



HB_K19_HYDRAULIK_REGNVANDS-
SYSTEM - HYDRAULISK
LØSNINGSFORSLAG FOR
HÅNDTERING AF REGNVAND
NOVEMBER 2023

Projekt navn	Helsingør Kommune – Klimatilpasning af bykernen
Projektleder	Jens Toke
Projekt nummer	22002489
Udarbejdet af	Jonas Jensen, Maite Monica Lovring
Kvalitetssikret af	Jørn Torp Pedersen, Maite Monica Lovring
Godkendt af	Carsten O. Rosted Petersen
Version	1.0
Versionsdato	24-11-2023
Første udgivelsesdato	24-11-2023

INDHOLD

1	INDLEDNING	5
1.1	Mål og Rammer	5
2	FORUDSÆTNING OG METODE	6
2.1	Randbetingelser	6
2.2	Opland	6
2.2.1	Arealer Koblet tilbage på fællessystem.....	8
2.3	Nedbør og faktorer	8
2.4	Nedsivningsområder.....	10
2.5	Skybrudsopland sydvest for Bykernen	10
2.6	Terrænmodel og Vejprofiler	14
2.6.1	Grid	15
2.7	Modellering af rørsystem.....	15
2.7.1	Linjedræn i Hovedstrøg.....	16
2.8	Bidrag fra fællessystemet	17
2.9	Modeltekniske parametre	18
3	RESULTATER.....	19
3.1	Oversvømmelse.....	19
3.1.1	Analyse af vand ved bygninger	20
3.1.2	Vandstand efter 4 timer.....	24
(1)	Rørløsninger og riste.....	25
3.2	Bassiner og pumper.....	27
3.2.1	Havnepladsen.....	28
3.2.2	Legepladsen	28
3.2.3	Vandstand ved pumpestop	29
3.3	Kantsten og hydrauliske barrierer	31
3.3.1	Hydrauliske barrierer	31
3.3.2	Allégade / Havnegade.....	31
3.3.3	Wiibroe plads.....	33
3.3.4	Helsingør bycenter	33
3.4	Gadeprofiler som bevares	36
3.4.1	Gammel færgestræde.....	36
3.4.2	Hestemøllestræde	36
3.4.3	Skyttenstræde	36

3.4.4	Grollowsstræde	37
3.4.5	Stengade ved Wiibroe Plads	37
4	ALTERNATIVE REGNVANDSLØSNINGER.....	38
4.1	Kongensgade.....	39
4.2	Klosteret	41
4.3	Domkirken	44
4.4	Kvickly	46
4.5	Boligforening – matrikel 79a	48
5	YDERLIGERE UNDERSØGELSER	52
5.1	Kommunalt ejede Matrikler	52
5.1.1	Matrikel 474A og 474N	52
5.1.2	Matrikel 504b	53
5.2	Pladser.....	54
5.3	Matrikel 81a.....	56
6	HYDRAULISK ARBEJDE I NÆSTE FASE	57
7	REFERENCER	58

1 INDLEDNING

I nærværende notat beskrives det nye regnvandssystem til afkobling af regnvand til terræn i Helsingør Bykerne. Forudsætninger, metode og resultater af de hydrauliske beregninger beskrives i nærværende notat. Derudover beskrives de afklaringer, der er opnået i løbet af projektforslagsfasen.

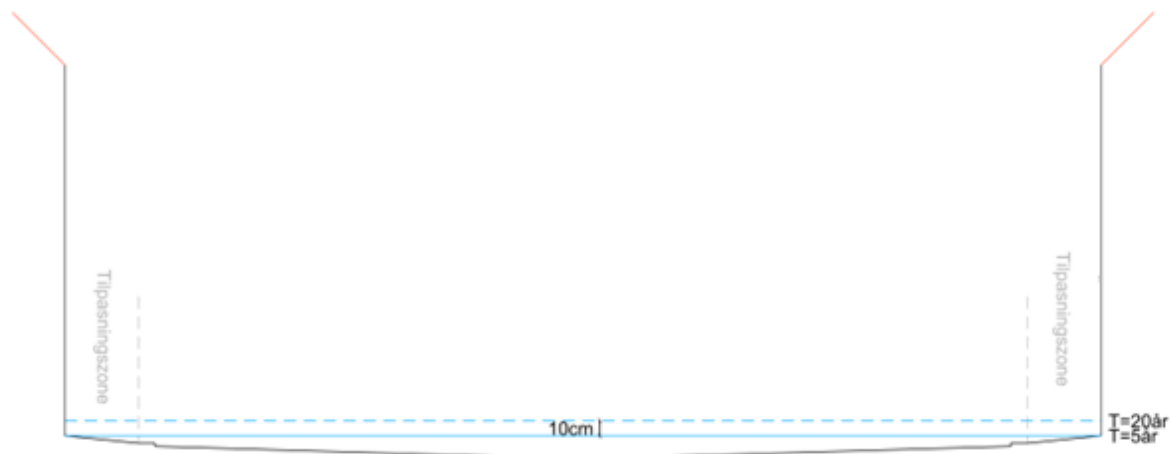
Nærværende notat bygger på de tidligere aftalte rammer og forudsætninger for de hydrauliske beregninger, samt løsningsforslaget til klimatilpasning af fællessystemet, beskrevet i:

- Hydrauliske forudsætninger (WSP - A, 2023)
- Dispositionsforslag hydraulisk notat for regnvandssystemet (WSP - B, 2023)
- Dispositionsforslag klimatilpasning af fællessystemet (WSP - C, 2023)
- Projektforslag klimatilpasning af fællessystemet (WSP - D, 2023)

Løsningsforslaget for det nye regnvandssystem i Helsingør Bykerne er dimensioneret ved hjælp af MIKE FLOOD-beregninger. Med udgangspunkt i det hydrauliske hovedgreb fra dispositionsforslaget er der udarbejdet en MIKE FLOOD-model til at verificering af løsningsforslaget. Det har været en iterativ proces for at finde den rigtige løsning, herunder koordinering mellem, hvad der forventes at kunne lade sig gøre byrumsmæssigt og hydraulisk, samtidig med at vidensniveauet om projektet er blevet øget. Det mulige fremtidige terræn har været det mest styrende for denne proces.

1.1 MÅL OG RAMMER

Herunder beskrives kort de relevante mål og rammer for det nye regnvandssystem. Der er anvendt følgende serviceniveauer for Hovedstrøg og øvrige gader i Helsingør Bykerne: T = 5 år om 100 år op til sokkelkote ved bygningen og T = 20 år om 100 år op til 10 cm op af bygningens sokkel (Se figur 1-1). I nærværende analyser anvendes både T = 5 år og T = 20 år om 100 år til dimensionering, for at sikre, at serviceniveauet er overholdt.



Figur 1-1: Principsnit som viser serviceniveauet for vandstand i et vejprofil.

Projektet omhandler afkobling af vejvante tagflader og veje til nyt separatsystem, hvor vand i videst muligt omfang (i prioriteret rækkefølge):

1. Håndteres på terræn
2. Håndteres i rør

Ved grønne arealer anvendes desuden nedsivningsløsninger.

2 FORUDSÆTNING OG METODE

I nedenstående afsnit gennemgås beregningsforudsætninger for dimensionering af regnvandsløsninger til klimasikring af Helsingør Bykerne, herunder forudsætningerne for MIKE FLOOD-modellen. De hydrauliske beregninger tager udgangspunkt i de aftalte rammer og forudsætninger (WSP - A, 2023), samt det tidligere udførte modelarbejde i dispositionsforslaget (WSP - B, 2023).

Processen for de hydrauliske beregninger i projektforslagsfasen har været følgende:

- 1) Der er udarbejdet en ny terrænmodel på baggrund af koteringsen og de hydrauliske løsninger fra dispositionsforslaget, som er anvendt til første iteration af modelberegninger. Resultaterne er anvendt dels til identifikation af nødvendige tilretninger af koteringsen og dels til dimensionering af de hydrauliske elementer.
- 2) Terrænmodel og hydrauliske elementer er herefter justeret til, og anden iteration af modelberegninger er udført. Resultaterne er igen anvendt til at identificere nødvendige tilretninger af koteringsen, bl.a. optimering af højde på "hydrauliske barrierer", som sikrer, at vandet ledes i de ønskede retninger, for at sikre overholdelse af serviceniveauet.
- 3) Herefter er koteringsen endeligt rettet til for projektforslaget. Denne koteringsen kan ses på tegningerne (Schonherr - A, 2023). Den sidste modelberegning viste, hvilke koteringsen der er nødvendige for at styre vandet, og der er derfor ikke udført en verificerende beregning med den endelige koteringsen.

Det er altså resultatet af anden iteration af hydrauliske beregninger for $T = 5$ år og $T = 20$ år, som præsenteres i nærværende dokument. Rettelser til koteringsen afledt af disse beregninger er også beskrevet.

I afsnittene herunder præsiseres de vigtigste forudsætninger og metoder, som anvendes til de hydrauliske beregninger for det nye regnvandssystem, inklusiv en beskrivelse af de udførte beregninger til definition af randbetingelser o.l. for MIKE FLOOD-modellen (herunder beregning af nedslivningspotentiale og afstrømning fra skybrudsopland).

2.1 RANDBETINGELSER

Havvandstand:

Der anvendes en havvandstand på 0,9 m som randbetingelse på alle udløb til havet. Dette er svarende til Forsyning Helsingørs standardpraksis for havvandstandskote i år 2100. Dette har ikke haft betydning for denne model, da der er lavet en pumpeløsning under jernbanen og ud til Øresund.

Renseløsning:

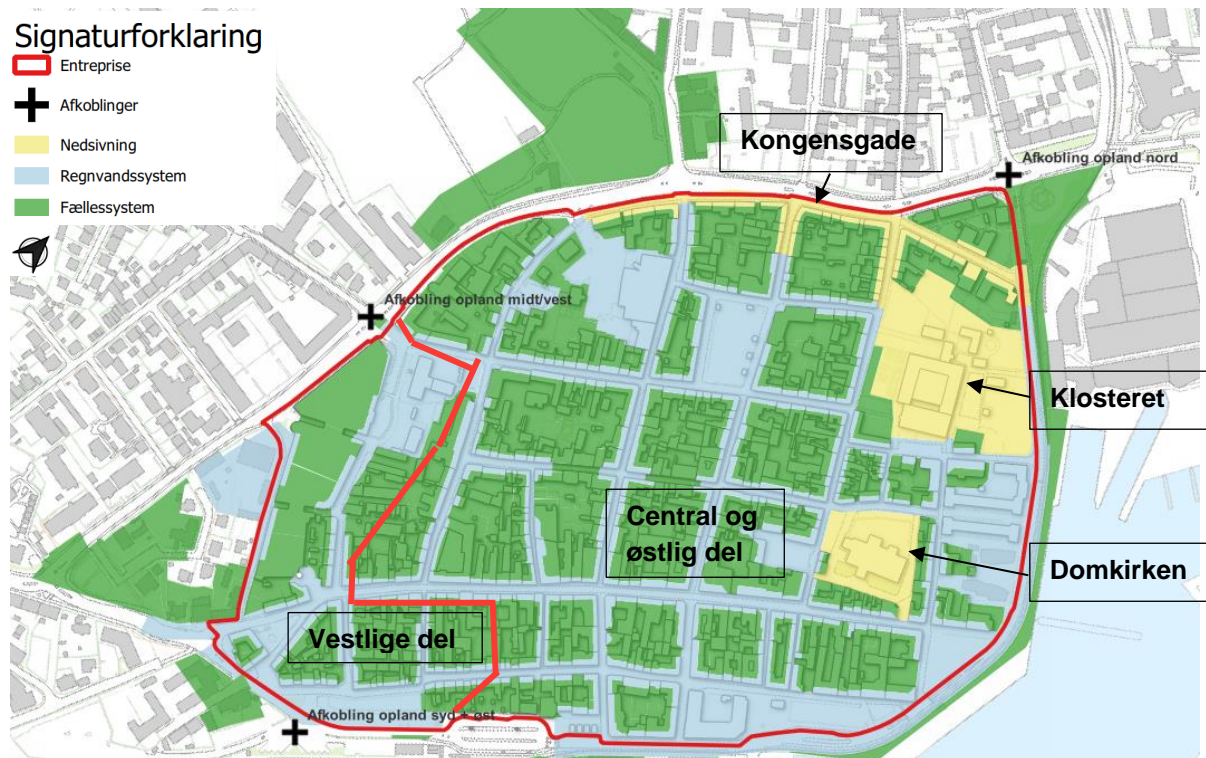
Grundet skærpet renskrav skal regnvandet ledes til en renseløsning inden det ledes ud i Øresund. Der etableres desuden en pumpestation efterfølgende for at kunne lede vandet under jernbanen i trykledninger. Renseløsningen forventes at kunne håndtere 175 l/s ved hverdagsregn, se yderlig beskrivelse i renseløsningsnotat (WSP - E, 2023). Der er i forbindelse med de hydrauliske beregninger antaget en pumpestation med 4 pumper med ydelse op til 2.500 l/s, for at kunne håndtere skybrud op til en $T = 20$ års-hændelse.

2.2 OPLAND

Det er planlagt at afkoble overfladevand fra pladser, veje og vejvendte tagflader i Helsingør Bykerne, som i stedet afledes på terrænen eller i nye rør/render. På figur 2-1 fremgår de arealer, der i projektforslaget forventes at være på det nye regnvandssystem og de arealer, som forventes at lede

vand til LAR-løsninger med nedsivning, altså også frakoblet fællesskloakken. Oplandene er markeret med hhv. blå og gul på figur 2-1.

Det bemærkes desuden, at alle andre oplande (udenfor bykernen), som i dag leder vand til Helsingør Renseanlæg i fremtiden forventes at være separatkloakerede, derfor vil regnvandet fra oplandene opstrøms blive afkoblet fra fællessystemet, hvilket er markeret med sorte krydser udenfor bykernen på figur 2-1.



Figur 2-1: Projektforlagets oplande i bykernen, opdelt i Fællessystem (Grøn), Regnvandssystem (Blå) og LAR med nedsivning (Gul). Afkobling af regnvand fra opstrøms oplande er markeret med sorte krydser ved de nuværende tilløb til Bykernen. Den tykke røde linje markerer grænsen mellem de to del-oplande i systemet.

I tabel 2-1 ses arealerne for de hydrauliske oplande, som er benyttet i MIKE FLOOD-modellen for regnvandssystemet. Disse har et højere reduceret areal end i dispositionsforlaget, da der i nærværende fase er antaget en befæstelsesgrad på 100% for alle veje og vejvendte tagflader.

Tabel 2-1: Hydrauliske oplande for regnvandssystem i bykerne og LAR med nedsivning

Opland	Total areal [Ha]	Reduceret areal [Red ha]	Løsning
Central og østlig del af bykernen	9,3	9,2	Løber direkte til renseløsning, hvorfra det pumpes ud i havnen.
Vestlig del af bykernen	2,9	2,5	Pumpes fra vestligt område til gravitationsløsning der leder til renseløsning.
Bykerne til renseløsning	12,2	11,7	
Klosteret	1,6	0,6	Ikke med i beregninger for regnvandssystemet, se afsnit 2.4.

Domkirken	0,6	0,4	Ikke med i beregninger for regnvandssystemet, se afsnit 2.4.
Kongensgade med sidegader	0,7	0,6	Ikke med i beregninger for regnvandssystemet, se afsnit 2.4.
Samlet regnvandssystem og LAR med nedsvivning	15,1	13,3	

2.2.1 AREALER KOBLET TILBAGE PÅ FÆLLESSYSTEM

I forhold til dispositionsforslaget er der nogle oplande, hvor det efterfølgende er blevet vurderet, at de ikke kunne kobles på regnvandssystemet. Der er blevet lavet en revurdering af vejvendte tagflader på baggrund af Danmarks højdemodells overflade. Nedenstående oplande er derfor koblet tilbage på fællessystemet:

- **Enkelte huse og boliger med afstand til veje/gader**
 - Vil kræve terrænmæssige ændringer på privat grund for få vand fra nedløbsrør ud til planlagte regnvandssystem, da der ikke kan afkobles nedløbsrør direkte på det planlagte regnvandssystem.
- **Enkelte tagflader som var flade og ikke havde nedløbsrør ud til gaden**
 - Vil kræve større ændringer for det interne afvandingssystem, da der ikke kan afkobles nedløbsrør direkte på regnvandssystemet.
- **Udvalgte baggårde ved parkeringsplads ved Fiolgade og Rådhusstorvet**
 - Kotemæssigt kan det ikke lade sig gøre at få strækningerne med på det nye regnvandssystem, grundet lokale lavpunkter.
- **Ankerbakken**
 - Kotemæssigt ligger terrænet omkring kote 2,0 m DVR90, hvilket gjorde det til et kritisk punkt i det nye regnvandssystem med rørløsningerne. Det har vist sig ikke at være muligt at sikre området mod opstuvning til terræn i det nye regnvandssystem.
 - Desuden var løsningen beskrevet i dispositionsforslaget anlægsteknisk udfordrende, da ledningen skulle gennem en smal gyde (WSP - B, 2023).
 - Området er derfor ikke inkluderet i den nye løsning for regnvandssystemet. I stedet er der indført en regnvandsledning i Strandgade til afvanding af lavpunktet i denne gade, og terrænet er hævet ved indkørslen til Ankerbakken for at sikre, at vandet ikke løber ned af Ankerbakken, se afsnit 3.1.2(1) om rør og afsnit 3.3.1 om hydrauliske barrierer.

2.3 NEDBØR OG FAKTORER

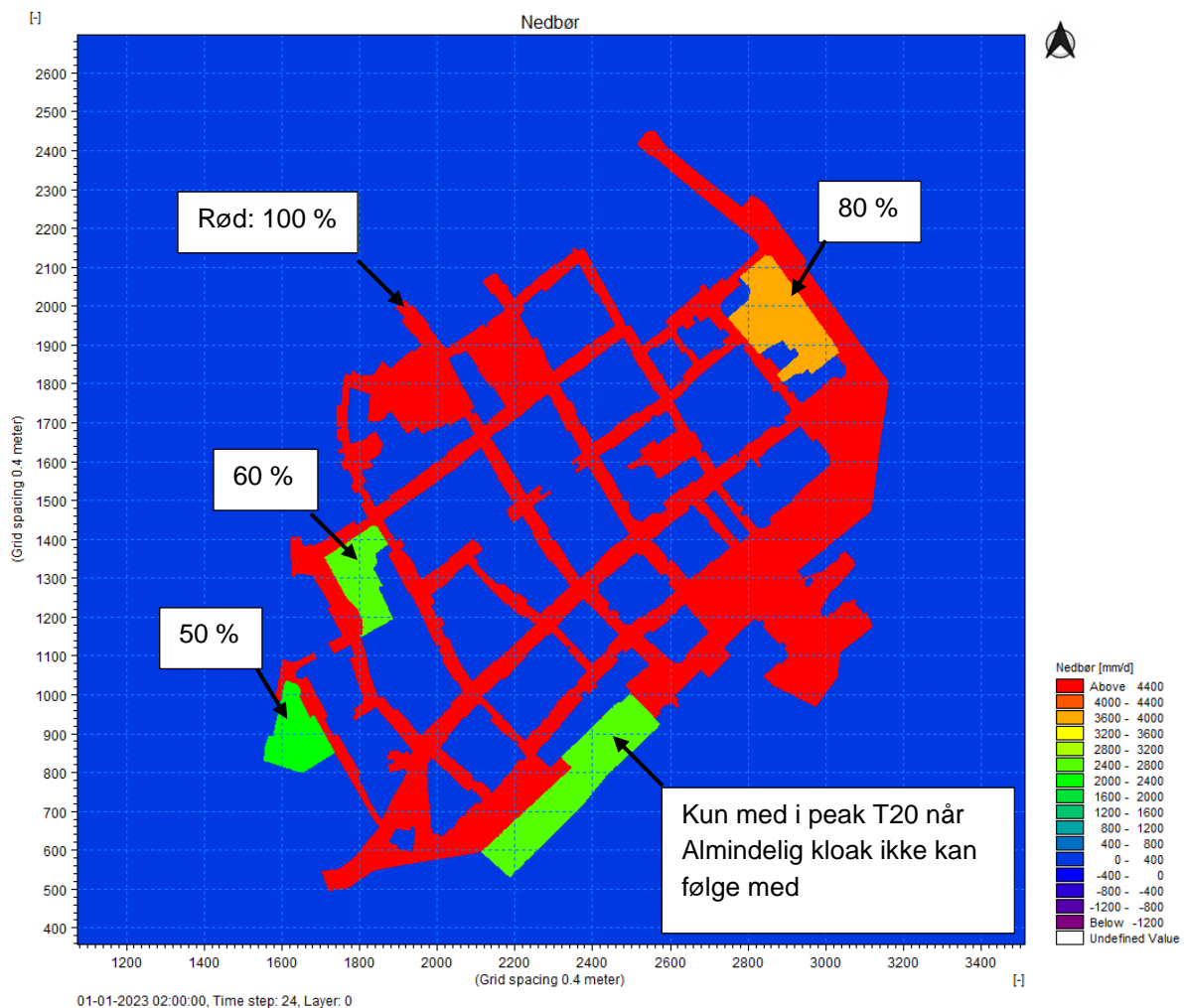
Til dimensionering af ledninger og vejprofiler anvendes CDS-regn med 4 timers varighed og 5 minutters tidsskridt. Hændelserne genereres med Spildevandskomiteens regional-regnrække-ark v.4.1.1 ud fra koordinater svarende til Helsingør Renseanlæg. Der anvendes klimafaktorer til dimensioneringen svarende et middel klimascenarium jf. anbefalingerne i Skrift 30.

Der anvendes en sikkerhedsfaktor på 1,2 ved afkobling og dimensionering. Der regnes ikke med fortætning i selve bykernen, da det anses som usandsynligt, at Helsingør Bykerne bliver tættere bebygget i fremtiden. Der anvendes desuden en hydrologisk reduktionsfaktor på 1, da der udelukkende regnes på større regnhændelser. Information om de anvendte CDS-regnhændelser og faktorer kan ses i tabel 2-2.

Tabel 2-2 Sikkerhedsfaktorer og nedbørssum for de gentagelsesperioder, der er anvendt i projektet.

CDS-regn	T = 5 år	T = 20 år
Fortætning	1,0	1,0
Klimafaktor	1,24	1,31
Modelusikkerhed	1,2	1,2
Samlet faktor	1,49	1,57
Nedbørssum i 4 timer	47 mm	71 mm

Størstedelen af nedbøren falder ned på områder som anses for at være 100% befæstet. Enkelte hele grunde er reduceret til befæstelse på 50-80% ud fra deres nuværende befæstelsesgrader. Bidraget fra de grønne områder antages at nedsive, da nedsivningsevnen er højere end max intensiteten ved T = 20 år (100 µm/s vs. 75 µm/s – se afsnit 2.4). Der er desuden et område ved busholdepladsen som i dag er separatkloakeret, derfor er regnmængderne her reduceret med, hvad kloakken forventes at håndtere, som vist på figur 2-4. Alle nedbørskategorierne kan ses på figur 2-2.



