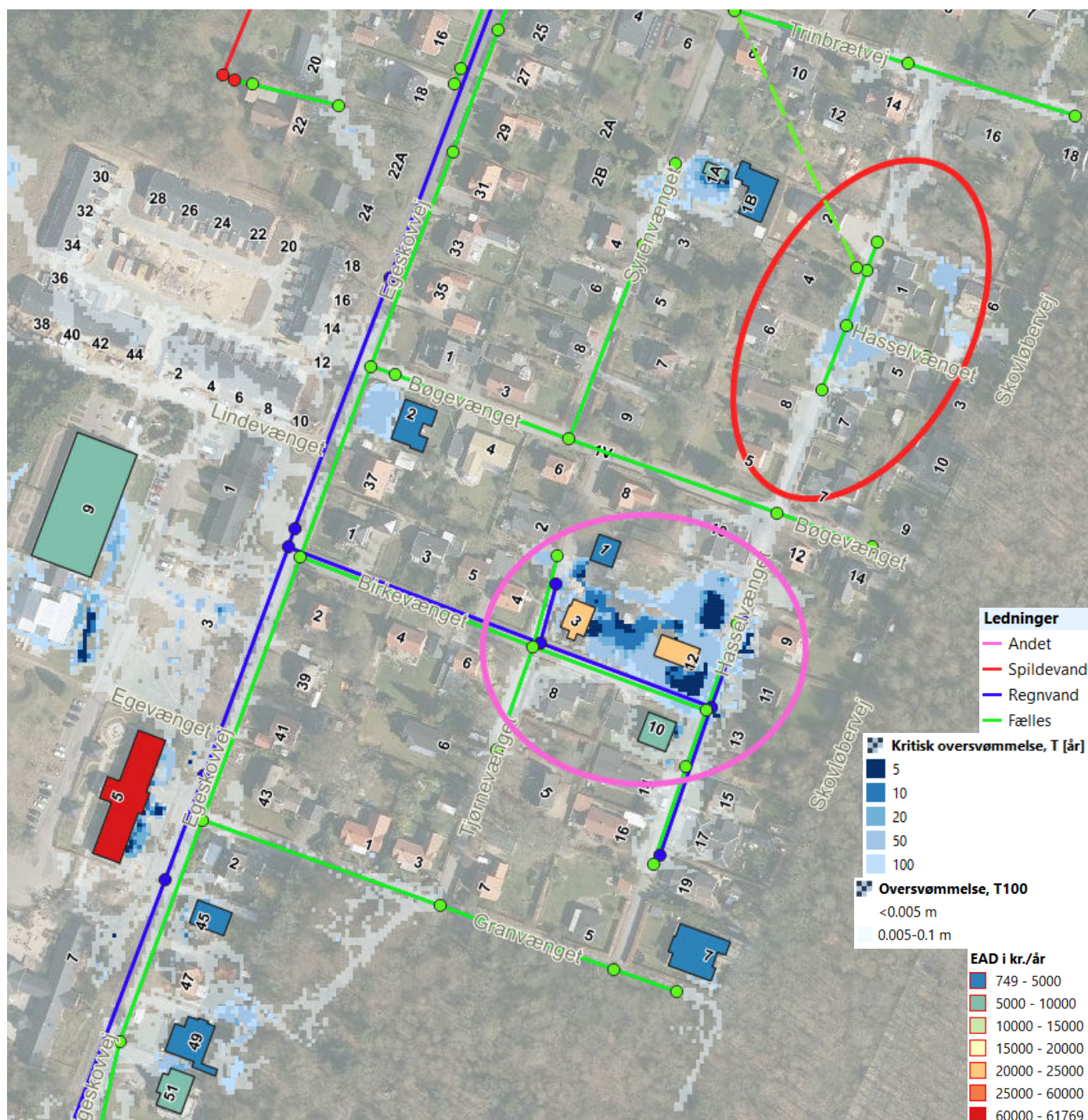
Oversvømmelsesafledte skader

Skaderne under oversvømmelse er beregnet ved at sammenholde oversvømmelseskort med de frembragte værdikort i henhold til beskrivelsen i afsnit 2.1. Figur 4-15 viser de forventede årlige skader (EAD) på bygningsniveau.

Det ses, at der er udbredte oversvømmelsesskader - ikke kun i de to fokusområder, men også langs Egeskovvej samt på tilknyttede veje som Lindevænget, Egevænget og Granvænget.

I alt er tretten bygninger i risiko for oversvømmelse. Seks af disse er forbundet med en relativ beskeden risiko under 5.000 kr./år, mens fire ejendomme er forbundet med en skadesrisiko på mellem 5.000-10.000 kr./år. To bygninger er forbundet med en skadesrisiko på 10.000-15.000 kr./år, disse er beliggende tæt ved T-krydset mellem Birkevænget og Hasselvænget. En bygning på Egeskovvej 5 er forbundet med en skadesrisiko på hele 61.769 kr./år.

I selve risikoområdet optræder der ikke kritisk oversvømmelse af bygninger, her viser modellen, at vandet stuver op på vejen og i haverne.



Figur 4-15: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i hændelser med beregnet EAD ("Estimated Annual Damage") på bygningsniveau.

