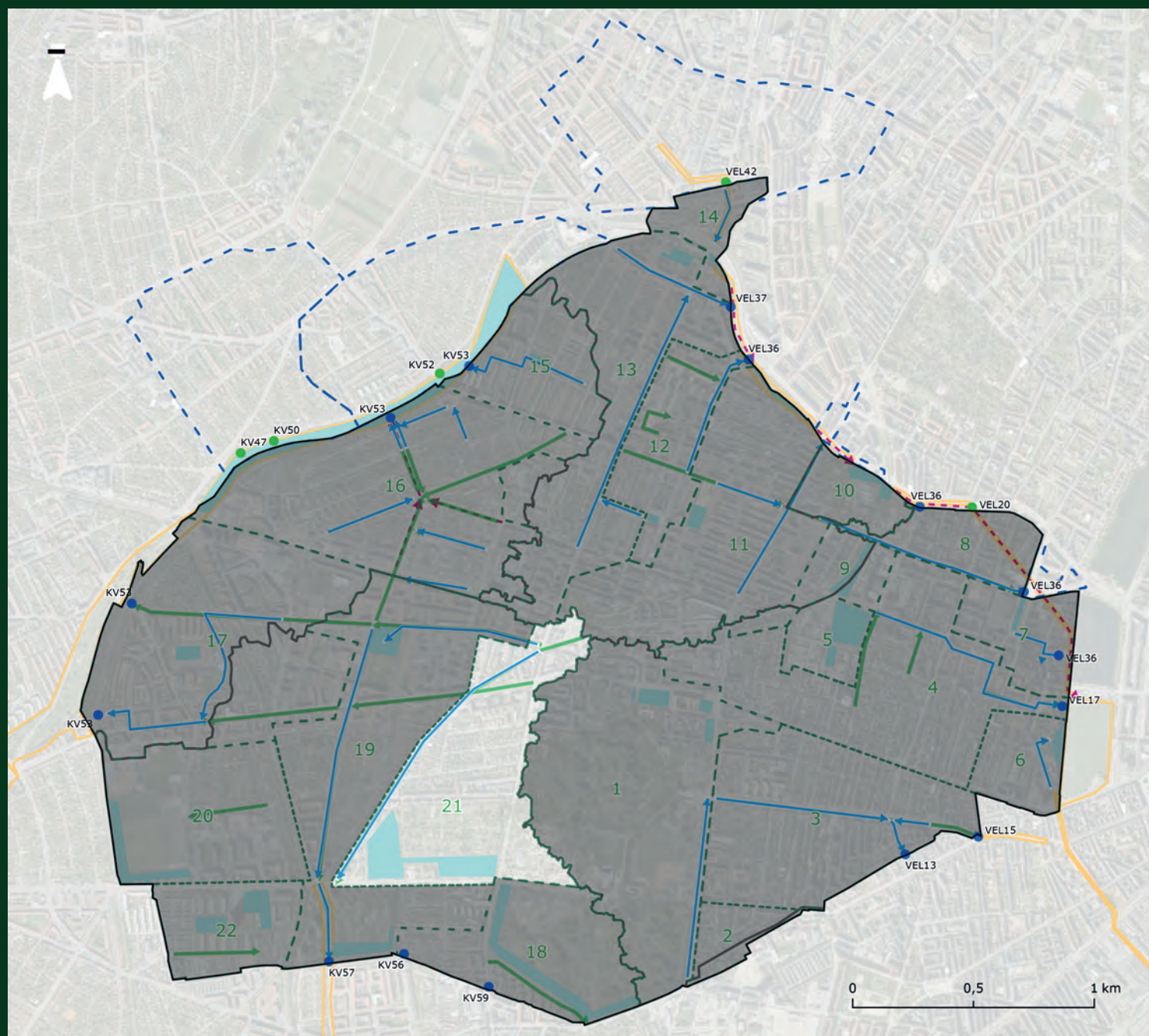


Hydraulisk helhedsplan

Indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård

Version 1, april 2020



Udarbejdet	2. april 2020	Mikkel N. Pries (Frederiksberg Kommune) Lasse Stentoft (Frederiksberg Kommune) Henrik Bay (Frederiksberg Kloak A/S) Anne Pedersen (Frederiksberg Kloak A/S) Ana Stojkovic (Frederiksberg Kloak A/S)
Kontrolleret	2. april 2020	Dorte W. Nilsson (Frederiksberg Kommune) Mikael Koopman (Frederiksberg Forsyning)
Godkendt	22. april 2020	SG - Skybrudsstyregruppen

1 INDHOLD

2	Introduktion.....	4
2.1	Frederiksbergs kommunale rammer.....	4
2.2	Vision og mål	5
3	Den hydrauliske helhedsindsats	6
3.1	Områdebeskrivelse	6
3.2	Nøgleproblemstillinger i indsatsområdet	7
3.3	Overblikket over delområder	8
3.4	Afkobling	11
3.5	Resultatet for den hydrauliske helhedsindsats.....	11
3.6	Særlige risici	14
4	Den fremadrettede proces	15

Bilagsoversigt:

Bilag A Projektbeskrivelser

Bilag B Hydraulisk analyse

2 INTRODUKTION

Denne rapport beskriver et samlet forslag til skybrudshåndtering i det hydrauliske indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård. Rapporten er ikke godkendt politisk, og den er derfor alene at betragte som et arbejdsredskab i det daglige arbejde med skybrudssikring af Frederiksberg. Den politiske godkendelse vil ske for hvert enkelt af projekterne beskrevet i nærværende dokument med tilhørende bilag.