Figur 2-2: Nedbørskategorierne for regn i MIKE FLOOD-modellen for Helsingør Bykerne.

2.4 NEDSIVNINGSSOMRÅDER

I det tidligere udarbejdede notat omkring jordbundsforhold (WSP - F, 2023) er det beskrevet, at der er god nedsivningsevne i bykernen, da jorden hovedsageligt består af sand. I nærværende notat anvendes en nedsivningsevne på $1 \cdot 10^{-4}$ m/s (=8,64 m/døgn), som er mere konservativt end beskrevet i notatet (sand + faktor -100). Det skyldes, at vandet bør ledes gennem filtermuld, som forventes at have en nedsivningsevne på $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Det anbefales desuden at udføre nedsivningstest i de specifikke områder, hvor der ønskes at lave nedsivningsløsninger, for at sikre at der er de forventede nedsivningsmuligheder i områderne. Processen omkring dette er igangsat i projektforslaget.

Indledende dimensioneringer af bassiner til nedsivning for de tre områder for T = 5 år og T = 20 år kan ses i tabel 2-3. Beregningerne er lavet med opdateret LAR-dimensionerings-regneark (Downloadet 2020) og sikkerhedsfaktorer fra afsnit 2.3.

Grundet den gode nedsivningsevne i området kan der laves løsninger som håndterer op til T = 20 år. Derfor er der ikke medtaget regnvand fra nedsivningsområderne i MIKE FLOOD-modelleringen for det nye regnvandssystem.

For yderligere beskrivelse af nedsivningsløsningerne samt mulige alternativer til disse henvises til afsnit 4.

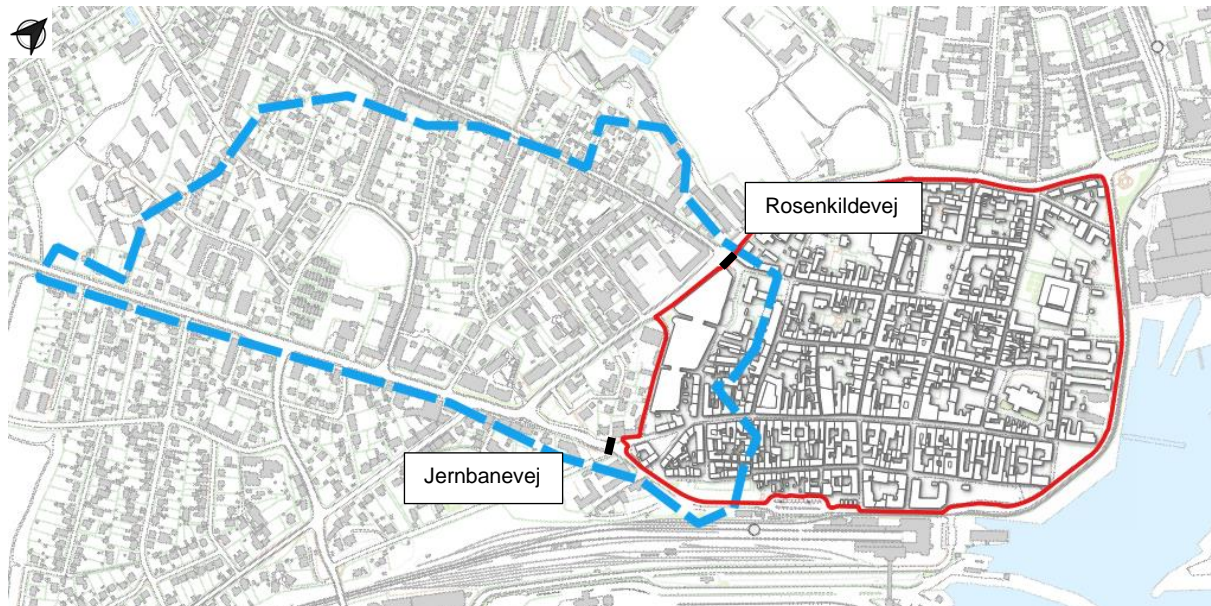
Tabel 2-3: Vurderede størrelser af nedsivningsområder og nødvendige volumener, samt resulterende antagelse for regnvandssystemet.

Opland	Total areal [Ha]	Reduceret areal [Red ha]	Bassin volumen T = 5 år	Bassin volumen T = 20 år	Antagelse for regnvandssystem
Klosteret	1,6	0,6	Regnbed: 400 m ² x 0,27m = 108 m³	Regnbed: 500 m ² x 0,37m = 187 m³	T20 forventes at kunne håndteres på egen grund. Regnvand fra området medtages derfor ikke i MIKE FLOOD-model.
Domkirken	0,6	0,4	Regnbed: 300 m ² x 0,22m = 67 m³	Regnbed: 300 m ² x 0,44m = 131 m³	T20 forventes at kunne håndteres på egen grund. Regnvand fra området medtages derfor ikke i MIKE FLOOD-model.
Kongensgade med sidegader	0,7	0,6	Faskine plast: 2m x 2m x 51m = 203 m³	Faskine plast: 2m x 2m x 77m = 307 m³	T20 forventes at kunne håndteres på egen grund, eller at overløb fra mindre løsninger ikke ledes gennem bykernen. Regnvand fra området medtages derfor ikke i MIKE FLOOD-model.

2.5 SKYBRUDSOPLAND SYDVEST FOR BYKERNEN

Et skybrudsopland er det opland, der bidrager med afstrømning ved skybrud. I dette projekt betyder det, at når det regner med en T = 20 års-hændelse forventes det ikke at kloakken opstrøms Bykernen er dimensioneret til at håndtere hele hændelsen, og derfor vil vandet løbe op på terræn og ned til Helsingør Bykerne. Derfor vil et større opland bidrage i skybrudssituationen.

Det er usikkert hvor stort et ekstra bidrag der vil komme fra det opstrøms opland. Der er derfor lavet en 2D-model for det bidragende opland, for at estimere mængderne af skybrudsvand, der løber ind i Helsingør bykerne, se blå omrids figur 2-3. Skybrudsoplandet til Bykernen er vurderet på baggrund af Scalgo med nedbør svarende til en 4 timers $T = 20$ års-hændelse fratrukket $T = 5$ års-hændelse, da det er planlagt at blive separatkloakeret. Skybrudsoplandet er totalt 30 hektar med et befæstet areal på 19,4 ha og grønne arealer på 10,6 ha.



Figur 2-3: Blå omrids er det modellerede område i 2D. Det samlede skybrudsopland er 30 ha. De sorte streger er de to steder, hvor der vandet i en skybrudssituation kan løbe ind i Helsingør Bykerne. Det er på Jernbanevej og Rosenkildevej.

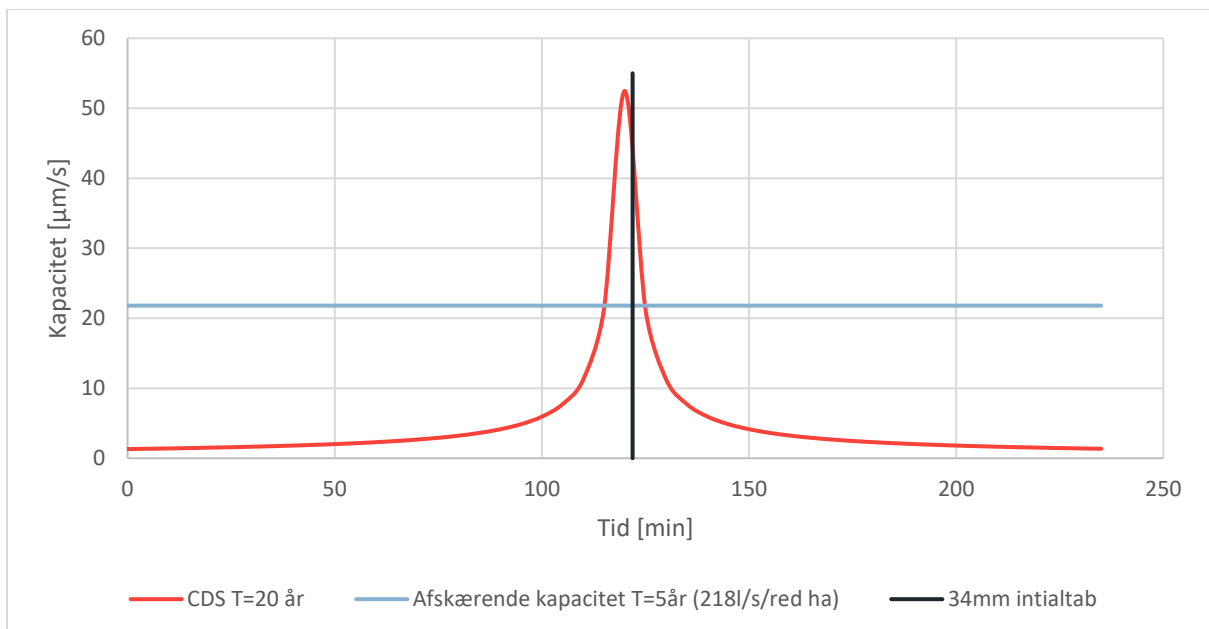
FORUDSÆTNINGER

Der er lavet en MIKE FLOOD-model for skybrudsoplandet til Helsingør Bykerne med forudsætningerne vist i tabel 2-4. Modellen medtager ikke afløbssystem, men er afspejler kun terrænbaseret afstrømning. Afstrømningen til Bykernen afhænger af, om det er en grøn eller befæstet overflade. Der er derfor antaget nogle forudsætninger for de to typer overflader. Scalgos arealdækkelseanalyse er anvendt til at bestemme om det er grønt eller befæstet overflade. Modellen er lavet uden afløbssystem, da det kun er interessant, hvad der løber på terræn. Derfor er regnmængderne reduceret på baggrund af hvad det forventes at kloak og grønne områder kan håndtere. Dette er vist på figur 2-4. Resultaterne er et kvalificeret bud på den forventede skybrudsafstrømning.

Tabel 2-4: Forudsætninger for 2D model af skybrudsopland.

Forudsætning	Anvendt værdi/parameter
Varighed af regn	4 timer + 2 timer tørvejr, reduceret som beskrevet ved figur 2-4.
Tidsskridt for regn	5 min
Klimafaktor	1,31 (svarende til klimafaktor for $T = 20$ års hændelse om 100 år)
Hydrologisk reduktionsfaktor	1,00
Modelusikkerhed	1,20
Infiltration	Ingen (Reduceret ved initialtab)
Mesh-metode	Grid med 2x2 m celler

Modelgrundlag (højdemodel)	Danmarks højdemodel med bygninger Hydrologisk tilpasset fra Scalgo oplande	
Drying depth	0,001m	
Wetting depth	0,002m	
Solution technique	Detaljeret planlægning: Higher order	
	Befæstet	Grøn
Regn, se figur 2-4	Peak som er over forventet kapacitet på 21,8 $\mu\text{m/s}$ (10-min intensitet for gentagelsesperiode T = 5 år og sikkerhedsfaktor=1,49) Nedbørssum: 10 mm	Afstrømmer efter initialtab på 34mm, hvilket svarer til en gennemsnitsværdi af nedsivningsevne i Scalgo. Nedbørssum: 37 mm.
Manningtal for terrænmodel	40	20



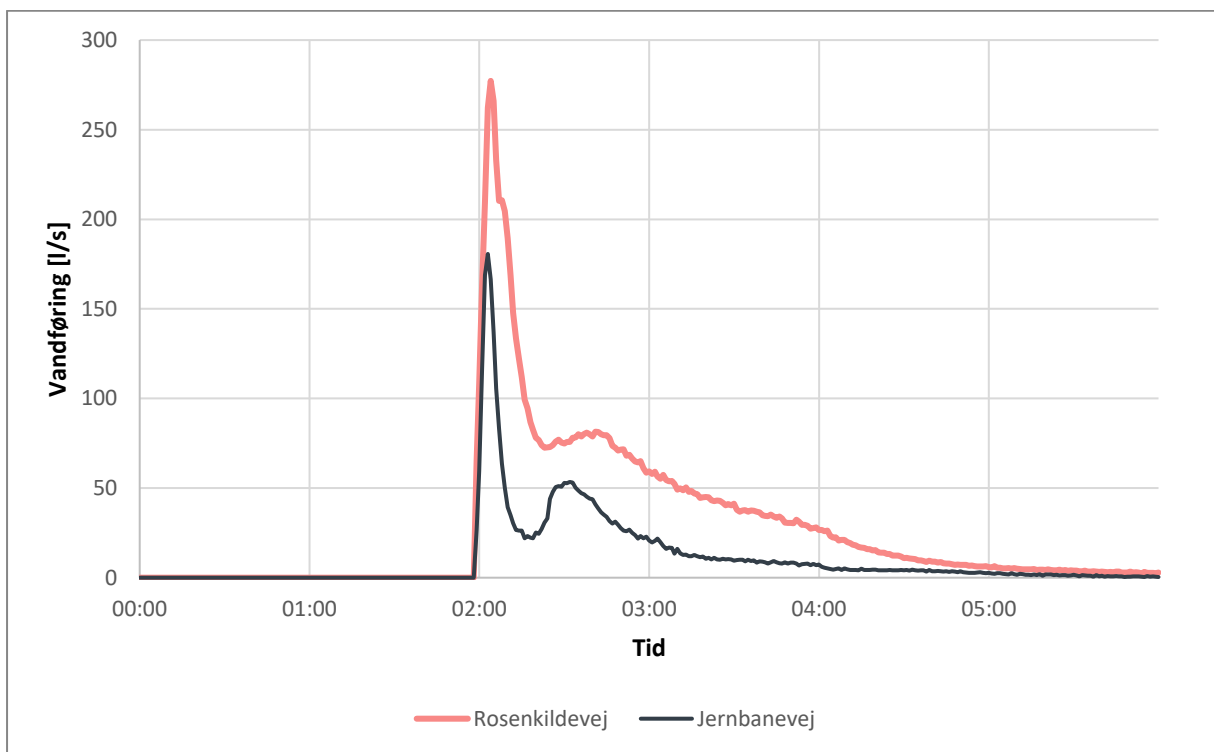
Figur 2-4: CDS regn T=20 år med sikkerhedsfaktor, hvor afskærende streger indikerer hvilken del af regnen, der med i modellen. For befæstet arealer er det peaket over afskærende kapacitet af kloaksystemet (over den blålig streg). Grønne arealer bidrager med den sidste del af CDS-regnen efter initialtabet (bag den sorte streg).

RESULTAT

Ved skybrudssituationen er medtaget vand fra det opland, der topografisk set forventes at bidrage ved en T= 20 års-hændelse. I Tabel 2-5 og på figur 2-5 er der vist de beregnede vandføringer, som kommer ind i området fra skybrudsoplandet. De største bidrag er på 180 l/s og 280 l/s omkring peaket af regn hændelsen, hvilket er forventet hovedsagligt at være bidrag fra de befæstede arealer. Derudover kommer der et ekstra peak efter yderlig 30 minutter, som forventes at være maksimale bidrag fra de grønne områder. De viste tilløbshydrografer er medtaget i den samlet MIKE FLOOD-model for Helsingør bykerne for skybrudssituationen (T=20år).

Tabel 2-5: Data for tilløbsgrafer for de to veje hvor vandet fra områder sydvest for Helsingør bykerne afstrømmer til bymidten i en skybrudssituation.

Vej	Største vandføring [l/s]	Samlede volumen af vand over 6 timer [m ³]
Jernbanevej	181	234
Rosenkildevej	277	595



Figur 2-5: Vandføring der kommer fra skybrudssituation fra områder sydvest for Helsingør bykerne

Der er generelt to steder i den vestlige del af projektet, hvor afstrømningen fra skybrudsoplandet forventes at have væsentlig betydning for oversvømmelsesresultaterne: Skyttenstræde og skybrudsvolumen ved Legepladsen. I resultaterne, som præsenteres i afsnit 3.2, er der vurderet nødvendigt med et magasineringsvolumen på 360 m³ ved Legepladsen. Hvis skybrudsoplandet ikke medtages i beregningen, er det nødvendige volumen på 260 m³. Skyttenstræde, som bliver kritisk i skybrudssituationen, da vandet fra Stengade løber ned af denne, vil skulle håndtere mindre vand, hvis det opstrøms opland ikke bidrager. Mængden af vand, der løber ned af gaden i skybrudssituationen reduceres fra 170 m³ til 90 m³. De største vandføringer bliver reduceret fra 210 l/s (afsnit 3.4.3) til 150 l/s.

Ovenstående viser at skybrudsoplandet har betydning for resultaterne, men trods det viser resultatet uden skybrudsopland at alle de beskrevne løsninger er nødvendige. Betydningen af vandføringerne og vandmængderne reduceres ned igennem systemet og de kritiske strækninger påvirkes kun til dels af den ekstra vandføring. Det er generelt svært at bestemme den præcise mængde af vand fra skybrudsoplandet grundet store usikkerheder omkring nedsivning og kapacitet af det fremtidige kloaksystem. Resultaterne er derfor kun et kvalificeret bud på den forventede skybrudsafstrømning, som medtages i oversvømmelsesberegningerne for bykernen. Der er altså indarbejdet en ekstra sikkerhed ved at medtage afstrømning fra skybrudsoplandet.

2.6 TERRÆNMODEL OG VEJPROFILER

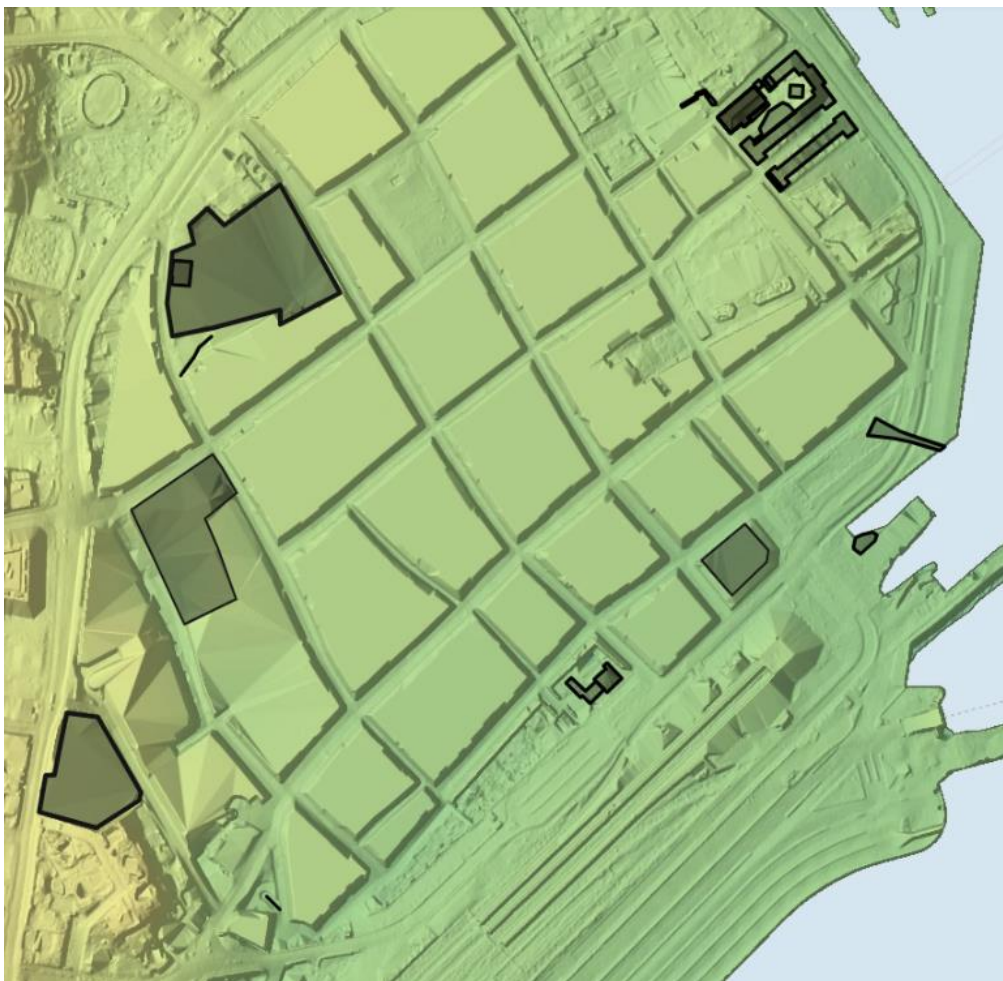
Der er lavet en terrænmodel med baggrund i af dispositionsforslagets koter. Der har været en iteration på baggrund af resultaterne af den første MIKE FLOOD-simulering, hvorefter koterne er tilrettet i modellen som beskrevet tidligere i kapitel 2.

For det nye terræn er manningtallet for terræn generelt vurderet til 35, da det er gader, der forventes at blive lavet i brosten/chaussésten, som skaber en større modstand end mere glatte veje såsom asfalt.