4.3.3 Fase 2: Plan (plan ledningssystem med klimatiltag)

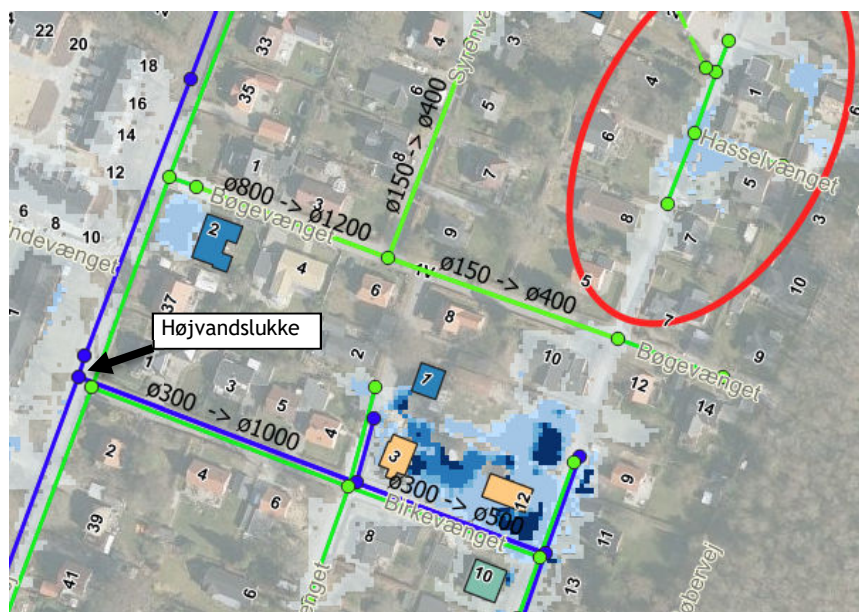
Løsningstiltag

Med udgangspunkt i beregningen af oversvømmelsesudbredelse og skadesomkostninger for status er der udviklet et samlet plan-scenarie for klimatilpasningstiltag i Hald Ege, der reducerer skaderne under kraftig regn.

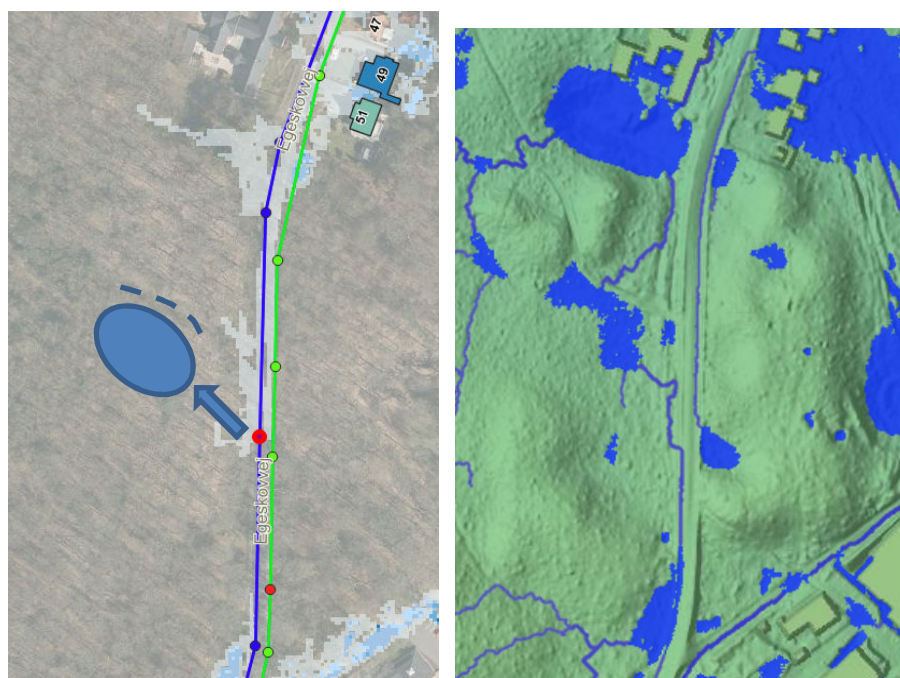
Der er fokuseret på at øge forsinkelseskapaleteten i ledningerne på såvel Bøgevangen som Birkevænget, se Figur 4-16. På Bøgevangen opdimensioneres den eksisterende fællesledning fra Ø800 til Ø1200 og fra Ø150 til Ø400, mens to ledningsstrækninger for regnvand på Birkevænget opdimensioneres fra Ø300 til Ø1000 henholdsvis og fra Ø300 til Ø500. Desuden etableres et højvandslukke i brønden der kobler regnvandsledningen fra Birkevænget til hovedledningen på Egeskovvej, så vandet fra hovedledningen ikke kan stuve tilbage ind i ledningen på

Birkevænget. I beregningen antages alle fælleskloakerede ejendomme på Birkevænget at være koblet om på regnvandsledningen.

Endvidere er der udviklet et tiltag med at afkoble skolen fra regnvandsledningen på Egeskovvej for at skabe mere nedstrøms kapacitet for afledning af regnvand fra Egeskovvej og Birkevænget. I de hydrauliske beregninger er skolens areal blot afkoblet ledningen for at evaluere effekten. I realiteten kan der etableres en opstuvningsbrønd på regnvandsledningen på Egeskovvej, hvorfra vandet under skybrud ledes mod vest til en eksisterende lavning i det tilstødende skovområde, se Figur 4-17. Lavningen vil dermed fungere som et klimabassin, dvs. som et stuvningsvolumen, der træder i kraft, når det normale serviceniveau for regnvandsledningen ikke kan overholdes. Der etableres en jordvold ved bassinet, som skal hindre videre vandpassage mod nord og oversvømmelse af Hald Ege Børnehus. Klimabassinet tømmes ved nedsivning.



Figur 4-16: Tiltag med opdimensionering af ledninger på Bøgevænget og Birkevænget i Hald Ege.



Figur 4-17: Tiltag med etablering af klimabassin i skoven vest for Egeskovvej. Bassinet modtager vand fra vejen i forbindelse med skybrudsvand.

Tabel 4-3 viser anvendte enhedspriser for klimatiltag, mens Tabel 4-4 viser de estimerede omkostninger til investeringer og årlige udgifter til drift og vedligehold.