2.1 FREDERIKSBERGS KOMMUNALE RAMMER

Den hydrauliske helhedsindsats er underliggende Frederiksbergstrategien 2020 og i særlig grad den gældende spildevandsplan såvel som klimatilpasningsplan, og derfor skal den hydrauliske helhedsindsats være i overensstemmelse med strategien og planerne.

Ud fra Frederiksbergstrategien *”minimerer vi risikoen for oversvømmelser og følgeskader og gør byen sundere ved at fremme blå og grønne elementer. Vi gør byen robust ved at vælge helhedsorienterede og fleksible løsninger, der kan justeres, hvis klimaet bliver anderledes end forventet”* og *”Klimatilpasningen integreres i byens øvrige planlægning og byudvikling, så løsningerne opfylder flere formål og opnår synergi, ligesom vi får mere ud af investeringerne”*.

Visionen fra Frederiksberg Kommunes Spildevandsplan 2019-2031 som den hydrauliske helhedsplanlægning skal understøtte er, at *Frederiksbergs spildevandssystem skal være robust og tilpasses de fremtidige klimaændringer. God vandkvalitet skal fremmes for at beskytte natur og miljø. Det eksisterende system skal ikke udbygges men sammentænkes med det kommende skybrudssystem for at skabe synergi og sikre den mest bæredygtige og samfundsøkonomiske håndtering af spildevandet. Frederiksberg Kommune vil udvikle og anvende smart city teknologier for at udnytte og styre det samlede system optimalt.*

Den hydrauliske helhedsindsats er desuden funderet i Frederiksberg Klimatilpasningsplan (2012) samt Konkretiseringsprojekt Frederiksberg og København Vest (2013), og endelig Frederiksberg Skybrudsprojekter – Rammeansøgning (2016).

Jævnfør konkretiseringsprojekt Frederiksberg og København Vest, er der to centrale projekter i område 21. Det drejer sig om en skybrudsvej langs Den Grønne Sti samt en central forsinkelse i Solbjerg Parkkirkegård.

Ydermere har Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning særligt fokus på FN's verdensmål. I forbindelse med den hydrauliske helhedsplanlægning er de udvalgte verdensmål på baggrund af Frederiksberg Kommunes og Frederiksberg Forsynings strategier følgende:



Figur 1: Mål for Frederiksbergs Klimatilpasningsplan



2.2 VISION OG MÅL

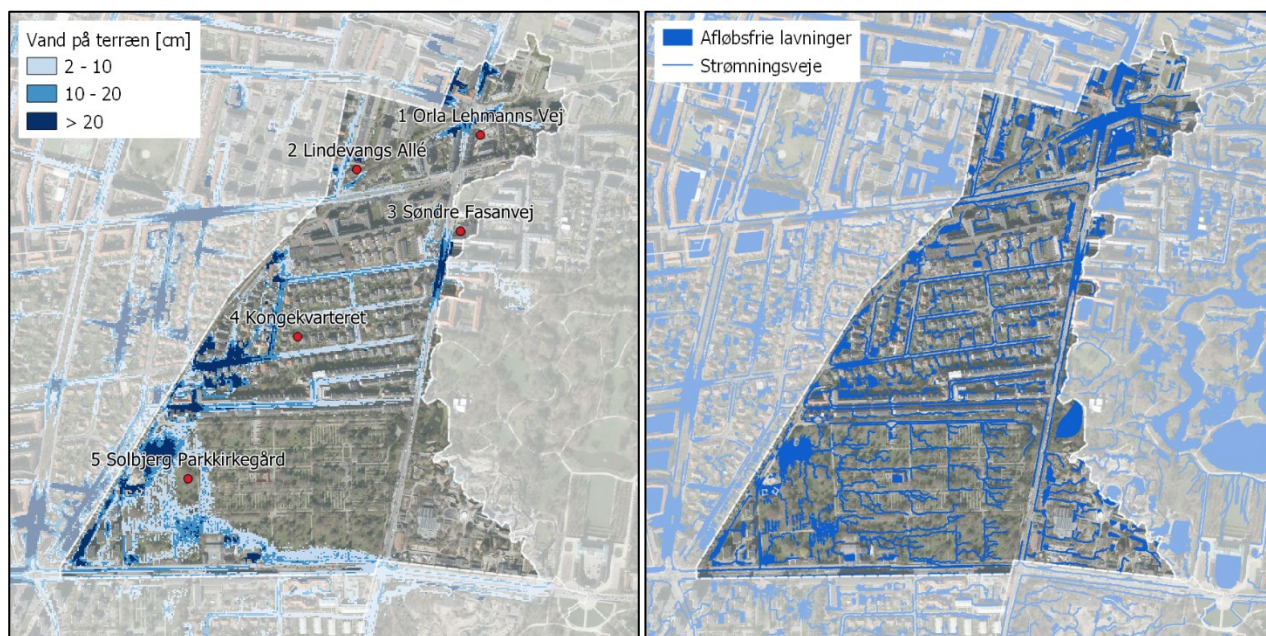
Visionen for indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård er at lave en samlet hydraulisk løsning for hele indsatsområdet ud fra feltbesigtigelse kombineret med hydrauliske modeller. Samtidigt er det søgt for hele indsatsområdet, såvel som for de enkelte skybrudsprojekter, at identificere byrumsforbedringer som bidrag til de foreslåede skybrudsprojekter. Herved maksimeres muligheden for at skabe merværdi og synergi ved realiseringen af Frederiksberg Skybrudsprojekter – Rammeansøgning (2016).