Generelt er vejene lavet med et V-profil-tværsnit og nogle gader med en tilpasningszone (mulighed for stejlere tværfald eller trin ved indgange) i hver side. Det bemærkes at:

- Hovedstrøg har ikke tilpasningszone, da der skal være niveaufri adgang
- Øvrige gader har tilpasningszone nær ved bygningerne

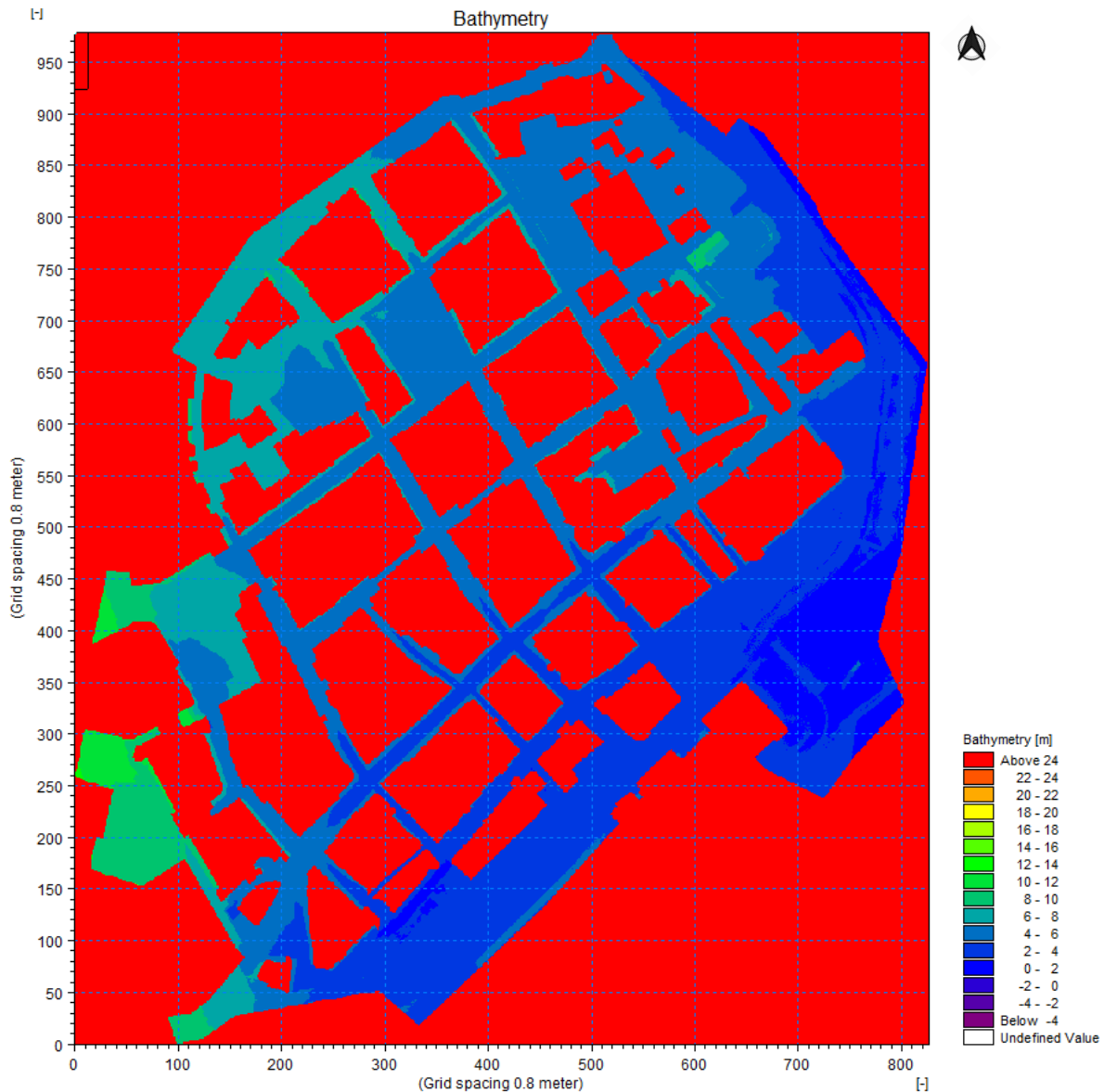
For enkelte grunde er det fremtidige terræn beskrevet med flader med fald i den ønskede retning. Der er også nogle gader, pladser og private områder hvor det eksisterende terræn er anvendt med enkelte justeringer, for at sikre, at vandet bliver ledt til det nye system. Disse flader og tilpasninger er vist på figur 2-6.



Figur 2-6: Justeringer lavet i terrænmodellen for at hæve bygninger og justere områder så der er fald mod regnvandsløsningen.

2.6.1 GRID

Der er lavet et grid på baggrund af terrænmodellen for det projekterede terræn, se figur 2-7. Griddet er lavet med en opløsning på 0,8x0,8m for at sikre tilstrækkelig detaljeringsgrad uden at beregningstiden bliver for lang.



Figur 2-7: Grid benyttet til hydraulisk simulering af Helsingør bykerne.

2.7 MODELLERING AF RØRSYSTEM

Der er nogle strækninger, hvor det ikke er muligt at dimensionere vejprofilerne store nok til at håndtere alt vandet (bl.a. grundet bindinger såsom adgangsforhold, tilgængelighed osv.). MIKE FLOOD-modellen er derfor benyttet til dimensionering af rørlagte strækninger. I forbindelse med dimensioneringen har der været regnet med indvendige diameter og plastledninger op til 500 mm, som vist i tabel 2-6. Derudover er manningtallet antaget til 80 for plastledninger og 75 for

betonledningerne. Brønde er lavet med størrelse på 1,25 m, og koblet til terræn i den celle brønden er placeret i.

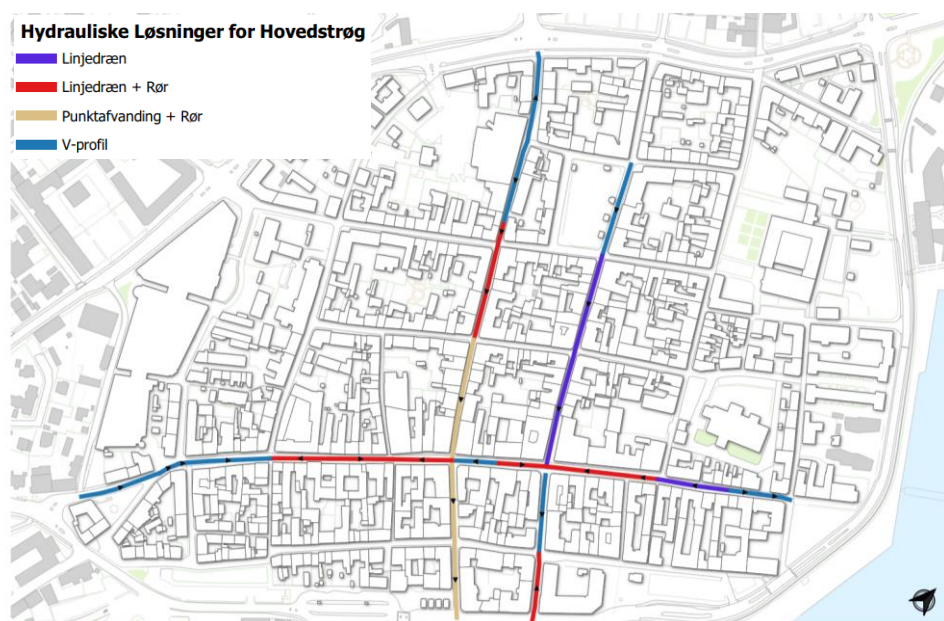
Tabel 2-6 Anvendte dimensioner og manningstal for fremtidige plastledninger (Wavin, 2004) og betonledninger.

Materiale	Udvendig dimension (mm)	Indvendig dimension (mm)	Manningtal
Plast	200	188	80
Plast	250	235	80
Plast	315	297	80
Plast	400	377	80
Plast	500	471	80
Beton	-	600	75
Beton	-	700	75
Beton	-	800	75
Beton	-	900	75
Beton	-	1000	75

2.7.1 LINJEDRÆN I HOVEDSTRØG

Linjedrænen er vurderet nødvendige på hovedstrøgene for at sikre tilgængelighed og for at undgå stillestående vand i lunger i gaderne. Det er vurderet, at det vil blive svært at sikre mod lunger på strækninger med længdefald under 7 ‰. Derfor er der af byrumsmæssige årsager nødvendigt at etablere linjedrænen på udvalgte strækninger af Hovedstrøgene. Et opdateret kort over anvendelsen af linjedrænen og andre hydrauliske løsninger på hovedstrøgene kan ses på figur 2-8. Linjedrænsstrækningerne er beskrevet i modellen ved CRS-profiler, som har en bredde op til 20 cm og en dybde omkring 25 cm. Linjedrænen er koblet med terrænmodellen med aflange koblingspolygoner i midten af gaderne for at opsamle vandet på de strækninger.

Der er desuden lavet en håndberegning af linjedrænskapaciteten som har vist, at drænene på alle gade-strækninger cirka kan fører svarende en $T = 0,5$ års-hændelse.



Figur 2-8: Hydrauliske løsninger på hovedstrøgene foreslået i projektforslaget på baggrund af hovedstrøg med fald under 7‰.

2.8 BIDRAG FRA FÆLLESSYSTEMET

I dispositionsforslaget er der også udført beregninger for det eksisterende fællessystem. Disse er udført i MIKE URBAN med en udleveret model for fællessystemet, som er kvalitetssikret og tilrettet som beskrevet i notat om fællessystemet (WSP - C, 2023). Ved dimensionering af regnvandsløsninger til gentagelsesperioder over $T = 10$ år bør opstuvende fællesvand inkluderes i beregningerne for regnvandssystemet. Altså antages det, at regnvandssystemet udføres, så vandet ikke kan løbe ned i fællessystemet, men at fællessystemet stadig kan stuve op i regnvandssystemet.

I den indledende del af projektforslaget, blev det undersøgt, hvor stort et bidrag, der kommer fra fællessystemet ved en $T = 20$ års-hændelse på baggrund af modellen for fællessystemet fra dispositionsforslaget. Der er 4 brønde inde for modelområdet som bidrager med mere end 2 m^3 , og som derfor er medtaget i oversvømmelses-beregningerne. Det giver samlet volumen på 13 m^3 fra de fire brønde. Der er yderligere 14 brønde med opstuvning til terræn som ikke er medtaget, da deres opstuvning er under 2 m^3 og derfor kan negligeres. Brøndene er vist på figur 2-9.



Figur 2-9: Kort over brønde i fællessystemet med opstuvning til terræn ved $T = 20$ års-hændelse. De røde er med i MIKE FLOOD-modellen, da de har opstuvning større end 2 m^3 og de grønne er ikke medtaget.

2.9 MODELTEKNISKE PARAMETRE

Udover ovenstående nævnte forudsætninger anvendes også andre modeltekniske parametre. En opsummering over anvendte parametre kan ses i tabel 2-7.

Tabel 2-7: Opsummering af modeltekniske parametre for Mike+ modellen.

Mike Flood

Oversvømmelsesberegninger	Benyttet
Regn	CDS-regn
Varighed af regn	4 timer
Tidsskridt for regn	5 min
Sikkerhedsfaktorer	Variierende afhængig af gentagelsesperioden (se tabel 2-2)
Hydrologisk reduktionsfaktor	1,00
Tidsskridt for resultatfilen m21fm	3 min
Oversvømmelsesresultat	Max vandstand af gemte værdier i resultatfilen

Overflademodel (2D overland)

Terrænmodel	Grid med celler på 0,8 x 0,8 m
Modelgrundlag (højdemodel)	3D model af terræn fra forskellige input se afsnit 2.6
Manningtal for terrænmodel	Befæstet: 35

Beregning af afstrømning fra ubefæstede flader:

Grønne områder	Bidrag fra grønt areal antages at nedsive. For de enkelte matrikler med grønt areal er regn-inputtet reduceret til befæstelsesgraden.
Indarbejdelse af bygninger	Bygninger beskrives i Mike Flood med 0,5 m høj mur + vejvndte tagflader lagt ind med en passende højde for hver karré. Resterende tagareal og baggårde klippes ud af overflademodel/grid
Regn-input	Befæstet: i M21
Infiltration	Ingen

Numeriske Parametre

Drying depth	0,001 m
Wetting depth	0,005 m
Solution technique	Detaljeret planlægning: Higher order

Modeltekniske parametre (1D-2D couplings)

Maks. Flow (Udveksling: Network \leftrightarrow 2D overland)	Ingen
Udvekslingsareal	1 celle over brønd, Aflang polygon ved dræn
Inlet area	1,23 m ² for brønde, 1,5 m ² for dræn
Discharge koefficient	0,98
Delta depth for dampening	100 mm
Smoothing	0

Modelversion

Program	Mike + 2023 update1
MU-motor	Mike1D

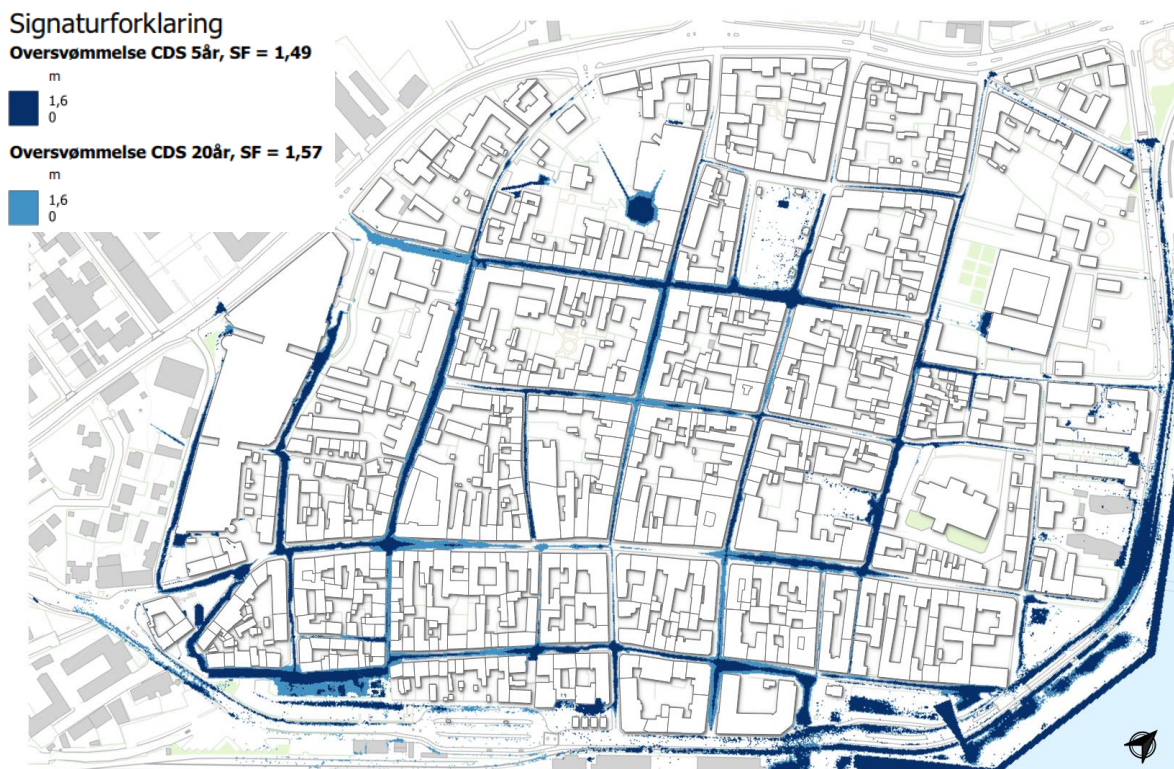
3 RESULTATER

De hydrauliske beregninger bygger hovedsagligt på de hydrauliske hovedgreb fra dispositionsforslagsfasen, som der er arbejdet videre med i denne fase. Der er arbejdet med at sikre at det nye regnvandssystem fungerer som forventet – også under skybrud.

Der forventes, at der skal laves en renseløsning inden udledning til Øresund, derfor er der arbejdet med ét udledningspunkt med rensning samt enkelte overløbspunkter. Udledningspunktet forventes at skulle være på Havnepladsen i den sydøstlige del af området. For at krydse jernbanen laves en pumpeløsning med udløb i havnefronten. Flere af vejene i området har fald mod sydøst, hvorfor en gravitationsløsning på terræn og i rør kan føre vandet mod det forventede udledningspunkt. Cirka 2,5 befæstet ha. ledes dog til et lavpunkt i sydvest ved legepladsen. Der skal derfor laves en pumpestation her for at lede vandet videre til renseløsningen ved Havnepladsen. Dér, hvor afstrømningerne er for store til, at vandet kan håndteres i vejprofilen, er der suppleret med en rørløsning, se afsnit 3.1.2(1). Rørløsningerne leder vandet til renseløsningen ved Havnepladsen.

3.1 OVERSVØMMELSE

Resultatet af den hydrauliske beregning viser, at systemet med mulige tilretninger af terrænet kan overholde serviceniveauet. Figur 3-1 viser, at vandet generelt vil løbe i midten af gaderne og at udbredelsen øges en smule fra T = 5 år til T = 20 år. Nogle enkelte gader vil dog skulle håndtere væsentlig større vandmængder skybrudsituationen. Skyttenstræde er særligt udfordret ved T = 20 år-hændelsen, hvilket er beskrevet nærmere i afsnit 3.4.3. I afsnit 3.1.1 er en beskrivelse af de nødvendige yderligere tilretninger til koteringsen, som er udført efter modelberegningen, samt en forklaring på andre steder, som fremgår problematiske i modelberegningerne, men som ikke vil være det i virkeligheden.



Figur 3-1: Oversvømmelseskort for T = 5 år og T = 20 år med vandstand over 3 cm.

I de nedenstående afsnit beskrives modelresultaterne og betydningen af disse for udformningen af løsningsforslaget. Grundet usikkerheder i modelleringen af de enkelte celler er der valgt benytte vandstand på 3 centimeter som minimumsgrænse for resultatanalysen. Vandstande lavere end dette vurderes at være for usikre ift. den reelle udbredelse.

3.1.1 ANALYSE AF VAND VED BYGNINGER

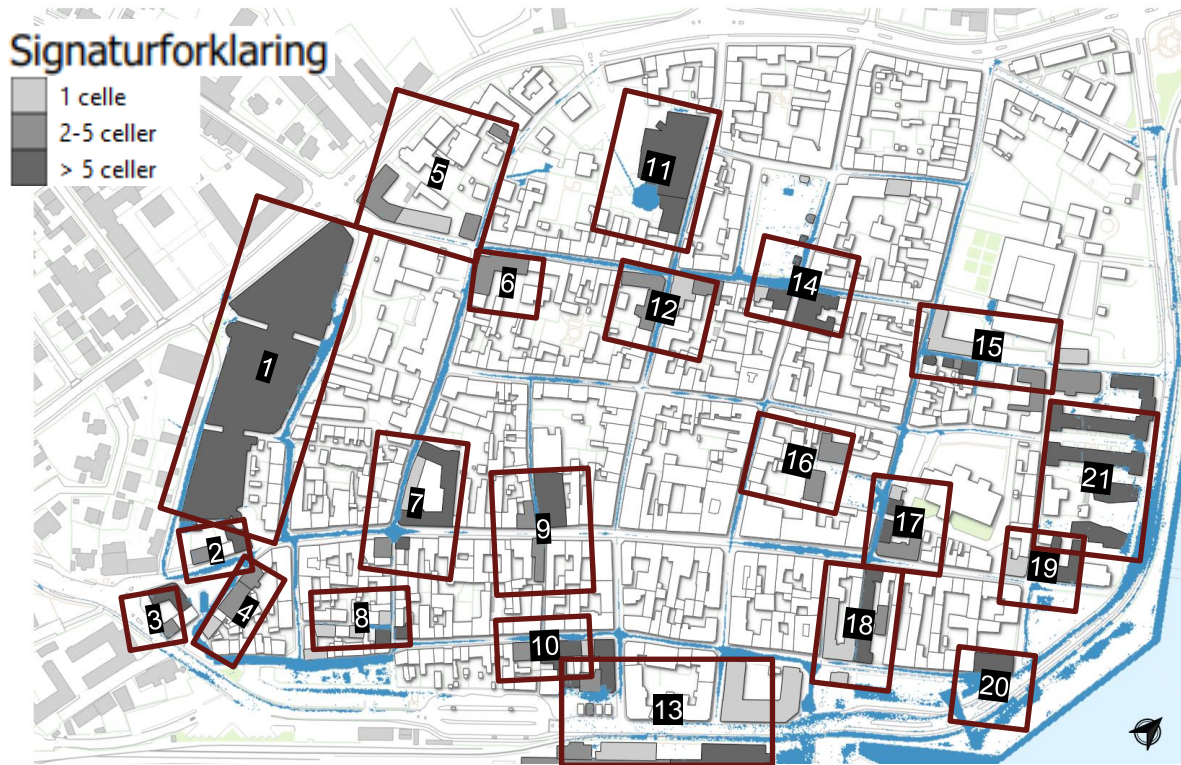
For at eftervise, at servicemålene er overholdt, er der lavet en grundigere analyse af vandstandene op af bygningerne. På figur 3-2 er vandstande over 3 cm ved en T = 5 års-hændelse vist. På figur 3-3 er vandstande over 10 cm ved en T = 20 års-hændelse vist. Bygninger med grå indikerer at der i modelresultaterne er vand op af bygningen på mere end ovenstående kriterier. For områder med vand op af bygningerne er der lavet en nummerering af områderne, hvilket så er forklaret i tabel 3-1. Det ses, at mange af de steder, hvor der er udfordringer, er kryds hvor vandet mødes fra flere veje og skal skifte retning eller ledes ned i en rørløsning (se afsnit 3.1.2(1)). Det er svært at opnå en korrekt beskrivelse af udvekslingen af vand mellem terræn og rørsystem i modellen. Derfor kan nogle af de kritiske opstuvninger mindskes i virkeligheden ved at sikre korrekt placering af riste med tilstrækkelig kapacitet.

På baggrund af begge figurer kan det ses, at der generelt er større udfordring med at undgå vand op af bygningerne ved en T = 5 års-hændelse (da kriteriet her er striksere), end ved en T = 20 års-hændelse. Der er dog to steder hvor T = 20 års-hændelse forårsager væsentlig mere vand op af bygningerne end ønsket. Det ene er Skyttenstræde (nummer 23 på figur 3-3) og det andet er ved Legepladsen syd for Skyttenstræde (nummer 22 på figur 3-3).

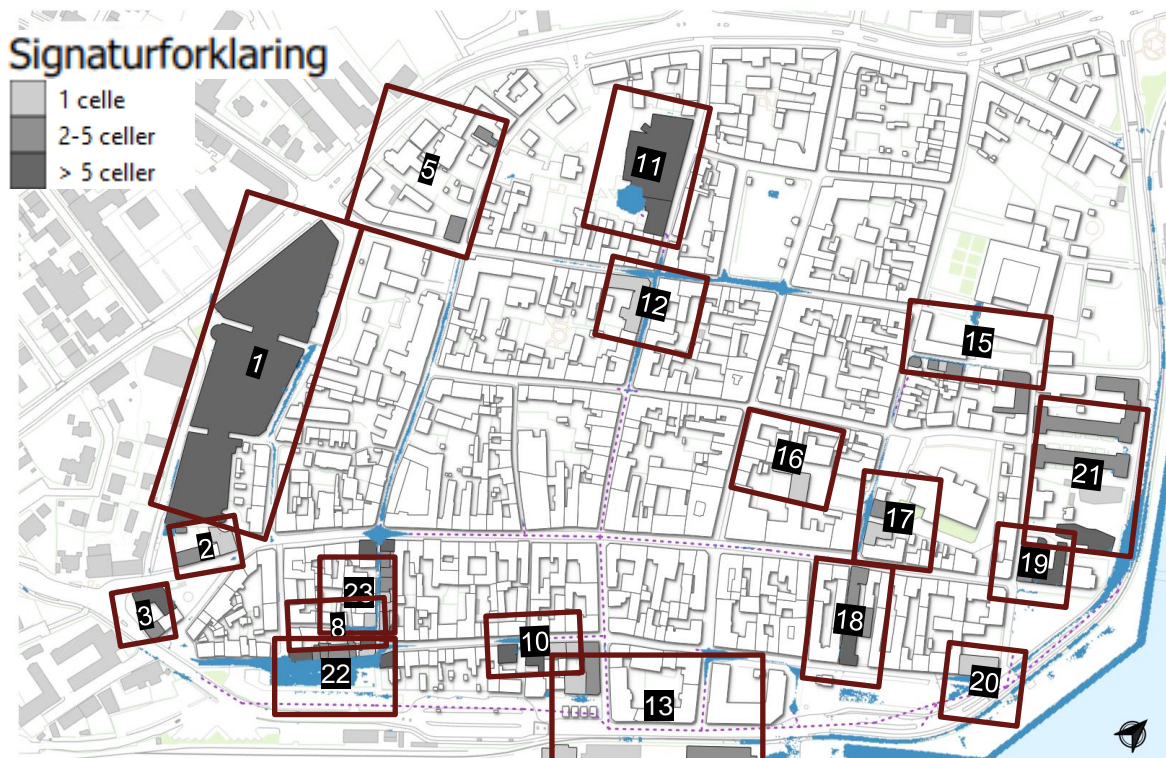
Det første skyldes, at der sker "overløb" fra Stengade ned af Skyttenstræde i en skybrudssituation. Da gaden ikke var planlagt at skulle omlægges til V-profil, kan den ikke håndtere meget mere end sit eget vand. Da der skal lægges fjernvarme i gaden, skal den dog alligevel graves op. Derfor anbefales det at omlægge midten af vejen til v-profil i den forbindelse.