Tabel 4-5: Anvendte enhedspriser for klimatiltag i Hald Ege. 2014 priser.

Type	Enhed	Investerings- omkostning kr/enhed	Drifts- omkostning kr/enhed/år	Levetid år	Reinvestering %
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Ø1200 mm	m	5.000	35	75	100%
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Ø1000 mm	m	4.000	35	75	100%
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Ø500 mm	m	1.700	30	75	100%
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Ø400 mm	m	1.700	30	75	100%
Højvandslukke	antal	10.000	100	20	100%
Opstuvningsbrønd på regnvandsledning	antal	25.000	40	75	100%
Vandvej / ledning til klimabassin	m	500	25	25	100%
Klimabassin	m ³	-	-	-	-
Jordvold, terræn hæves 1 m	m	1.000	25	50	100%

Tabel 4-6: Omkostninger forbundet med foreslåede klimatiltag i Hald Ege. 2019 priser.

Tiltag	Antal enheder	Investerings- omkostning Kr.	Driftsomkostning Kr./år	Reinvestering Kr.
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Bøgebjergvej Ø1200 mm	70 m	373.956	2.618	373.956
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Bøgebjergvej Ø400 mm	79 m	142.166	2.509	142.166
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Bøgebjergvej Ø400 mm	83 m	150.788	2.661	150.788
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Birkevænget Ø1000 mm	102 m	433.649	3.794	433.649
Meromkostning ved forøgelse af rørdimension Birkevænget Ø500 mm	69 m	529.318	2.117	529.318
Højvandslukke	1 stk	10.633	106	10.633
Opstuvningsbrønd på regnvandsledningen Egeskovvej	1 stk	25.000	40	25.000
Vandvej / ledning til klimabassin Skov vest for Egeskovvej	20 m	10.000	25	10.000
Klimabassin Skov vest for Egeskovvej	250 m ³	0	0	0
Jordvold v. bassin, terræn hæves 1 m Skov vest for Egeskovvej	30 m	31.898	797	31.898
Total		1.707.409	14.668	1.707.409

Oversvømmelsesudbredelse og oversvømmelsesafledte skader

I Bilag 1.5-1.9 er vedlagt oversvømmelseskort for regnhændelserne 5, 10, 20, 50 og 100 år. Figur 4-18 viser de samlede skadesomkostninger i området med og uden klimatiltag, mens Figur 4-19 viser den kritiske oversvømmelsesudbredelse på et kort med angivelse af procentuel reduktion i EAD på bygningsniveau.

I forhold til oversvømmelseskortene for status ses de betragtede klimatiltag at have en betydelig reducerende effekt på oversvømmelsesudbredelsen og skadesrisikoen, se Figur 4-19. Hvor der i status på flere lokaliteter optræder oversvømmelser i 5-årshændelsen, ses nu først oversvømmelse fra 20 års-hændelsen - og på mange lokaliteter først fra 50-årshændelsen. Effekten er tydelig på bygningernes skadesrisiko, som med en enkelt undtagelse reduceres med 39-100 %. I T-krydset mellem Birkevænget og Hasselvænget reduceres skadesrisikoen på bygningerne med 78-100 %.

Figur 4-18 viser, at den samlede skadesrisiko EAD for området vist på Figur 4-19 reduceres med 113.000 kr./år (77 %) fra 146.000 kr./år til 33.000 kr./år. Reduktionen skyldes overvejende at skaderne i området elimineres til 5 og 10-årshændelsen og reduceres kraftigt i 20 årshændelsen.

Skadesomkostninger

Omkostninger ved gentagelsesperioder, tusind kr.:

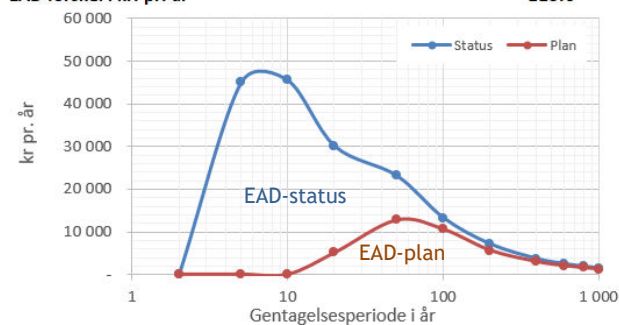
T [år]	5	10	20	50	100	200	400	600	800	1000
Status	225	455	602	1160	1330	1432	1483	1508	1527	1541
Plan	0	0	103	642	1066	1133	1201	1241	1269	1291

EAD - forventet årlig skade, tusind kr. pr. år

EAD uden tiltag 146.0

EAD ved implementering af tiltaget 33.0

EAD forskel i kr. pr. år 113.0



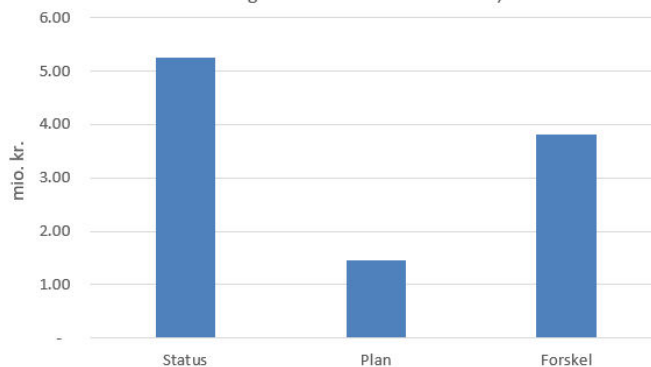
Omkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr

Skadesomkostninger, status 5.3

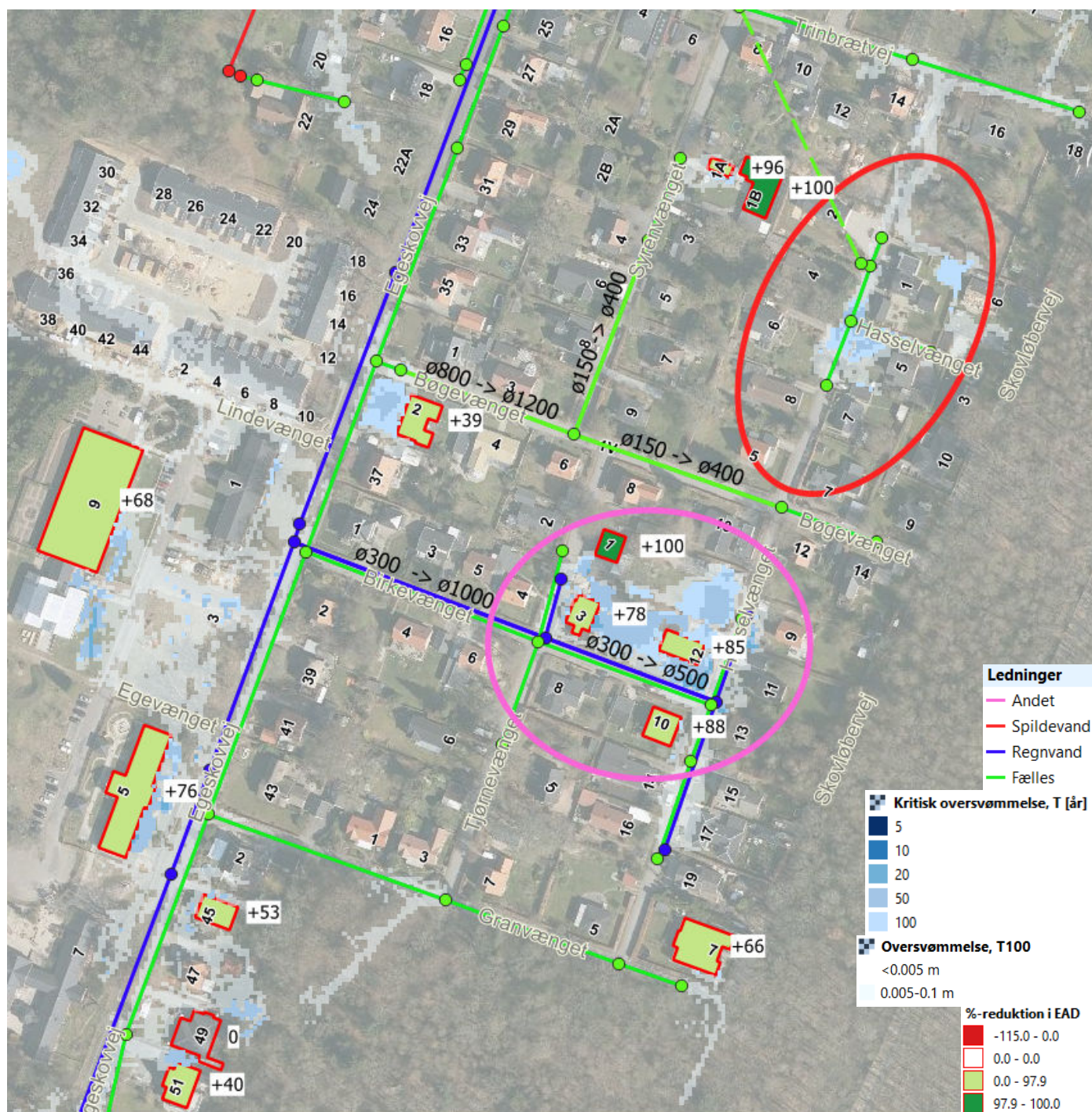
Skadesomkostninger, plan 1.5

Skadesforskel i mio. kr. 3.8

Skadesomkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr.



Figur 4-18: Oversvømmelsesskader og EAD med og uden af klimatiltag i Hald Ege. EAD beregnes som arealerne under de respektive skadeskurver normeret med gentagelsesperioden.



Figur 4-19: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i plan-scenariet med klimatiltag med beregnet procentuel reduktion af EAD i forhold til status-scenariet.

4.3.4 Fase 3: Cost-benefit analyse

Med udgangspunkt i de beregnede skadesomkostninger for status og plan samt i det opstillede budget for aktuelle tiltag er der udført en cost-benefit analyse, hvor summen af investeringer i klimatilpasning sammenholdes med den afledte skadesbesparelse. I analysen betragtes en samlet skadesopgørelse for de berørte ejendomme vist på Figur 4-19, hvor der er konstateret en effekt af klimatiltagene.

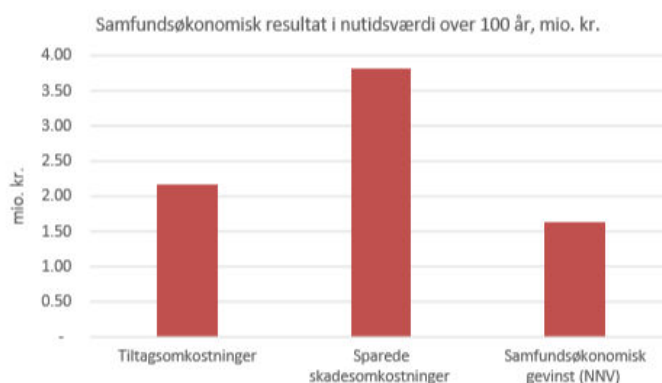
På Figur 4-20 er vist resultatet af cost-benefit analysen for Hald Ege i nutidsværdi. Det ses øverst, at de samlede tiltagsomkostninger over 100 år udgør 2,17 mio. kr., mens de afledte sparede skadesomkostninger udgør 3,80 mio. kr. Der er således en nettonutidsværdi (NNV - samfundsøkonomisk gevinst) på 1,63 mio. kr., hvis der investeres i klimatiltag mod oversvømmelser i Hald Ege. Nederst ses de akkumulerede omkostninger over 100 år. Det ses, at investeringen i klimatilpasning er tilbagebetalt efter knap 25 år i forhold til besparelsen på skadesomkostninger.