Nærværende rapport danner grundlag for udviklingen og realiseringen af de enkelte skybrudsprojekter og spildevandstekniske anlæg til håndtering af skybrud. Målet med indeværende helhedsindsats er:

- 1) At overholde kravet om 10 cm vand på terræn ved en 100 års regn i år 2112.
- 2) At sikre at indsatsen er realiserbar mht. hydraulik og anlægsteknik samt hensynet til byrummet.
- 3) At sikre skabelse af merværdi ved realisering af Frederiksberg Skybrudsprojekter – Rammeansøgning (2016)
- 4) At vurdere i hvilket omfang der er en positiv effekt på kloaksystemets serviceniveau.

3.2 NØGLEPROBLEMSTILLINGER I INDSATSOMRÅDET

Der er foretaget en hydraulisk simulering af indsatsområdet, hvis der ikke foretages skybrudstiltag, og på figur 3 til venstre ses oversvømmelsesomfanget i indsatsområdet ved en 100 års regn i år 2112. Ud fra oversvømmelseskortlægningen er der udpeget fem kritiske områder, der fremgår på figuren. På figur 3 til højre ses de afløbsfrie lavninger og strømningsveje i indsatsområdet, som er et udtræk fra Scalgo Live. Lavningernes udbredelse er med udgangspunkt i en nedbørsmængde tilsvarende en 100 års regn i år 2112.



Figur 3: Til venstre: Oversigt over oversvømmelsesomfanget i indsatsområde 21 ved en 100 års regn i 2112 uden løsningsstiltag. De fem kritiske områder, der er udpeget er: Orla Lehmanns Vej, Lindevangs Allé, Søndre Fasanvej, Kongekvarteret (specielt i den vestlige del af Frederiksvej og Kronprinsensvej) og Solbjerg Parkkirkegård (vest). Til højre: Afløbsfrie lavninger (nedbørsmængde = 95 mm) med strømningsveje (vandopland = 500 m²). Bemærk, at dette ikke er et oversvømmelseskort, men et overblik over lavninger og vandveje i indsatsområdet. Kilde: Scalgo Live.

Indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård er beliggende højt på Frederiksberg. Derfor vil regnvand, der ikke tilbageholdes i indsatsområdet, løbe via kloaker eller terræn til nedstrøms beliggende områder i en skybrudssituation. Derfor er det relevant at etablere så meget volumen i indsatsområdet som muligt. I Frederiksberg Kommunes og Frederiksberg Kloaks rammeansøgning (2016) til Forsyningssekretariatet er der indregnet et samlet volumen i FV27 – Grønne veje. Dette volumen skal fordeles ud i hele den vestlige del af Frederiksberg, hvilket svarer til, at der i indsatsområde 21 Solbjerg Kirkegård skal etableres ca. 1.000 m³ opmagasinering foruden de specifikke projekter, der er beskrevet i rammeansøgningen og supplerende skybrudsprojekter, der fremgår af nærværende hydrauliske helhedsindsats, jf. tabel 1 på side 9.

En stor del af projektområdet (Kongekvarteret) er private fællesveje, hvor det ikke umiddelbart er muligt at lave kommunale medfinansieringsprojekter. Dette er i forhold til etablering af det nødvendige volumen en så stor begrænsning, at der på trods af de juridiske udfordringer er foreslået at udføre et spildevandsteknisk skybrudsprojekt i kvarteret.

Der henvises desuden til Bilag B Hydraulisk analyse om forudsætninger mv.

3.3 OVERBLIKKET OVER DELOMRÅDER

Ud fra de fem kritiske områder, er der valgt at opdele indsatsområdet i fem delområder (se figur 4):

- 1) Orla Lehmanns vej
- 2) Lindevangs Allé
- 3) Den Grønne Sti
- 4) Kongekvarteret
- 5) Solbjerg Parkkirkegård

Der er foreslået en selvstændig hydraulisk løsning for delområde 1 og 2. Tilsvarende er der udarbejdet en samlet hydraulisk løsning for delområde 3, 4 og 5. Dermed er delområderne 1 og 2 ikke nødvendigvis hydraulisk sammenhængende med delområde 3, 4 og 5.

Skybrudsprojekterne er nærmere beskrevet i bilag A, og i det følgende gennemgås løsningsforslagene i delområderne kort. For en oversigt over løsningsforslagene, henvises der til figur 5 på side 8.

3.3.1 Orla Lehmanns Vej (650 m³)

Projektet skal modtage vand fra Howitzvej, Finsensvej, Orla Lehmanns Vej og Nordre Fasanvej samt Den Grønne Sti. Samlet volumen på projektet er indledningsvist estimeret til 650 m³. Dette svarer til et anlæg på ca. 0,3 m³/m². Det vil være nødvendigt at lave en særskilt løsning for den trekantede parkeringsplads øst for Nordre Fasanvej og syd for Howitzvej. Endvidere skal det afklares, om der kan etableres volumen nord for Howitzvej og mod CBS.

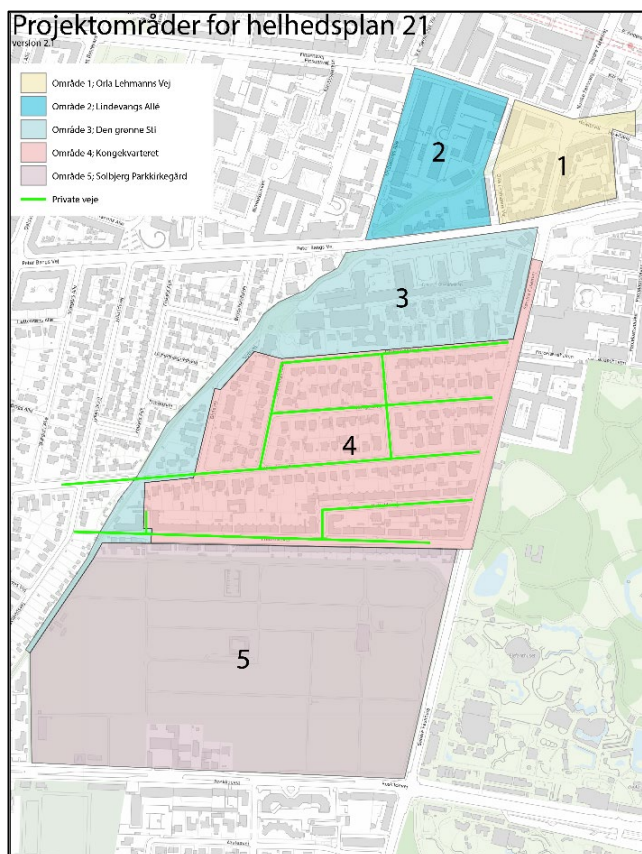
3.3.2 Lindevangs Allé (300 m³)