Vandet ved Legepladsen forventes håndteret ved at lave volumen i terræn, som vist på koteplan (Schonherr - B, 2023). Dette volumen er ikke med i modelbeskrivelsen, da det nødvendige omfang var ukendt, hvorfor vandet lægger sig op af bygningerne i stedet. Ved tilretning af terrænet som vist på koteplanen overholdes servicemålene.

Der er i tabel 3-1 beskrevet årsag til oversvømmelse og mulige løsninger for alle de markerede områder på figur 3-2 og figur 3-3. Mange af problemstillingerne har været input til udformning af løsningerne efterfølgende, hvilket er indikeret ved farverne i tabel 3-1. Grøn er løst eller udelukkende et modelteknisk problem, gul er opmærksomhedspunkter, som skal sikres i udbudsprojektet eller Fase 2 og rød er nødvendige ændringer, der skal bearbejdes yderligere i udbudsprojektet / fase 2.



Figur 3-2: Oversvømmelseskort med bygninger fremhævet med grå, hvis XX antal celler med vandstand > 3 cm ved T = 5 år om 100 år rammer bygningen, samt nummerering af områderne anvendt i Tabel 3-1.



Figur 3-3: Oversvømmelseskort med bygninger fremhævet med grå, hvis XX antal celler med vandstand > 10 cm ved T = 20 år om 100 år rammer bygningen, samt nummerering af områderne anvendt i Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Forklaring af årsag til oversvømmelse og løsning. Nummereringen er vist med firkanter på figur 3-2 og figur 3-3. Farver indikerer om det er vurderet en udfordring i næste fase. Grøn er løst, gul er opmærksomhedspunkter i udbudsprojekt/fase 2 og rød er ting der vil kræve en yderlig bearbejdning i udbudsprojekt/fase 2.

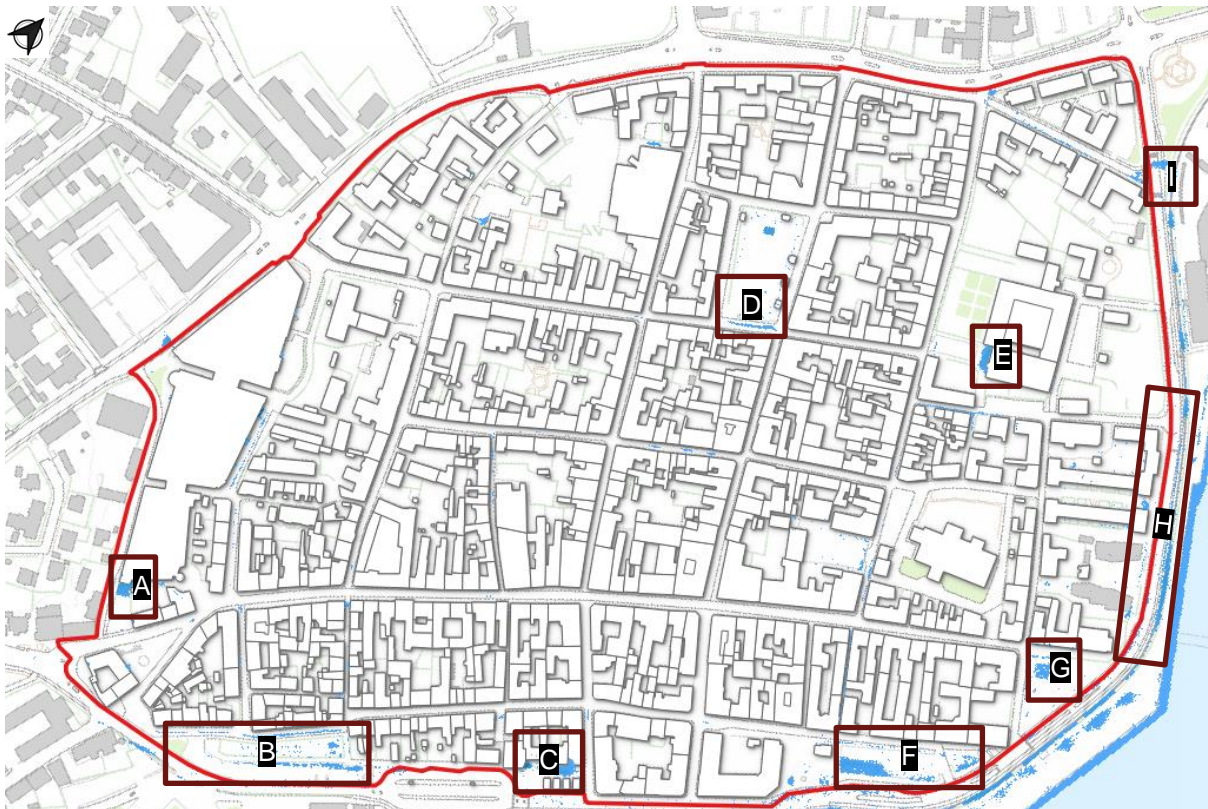
Område	Årsag til oversvømmelse	Løsning
1	På Stürup plads er der steder med fald ind mod bygningen. Rosenkildestien blev lavet i dispositionsforslaget og har lavpunkt for V-profil i østlige side af vejen. Derudover er der 3 lyskasser op af den østlige side af bygningen.	Stürup plads skal have fald væk fra bygningen, evt. med render. For Rosenkildestien, som ligger uden for projektforslaget, bør det vurderes om det er muligt at rykke lavpunkt i vejen lidt mere centralt i vejprofilen i fase 2. Opkant for lyskasser se afsnit 3.3.3.
2	Modelteknisk udfordring med hensyn til terrænbeskrivelse.	Ikke reelt, modelteknisk.
3	Modelteknisk udfordring med terræn. Lille lavning mod bygning på Simon Spies plads.	Ikke reelt, modelteknisk. Simon Spies plads sikres i eventuel detailprojektering.
4	Enkelte steder hvor vandet løber ind mod bygning grundet fejl i beskrivelse af V-profil i terrænmodel. Forskydning mellem opmåling og bygningspolygon.	Det skal sikres at V-profil har den ønskede placering i venstre side af gaden og rundt om hjørnet.
5	Modelteknisk udfordring med terræn.	Ikke reelt, modelteknisk.
6	I kryds er der et sted med fald ind mod bygning.	Terræn mod denne bygning er blevet hævet efterfølgende.
7	Kryds med meget vand. Der står op til 9 cm op af hjørne af bygningerne. Modelteknisk udfordring med at få nok vand i rørsystem.	I virkeligheden kan der indsættes nogle flere riste med tilstrækkelig kapacitet.
8	Modelteknisk udfordring med terræn. Bemærk der er ikke medtaget fælleskloak og der er i virkeligheden riste på Anna Queens Stræde, der hvor der er vist udfordringer, som derfor ikke vil opstå i virkeligheden.	Forventes ikke at være et problem i virkeligheden, da der forventes at komme mindre vand fra Gyldenstræde ned på Anna Queens Stræde, hvor der også er fælleskloak riste.
9	Bygningspolygon går længere ud end opmålt bygning. Derfor ikke et problem i virkeligheden.	Ikke reelt, modelteknisk.
10	V-profil manglede på delstrækning af Strandgade, da midten ikke var gjort dyb nok til de lokale forhold. Kryds med meget vand. Opsamling i ledning kan være begrænsende i model.	Koteringen af denne gade er blevet lavet dybere med V-profil i gaden. Indkørsel for Ankerbakken er blevet hævet til kote 2,30 for at sikre at vandet holdes på Strandgade ved T = 5 års-hændelse. Det skal sikres, at riste kan tage det vand der kommer, se afsnit 3.1.2(1).
11	Modelteknisk udfordring med terræn, hvor der er lavet en lokal lavning på	Ikke reelt, modelteknisk.

	parkeringspladsen ved Kvickly for at få vandet ned til rørløsning, men lavning går ind over bygning.	
12	Mindre strækning, hvor der muligvis står vand op af bygningerne. Modelteknisk udfordring med at få nok vand i rørsystem.	Det skal sikres, at riste kan tage det vand der kommer, se afsnit 3.1.2(1).
13	Uden for projektområde, beskrevet med eksisterende terræn. Lokale lavninger nær ved bygninger. Eksisterende nedløbsbrønde er ikke med i model.	Eksisterende nedløbsbrønde bør kobles til regnvandssystemet for at sikre bygninger, hvilket skal laves i fase 2.
14	Udfordring med Sudergade ved Axeltorv, da strækningen er flad.	Der er efterfølgende blevet lavet fald på 3 promille hen mod rist ved enden af Axeltorv, som ikke var med i model. Derudover er der øget med større rende ind mod Axeltorv som er bekræftet med håndberegning.
15	Nordlige strækning ved kryds mellem Sct. Anna Gade og Hestemøllestræde har fald mod bygningen og der står op til 3 cm vand, hvilket skyldes modelteknisk udfordring med beskrivelse af detaljer i terræn. Hestemøllestræde lavet med rende, som ikke fremgår tydeligt i modellen grundet gridstørrelse.	Ikke reelt, modelteknisk. Den nordlige bygning er sikret med fald væk bygningen. På Hestemøllestræde forventes ikke udfordringer i virkeligheden grundet rende og kantsten (som ikke fremgår tydeligt at terrænmodellen).
16	Eksisterende terræn for Rådhusstorvet. Enkelte huse med risiko for lidt vand op ad bygningen. Lokal lavning ud mod Sct. Anna Gade.	Rådhusstorvet omkoteres i et fremtidigt projekt, så bygninger sikres og lavninger undgås.
17	Profilet fuld i Sct. Anna Gade, som medfører 3 cm op af bygninger.	Efterfølgende er risten rykket længere op ad gaden for at fange vandet tidligere til rørløsningen.
18	Modelmæssig udfordrende at simulere denne vej, da den er meget smal og har en rende i midten som ikke kan beskrives i grid.	På baggrund af håndberegningerne forventes det at vejstrækningen godt kan håndtere vandet også ved skybrud, da der kun er lille bidrag fra opstrøms veje på op til ca. 17 l/s.
19	Eksisterende terræn, hvor der er trappenedgange.	Kan eventuelt sikres med et ekstra trin.
20	Modelteknisk udfordring med at få nok vand i rørsystem.	Sikre at riste kan tage det vand der kommer, se afsnit 3.1.2(1).
21	Eksisterende terræn for boligselskab og byggegrund.	Kan eventuelt laves som lokale terrænjusteringer og evt. grøfter. Se kapitel 4 om alternative scenarier.
22	Udfordring ved skybrudshændelse når pumpe ikke kan følge med. Volumen	Efterfølgende er der lavet bassinvolmen i terræn på baggrund af modelresultater

	ikke lavet i terrænmodel, men baseret på eksisterende koter. Resultater benyttet til at bestemme nødvendigt volumen, se næste kolonne.	for både T = 5 år og T = 20 år på hhv. 110 og 360 m ³ , se plantegning (Schonherr - B, 2023).
23	Udfordring i Skyttenstræde med det eksisterende terræn ved skybrudshændelse, da vandet løber over "hydraulisk barriere" og ned af Skyttenstræde.	I Skyttenstræde skal der laves et tværprofil som kan håndtere skybrudsvandet evt. kun i selve vejen. Gaden skal graves op i forbindelse med, at der skal lægges fjernvarme. Der er lavet en mulig koterings se afsnit 3.4.3.

3.1.2 VANDSTAND EFTER 4 TIMER

Regnen peaker ved to timer og falder væsentlig hen over de to efterfølgende timer. Der er kigget på vandstande på terræn i det sidste tidsskridt for at se om der er steder med udfordring tømning af systemet, hvilket er vist på figur 3-4 og forklaret i tabel 3-2. Det ses, at ingen af områderne er reelle problemer, men blot skyldes modelbeskrivelsen.



Figur 3-4: Billede af vandstand større end 3 cm ved det sidste tidsskridt i modelberegningen efter 4 timers CDS-regn.

Tabel 3-2: Forklaring af årsag til oversvømmelse og løsning. Bogstavsmarkering er vist med firkanter på figur 3-4.

Område	Årsag	Løsning
A	Lavpunkt i model hvor der i modellen ikke er brønde for fællesystem, så vand kan ikke komme væk.	Er i virkeligheden koblet til fællessystemet og bibeholdes på fællessystemet.
B	I modellen er anvendt eksisterende terræn med lavningerne på parkeringsplads og legeplads.	Der vil i forbindelse med udbudsprojektet blive projekteret koter for disse områder, som sikrer at vandet kommer i regnvandssystemet.
C	Lavpunkt op mod bygninger. Eksisterende vejriste er ikke med i modellen, hvilket der sandsynligvis er i området.	Eksisterende vejriste skal kobles på det nye regnvandssystem.
D	Flad strækning ved Axeltorv. Rende ikke beskrevet tilstrækkeligt i terrænmodel.	Efterfølgende er der blevet lavet fald på 3 promille hen mod rist ved enden af Axeltorv.
E	Lokalt vand ved klostret, der ikke kommer væk, men ligger sig ved bygningen, mangler eksisterende nedløbsriste.	Grunden skal sikres, se kapitel 4 om alternative scenarier.
F	Eksisterende terræn med lavningerne på parkeringsplads.	Der vil i forbindelse med udbudsprojektet blive projekteret koter for disse områder, som sikrer, at vandet kommer i regnvandssystemet.
G	Eksisterende terræn med lokal lavning inde ved Wiibroe plads.	Fremtidig omlægning af terræn med fald ud mod Havnegade. Alternativt skal eksisterende nedløbsriste kobles til ny rørløsning ved Sophie Brahes Gade.
H	Ved slutningen af hændelsen løber der stadig vand langs med kantsten, der kan være lokale lavninger langs som er svære at vurdere.	Der mangler opmåling på den højre side af vejen, hvilket kunne hjælpe med at vurdere om der er lokale lavninger ved Havnegade. Disse kan eventuelt sikres med nedløbsriste. Der er indlagt kantsten i modellen, se afsnit 3.3.
I	Toppunkt på Allégade hvor en lille del af vandet løber modsat mod modelgrænse. Udfordring med at få vand fra Kongens Gade til Allégade, hvis skybrudsvand skal håndteres derfra.	I virkeligheden kan vandet løbe væk fra projektområdet, men på grund af modelgrænse ophobes det i en lavning, som ikke eksisterer i virkeligheden.

(1) RØRLØSNINGER OG RISTE

Det er i videst muligt omfang forsøgt at lave terrænbaserede løsninger. Der er samlet ca. 4.100 m vejstrækning, som kan lede alt regnvandet fra pladser, veje og vejvendte tagflader i V-profilen i vejene.

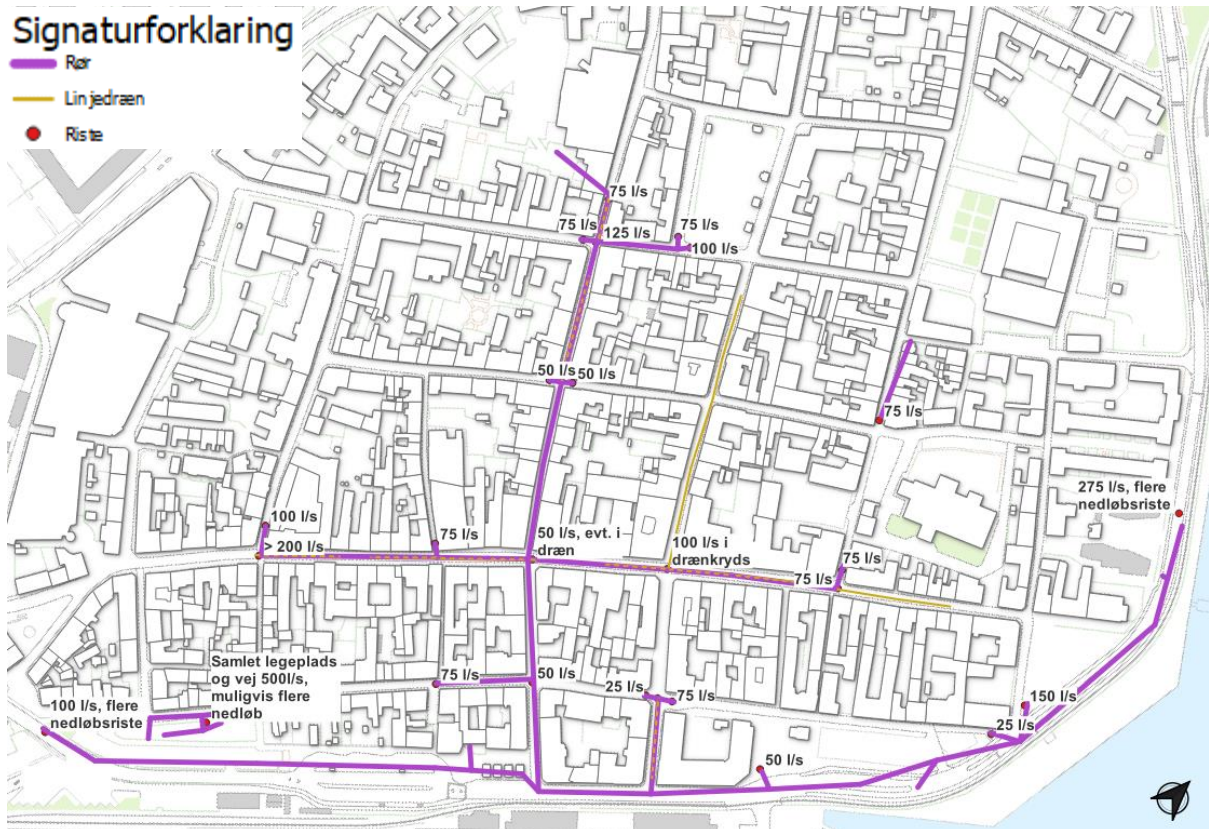
For de strækninger, hvor der ikke er plads nok i vejprofilen, er der udført en dimensionering af de rørlagte strækninger på baggrund af MIKE FLOOD-modellen, således at beregningerne er på baggrund af de fremtidige koter. Der er fundet et behov for ca. 2.000 m rør i størrelsesordenen Ø300

op til Ø1000 ledning ned til renseløsningen. Rørstørrelserne er lidt større end beskrevet i dispositionsforslaget, hvilket blandt andet skyldes, at systemet nu er sikret til T = 20 års hændelsen også. De overordnede rørdimensioner er vist på figur 3-5. Baseret på nedenstående resultater er der udarbejdet et oplæg til ledningstracéer (se DANDAS modelfil (WSP - G, 2023)). I næste fase kan det være relevant at udføre en verificerende hydraulisk beregning på baggrund af anlægstekniske justeringer, hvis disse vurderes at være signifikante.



Figur 3-5: De nødvendige rørstrækninger i Helsingør bykerne for regnvandssystemet. For mere detaljeret tracé se DANDAS modelfil (WSP - G, 2023).

Steder, hvor vandet skal ledes ned i rørsystemet, er vist på figur 3-6 med foreslået placering af nedløbsriste. De fleste riste skal håndtere omkring 100 l/s eller under. Det kan i nogle tilfælde kræve flere riste at sikre at alt vandet kommer ned i rørsystemet. Endelig placering af riste er en kombination af det anlægstekniske og byrumsplan, hvilket er vist i kote og belægningsplaner (Schonherr - A, 2023).



Figur 3-6: Placering af riste og vandføringer som ristene som minimum skal kunne håndtere.

3.2 BASSINER OG PUMPER

Helsingør Bykerne har udfordring med at lede alt vandet ud til Øresund via gravitation, derfor er der foreslået at lave en pumpestation ved renseløsningen til at løfte vandet ud i havet. Grundet terrænforhold kan alt vandet ikke ledes ved gravitation til renseløsningen. I det sydvestlige hjørne af projektområdet er der et lavpunkt. Derfor foreslås en pumpe, som skal pumpe vandet op til Jernbanevej, som har en højere koterings. Derfra kan det ledes ved gravitation i rør i Jernbanevej til renseløsningen.

I MIKE FLOOD-modellen er der derfor indlagt to pumpestationer, en for lavpunkt ved Legepladsen og en ved Havnepladsen, se figur 3-7. Behovet for bassiner ved pumpestationerne er en afvejning mellem afledning og forsinkelse af vand. Det er i denne projektfase vurderet, at der ikke er et stort behov for bassinvolumen, da der er valgt at benytte en rense- og pumpeløsning, som kan aflede høje vandføringer til Øresund.

Da det er en regnvandsløsning, kommer tilløbsvandføringen til at være meget varierende. Derfor skal det vurderes hvilke pumper, der giver mening at benytte, så det bliver fornuftigt i forhold til drift. Derudover skal der sikres mulighed for overløb, hvis pumpestationen går i stå, se afsnit 3.2.3. I afsnittene herunder er de beregnede nødvendige pumpekapaciteter og eventuelle bassinvolumener beskrevet nærmere for de to lokaliteter.



Figur 3-7: Foreslået bassinplaceringer, markeret med blå. Placeringen af pumpestationer (P) og Renseløsning (R) er vist med bogstav i boks.