Figur 4-21 viser resultatet af usikkerhedsanalysen for cost-benefit analysen, som baserer sig på en Monte Carlo kørsel med 5000 forskellige kombinationer af indgangsparametre i cost-benefit analysen. Det ses, at der i 50 % af tilfældene (medianen) optræder en positiv NNV på 1,61 mio. kr. I 25 % af tilfældene opnås en NNV på 1,04 mio. kr., mens der i 75 % af tilfældene optræder en NNV på 2,29 mio. kr. Det anbefales at anvende median-værdien som et retvisende mål for resultatet af cost-benefit analysen. Da medianen er positiv, kan det således konkluderes at det ud fra en samfundsøkonomisk betragtning er rentabelt at investere i klimatiltag i Hald Ege.

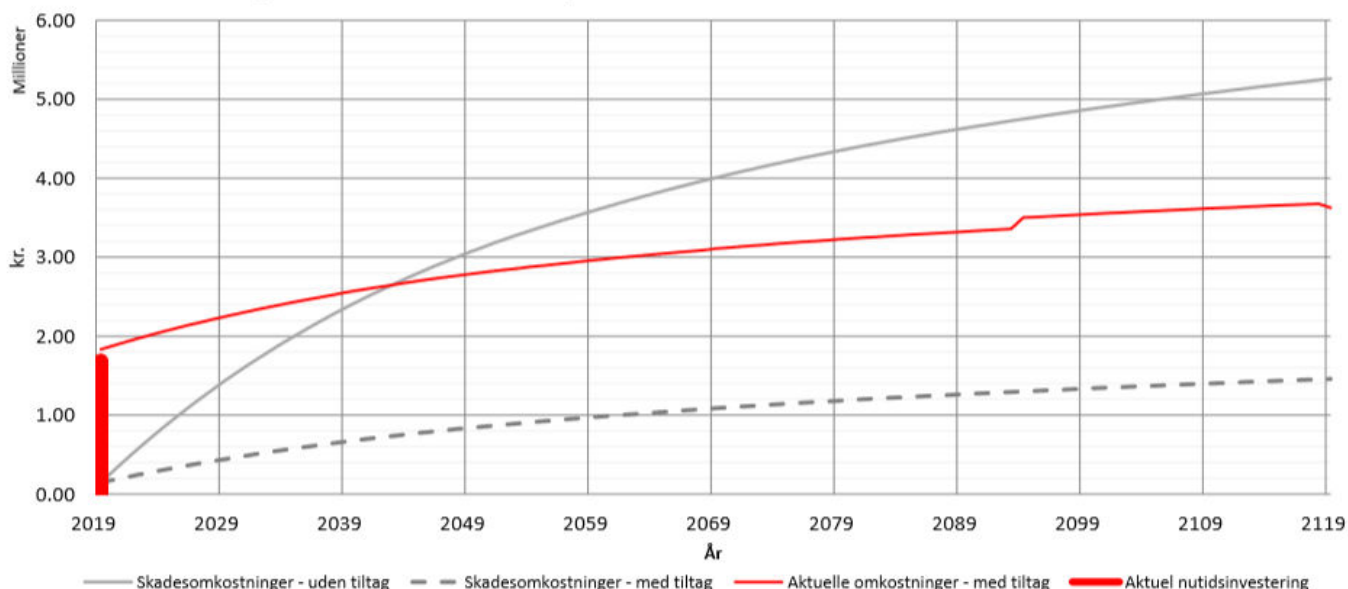
Resultatet vurderes robust, da analysen udelukkende kapitaliserer markedsomsatte fysiske skader som følge af vandindtrængning. Som nævnte i afsnit 2.1 medtager analysen således ikke andre skadestyper. Indregnes disse skadeskategorier ligeledes i analysen ville de påtænkte klimatiltag medføre en endnu større samfundsøkonomisk besparelse.

Samfundsøkonomisk resultat i nettonutidsværdi over 100 år, mio. kr.