Der etableres bassin (i form af grøn vej) på 300 m³ i forbindelse med Lindevangs Allé. Det foreslåede volumen svarer til et anlæg på 0,15 m³/m². Projektet skal modtage vand fra Den Grønne Sti fra bassinet ved Orla Lehmanns vej, Lindevangs Allé, Finsensvej og evt. området øst for Lindevangs Allé.

3.3.3 Den Grønne Sti (0,5 m³/s + 4,2 m³/s)

Vandet fra Diakonissestiftelsen (som minimum parkeringspladserne) ledes (i en skybrudssituation) via Den Grønne Sti, på terræn nedstrøms mod Solbjerg Parkkirkegård. Vand fra Blytsvej ledes ligeledes til Den Grønne Sti, på den strækning hvor disse forløber parallelt. Fra Kronprinsensvej ledes vandet videre via ledning under Den Grønne Sti. Lavpunktet på Kronprinsensvej øst for Den Grønne Sti ledes til samme ledning. Endelig ledes vandet fra Kongens Tværvæg også til ledningen under Den Grønne Sti. Grundet topografien vil vandet kunne ledes til Solbjerg Parkkirkegård ved gravitation, men det vil sandsynligvis være nødvendigt med tømme-pumpe. Da skybrudsvand fra Kongekvarteret tilsluttes ledningen i Den Grønne Sti, vil vandføringen øges til 4,2 m³/s syd for Kronprinsensvej.

Ved Frederiksvej vil lokal lavning håndteres ved at lede vandet nord og øst om børneinstitutionen og til bassinerne på Solbjerg Parkkirkegård.



Figur 4: Opdelingen af indsatsområdet.

3.3.4 Kongekvarteret (skybrudsledning og 800 m³)

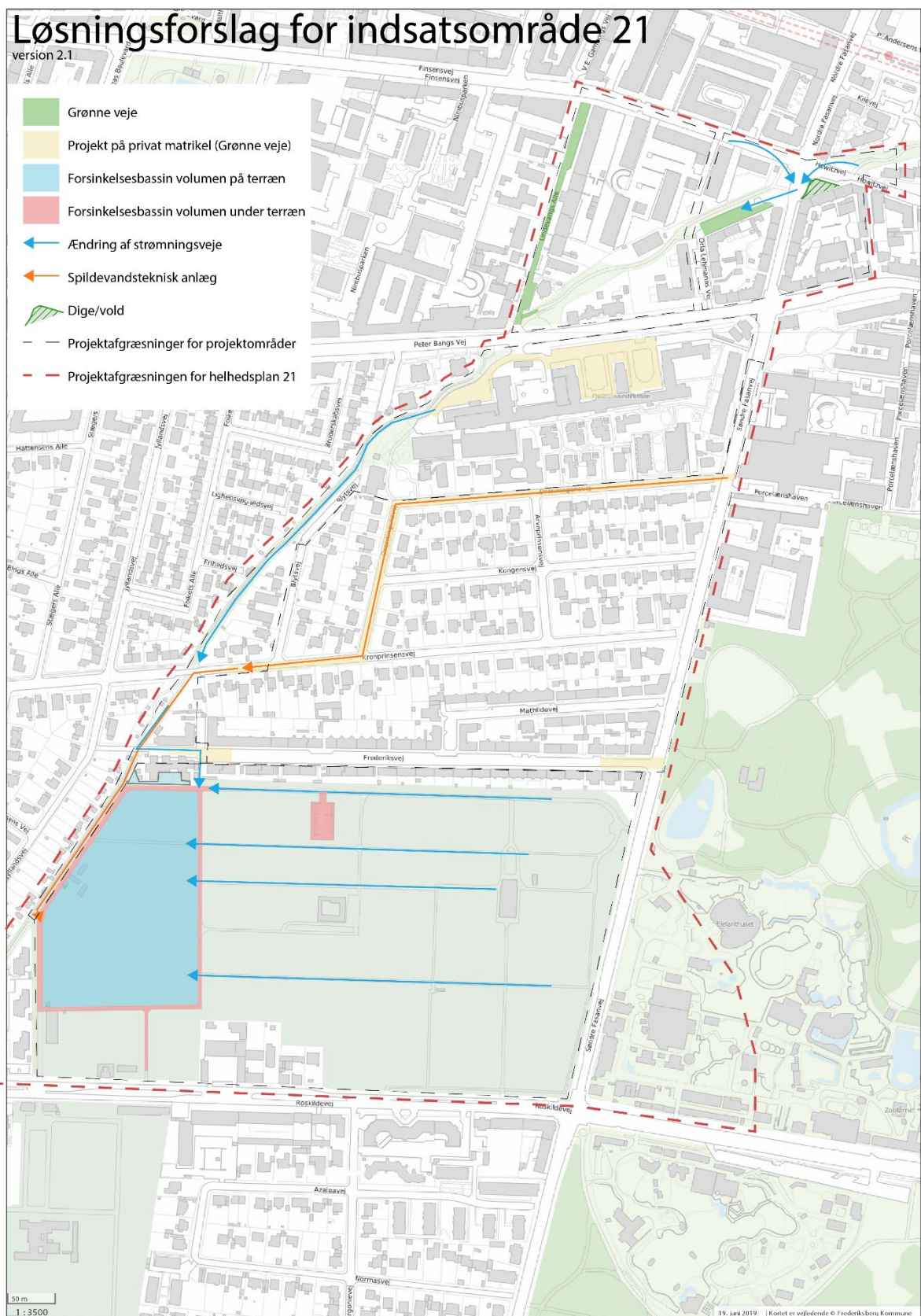
For at afhjælpe lokale lavpunkter ud for Dronningensvej, samt sekundært at aflaste kloakkerne ved Howitzvej etableres en skybrudsledning fra Søndre Fasanvej og mod vest ad Dronningensvej, Kongens Tværvej og Kronprinsensvej inden det ledes ad Den Grønne Sti til Solbjerg Parkkirkegård.