3.2.1 HAVNEPLADSEN

På Havnepladsen er det planlagt at lave en renseløsning inden vandet ledes til pumpestationen. Hvis renseløsningen ikke kan følge med, vil der være overløb til pumpestationen. Der bliver etableret mindre underjordiske volumener i forbindelse med pumpesumpen og volumenet til at mikse udfældningsstofferne ved renseløsningen. Renseløsningen har en forholdsvis høj udledningsevne og rensegrad, se yderligere i renseløsningsnotat (WSP - E, 2023).

I MIKE FLOOD-modellen er der indlagt fire pumper på Havnepladsen, hver med en kapacitet på 625 l/s, så den samlede kapacitet er 2.500 l/s. De fire pumper starter i intervaller på ca., 0,5 m fra kote - 0,9 m og til kote 0,5 m DVR90, se Tabel 2-1. Det er vigtigt at renseløsningen placeres under kote 0,5 m DVR90, for at sikre at overløb fra renseløsningen ikke skaber stor tilbagestuvning i regnvandssystemet.

MIKE FLOOD-beregningerne har vist, at 3 ud af de 4 pumper aktiveres ved T = 5 års-hændelsen (den 3. kun i ca. 15 minutter). Ved T = 20 års-hændelsen kører den fjerde pumpe ikke med fuld kapacitet. Derfor kan den samlet kapacitet for de fire pumper nedjusteres til ca. 2.200 l/s. I virkeligheden skal pumperne ikke nødvendigvis have samme ydelse. Det kan fx laves med to mindre og to større pumper, hvis dette kan sikre bedre drift.

Tabel 3-3: Oplysninger på de fire pumper, som er indsat i MIKE FLOOD-modellen.

Pumpe	Startkote DVR90 (m)	Pumpeydelse (l/s)	Aktiv
1	-0,9	625	Både T = 5 år og T = 20 år
2	-0,5	625	Både T = 5 år og T = 20 år
3	0	625	Både T = 5 år og T = 20 år
4	0,5	625	Ikke fuld kapacitet ved T = 20 år

3.2.2 LEGEPLADSEN

Ved Legepladsen blev der i MIKE FLOOD-modellen lavet en pumpe med ydelse på 500 l/s for det sydvestlige opland på 2,5 red ha. I modellen er der udelukkende indlagt én pumpe, men for at sikre god drift, vil det i virkeligheden give mening med flere pumper som kan køre alternerende.

Med denne løsning alene blev servicemålet overskredet og der kom vand op af bygningerne ved T = 5 års-hændelse. Derfor er det nødvendigt med et supplerende bassinvolumen. I MIKE FLOOD-modellen startede pumpen i kote 0,00 m DVR90, men dette skal tilpasses ift. det nye terræn.

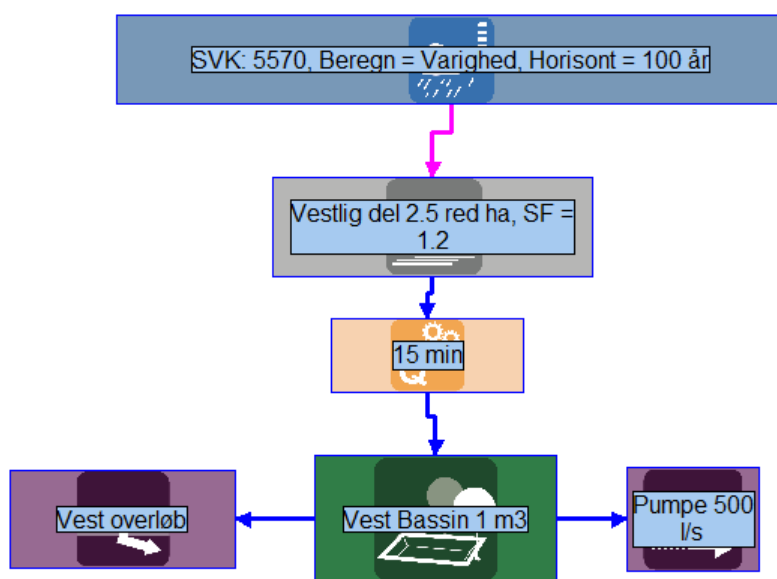
Resultaterne for MIKE FLOOD-modellen har vist et nødvendigt terrænbaserede volumen, som angivet i tabel 3-4. De nødvendige volumener er vurderet på baggrund af det tidsskridt med det største volumen i terræn ved Legepladsen for T = 5 års-hændelsen og T = 20 års-hændelsen.

I denne fase er der arbejdet videre med mulighederne for bassinvolumen i terræn på Legepladsen for at skabe et forholdsvis billigt forsinkelsesvolumen, som kan give yderligere robusthed til systemet. Forslag til indarbejdelse af volumen på legepladsen kan ses på tegning (Schonherr - B, 2023).

Tabel 3-4: Nødvendigt terrænbaseret bassinvolumen ved pumpe i vestligt lavpunkt (Legepladsen).

Scenarie	Nødvendig volumen
T = 5 års-hændelse	110 m ³
T = 20 års-hændelse	360 m ³

Der er også lavet en vurdering af hvor ofte der vil opleves vand på Legepladsen. Der er opstillet en simpel SUMBA-model (vist på figur 3-8) til at vurdere, på baggrund af en historisk regnserie, hvor ofte, der kan forventes vand på legepladsen og i hvor lang tid det kommer til at stå. Det er gjort med baggrund i en pumpe der kan lede 500 l/s, et opland på 2,5 red ha., med sikkerhedsfaktor og både med og uden klimafremskrivning, og beregnet med ca. 40 års data fra regnmåleren ved Helsingør Renseanlæg. Modellen viser, at der vil stå vand på terrænet ved en T= 4 års-hændelse (Klimafremskrevet) eller en T= 10 års-hændelse (i dag) i 10-20 minutter.



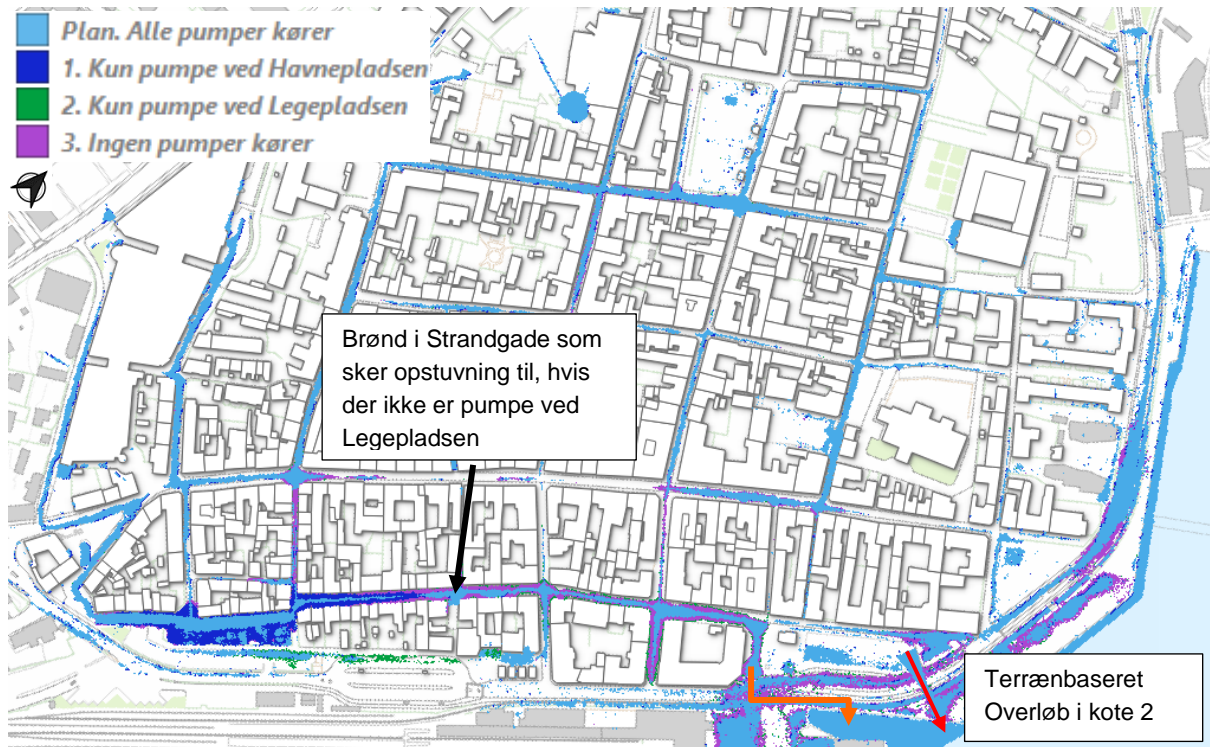
Figur 3-8 SUMBA model for vurdering af vand på terræn ved legepladsen.

Bassinvolumen vil desuden skabe mere robusthed, hvis pumperne kommer ud af drift. Hvis pumperne kommer ud af drift, skal der falde mere en 14 mm for at fylde volumenet på 360 m³ op.

3.2.3 VANDSTAND VED PUMPESTOP

Der er desuden lavet en analyse af konsekvenserne hvis pumperne ved legepladsen og havnepladsen ikke virker, og den terrænbaserede overløbsløsning i kote 2.00 ved Havnepladsen træder i kraft. Dette er undersøgt 3 scenarier med MIKE FLOOD-beregninger og resultatet af analysen kan ses på figur 3-9:

1. Pumpe ved Havnepladsen kører, men pumpen ved Legepladsen er gået i stå.
2. Pumpe ved Legepladsen kører, men pumpen ved Havnepladsen er gået i stå.
3. Ingen af pumperne kører.



Figur 3-9: Oversvømmelseskort med vandstand > 3 cm, hvis pumperne ikke virker i en T = 5 års-hændelse ved tre forskellige scenarier. Den orange pil indikerer hvor, vandet naturligt løber ind over jernbaneskinneerne og ud i havnen. Den røde pil indikerer det planlagte terrænbaseret overløb i kote 2 fra pumpestationen og ud til Øresund.

Det kan ses på figur 3-9, at der i Strandgade og ved Havnepladsen generelt er væsentligt mere vand, hvis pumperne på havnepladsen står af. Der er derfor risiko for at serviceniveauet ikke overholdes, hvis pumperne holder op med at virke samtidig med en større regnhændelse. En stor del af vandet løber naturligt over jernbanen ved krydset mellem Jernbanevej, Havnegade og Stationspladsen. Derfra vil vandet stuve op og løbe over havnekajen. Der er i modellen foreslået et terrænbaseret overløb ved pumpestationen i kote 2,00 og ud over havnekajen. Det anbefales desuden at lave et overløb fra pumpestationen ved Havnepladsen til fællessystemet, med tilbagestuvningssikring, så der ikke kommer fællesvand i regnvandssystemet. Derved kan området aflaste til fællessystemet ved pumpestop, så længe der er plads i fællessystemet.

Ved pumpestop på Legepladsen er der ikke nogen overløbsmulighed i terræn før der sker opstuvning til brønd i ca. kote 2,20 i Strandgade nær Ankerbakken (markeret på figur 3-9). Der er lavet en vurdering i tabel 3-5 af, hvor meget vand der står ved Legepladsen i de fire scenarier. I scenarie 1 og 3 sker der så stor opstuvning i Strandgade, at vandet stuver op og kommer over i regnvandssystemet ved Ankerbakken. Det anbefales derfor at lave et overløb i terræn ved Legepladsen til fællessystemet, med tilbagestuvningssikring, så der ikke kommer fællesvand op på terræn. Derved kan området aflaste til fællessystemet ved pumpestop, så længe der er plads i systemet.

Tabel 3-5: Vandstand og volumen på terræn ved Legepladsen ved T = 5 års-hændelsen.

Scenarie	Vandstandskote (m)	Volumen (m ³)
Status	2,02	110
1	2,35	690
2	2,15	330
3	2,41	830

3.3 KANTSTEN OG HYDRAULISKE BARRIERER

Der er nogle steder i bykernen, hvor det er nødvendigt med terrænændringer, for at sikre, at vandet løber den ønskede vej. Disse tilfælde gennemgås herunder.

3.3.1 HYDRAULISKE BARRIERER

I dispositionsforslaget var der identificeret et behov for hydrauliske barrierer, for at sikre at vandet løb den ønskede retning. De hydrauliske barrierer er nødvendige terrænjusteringer, som skal til for at sikre at styre vandet. Hydrauliske barrierer kan f.eks. være mindre terrænhævninger i kanten af V-profilet, udglatning af V-profil eller en kantsten. Flere steder er det nok at styre vandet ved indførsel af V-profilerne, dette har dog ikke været tilstrækkeligt alle steder. På baggrund af MIKE FLOOD-beregningerne er det vurderet, at det er nødvendigt med yderligere hydrauliske barrierer fire steder. De nødvendige terrænkoter for at styre vandet ved en T = 5 års-hændelse er vist på figur 3-10. Terrænændringerne er efterfølgende medtaget i den endelige koterung, se plantegninger for terræn og koteplan (Schonherr - A, 2023). Det bemærkes at koten ved krydset Bjergegade/Sudergade efterfølgende har vist sig byrumsmæssigt kun at kunne justeres til kote 4,96. Dette forventes dog at være tilstrækkeligt til håndtering af T = 5 år, da renden langs Axeltorv forventes at kunne håndtere mere vand end i beregningerne, se afsnit 5.2 om rende ved Axeltorv.

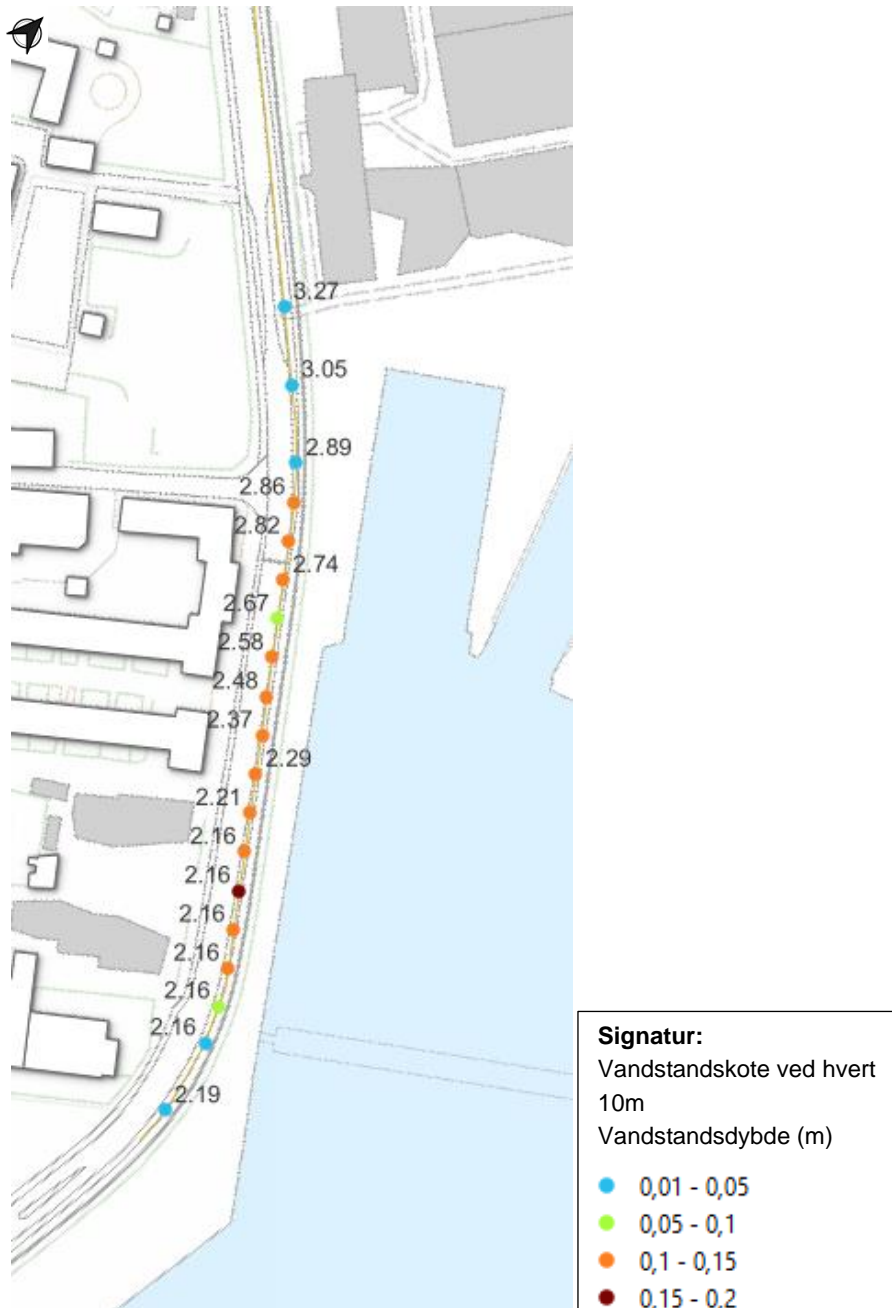


Figur 3-10: Den nødvendige kote for de hydrauliske barrierer til at styre vandet ved en T = 5 års-hændelse. Ved større hændelser må vandet godt løber over de hydrauliske barrierer.

3.3.2 ALLÉGADE / HAVNEGADE

Allégade og Havnegade i den østlige del af projektet har ensidet fald ud mod jernbanen øst for vejen. På baggrund af figur 3-11 er det vurderet, at med en hævet kantsten på 5-16 cm kan vandet føres på

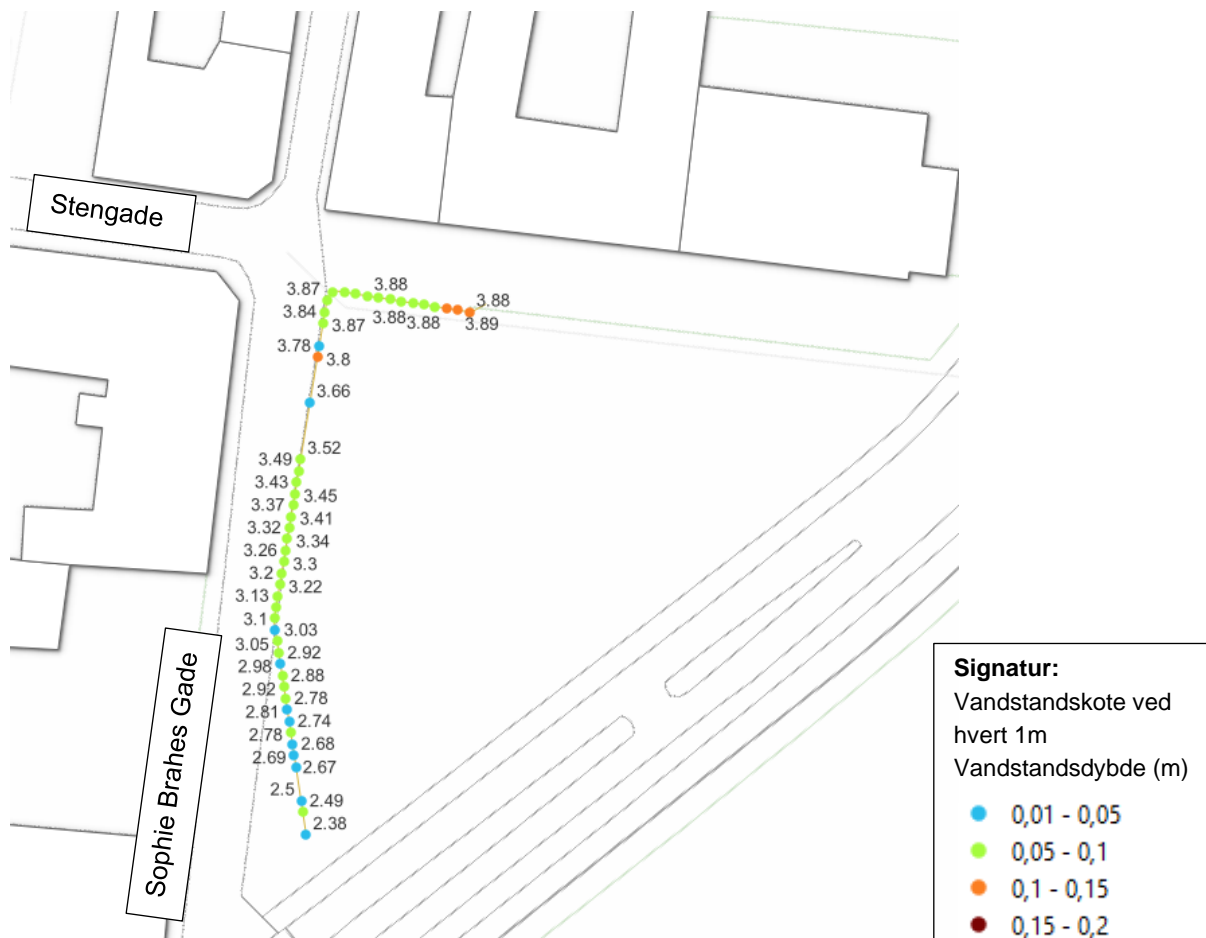
vejen uden at løbe ud på jernbanen ved op til en T = 5 års-hændelse. Det betyder, at når det regner, kommer der især vand på den østlige del af vejbanen, men at ved skybrud vil det løbe over jernbanen og ud mod havnen. Det kan ses på figuren at vandstanden især bliver høj fra Hestemøllestræde og ned i lavningen på Havnegade. Tilstrækkelig ristekapacitet i lavningen skal sikre, at vandet bliver fanget og ledt videre i rør. Der er nogle overgange, hvor fodgængere kan krydse banen med niveaufri adgang, hvorfor der skal indtænkes en løsning for at sikre, at vand ikke løber ind på banen ved disse, se principsnit (Schonherr - D).



Figur 3-11: Vandstand op ad og koter for kantsten i Allégade og Havnegade til håndtering af T = 5 års-hændelsen.

3.3.3 WIIBROE PLADS

Der skal laves en kantsten for at sikre at vandet fra regnvandssystemet ikke løber ind på Wiibroe Plads fra Sophie Brahes Gade. Generelt hælder Wiibroe plads ned mod Havnegade. På baggrund af figur 3-11 er det vurderet, at med en hævet kantsten på 10-15 cm kan vandet føres på vejen uden at løbe ud på jernbanen ved op til en T = 5 års-hændelse. Kanten skal ikke nødvendigvis placeres som vist på figuren.



Figur 3-12: Vandstand op ad og koter for kantsten på Wiibroe plads til håndtering af T = 5 års-hændelsen.

3.3.4 HELSINGØR BYCENTER

På Rosenkildestien er der behov for en kant for at sikre, at vandet ikke løber ind på en rampe ned til en lavning ved Helsingør bycenter. Figur 3-13 viser, at der på det meste af stækningen kun er behov for op til 5 cm kant mens der på den nederste strækning ved hjørnet er behov for 10-15 cm. Billede til højre viser, at der i dag er en mur som stopper, hvilket man kan lave en kantsten eller anden form for forhøjelse i forlængelse af for at sikre, at vandet løber til Stengade og det planlagte regnvandssystem.