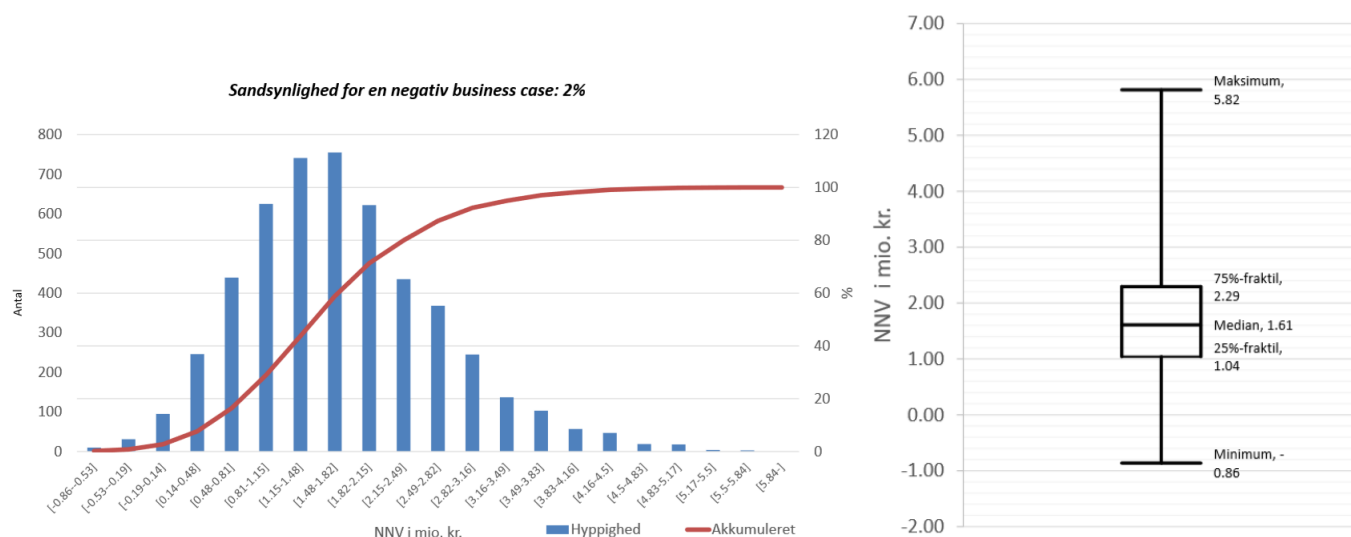
Omkostninger	
Tiltagsomkostninger	2.17
Investering	1.69
Reinvestering	0.10
Drift og vedligehold	0.38
Gevinster	
Sparede skadesomkostninger	3.80
Bebyggelse og arealer	3.80
Brugerdefinerede (trafik, hotspots, etc.)	
Sidegevinster	
Brugerdefinerede (natur, rekreativ merværdi, etc.)	
Samfundsøkonomisk gevinst i mio. kr.	1.63
Gevinst ift. tiltagsomkostninger	75%



Akkumulerede omkostninger i nutidsværdi over 100 år, mio. kr.



Figur 4-20: Resultatet af cost-benefit analysen for Hald Ege.



Figur 4-21: Resultatet af usikkerhedsanalysen ved Monte Carlo metoden for Hald Ege. Til venstre: Histogram, til højre: Box-Whiskers diagram.

4.3.5 Konklusion

Der er udviklet en samlet plan for klimatilpasningstiltag i Hald Ege, der reducerer skaderne som følge af kloakoversvømmelse under kraftig regn. Tiltagene omfatter opdimensionering af eksisterende fællesledning på Bøgebjergvej samt to ledningsstrækninger for regnvand på Birkevænget. Ligeledes afledes skybrudsvand fra Egeskovvej til skoven umiddelbart vest for Egeskovsvej.

Cost-benefit analysen indikerer en solid positiv business case, dvs. at investeringsomkostningerne forbundet med de udviklede klimatiltag vil være mindre end de afledte besparelser på oversvømmelsesskader over 100 år. Der er således et velunderbygget argument for at klimatilpasse risikoområdet. Implementeres de beskrevne tiltag vil de eliminere eller kraftigt reducere risikoen for kloakoversvømmelser i Hald Ege og dermed definere de lokale mål for klimatilpasning og derved mål for regnvand på terræn.

I forhold til at reducere oversvømmelsesrisikoen i de to fokusområder vurderes tiltagene på Bøgevangen og Birkevænget at have størst betydning, mens afskæringen af skybrudsvand fra Egeskovvej / skolen har mindre betydning. Sidstnævnte tiltag reducerer primært oversvømmelserne langs Egeskovvej.

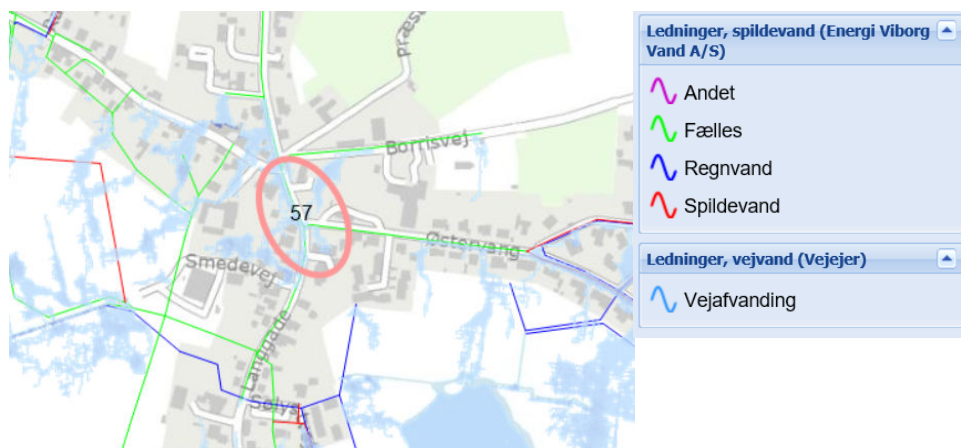
I forbindelse med den videre udvikling og projektering af klimatiltagene bør der rettes opmærksomhed på:

- Om der skal etableres et egentligt bassin anlæg i skoven vest for Egeskovvej til håndtering af klimavand (de anvendte anlægsoverslag er baseret på at vandet blot afledes til den naturlige lavning under skybrud).
- At borgerne der er trådt ud af kloaklandet reelt håndterer skybrudsvandet på egen grund (dette er en forudsætning for de udførte beregninger).

4.4 SPARKÆR

4.4.1 Områdekarakteristik

Kloakoversvømmelseskort viser risiko for oversvømmelse af Langgade, samt hen over Præstebakken til Bækkegårdsvej, se Figur 4-22. Energi Viborg Vand A/S arbejder på et separatkloakeringsprojekt, som bl.a. vil om-lægge denne del af fælleskloakken til separatkloak.



Figur 4-22: Risikoområde 57 i Sparkær med oversvømmelsesudbredelse i en 100 års regn i 2050. Fra Viborg WebGIS.