Ydermere etableres der et bassinvolumen på 800 m³. Det forventes at volumenet kan anlægges med en effektivitet på ca. 0,15 m³/m² (typisk for grønne veje), hvilket svarer til, at der skal anlægges grønne veje på samlet ca. 3.500 m² vej.

De nævnte veje er private fællesveje, hvorfor det ikke er muligt at anvende kommunale medfinansieringsprojekter. Et alternativ til de foreslåede projekter er forslag B at anlægge volumen i Sønder Fasanvej.

3.3.5 Solbjerg Parkkirkegård (7.000-13.000 m³).

Der etableres bassin (i form af grøn vej) på vejen vest for Solbjerg Parkkirkegård, og der etableres et overfladebassin på den vestlige del af Solbjerg Parkkirkegård. Hydraulikken designes således, at bassinerne under jorden vil tage hverdagsregn og overfladebassinet alene vil blive anvendt ved ekstreme regnhændelser. De underjordiske bassiner skal evt. kunne tømmes ved tømmepumpe til kloak.



Figur 5: Foreslåede hydrauliske løsninger for Indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård.

3.4 AFKOBLING

Som en del af klimatilpasningsplanens mål er det nødvendigt at afkoble 30% hverdagsregn frem til 2112 for at sikre Frederiksbergs nuværende serviceniveau i det eksisterende kloaksystem. Herudover kan der komme yderligere krav til afkobling af regnvand for at opfylde eksisterende og kommende recipientkrav jf. vandplanerne.

Som udgangspunkt er det attraktivt at afkoble regnvand så langt opstrøms i systemet som muligt, da det vil have effekt på belastningen gennem det nedstrøms system. I forhold til kloakkerne, er det derfor relevant at gennemføre afkobling af regnvand netop i indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård.

Nærmeste mulige afkoblingspunkt er den kommende skybrudstunnel til Valby. Udfordringen er distancen, og dermed vil en afkobling hertil være bekosteligt. I indsatsområdet er Den Grønne Sti et gennemgående transportelement, hvor også hverdagsregnen kan kobles til. Herved kan vandet ledes til bassin ved Solbjerg Parkkirkegård, hvor hverdagsregnen kan tilbageholdes, indtil kapaciteten i kloakken er tilgængelig.

I forbindelse med udviklingen af skybrudsprojekterne skal ovenstående forhold undersøges nærmere, ligesom overvejelserne vil indgå i den kommende samlede regnvandsplan for Frederiksberg Kommune.

Generelt er alle skybrudsprojekter foreslået med mere end 500 m³ volumen (Lindevangs Allé er som det mindste på 300 m³) egnet til håndtering af skybrudsvand. Derfor vil det også være relevant at etablere intelligent styring af bassinerne (f.eks. i form af spjæld), så der er plads i systemet ved en skybrudsvarsling.

3.5 RESULTATET FOR DEN HYDRAULISKE HELHEDSINDSATS

I tabel 1 er de foreslåede skybrudsprojekter sammenfattet inden for hvert delområde med oplysninger på de byrumsmæssige og hydrauliske forhold. Der henvises desuden til Bilag A Projektbeskrivelser for en mere detaljeret gennemgang.

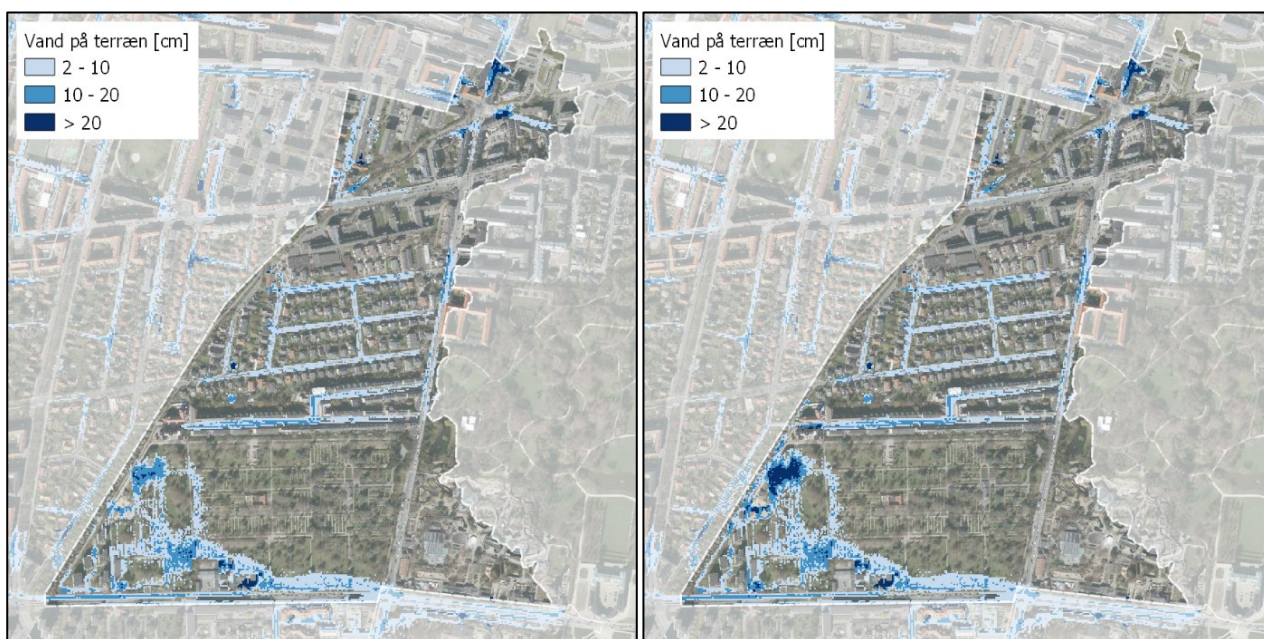
Tabel 1: De byrumsmæssige og hydrauliske forhold i de fem delområder i indsatsområde 21.