Figur 3-13: Kantsten ved Rosenkildestien for at sikre at vandet løber ned på Stengade (Blå pil) og ikke ned til baggård ved Helsingør bycenter (rød pil). Billedet til højre viser fra google maps, at der en eksisterende mur som bør forlænges.

Derudover er der langs den østlige side af bycenteret tre lyskasser, som skal sikres til en vandstandskote, så vandet ikke løber fra vejen og ned i lysningen, se figur 3-14. Lyskasser har en eksisterende højde, som kan ses fra billedet til højre, men i opmålingen er der ikke målt højden på kanten. Det skal derfor vurderes i næste fase, om det reelt er nødvendigt at hæve den.



Figur 3-14: Vandstandskote ved lysninger på østlige side af Helsingør bycenter.

3.4 GADEPROFILER SOM BEVARES

Der er enkelte gader, som ikke skal omlægges, men stadig skal afkobles fra fællessystemet, da regnvandet fra vejvendte tagflader og vej skal løbe på terræn til regnvandssystemet. I dispositionsforslaget blev det med håndberegninger vist, at vandet fra vejene selv og de vejvendte tagflader godt kan føres i deres nuværende profiler ved en $T = 5$ års-hændelse.

I projektforslaget er det undersøgt om vejene også kan håndtere skybrudssituationen, hvor der enkelte steder sker "overløb" ned af gaderne fra det opstrøms regnvandssystem. Det bemærkes, at MIKE FLOOD-modellen ikke kan beskrive alle detaljerne for de eksisterende vejprofiler, hvorfor der også er udført supplerende undersøgelser med håndberegninger. Udfordringer og løsninger for disse veje er beskrevet i nedenstående afsnit.

3.4.1 GAMMEL FÆRGESTRÆDE

MIKE FLOOD-modellen kan ikke beskrive profilet i Gammel Færgestræde, da den er meget smal og har en smal rende i midten som ikke kan beskrives i terrænmodellen. Der skal laves en lokal hævnings for at sikre at vandet ikke løber ned af gammelfærgestræde, så gaden ikke skal håndtere vand fra det opstrøms område ved $T = 5$ års-hændelsen, se afsnit 3.3.1. Ved $T = 20$ års-hændelsen forventes en mindre vandmængde at finde fra Stengade og ned ad Gammel Færgestræde, men denne mængde kan godt håndteres i gadens nuværende profil.

3.4.2 HESTEMØLLESTRÆDE

Hestemøllestræde er en gadestrækning lige syd for Klosteret. Det er en gade, hvor der allerede er etableret en terrænbaseret løsning til håndtering af vand fra vejen og vejvendte tagflader. Gaden er blevet etableret med en rende i den ene side af vejen, som ender væsentlig dybere end terrænet på Sct Anna Gade. Det har derfor vist sig nødvendigt at projektere en rørledning, som fanger vandet i enden af Hestemøllestræde (hvor der er eksisterende opsamling i dag), og leder vandet til en opstuvningsbrønd, som kan lede vandet ud i terræn længere nede af Sct Anna Gade, hvor koteringsen tillader det.

3.4.3 SKYTTESTRÆDE

De hydrauliske beregninger har vist, at det er nødvendigt med en barriere i toppen af Skyttenstræde til minimum kote 3,58 for at holde $T = 5$ års-hændelsen på Stengade og minimum kote 3,67 for at holde $T = 20$ års-hændelsen på Stengade. Det er vurderet muligt at hæve terrænet ved indkørslen til kote 3,58. Derfor løber der vand ned af Skyttenstræde under en skybrudshændelse $> T = 5$ år. Ved $T = 20$ års-hændelsen løber der op til ca. 200 l/s ned ad gaden. Da gaden ikke er omlagt, forårsager det at serviceniveauet ikke er overholdt. Da der skal anlægges fjernvarme i Skyttenstræde, forslås det derfor at selve vejprofilet (uden fortov) sænkes og ændres til et v-profil, så det kan lede mere vand.

En håndberegning har vist, at et v-profil med 3 cm dybde og en kantsten på 5 cm er nok til at håndtere vandet i bunden af gaden. En glidende overgang i starten af gaden fra den hævede indkørsel til dette v-profil er også muligt, så længe det sikres at kantstenen er minimum 5 cm i højden.

En indledende koterings af Skyttenstræde er udarbejdet og kan ses på tegning (Schonherr - C, 2023). Der er i dag 40-45 promilles længdefald på den første del af Skyttenstræde og længdefaldet øges når koten i tilslutningen til Stengade hæves for at skabe en barriere. Det kan løses ved at afvikle 10-15 cm terrænspring i en kort rampe (ca. 90 cm) tilsvarende en asfaltrampe op til en kantsten og derefter et længdefald tilsvarende det eksisterende på 40-45 promille over 4,50 meter indtil gaden flader mere

ud. I næste fase skal dette konkretiseres yderligere. Gaden tænkes genetableret med de eksisterende toppede brosten, der ligger på gaden i dag og er derfor ikke en del af det tilgængelige gadenet (jf. afsnit 3 om Byrum og Landskab i Hovedrapporten).

3.4.4 GROLLOWSSTRÆDE

De hydrauliske beregninger har vist, at der ikke er udfordringer på Grollowsstræde og den kan håndtere sit eget vand samt vand fra de vejvendte tagflader. Opstrøms bliver vandet fanget inden det løber over til Grollowsstræde. Der er altså ingen overløb til gaden i skybrudssituationen.

3.4.5 STENGADE VED WIIBROE PLADS

Håndberegninger har vist at gadeprofilet godt kan håndtere sit eget vand i en T = 5 års-hændelse. MIKE FLOOD-beregningerne har vist, at der er risiko for at vandet kan løbe ned af trappenedgange (både ved T5 og T20) hvilket eventuelt kan sikres med et ekstra trin over terræn.

4 ALTERNATIVE REGNVANDSLØSNINGER

Helsingør Bykerne (projektområdet) består af ca. **24 befæstet ha.** I det udarbejdede projektforslag er det nye regnvandssystem (terrænløsninger og rørløsninger) dimensioneret ud fra den antagelse, at vand fra ca. **11,7 befæstet ha.** skal håndteres i systemet. Derudover forventes ca. **1,6 befæstet ha.** at kunne lede regnvand til nedsivningsløsninger, og de resterende ca. **11,5 befæstet ha.** forventes at blive på det eksisterende fællessystem.

Oplandet til det nye regnvandssystem samt oplandet til nedsivning består hovedsageligt af veje og vejvendte tagflader, samt enkelte hele grunde ejet af Kommunen, se oversigtsplan på figur 4-1. Derudover er der medtaget en byggegrund på 0,4 total ha. (Antaget fremtidig bebyggelsesprocent på 80%), som skal ombygges indenfor den nærmeste fremtid og derfor forventes at blive koblet på det nye system. Endelig er der medtaget enkelte større grunde med private ejere. Samlet set udgør disse ca. **1,8 befæstet ha.**, hvoraf 0,9 ha antages at komme på det nye regnvandssystem, mens de resterende 0,9 ha antages at kunne nedsive. En oversigt over de private arealer, samt det resterende areal til nedsivning (kaldet Kongensgade) kan ses i tabel 4-1.

Arealerne til nedsivning samt de private arealer til det nye regnvandssystem udgør ca. 20 % af det totale befæstede areal, som forventes at blive koblet fra fællessystemet. Dette vurderes at være en signifikant usikkerhed dels for dimensioneringen af det nye system og dels for overholdelsen af servicemålet for det eksisterende fællessystem. Herunder gennemgås derfor de foreslåede løsninger og mulige alternativer for de private arealer samt for det resterende område (Kongensgade), som også forventes at kunne nedsive.

Tabel 4-1 Arealoversigt for de fem områder (Udtrukket fra Mike Urban model for Bykeren).

Område	Type	Total Areal [ha.]	Befæstet Areal [ha.]	Foreslået regnvandshåndtering
Kongensgade	Vej + vejvendte tagflader	0,70	0,61	Nedsivning
Klosteret	Vej + Privat grund	1,56	0,56	Nedsivning
Domkirken	Vej + Privat grund	0,59	0,38	Nedsivning
Kvickly	Private grunde	0,61	0,58	Afledning til nyt regnvandssystem
Boligforening	Privat grund	0,40	0,27	Afledning til nyt regnvandssystem
Samlet		3,86	2,40	

En ny spildevandsplan for Helsingør er under udarbejdelse og forventes klar omkring sommer 2024. Det er derfor ikke afgjort, hvilke politiske tiltag, der indføres i forhold til afkobling af private matrikler. Nærværende notat er udelukkende et oplæg til teknisk mulige løsninger, med fokus på, hvad der er foreslået at gøre i projektforslaget og hvilke alternative løsninger, der er mulige på disse grunde. Det er ikke vurderet, hvilke politiske/lovgivningsmæssige/økonomiske virkemidler, der skal/kan anvendes for at opnå de foreslåede løsninger. Det bemærkes, at rækkefølgen på alternativerne i nærværende notat ikke er prioriteret i forhold til relevans af løsningerne.

For alle områder beskrives det alternativ at bibeholde området på fælleskloakken. Det er estimeret om det forventes at medføre nødvendige opdimensionering af korte eller længere ledningsstrækninger. Derudover er der lavet et overslag på det forventede ekstra nødvendige magasineringsvolumen i det planlagte fællesbassin ved legepladsen. Disse volumener er estimeret

og bør ikke summeres. Som alternativ til opdimensionering af fællesledninger og øget bassinvolumen kan der i alle områderne etableres forsinkelsesvolumen på egen grund, og derved reducere belastningen af fællessystemet.



Figur 4-1 Overblik over de områder, som der er udarbejdet alternative scenarier for: 1) Kongensgade, 2) Klosteret, 3) Domkirken, 4) Kvickly, 5) Boligforening. De blå områder er oplande, som er på det planlagte regnvandssystem. De gule områder er oplande, som er planlagte til nedsivningsområder.

4.1 KONGENSGADE

Foreslået løsning

I den nordøstlige del af Bykernen hælder terrænet væk fra den resterende del af bykernen (opland vist med gult på figur 4-2). Indledende analyser fra dispositionsforslaget viser, at der er gode nedsivningsforhold i området, se Bilag til dispositionsforslaget "HB_K19_Jordbundsforhold og grundvandsdybder" (WSP - F, 2023). Det vurderes derfor oplagt at etablere nedsivningsløsninger (fx regnbede) på dele af på Kongensgade. Der kunne eventuelt laves faskiner under vejen eller benyttes grønne bede, men dette vil muligvis være på bekostning af nogle træer. Desuden kan den nærliggende plads med Danserindebrønden også tages i brug til forsinkelse og nedsivning. Som beskrevet i afsnit 2.4, er behovet for volumen ifm. en nedsivningsløsning i området estimeret til op til omkring 300 m³, hvilket bør være muligt at finde i området.

Det bemærkes, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender, hvilket f.eks. kan løses ved nedsivning gennem regnbede med kalkblandet filtermuld (Vollertsen et al, 2009).



Figur 4-2 Kort over den nordlige del af Bykernen som forventes at nedsive i Kongensgade (Gule vejmatriler samt vejvendte tagflader). Omtrentlig placering af eksisterende regnvandsledning i Kronborggade indtegnet med blå linje.

Alternativ 1: Kobling til regnvandssystem nord for bykernen

Det bemærkes, at den eksisterende regnvandsledning i Kronborggade (indtegnet på figur 4-2) formentlig skal opdimensioneres ifm. et projekt for oplandet nord for Bykernen. Det er derfor også et oplagt alternativ at samtænke de to projekter og lede vandet fra den nordlige del af Bykernen på denne ledning evt. med forsinkelse. Denne løsning vurderes at kunne være lige så relevant som nedsivningsløsningen.

Alternativ 2: Håndtering af vand på terræn og kobling til nyt regnvandssystem i Allégade

Området kan medtages i det nye regnvandssystem ved at indrette gaderne til at føre regnvandet på terræn og lede dette ud på Allégade. Dette vil betyde en øget vandføring i det nedstrøms system. I dispositionsforslaget er der på baggrund af den udførte dimensionering for T = 5 år lavet en vurdering af dette scenarie (WSP - B, 2023). Generelt har det følgende konsekvenser:

- Behov for højere kantsten på Allégade/Havnegade på op til 4 cm.
- Vandet fylder mere i vejprofilet, især på strækningen kaldet Allégade.
- Det kan være udfordrende at få vandet til at løbe på terræn fra Kongensgade til Allégade. Hvis skybrudsvand fra Kongens gade skal håndteres i Allégade skal der laves terrænjustering i kryds ud mod Allégade.
- Det kræver en forøgelse af rørstørrelsen på en strækning på ca. 100 m i Havnegade.
- Topstrækningen af Fiolgade er en relativ flad del-strækning, hvorfor det vil være svært at aflede vandet på terræn på denne strækning.
- Muligvis behov for øget pumpeydelse ved renseløsningen.

Der er ikke nogen oplagte steder at indbygge forsinkelse på strækningen. Overordnet set vurderes dette alternativ at være mere kompliceret løsning end nedsivning og kobling til regnvandssystemet nord for Bykernen, da vandet skal føres en længere vej langs Bykernen.

Alternativ 3: Bevares på fællessystemet (uden eller med forsinkelse)

Det er ikke en oplagt løsning at lade området blive på fællessystemet, da indledende analyser har vist, at det vil medføre en nødvendig opdimensionering af ledningssystemet på dele af Kongensgade samt muligvis også længere nedstrøms i systemet. Generelt kan det ses på figur 4-3, at de eksisterende fællesledninger er overbelastet på ledningsstrækningerne ved Kongensgade, Allégade og nedstrøms i Havnegade. Løsningen forventes at have følgende konsekvenser:

- Nødvendig opdimensionering af ledningssystemet på en dele af Kongensgade
- Muligvis opdimensionering af ledningssystemet længere nedstrøms, for eksempel i Allégade, Havnegade og Jernbanegade. Dette er i forvejen en kritisk strækning i det eksisterende fællessystem, da området er meget fladt og ledningerne delvist fungerer som rør-bassin.
- Det estimeres at medføre en øget volumenbehov på ca. 140 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

Hvis det viser sig nødvendigt at bevare oplandet på fællessystemet, kan et bedre alternativ være at etablere et forsinkelsesvolumen i Kongensgade (eventuelt som rørbassin). Derved kan det sikres, at der ikke er behov for opdimensionering af det eksisterende fællessystem nedstrøms, da udledning vil være forsinket. Det nødvendige bassinvolumen afhænger af den resterende kapacitet i det nedstrøms system. Lokal forsinkelse kan helt eller delvist erstatte det estimerede ekstra behov for volumen i fællesbassinet ved legepladsen. Denne løsning kan kun lade sig gøre, hvis det er muligt at finde plads til forsinkelse i Kongensgade.



Figur 4-3: Status-beregning for fællessystemet uden sikkerheds- og klimafaktor for T10.

4.2 KLOSTERET

Foreslået løsning

Det påtænkes at Klosteret nedsiver deres eget overfladevand, da der forventes gode nedsivningsforhold på grunden. I området omkring Klosteret er der store grønne arealer og P-pladser, hvori der kan arbejdes med forskellige former for nedsivningsløsninger. Der er rig mulighed for at etablere sænkede områder til forsinkelse og nedsivning, regnbæde, wadier og grøfter evt. kombineret med faskiner. Buxtehudes Stræde er offentlig, og kan eventuelt benyttes til nedsivningsområde, men det vil kræve væsentlige tiltag på Klosterets grund at få vandet derhen. Som beskrevet i afsnit 2.4, er behovet for volumen ifm. en nedsivningsløsning i området estimeret til op til knapt 200 m³, hvilket bør være muligt at finde i området.

Det bemærkes, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender. Et nedsivningsprojekt på Klosteret skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten

og projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser af samarbejdsaftaler med Klosteret kommer på plads.

Det bemærkes at tagflader, der vender ind mod atriumgården, formentlig skal have en lokal nedsvivningsløsning eller nedsvivningsløsningen skal kombineres med en af de følgende alternative løsninger.



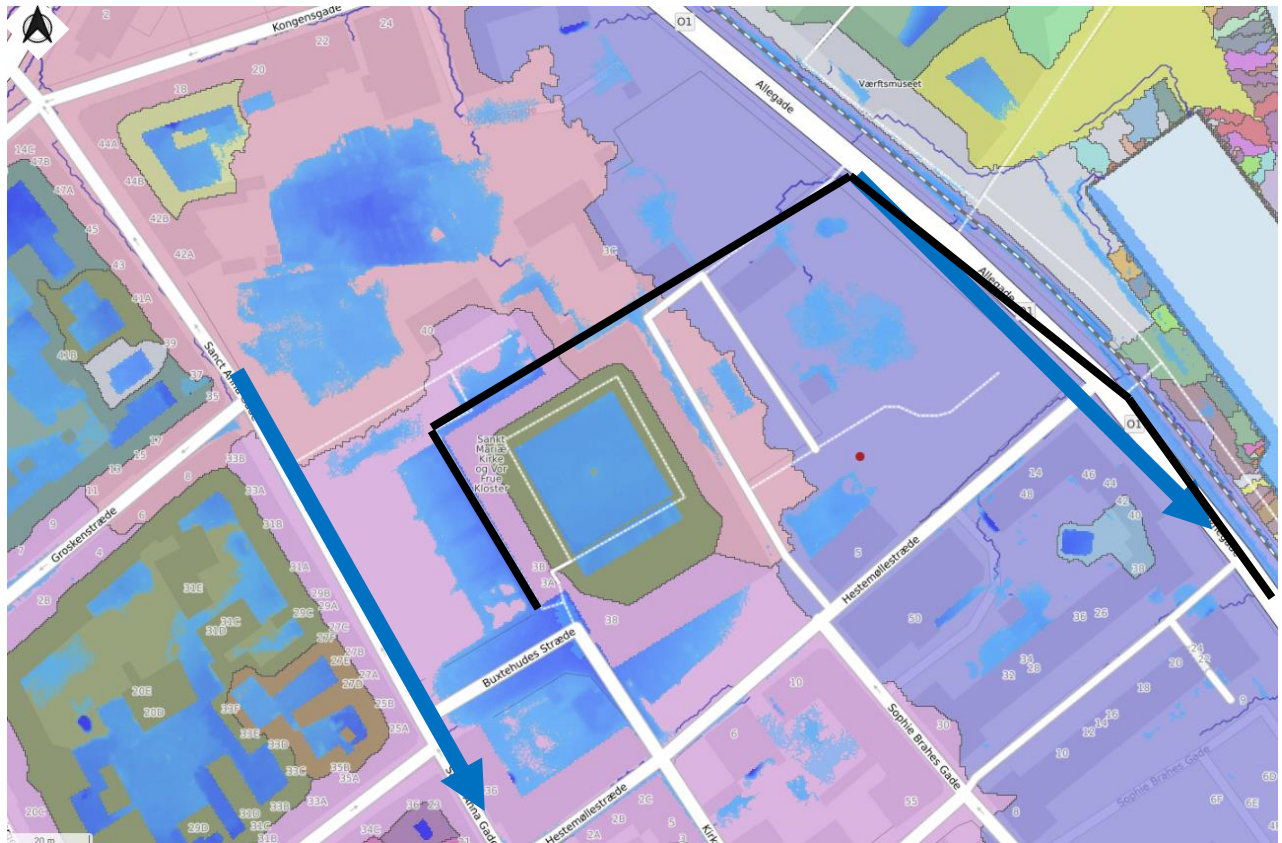
Figur 4-4 Kort over det område ved Klosteret, som antages at kunne nedrive (vist med gult). Eventuelle placering af regnbæde i de grønne arealer med sort stiplede linje.

Alternativ 1: Kobling til nyt regnvandssystem i bykernen (uden og med lokal forsinkelse)

Det ses på figur 4-5, at Klosteret ligger på et højdepunkt, og at matriklerne kan lede vand i tre forskellige retninger: mod Kongensgade, mod Allégade og mod Sct Anna Gade/Hestemøllestræde. Regnvandet fra de blå områder på figur 4-4 omkring Klosteret håndteres i vejprofilerne (vist med blå pile på figur 4-5). Vandet løber sydpå af Sct Anna Gade og Allégade. Det vil kræve en del terrænmæssige ændringer at lede vandet væk fra selve Klosteret på terræn, da bygningen ligger i en lavning. Det vurderes derfor ikke relevant med en terrænbaseret afledningsløsning.

Alternativet er derfor en supplerende regnvandsledning parallelt med fællesledningen fra Klosteret og ned til det planlagte regnvandssystem i Havnegade (vist med sort streger på figur 4-5). Dette medfører et behov for yderligere ca. 150 m rør på Klosterets grund og 200 m rør i Havnegade af Ø315. Rørstørrelsen er beregnet ved grundens befæstede areal på 0,56 red ha. og en klimafremskrevet $T = 1$ års-hændelse med sikkerhedsfaktor (144 l/s/red ha), hvilket giver en samlet vandføring på 81 l/s. Med en ledning med et fald på 8 ‰ forventes det at kunne ledes i en Ø315. Det skal dog sikres, at dette er nok til at skybrudssikre området. Det medfører også et behov for en forøgelse af rørstørrelsen i det planlagte regnvandssystem på en strækning på ca. 110 m. Derudover er der muligvis behov for øget pumpeydelse ved renseløsningen.

Alternativt til ovenstående udvidelse af det nye regnvandssystem kan der laves forsinkelse på egen grund inden udledningen til det nye regnvandssystem. Dette kan evt. være et åbent regnvandsbassin på terræn i en eksisterende lavning på grunden. Dette vil betyde, at det nedstrøms system (ledninger, renseløsning og pumpestation) ikke behøver at blive øget i dimension ift. det foreslåede i projektforslaget.



Figur 4-5 Vandoplade for området omkring Klosteret (fra Scalgo). Det nye system med håndtering af regnvand i de omkringliggende gader er vist med blå pile. Foreslået ny regnvandsledning er vist med sort.