4.4.2 Fase 1: Status (plan ledningssystem uden klimatiltag)

I planforslaget for separeringen af Sparkær etableres en Ø315 mm regnvandsledning på Præstebakken, som følges af Ø400 mm på Langgade og derefter Ø700 mm på Langgade efter Østervang. Ud for Langgade 15 afledes regnvandet til bassin i vestlig retning via en Ø1300 mm regnvandsledning.



Figur 4-23: Planlagt ledningssystem med bassin.

Oversvømmelsesudbredelse og årsagssammenhænge

I Bilag 4.0-4.4 er vedlagt oversvømmelseskort for T = 5, 10, 20, 50 og 100 år.

Ifølge oversvømmelsesmodellen optræder der allerede vand på terræn i en 5 års hændelse i et område fra Borrisvej mod Østervang og Langgade, nærmere bestemt på Borrisvej 1 og Østergade 1. Årsagen er beregnet overfladisk afstrømning fra marken nord for Borrisvej. I de større regnhændelser vokser dette oversvømmelsesområde. I 20 års hændelsen berøres yderligere ejendommen på Langgade 4 og i 50 års hændelsen berøres også ejendommene på Bækkegårdsvej 2 og Langgade 2 (forsamlingshuset). I 100 års hændelsen vokser oversvømmelsesudbredelsen i nordlig retning og omfatter nu også Præstebakken 1 og 4.

Fotos leveret af Viborg Kommune viser, at der er en kantsten/forhøjning på den sydlige vejside af Borrisvej. Denne kan anes på streetview fotoet på Figur 4-24. Denne kantsten vil i virkeligheden sikre, at vand på Borrisvej i højere grad vil afledes på vejen mod Langgade, fremfor at oversvømme området umiddelbart syd for Borrisvej, hvilket ellers simuleres i modellen (og indikeres i SCALGO Live). Modellen overvurderer dermed muligvis oversvømmelsen umiddelbart syd for Borrisvej, hvilket skyldes at den anvendte terrænmodel tilsyneladende ikke repræsenterer denne opkant korrekt.

Til alle hændelser er vanddybden helt overvejende under 10 cm i risikoområdet, hvilket generelt ikke vurderes kritisk ift. risikoen for vandindtrængning i bygninger (der benyttes en tærskel på 10 cm før der påskrives skade i skadesmodelleringen). I forhold til det oprindelige kortgrundlag, som er anvendt til udpegningen af risikoområdet, se Figur 4-22, er oversvømmelsesudbredelsen mindre i den simulerede situation med planlagt kloakering. Dette tilskrives den relativ store ledning i Langgade, som tilsyneladende har tilstrækkelig kapacitet til at aflede vandet uden at medføre skadesvoldende oversvømmelse på terræn.

I de indledende oversvømmelsesberegninger for Sparkær viste resultaterne oversvømmelse i risikoområdet. En forbedring af modelbeskrivelsen af udvekslingen mellem det afstrømmende vand på vejen og regnvandssystemet resulterede i at den overskydende kapacitet i regnvandsledningen udnyttes bedre, da mere af vandet på vejen finder ned i kloakken.



Figur 4-24: Foto af Borrisvej set fra Langgade.