Område	1: ORLA LEH-MANNS VEJ	2: LINDEVANGS ALLÉ	3: DEN GRØNNE STI	4: KONGE-KVARTERET	5: SOLBJERG PARKKIRKEGÅRD
BYRUM OG POTENTIEL MERVÆRDI					
Mulige byrumsf forbedringer	Begrønning og parkeringsoptimering	Begrønning samt parkerings-, slidlags- og fortovsoptimering	Optimering af cykelsti	Parkerings-, slidlags- og fortovsoptimering samt ophold	Klimatilpasningen sammentænkes med udviklingsplanen for området
DE HYDRAULISKE FORHOLD					
Den foreslåede regnvandsløsning	Opmagasinerings under terræn, genbrug til bytræer	Opmagasinerings under og over terræn, fordampning, genbrug til bytræer	Transport	Transport og opmagasinerings	Opmagasinerings under og over terræn, fordampning, genbrug til bytræer
Volumen	650 m ³	300 m ³	0,5 m ³ /s (nord) 4,2 m ³ /s (syd)	Ø1000-Ø1500 og 800 m ³	7.000-13.000 m ³
Opland, red. areal	17.000m ²	8.000 m ²	1.700 m ³ + overløb fra Kongekvarteret	Overløb fra 80.000 m ²	Op til 160.000 m ²
Opland (100 års regn og udløb på 5 l/s), red. areal	6.200 m ²	3.400 m ²	N/A	N/A	4.000-6.700 m ² *

* Forventes større, da der ikke er taget hensyn til initialtabet på de grønne arealer i denne oplandsberegning (Solbjerg Parkkirkegård)

Det er en generel forudsætning, at de grønne veje gennemføres, jf. Frederiksberg Kommunes Skybrudsprojekter – Rammeansøgning (2016). Samlet er der med de foreslåede skybrudsprojekter planlagt et volumen på grønne veje svarende til ca. 1.000 m³. Endvidere er det foreslåede volumen på Solbjerg Parkkirkegård øget med 5.000-11.000 m³ sammenlignet med det opgivne volumen i rammeansøgningen fra 2016. Det skal bemærkes, at der i skybrudskonkretiseringsplanen for området blev anvist om at etablere 22.000 m³. Her viser resultaterne dog, at der ikke er behov for det angivne volumen på 22.000 m³.

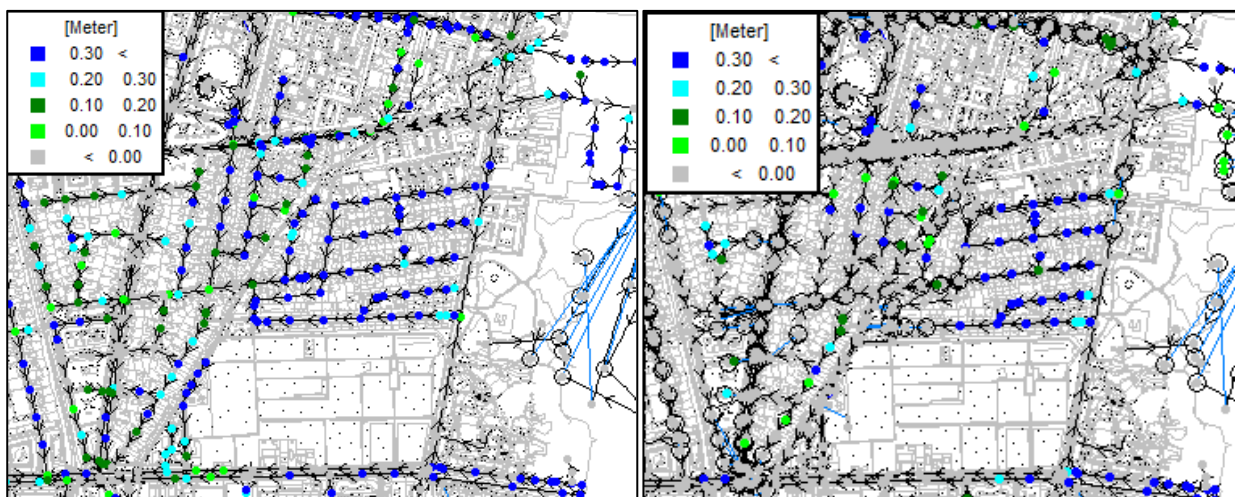
I figur 6 ses oversvømmelseskortene ved en 100 års regn i år 2112, hvor skybrudsprojekterne indgår. For oversvømmelseskortet af status henvises der til figur 3 på side 5. Ydermere henvises der til bilag B om hydraulisk analyse for en uddybende analyse af resultaterne.