Alternativ 2: Bevares på fællessystemet (uden og med forsinkelse)

Det er ikke en oplagt løsning at lade området blive på fællessystemet, da indledende analyser har vist, at det vil medføre en nødvendig opdimensionering af ledningssystemet på den kritiske rørstrækning ved Havnegade. Generelt kan det ses på figur 4-3 at de eksisterende fællesledninger er overbelastet på ledningsstrækningerne ved Klosteret og nedstrøms i Havnegade. Løsningen forventes at have følgende konsekvenser:

- Nødvendig opdimensionering af ledningssystemet på dele af Klosterets egen grund (ca. 100 m)
- En forventet opdimensionering af fællesledningerne på de kritiske strækninger på Havnegade (ca. 500 m)
- Det estimeres at medføre en øget volumenbehov på ca. 130 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

Hvis det viser sig nødvendigt at bevare oplandet på fællessystemet, kan et bedre alternativ være at etablere et forsinkelsesvolumen på Klosterets egen grund inden vandet ledes til fællessystemet. Derved kan det sikres, at der ikke er behov for opdimensionering af rørene og det nedstrøms bassin, da udledning vil være forsinket. Ved et underjordisk bassin på Klosterets grund vil basinvolumenet

afhænge af den resterende kapacitet i det nedstrøms system. Forsinkelse på egen grund kan helt eller delvist erstatte det estimerede ekstra behov for volumen i fællesbassinet ved legepladsen.

4.3 DOMKIRKEN

Foreslået løsning

Det påtænkes, at Domkirken nedsiver sit eget overfladevand, da der forventes gode nedsivningsforhold i området. Rundt om domkirken er der et grønt areal, hvori der f.eks. kan etableres sænkede områder til forsinkelse og nedsivning evt. kombineret med faskiner. Det grønne område vest for Sct Olai Kirkeplads er offentligt, og er derfor oplagt som nedsivningsareal (muligvis dog på bekostning af nogle træer). Alternativt kan der laves faskiner under det grønne areal nord eller syd for domkirken (privat). Det er også en mulighed at anvende det offentlige vejareal rundt om Domkirken til nedsivning (fx med faskiner under vejen). Som beskrevet i afsnit 2.4, er behovet for volumen ifm. en nedsivningsløsning i området estimeret til op til knapt 150 m³, hvilket bør være muligt at finde i området.

Det er vigtigt, at der etableres rensning inden nedsivning, da Domkirkens tag er lavet af kobber (og tagrenderne er muligvis lavet af zink). Dette kan f.eks. udføres ved at etablere regnbede med en kalkblandet filtermuld (Vollertsen et al, 2009), men den endelige renseløsning kan afklares i et senere konkret projekt.

Et nedsivningsprojekt på Domkirken skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten af projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser og samarbejdsaftaler med Stiftet kommer på plads.



Figur 4-6 Kort over det område ved Sct Olai Kirkeplads og Domkirken, som antages at kunne nedsive (vist med gult). Eventuelle placering af regnbede i de grønne arealer med sort stiplede linje. Matriklen rundt om Domkirkens matrikel er offentlig.

Alternativ 1: Kobling til nyt regnvandssystem i bykernen (uden og med forsinkelse)

Det ses på figur 4-7, at Domkirken ligger på et højdepunkt, og at matriklerne kan lede vand i to forskellige retninger: mod Sct Anna Gade og mod Stengade. Strømningsvejen fra Sct Olai Kirkeplads mod Stengade har et højt fald på 300‰ og et stort højdespring på ca. 0,5 meter. Derfor kan det være en oplagt mulighed at lave en terrænbaseret løsning mod Sct Anna Gade (Grønne pile på figur 4-7). I det nye regnvandssystem er der planlagt en rørløsning i Sct Anna Gade nær ved krydset til Stengade. Derfor forventes denne løsning ikke at medføre en ekstra ledningsstrækning i gaden. Samlet set kan det forventes at der skal:

- Eventuelt laves grøfter/renderer på vejen Sct Olai Kirkeplads med udledning til Sct Anna Gade (vist med grønne streger på figur 4-7). Alternativt kan der indtænkes en ekstra udledning ved Stengade.
- En øget dimension af nogle af de planlagte nedstrøms regnvandsledninger i Stengade, Hovedvagsstræde og Jernbanevej (en strækning på ca. 550 m).
- Muligvis behov for øget pumpeydelse ved renseløsningen.

Hvis der indtænkes lokal forsinkelse i løsningen på Sankt Olai Kirkeplads, kan man undgå de to sidste punkter af ovenstående. Dette vurderes derfor at være en bedre løsning.



Figur 4-7 Vandoplade for området omkring Domkirken (fra Scalgo). Det nye system med håndtering af regnvand i de omkringliggende gader er vist med blå pile. Forslag til eventuelle grøfter langs med vejen Sct Olai kirkeplads er vist med grønt, hvor den stiplede linje er alternativ ekstra udledning til Stengade.

Alternativ 2: Bevares på fællessystemet (uden og med forsinkelse)

Generelt kan det ses på figur 4-3 at de eksisterende fællesledninger er overbelastet på enkelte ledningsstrækningerne ved Domkirken, Sct Anna Gade og i Bramstræde. Bevares området på fællessystemet forventes det derfor at have følgende konsekvenser:

- Nødvendig opdimensionering af enkelte fællesledninger nær Domkirken og enkelte nedstrøms eksisterende fælles ledninger.
- Nødvendig ekstra volumen på ca. 90 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

Hvis det viser sig nødvendigt at bevare oplandet på fællessystemet, kan et bedre alternativt være at etablere et forsinkelsesvolumen i Sct Olai Kirkeplads (offentligt areal) eller alternativt på Domkirkens grund (privat areal). Derved kan det sikres, at der ikke er behov for opdimensionering af det nedstrøms fællesystem, da udledning vil være forsinket. Det nødvendige bassinvolumen afhænger af den resterende kapacitet i det nedstrøms system. Forsinkelse på egen grund kan helt eller delvist erstatte det estimerede ekstra behov for volumen i fællesbassinet ved legepladsen.

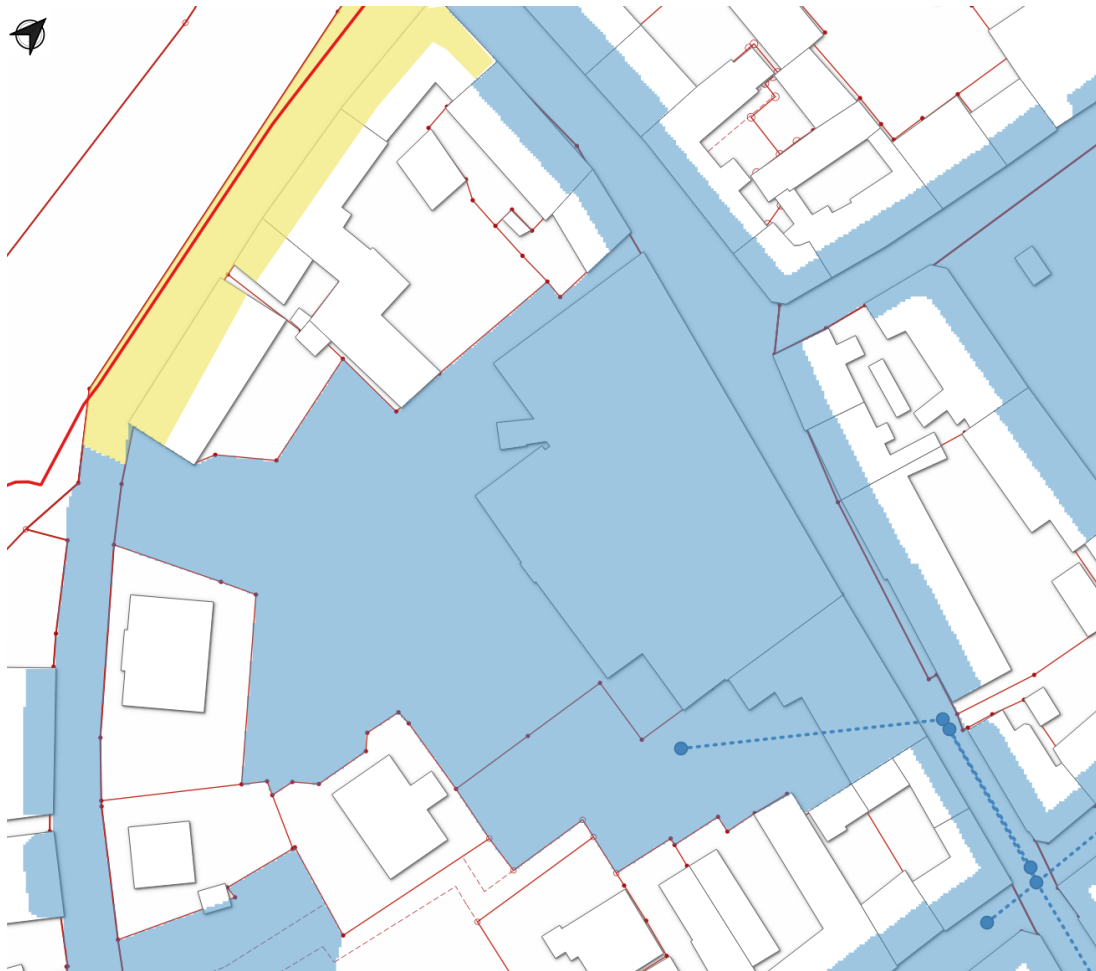
4.4 KVICKLY

Foreslået løsning

Det påtænkes, at Kvicklys matrikel samt nabomatriklen håndteres i det nye regnvandssystem. Dette skyldes at der kan tilkobles et stort opland til regnvandssystemet, hvor der planlægges en rørløsning. Dette kræver en rørforbindelse under bygningerne fra lavpunktet i den sydlige matrikel til den nye regnvandsledning i Stjernegade. Den viste placering af denne ledning på figur 4-8 er ikke nødvendigvis den rigtige, men blot for at vise behovet for ledningen.

Det skal undersøges nærmere om regnvandet kan fanges et sted i det eksisterende private system, inden det løber sammen med spildevandet. Hvis ikke skal der laves et (helt eller delvist) nyt supplerende regnvandssystem på matriklerne. Det kan desuden være en udfordring at komme under bygninger, hvis der skal lægges en ny ledning. Denne kan muligvis lægges gennem en port, hvor der ikke er bygning direkte ovenpå eller gennem en kælder.

Dette regnvandsprojekt skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten og projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser og samarbejdsaftaler med grundejerne kommer på plads.



Figur 4-8 Kort over det område ved Kwickly, som antages at kunne kobles til det nye regnvandssystem (vist med blå).

Alternativ 1: Nedsivning på egen grund

Parkeringspladsen for Kwickly ligger ca. i kote 6-7 m. Indledende analyser fra dispositionsforslaget viser, at der er gode nedsivningsforhold i området, se notat om jordbundsforhold (WSP - F, 2023). Derfor kunne der muligvis laves en nedsivningsløsning på parkeringspladsen i form af bassin/regnbed/grøft/faskiner. Hvis der laves en terrænbaseret nedsivningsløsning, vil det kræve at der fjernes nogle af parkeringspladserne. Alternativt kunne der laves en permeabel overflade på parkeringsarealet så vandet kan nedsive direkte fra parkeringspladsen og derved undgå at reducere antallet af parkeringspladser. Dette kan evt. suppleres med faskiner under parkeringspladsen for at sikre det nødvendige volumen til nedsivningen.

Det bemærkes, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender og eventuelt olie fra biler.

Alternativ 2: Bevares på fællessystemet (uden og med forsinkelse)

Indledende analyser har vist, at hvis oplandet bevares på fællessystemet vil det medføre en nødvendig opdimensionering af ledningssystemet på en dele af Stjernegade samt muligvis også længere nedstrøms i systemet. Generelt kan det ses på figur 4-3 at de eksisterende fællesledninger er overbelastet på ledningsstrækningen ved Stjernegade. At lade området blive på fællessystemet vil få følgende konsekvenser:

- Opdimensionering af de eksisterende fællesledninger i Stjernegade.
- Det vil det kræve en øget volumen på ca. 130 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

Hvis det viser sig nødvendigt at bevare oplandet på fællessystemet, kan et bedre alternativ være at etablere forsinkelsesvolumen på egen grund. Derved kan det sikres, at der ikke er behov for opdimensionering af det eksisterende fællesystem, da udledning vil være forsinket. Det nødvendige bassinvolumen afhænger af den resterende kapacitet i det nedstrøms system. Forsinkelse på egen grund kan helt eller delvist erstatte det estimerede ekstra behov for volumen i fællesbassin ved legepladsen. Størrelsen af dette bassin afhænger af den tilladte udledning videre i fællessystemet. Bassinet kunne eventuelt udføres som faskiner under parkeringspladsen, som beskrevet i forrige alternativ.

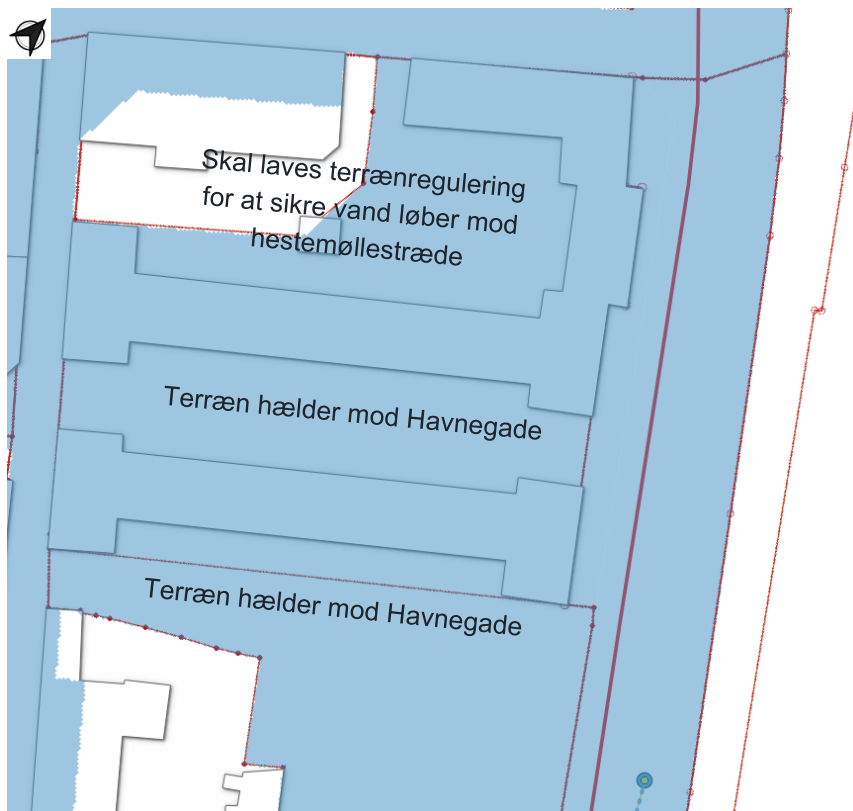
4.5 BOLIGFORENING – MATRIKEL 79A

Foreslået løsning

Det påtænkes, at Boligforeningen på matrikel 79a medtages i det nye regnvandssystem ved afledning af vand på terræn, som vist på figur 4-9. Det vil kræve ændringer af terrænet på egen grund. Baggården, der har indkørsel fra Hestemøllestræde, vil kræve de største terrænreguleringer for at kunne lede vandet ud i terræn til Hestemøllestræde. På figur 4-10 er der vist lavninger i baggården på i alt 160 m³, hvoraf der er en parkeringskælder der skal sikres mod en opstuvning på 100m³. Der er en lokal lavning hen mod bygningerne som ifølge Scalgo er 13 m³ og op til 12 cm dyb, hvilket er vist på figur 4-11.

De andre områder som har fald ned mod Havnegade vil kræve mindre lokale ændringer, da faldet generelt er ned mod regnvandsløsningen i Havnegade. Det kan eventuelt laves med mindre render med fald ned mod Havnegade. Tagnedløb er udvendig på bygningerne og afkobling af disse til terræn vil derfor være forholdsvis nemt.

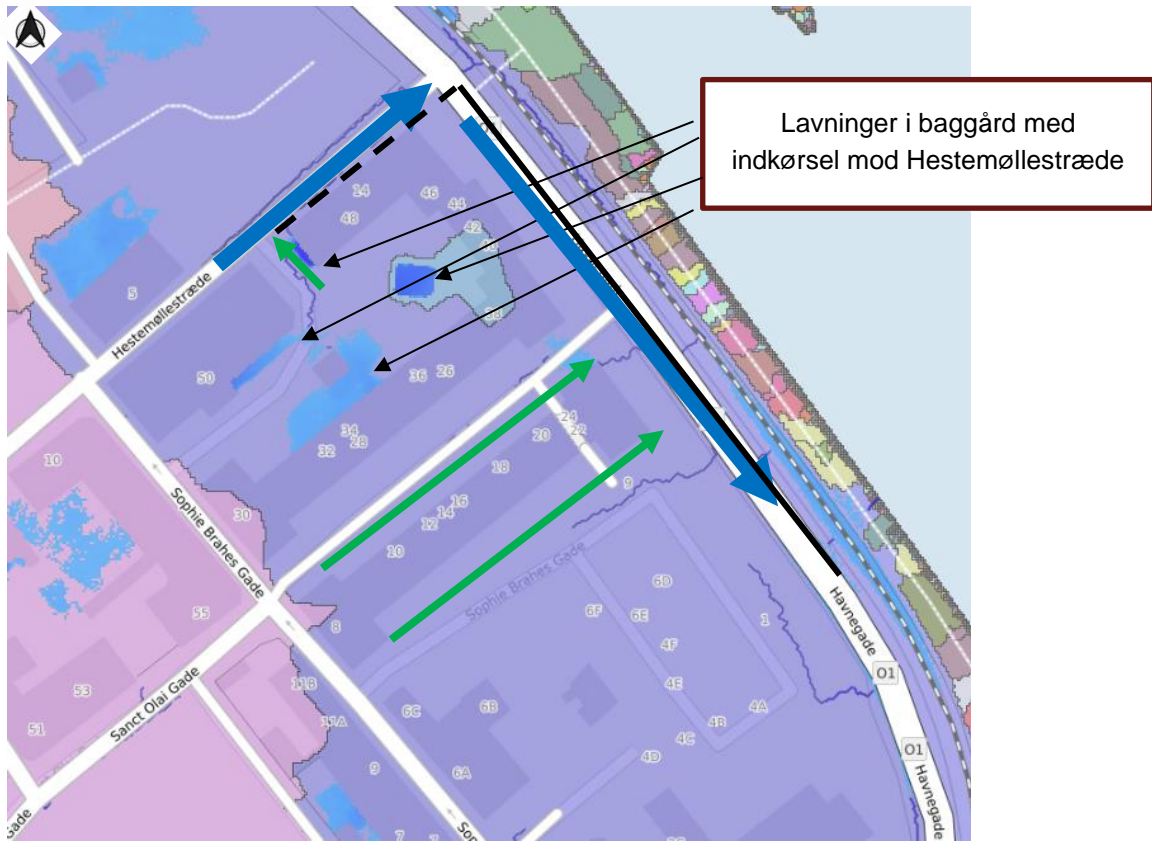
Dette regnvandsprojekt for Boligforeningen skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten og projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser og samarbejdsaftaler kommer på plads.



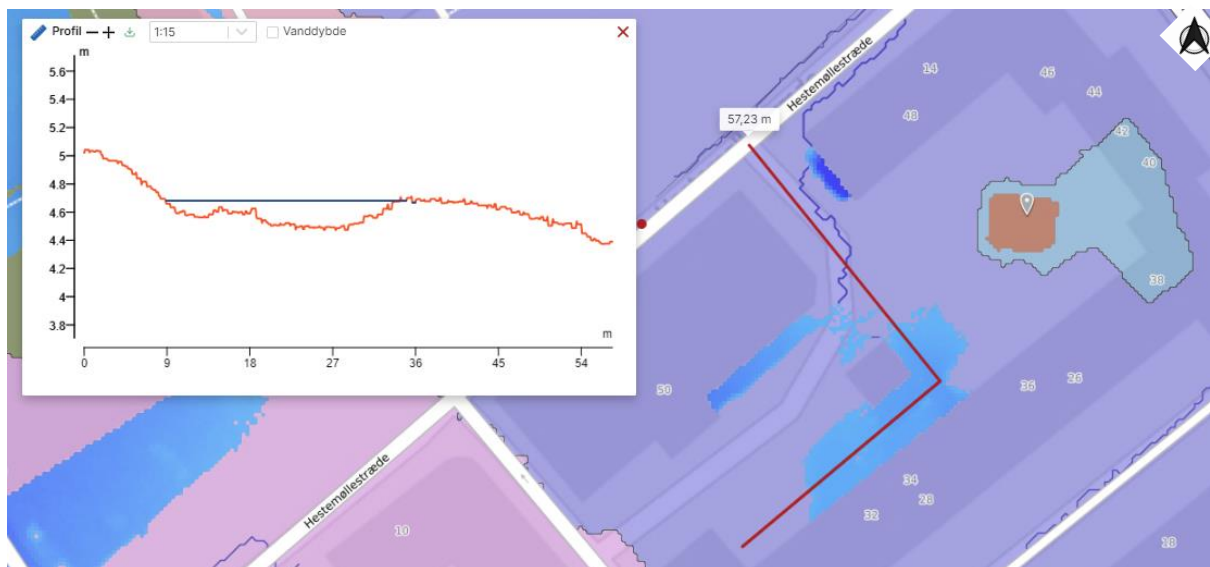
Figur 4-9 Kort over det område ved matrikel 79a, som antages at kunne kobles til det nye regnvandssystem (vist med blå). Matrikler er røde streger.

Alternativ 1: Kobling til nyt regnvandssystem i bykernen med rørløsning

I stedet for en terrænbaseret løsning, kan der laves en klassisk separatkloakering på grunden som forbindes til det planlagte regnvandssystem i Havnegade. Denne løsning vil kræve, at vandet er separatkloakeret på grunden. Derudover er behov for et supplerende rør på 50 - 100 meter i Havnegade af Ø250 og muligvis et rør i Hestemøllestræde vist på figur 4-10. Rørstørrelsen er beregnet ved grundens areal på 0,27 red ha og en klimafremskrevet $T = 1$ års-hændelse med sikkerhedsfaktor (144 l/s/red ha) hvilket giver en samlet vandføring på 39l/s. Med en ledning med et fald på 8 ‰ forventes det at kunne ledes i en Ø250. Det skal dog sikres, at dette er nok til at skybrudssikre området. Derudover forventes en opdimensionering af delstrækninger af den nye regnvandsledning i Havnegade på de ca. 200 m ned til renseløsningen.



Figur 4-10: Vandoplande for området omkring matrikel 79a (fra Scalgo). Det nye system med håndtering af regnvand i de omkringliggende gader er vist med blå pile. Forslag til eventuelle grøfter i ved matrikel 79a er vist med grønt. For alternativ 1 er det nødvendigt med supplerende rør vist med sort og den stiplede en mulig strækning afhængig af det interne kloaksystem.



Figur 4-11: Zoom på lavning nær ved bygningen.