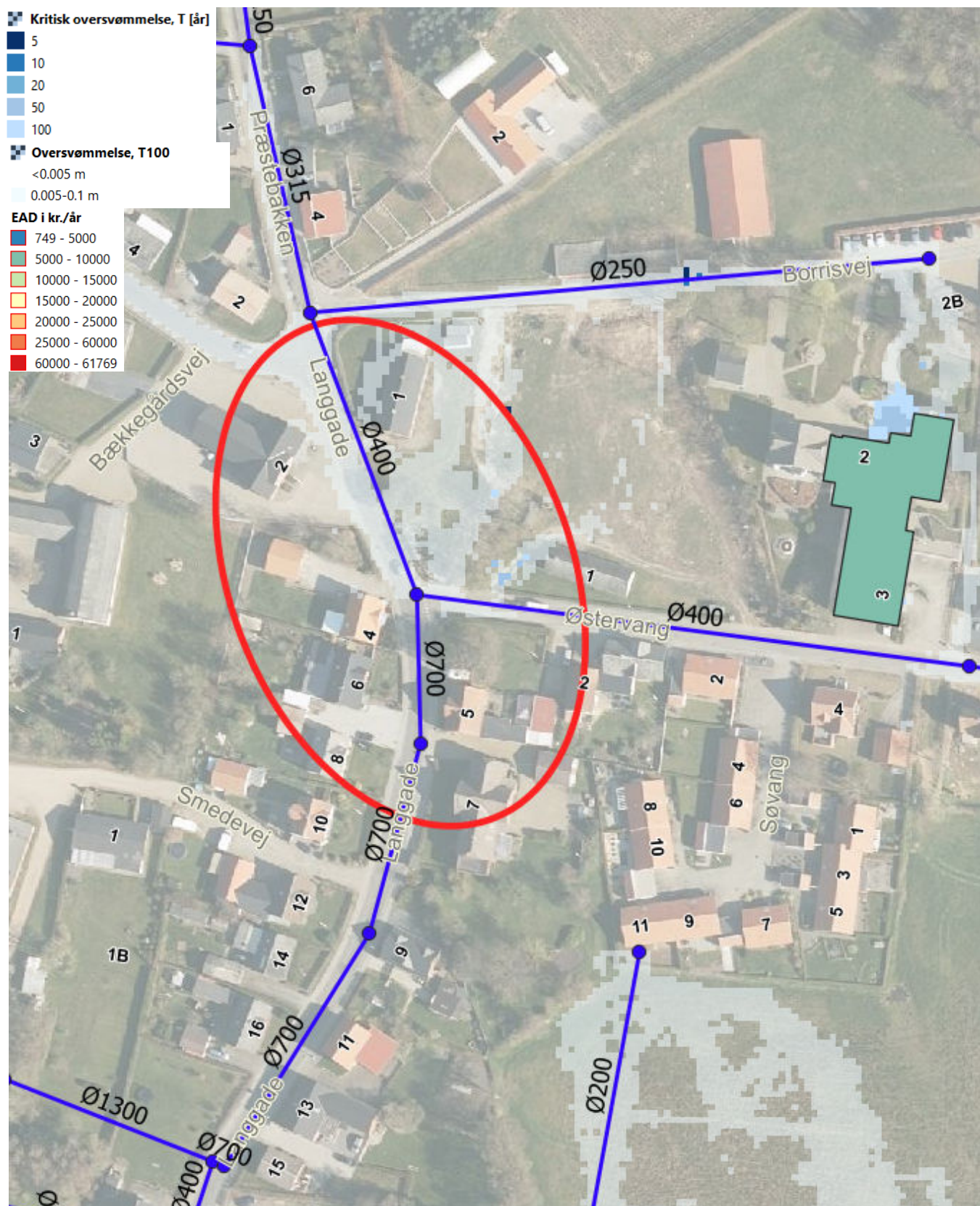
Oversvømmelsesafledte skader

Skaderne under oversvømmelse er beregnet ved at sammenholde oversvømmelseskort med de frembragte værdikort i henhold til beskrivelsen i afsnit 2.1. Figur 4-25 viser de forventede årlige skader (EAD) på bygningsniveau sammen med udbredelsen af kritisk vanddybde (>10 cm) til de betragtede hændelser (samt vandudbredelsen under 10 cm til 100 års hændelsen).

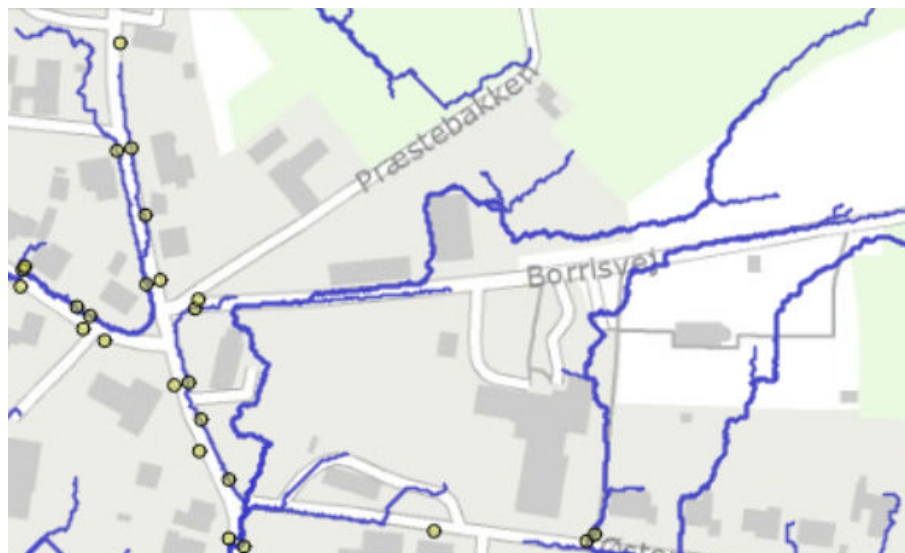
I risikoområdet ses ingen ejendomme at være i risiko for skadevoldende oversvømmelse (>10 cm). Endvidere optræder der ikke vanddybder over 10 cm på Langgade i risikoområdet, hvorfor heller ikke trafikafviklingen er i umiddelbar risiko for at blive nævneværdig påvirket under skybrud.

Udenfor risikoområdet ses en skadesrisiko på plejehjemmet Nordstjernen på Borrisvej 2, som følge af oversvømmelse i 50 og 100-årshændelsen. Oversvømmelsen skyldes tilstrømmende vand fra Borrisvej og tilskrives primært bidrag fra tilstødende ukloakerede oplande, se også Figur 4-26 med kortudsnit fra SCALGO Live. Oversvømmelsen ved plejehjemmet kan ikke relateres direkte til oversvømmelsesrisikoen i risikoområde 57, hvorfor der i nærværende undersøgelse ikke er udviklet og implementeret et tiltag mod denne oversvømmelsesrisiko.

I forbindelse med udførelsesfasen af separeringsprojektet kan der foretages en nærmere vurdering af oversvømmelsesrisikoen og ydes råd og vejledning om etablering af private klimatiltag. En oplagt tilgang er i første omgang at undersøge den aktuelle sårbarhed af bygningen overfor oversvømmelse fra Borrisvej. Identificeres en reel skadesrisiko kunne en løsning være at etablere en opkant ved Borrisvej, der skal hindre tilstrømmende vand fra vejen.



Figur 4-25: Udbredelse af kritisk oversvømmelse (>10 cm) i hændelser med beregnet EAD ("Estimated Annual Damage") på bygningsniveau.



Figur 4-26: Strømningsveje i SCALGO Live med placering af nedløbsriste (GeoDanmark).

4.4.3 Konklusion

Da der i scenariet med det planlagte ledningssystem for Sparkær ikke er konstateret risiko for oversvømmelse i risikoområdet af hverken bygninger eller vigtig infrastruktur, er der ikke identificeret et behov for klimatiltag. Forundersøgelsen for klimatiltag i Risikoområde 57 erklæres hermed afsluttet.

5. ØKONOMI

Fordelingen af udgifter til de belyste klimatiltag mellem Viborg Kommune og Energi Viborg er endnu ikke afklaret. Finansieringsprincipper for klimaprojekter i Viborg Kommune vedtages primo 2020. Når disse er fastlagt, vil fordelingen af økonomien i de belyste projekter aftales nærmere mellem Viborg Kommune og Energi Viborg Vand A/S.