Alternativ 2: Nedsivning på egen grund

Terrænet på matrikel 79a hælder fra kote 5,5-2,5 m. Indledende analyser fra dispositionsforslaget viser, at der er gode nedsivningsforhold i området, se "*HB_K19_Jordbundsforhold og grundvandsdybder*" (WSP - F, 2023). Grundvandet forventes at være mellem 1,5-2,5 meter under terræn. Der kan derfor muligvis laves en nedsivningsløsning i form af et bassin/regnbed/grøft/faskiner. Hvis der laves en terrænbaseret løsning, vil det kræve at en del af grunden benyttes til nedsivningsløsningen. At terrænet hælder så meget og at der ikke er store grundvandsdybder, kan dog medføre eventuelle udfordringer for en nedsivningsløsning, hvilket bør undersøges nærmere i tilfælde af dette ønske. Nedsivning er derfor vurderet til ikke at være lige så oplagt som den foreslåede løsning for dette område.

Det bemærkes, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender.

Alternativ 3: Bevares på Fællessystemet (uden og med forsinkelse)

Det er ikke en oplagt løsning at lade området blive på fællessystemet, da indledende analyser har vist, at det vil medføre en nødvendig opdimensionering af kritisk ledningssystemet i Havnegade. Generelt kan det ses på figur 4-3 at de eksisterende fællesledninger er overbelastet på ledningsstrækningerne i Havnegade. Løsningen forventes at have følgende konsekvenser:

- Forventet opdimensionering af ledningssystemet i Havnegade og Jernbanegade. Dette er i forvejen en kritisk strækning i det eksisterende fællessystem, da området er meget fladt og ledningerne delvist fungerer som rør-bassiner. Derfor kan det vise sig at være svært at løse problemet med opdimensionering.
- Det estimeres at medføre en øget volumenbehov på ca. 60 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

Hvis det viser sig nødvendigt at bevarer oplandet på fællessystemet, kan et bedre alternativ være at etablere forsinkelsesvolumen på matrikel 79a. Derved kan det sikres at der ikke er behov for opdimensionering af det eksisterende fællessystem, da udledning vil være forsinket. På den pågældende matrikel forventes det udfordrende at finde et centralt sted at placere et bassin, grundet baggårde og terrænfald. Derfor ville det sandsynligvis kræve flere lokale løsninger. Forsinkelse på egen grund kan helt eller delvist erstatte det estimeret ekstra behov for volumen i fællesbassinet ved legepladsen.

5 YDERLIGERE UNDERSØGELSER

I nedenstående afsnit gennemgås nogle af de yderlige overvejelser der har været i forbindelse med projektforslagsfasen. Det er nogle overvejelser og forslag til undersøgelser som er vurderet relevant for udbudsprojektet og/eller fase 2.

5.1 KOMMUNALT EJEDE MATRIKLER

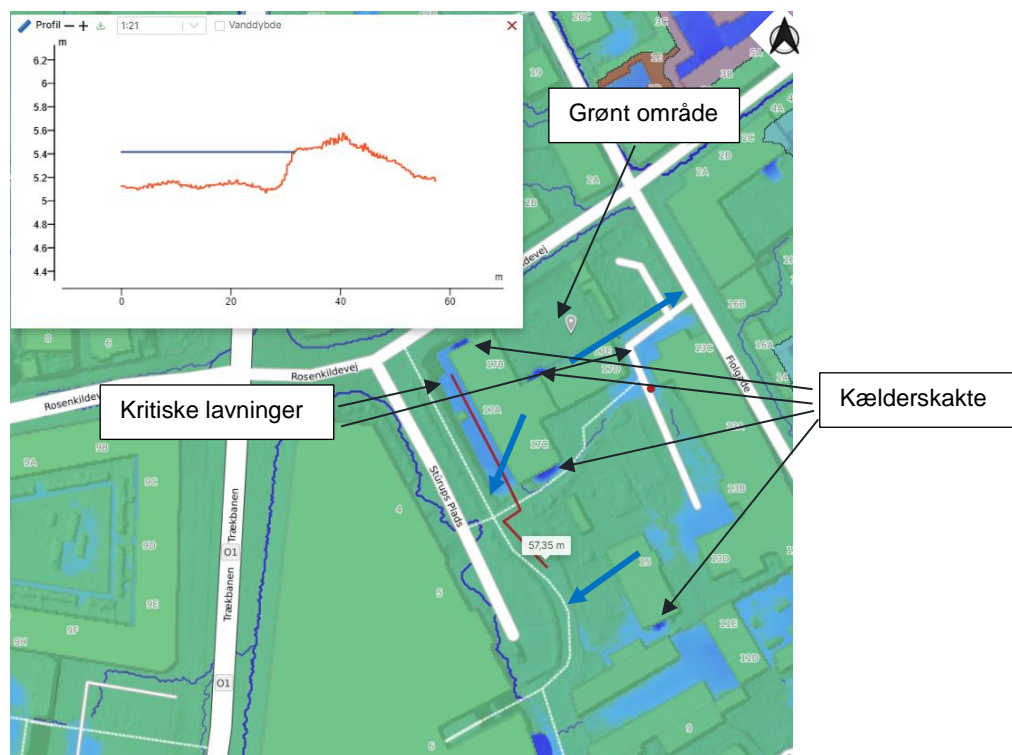
I projektforslaget er det antaget at udvalgte kommunalt ejede matrikler kan inkluderes på det nye regnvandssystem, på trods af, at omlægning af terrænet på disse grunde ikke er med i projektforslaget. Det betyder, at der skal udføres separate projekter for at sikre at den tiltænkte løsning etableres.

De kommunale projekter skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten af projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser og økonomi kommer på plads. Det drejer sig om 3 matrikler og 7 pladser, som er beskrevet nærmere i de næste afsnit inklusiv en beskrivelse af alternative løsninger.

5.1.1 MATRIKEL 474A OG 474N

Foreslået løsning

Matrikel 474A og 474N ligger lige op ad hinanden. Det er planlagt, at der skal bygges nyt på 474N, og i den forbindelse forventes det at kunne lave en terrænbaseret løsning, som leder regnvandet fra matriklen ud til Stürups Plads. For matrikel 474A vil det kræve en rende/grøft på op til 0,5 m dybde og med bundkote omkring kote 5 m DVR90, som kan lede vandet til en rende/grøft ved stien ved Stürups Plads, se figur 5-1.



Figur 5-1: Matrikel 474A og 474N strømningsveje, lavninger og profil af lavning. Blå pile indikerer forventede fremtidige strømningsveje. Der er lavet et tværsnit af kritisk strækning, da terrænet ligger lavt op af bygningerne.

Alternativ 1: Nedsivning på egen grund

Terrænet på matrikel 474A varierer en del og det store grønne område ligger i en højere kote end det meste af matriklen, hvilket gør det udfordrende at få vandet dertil. Derfor ville det kræve en del små lokale nedsivningsløsninger omkring bygninger og på parkeringspladsen. Indledende analyser fra dispositionsforslaget viser, at der er gode nedsivningsforhold i området (WSP - F, 2023).

Grundvandet forventes at være mellem 1,5-2,5 meter under terræn. Der kan derfor muligvis laves nedsivningsløsninger i form af et bassin/regnbed/grøft/faskiner. Hvis der laves en terrænbaseret løsning, vil det kræve, at en del af grunden benyttes til nedsivningsløsningen. På den pågældende matrikel forventes det at være udfordrende at finde et centralt sted at placere et bassin, grundet terrænforskelle. Derfor ville det sandsynligvis kræve flere lokale løsninger.

På matrikel 474N kræver det at der bliver projekteret terrænbaseret løsninger i form af render og nedsivningsvolumener i forbindelse med de forventede byggeplaner. Det skal i den forbindelse tjekkes om nedsivningsevnen er så god som forventet.

Det bemærkes desuden, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender.

Alternativ 2: Bevares på Fællessystemet

Alternativt kunne man bevare matrikel 474A og 474N på fællessystemet. Da der ikke vil være de store problemer på ledningstrækningerne ned mod fællesbassinet, vil det hovedsagligt påvirke det nødvendige bassinvolumen (WSP - D, 2023). At bevare det på fællessystemet estimeres at medføre en øget volumenbehov på ca. 25-45 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen alt efter om begge matrikler bevares på fællessystemet. Det er især matrikel 474A det giver mening at bibeholde på fællessystemet, da der skal bygges nyt på matrikel 474N og det derfor giver mening at indtænke det nye regnvandssystem i byggeplanerne.

5.1.2 MATRIKEL 504B

Foreslået løsning

Matrikel 504B med Musikhuset Elværket ligger for enden af Rosenkildestien. Der fint fald ud mod Rosenkildestien, men det vil kræve nogle grøfter for at lede vandet væk fra Musikhusets bygning, da der er nogle lavninger lokalt ved bygningen, se figur 5-2. Der er udelukkende lavet en indledende koterig af Rosenkildestien i forbindelse med Dispositionsforslaget. Omlægning af terrænet på Rosenkildestien var en del af dispositionsforslaget, men er herefter en del af fase 2. Det skal derfor sikres, at der ikke laves terrænbaseret løsning for matriklen før end at Rosenkildestien også bliver projekteret.



Figur 5-2: Matrikel med Musikhuset Elværket med forslået terrænbaseret løsning såsom grøfter ud til Rosenkildestien vist med røde streger. Blå pil indikerer vejen vandet løber i regnvandssystemet ned af Rosenkildestien.

Alternativ 1: Nedsivning på egen grund

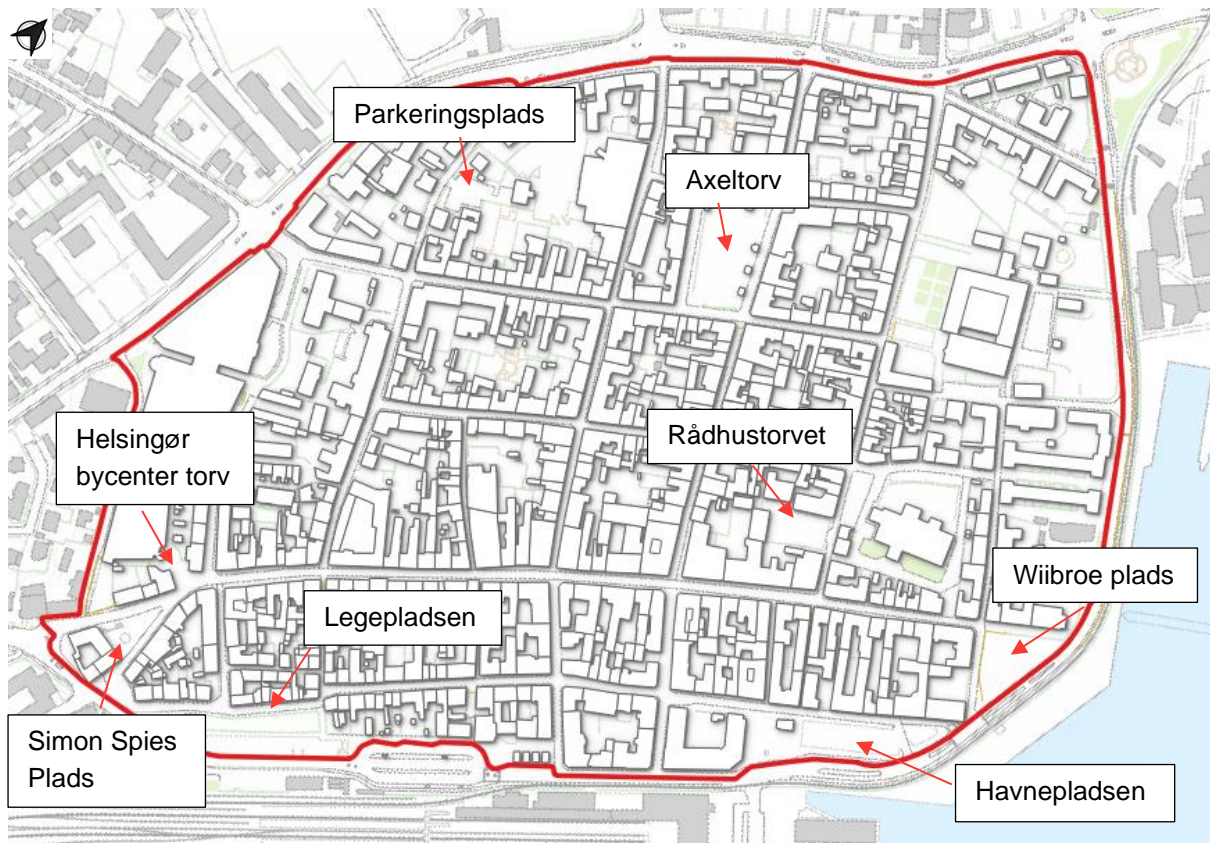
Terrænet på matrikel 504B varierer en del med toppunkt i kote 12 og lavpunkt i ca. kote 9. Der kunne arbejdes med at lave nedsivningsløsning, da der er gode nedsivningsforhold. Dette kunne muligvis laves på parkeringspladsen eller i de grønne områder i form af bassin/regnbed/grøft/faskiner. Hvis der laves en terrænbaseret nedsivningsløsning, vil det sandsynligvis kræve at der fjernes nogle af parkeringspladserne. Alternativt kunne der laves en permeabel overflade på parkeringsarealet så vandet kan nedsive direkte fra parkeringspladsen og derved undgå at reducere antallet af parkeringspladser. Dette kan evt. suppleres med faskiner under parkeringspladsen for at sikre det nødvendige volumen til nedsivningen. Det bemærkes, at der i forbindelse med nedsivningsløsningerne bør indtænkes rensning for zink fra tagrender og eventuelt olie fra biler.

Alternativ 2: Bevares på Fællessystemet

Alternativt kunne man bevare matrikel 504B på fællessystemet, da der ikke vil være de store problemer på ledningstrækningerne ned mod fællesbassinet (WSP - D, 2023). Derfor forventes det hovedsagligt at kræve en forøgelse af bassinvolumenet med ca. 40 m³ i det planlagte fællesbassin ved legepladsen.

5.2 PLADSER

I projektforslaget er det antaget at udvalgte pladser kan inkluderes på det nye regnvandssystem, på trods af, at omlægning af terrænet på disse arealer er ikke med i projektforslaget, men er en del af fase 2. Det betyder, at der skal udføres separate projekter for at sikre at den tiltænkte løsning etableres og sikre pladsens funktion og værdi. I dette afsnit beskrives nogle af mulighederne for de forskellige pladser vist på figur 5-3.



Figur 5-3: Oversigtskort over pladser, som antages at komme på det nye regnvandssystem.

Simon Spies Plads har en lokal lavning i den vestlige side af pladsen og i springvandet hvor vandet kommer til at stuve op. Pladsen har hovedsageligt fald mod Svingelport i dag. I fremtiden skal det sikres, at terrænet hælder mod Svingelport hvortil pladsen skal afvande.

Helsingør Bycenter Torv er en del af en privatejet matrikel. Pladsen hælder generelt ned mod Stengade, og det vurderes derfor oplagt at justere terrænet, så den afvander til Stengade.

Den kommunalt ejede **parkeringsplads** og legeplads ved Fiolgade ligger ca. i kote ca. 7 og har et mindre fald væk fra Fiolgade. På baggrund af koter vurderes det ikke muligt at lede legepladsen på planlagte regnvandssystem. Det vurderes dog at der på parkeringspladsen kan laves en terrænbaseret løsning med render til Fiolgade.

I dispositionsforslaget blev det vurderet, at det ikke er nødvendigt at tilrette terrænet på **Axeltorv**. Generelt har torvet godt fald ned mod Sudergade, og vandet kan derfor godt afstrømme fra pladsen til det planlagte regnvandssystem i Sudergade. For at sikre korrekt afvanding skal der udelukkende laves en kantsten langs Sudergade, for at kunne lave en rende på Sudergade, hvor der ikke er tilstrækkeligt fald til at lede vandet. Det kan give mening at arbejde med løsning for denne rende alt efter ønske af vand på vej og i rende.

Rådhusstorvet har generelt fald ned mod Sct Anna Gade, men har dog en lokal lavning i den østlige side af pladsen ud mod gaden. Det forventes, at denne lavning kan tilpasses i et fremtidigt projekt for torvet. Hvis det ikke er muligt at tilpasse terrænet, kan der alternativt laves en rørløsning hen til det planlagte rørsystem i krydset Stengade / Sct Anna Gade, som ligger under 30 meter fra Rådhusstorvet. I samme omgang bør torv-vendte nedløbsrør afkobles fællessystemet og vandet ledes videre på torvet.

Havnepladsen er rimelig flad og ligger ca. i kote 2-2,25. Der skal laves en del anlægstekniske løsninger under jorden i nærheden af pladsen. Derfor kan vandet formentlig fanges med eksisterende riste, som kobles på det nye regnvandssystem ved pladsen. Der skal desuden etableres en terrænbaseret overløbsløsning i kote 2,00, som leder skybrudsvand fra pladsen til havnen.

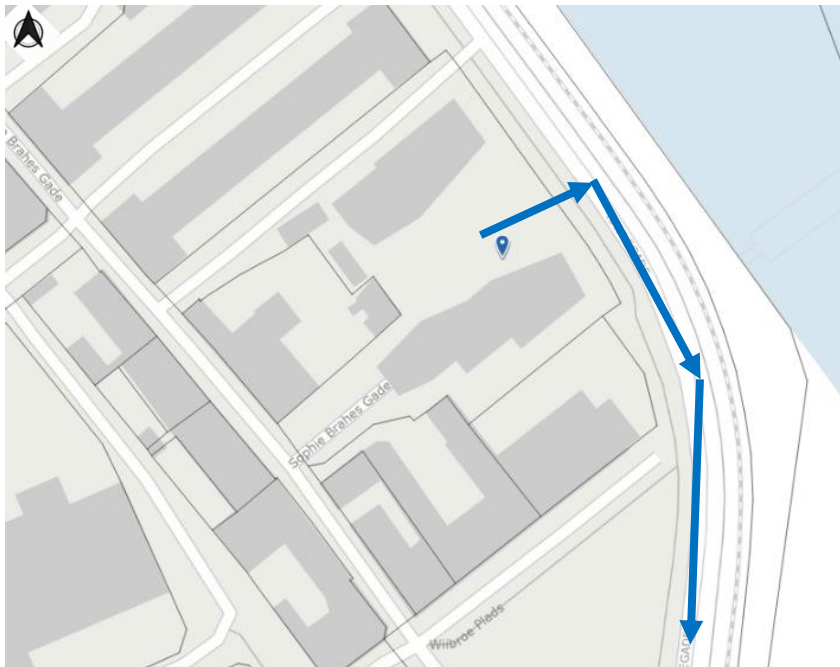
På **Wiibroes Plads** er det nødvendigt at etablere en kant for at sikre, at vandet fra Sofie Brahes Gade ikke løber ind på pladsen, se gul streg på figur 3-11. Der er desuden en lokal lavning omkring springvandet, hvor vandet kommer til at stå mellem 3-10 cm dybt. Når pladsen bliver omlagt, skal det derfor sikres at terrænet hælder ud mod Havnegade, så pladsen kan blive afvandet den vej. Der er vurderet gode muligheder for dette grundet det eksisterende terrænfald ud mod gaden.

Koteringen for **Legepladsen** er ikke lavet på projektforslagsniveau, men der er lavet et indledende forslag til omlægning (Se tegning (Schonherr - B, 2023)), som der skal arbejdes videre med i udbudsprojektet. Koteringen sikrer volumen i terræn til håndtering af op til en T = 20 års-hændelse.

5.3 MATRIKEL 81A

Det påtænkes, at matrikel 81a medtages i det nye regnvandssystem enten ved afledning af vand på terræn eller koblet til rørløsning i vejen, som vist på figur 5-4. Det vil kræve at grunden er separat kloakeret og derfor vil kunne kobles til regnvandssystemet i vejen. Matrikel 81A er privatejet og der skal derfor laves et samarbejde om at få det tilkoblet det planlagte regnvandssystem. Det er i dag en byggegrund, hvor der skal bygges nyt, og i den forbindelse forventes det at kunne lave en løsning, som leder regnvandet fra matriklen ud til rørløsningen i Havnegade. Grunden har fald mod Havnegade og den foreslåede rørløsning, som det forventes at matriklen kan tilslutte, se figur 5-4.

Dette regnvandsprojekt for matrikel 81a skal ikke nødvendigvis udføres i samme takt som resten af projektet, og kan vente til eventuelle godkendelser og samarbejdsaftaler kommer på plads. Det vil være en fordel at få lavet samarbejdet inde byggeri påbegyndes.



Figur 5-4: Matrikel 81A forslået koblet til regnvandsløsning i rør i Havnegade vist med blå pile.

6 HYDRAULISK ARBEJDE I NÆSTE FASE

Der er i denne fase lavet en modelberegning med MIKE FLOOD. I den næste fase kan det eventuelt være nødvendigt med yderlige beregninger for at verificere anlægstekniske justeringer, eller hvis der laves væsentlige ændringer i forudsætningerne. Dette kunne for eksempel være, hvis det viser sig, at udvalgte oplande ikke kan frakobles fællessystemet, hvilket har betydning for de nødvendige rørdimensioner og pumpekapaciteter i det nye regnvandssystem, samt nødvendige opdimensioneringer af rør og bassiner i det eksisterende fællessystem.

7 REFERENCER

- Schönherr - A. (2023). Tegninger: HB_K02_F01_H1_120 til 129. *Kote- og belægningsplan.*
- Schönherr - B. (2023). Tegning: HB_K02_F13_H1_001. *Alternativ udformning af legeplads og parkeringsareal.*
- Schönherr - C. (2023). Tegning: HB_K02_F01_H1_123. *Kote- og belægningsplan Sudergade, Skyttenstræde.*
- Schönherr - D. (u.d.). HB_K02_F01_H7_003. *Princip for kant ved jernbane.*
- Vollertsen et al. (2009). Task E, 5th delivery: Final report (English) on the environmental and technical. *EU-LIFE: TREASURE LIFE06 ENV/DK/000229.*
- WSP - A. (2023). *HB_K19_F01_H0_052 FORUDSÆTNINGER OG METODER FOR HYDRAULISKE BEREGNINGER FOR KLIMATILPASNING AF HELSINGØR BYKERNE.*
- WSP - B. (2023). *HB_K19_Hydraulisk_notat (Dispositionsforslag).*
- WSP - C. (2023). *HB_K19_Klimatilpasning_af_fælleskloak (Dispositionsforslag).*
- WSP - D. (2023). *HB_K19_hydraulik_fællessystem (Projektforslag).*
- WSP - E. (2023). *HB_K19_Renseløsning.*
- WSP - F. (2023). *HB_K19_Jorbundsforhold_og_grundvandsdybder.*
- WSP - G. (2023). Modelfil: HB_K19_F02_Regn-txt og HB_K19_F02_Regn-dan (Projekterede regnvandsledninger tekst og dandas).