Figur 6: Oversvømmelsesomfang ved en fremtidsskrevet 100 års regn med et bassinvolumen på 13.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård (til venstre) og ved en fremtidsskrevet 100 års regn med et bassinvolumen på 7.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård (til højre). Det forventes, at der anlægges 2.000 m³ underjordisk i veje, stier og på materialepladsen, og resten af det nødvendige volumen forventes anlagt terrænnært.

Som det fremgår af resultaterne, forbedres oversvømmelsesomfanget ved det at anlægge de foreslåede skybrudsprojekter. Dog har det en betydning for oversvømmelsesomfanget ved Solbjerg Parkkirkegård, hvis det nødvendige volumen på ca. 13.000 m³ ikke etableres. Desuden bør den viste oversvømmelse på figur 6 til højre indgå i bassinvolumen i Solbjerg Parkkirkegård. Volumen er opgjort til 1.200 m³. I forbindelse med skybrudsløsningen i Solbjerg Parkkirkegård henvises der desuden til afsnit 4 på side 13 om den fremadrettede proces. Det vil sige, at målet om 10 cm vand på terræn i skel overholdes med forbehold for de yderligere undersøgelser, der er nødvendige til næste revision, samt de forhold, der er beskrevet i bilag B Hydraulisk analyse.

Kapacitetsberegningerne for en 10 års regn i år 2112 ses på figur 7, og som det fremgår har skybrudsprojekterne en betydelig forbedrende indflydelse på det eksisterende kloaksystems kapaciteten, idet der i hovedparten af området opnås et serviceniveau bedre end en 10 års regn. Det vil sige, at det vejledende serviceniveau fra Spildevandskomitéens Skrift 27. Dog ses det, at ledningskapaciteten i Kongekvarteret fortsat er belastet, og ønskes der et forbedret serviceniveau i kvarteret, bør der foretages yderligere tiltag



Figur 7: Statussimulering af en 10 års regn med en klimafaktor (til venstre) og plansimulering af en 10 års regn med en klimafaktor (til højre). Som det ses på billederne aflastes det eksisterende kloaksystem under de fremtidige forhold ved at foretage de tiltag, som fremgår af nærværende notat. Dog ses der stadig en belastning af det eksisterende kloaksystem under en fremtidsskrevet 10 års regn. Det skal bemærkes, at resultaterne ikke indikerer oversvømmelsesomfanget under en 10 års regn, men blot belastningen i kloaksystemet.

Det vil sige, at af beregningerne fremgår det, at:

- Plansituationen er en betydelig forbedring af de eksisterende forhold.
- På matrikel nr. 429 vil der forekomme oversvømmelse, og det bør indtænkes i skybrudsprojektet ved Solbjerg Parkkirkegård eller Den Grønne Sti, hvorledes dette kan håndteres.
- Der fortsat er vand ved Børnehuset Frederiksvej, hvis det nødvendige volumenbehov ikke kan opnås i Solbjerg Parkkirkegård. Dette kan løses ved f.eks. 1) at pumpe vandet til kirkegården, så der er plads til vandet i ledningen og ingen påvirkning af tilbageslutning eller 2) at sikre Børnehuset ved hjælp af en terrænnær løsning.
- Det er svært at kunne afdække al oversvømmelse i Kongekvarteret pga. ejerforholdene, som begrænser mulighederne. Således kan der i et vist omfang forekomme over 10 cm vand på terræn.

3.6 SÆRLIGE RISICI

I forbindelse med de planlagte skybrudsprojekter, er de særlige risici belyst, se tabel 2.

Tabel 2: Oversigt over særlige risici i forbindelse med de planlagte projekter.

OMRÅDE	NAVN	RISIKO	KONSEKVENS
1	Orla Lehmanns Vej	○ Trafikale udfordringer ○ Anlægstekniske udfordringer for at transportere vandet fra krydset til Orla Lehmanns Vej, bl.a. pga. fredede træer og springvand	○ Påvirkning på trafikafvikling ○ Økonomisk fordyrende, hvis eksisterende træer og anlæg skal udskiftes
2	Lindevangs Allé	-	-
3	Den Grønne Sti	○ Indflydelse på cykeltrafikken	○ Påvirkning på trafikafvikling
4	Kongekvarteret	○ Private fællesveje	○ Kommunen må ikke anlægge ○ Projektet er afhængigt af boligselskabernes villighed og samarbejde om anlæggelse af et spildevandsteknisk anlæg
5	Solbjerg Parkkirkegård	○ Fredet område pga. gravpladser	○ Økonomisk fordyrende ○ Påvirkning af tidsplan ○ Myndighedsmæssige udfordringer

4 DEN FREMADRETTEDE PROCES

Rapporten er et arbejdsredskab, og det vil være nødvendigt at opdatere rapporten løbende. Således bør det årligt sikres, at rapporten er opdateret i forhold til:

- 1) større byrumsprojekter eller andre udviklingsplaner, herunder Solbjerg Parkkirkegård.
- 2) nye lokalplaner
- 3) afvigelser i gennemførte delprojekter
- 4) ændringer i forhold til skybrudskonkretiseringsplanerne, eksempelvis ændringer i dimensioneringskriterie aftalt i 4-parts samarbejdet etc.
- 5) Frederiksberg Kommunes gældende spildevandsplan og regnvandsplan

Særligt i forbindelse med indsatsområde 21 anbefales det at foretage følgende undersøgelser i forbindelse med den næste revision:

- Det anbefales at den hydrauliske helhedsindsats revideres, når helhedsplanlægningen for indsatsområde 1, 18 og 22 er færdig med formål om at konkretisere volumen i Solbjerg Parkkirkegård.
- Det skal vurderes, om det er muligt at anlægge al nødvendig skybrudsvand i Solbjerg Parkkirkegård ud fra et byrumsmæssigt perspektiv, evt. kombineret med en kvalificering af kongekvarteret, jf. ovenstående punkt.
- I en revision af HH21 eller under projektering af skybrudsprojektet på Solbjerg Parkkirkegård, anbefales det, at der køres en hydraulisk simulering med terrænændring med diger omkring bassinet.
- Det anbefales, at der skal foretages yderligere undersøgelser for klimasikring af matrikel nr. 429 (syd for Stenhuggerhusene).
- I revisionen af HH21 anbefales det desuden at foretage en kapacitetsanalyse af systemet med 13.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård for at se, om det har en positiv effekt på kapacitetsproblemerne i Kongekvarteret. Ydermere bør der i revisionen fremgå en kapacitets analyse af systemet med en 5 års regn.

Bilag A: Projektbeskrivelser

1 INDHOLD

2	Delområde 1 Orla Lehmanns Vej.....	2
2.1	Baggrund	2
2.2	Byrum og potentiale merværdi	3
2.3	Hydraulisk problemstilling.....	3
2.4	Løsningsforslag	5
3	Delområde 2 Lindevangs Allé	7
3.1	Baggrund	7
3.2	Hydraulisk problemstilling.....	8
3.3	Byrum og potentiale merværdi	9
3.4	Løsningsforslag	9
4	Delområde 3 Den Grønne Sti.....	13
4.1	Baggrund	13
4.2	Hydraulisk problemstilling.....	14
4.3	Byrum og potentiale merværdi	14
4.4	Løsningsforslag	14
5	Delområde 4 Kongekvarteret	17
5.1	Baggrund	17
5.2	Hydraulisk problemstilling.....	18
5.3	Byrum og potentiale merværdi	19
5.4	Løsningsforslag	20
6	Delområde 5 Solbjerg Parkkirkegård	23
6.1	Baggrund	23
6.2	Byrum og potentiale merværdi	24
6.3	Hydraulisk problemstilling.....	24
6.4	Løsningsforslag	26

2 DELOMRÅDE 1 ORLA LEHMANN'S VEJ

Se tegning over løsningsforslag for delområde 1 Orla Lehmanns Vej på side 6.

2.1 BAGGRUND

Delområde 1 er et selvstændigt skybrudsprojekt forstået på den måde, at det ikke kobler sig på forsinkelseselementet i Solbjerg Parkkirkegård, som er det centrale skybrudselement i indsatsområde 21.

Delområdet volumen anlægges i 90 graders parkeringspladsen samt i kørebanen på Orla Lehmanns Vej.

2.1.1 Forankring i rammeansøgning

Skybrudsprojektet er forankret i rammeansøgningen med projektnavn: FV17 Finsensvej Øst (øst for Lindevangs Allé), FV19 Den Grønne Sti (ved Orla Lehmanns Vej), og FV27 Grønne veje i øvrigt i vest.

2.1.2 Eksisterende forhold

Delområdet håndterer regnvand fra et større opland, da de naturlige strømningsveje fra Finsensvej, Den Grønne Sti, Nordre Fasanvej og Howitzvej leder regnvand terrænmæssigt til delområdet.

Delområdet med Finsensvej og Nordre Fasanvej har trafikale udfordringer. Derfor er volumen, og det største gravearbejde, planlagt inde på Orla Lehmanns Vej, hvor de trafikale udfordringer er begrænsede.

Pladsen mellem Orla Lehmanns Vej og Nordre Fasanvej er indrettet som et rekreativt areal med springvand og store træer.

Der er et terrænmæssigt lavpunkt foran ejendommen til Howitzvej 71-75, hvor der i dag er parkeringspladser og en gennemgående cykelsti.

Howitzvej er renoveret i 2019, og der må derfor ikke udføres synlige indgreb i slidlaget før 2021.

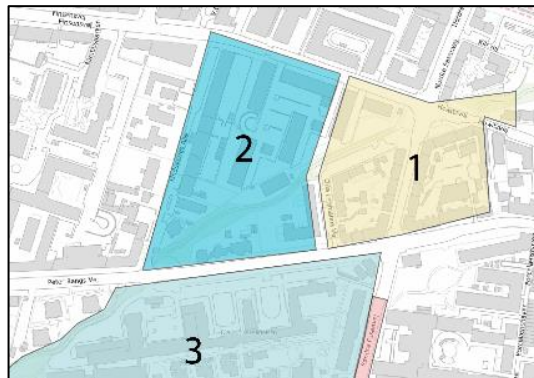


Foto 1: Pladsen foran Howitzvej 71-75 hvor regnvandet samles. Den nye cykelsti på Howitzvej ses også på fotoet.

Delområdet er desuden screenet for myndighedsmæssige og tekniske forhold, se tabel 1.

Tabel 1: Screening af myndighedsmæssige og tekniske forhold i delområde 1.

Ejerforhold	Kommunale veje
Lokalplan	Der foreligger ingen lokalplan for området
Trafik	Finsensvej og Ndr. Fasanvej er store trafikåre i byen. Orla Lehmanns Vej er en lokalvej.
Fredninger	Der er ikke registreret fredede områder eller fredede fortidsminder. Dog er træer, der er over 25 år gamle og beliggende i et område med lokalplan eller byplanvedtægt, fredede.
Ledningsoplysninger (Frederiksberg Forsyning)	Der er ikke identificeret store ledninger i delområdet
Jordforurening	Der er en V2-kortlagt forurening inde på den private matrikel 26bt, overfor 90 grader parkeringspladsen på Orla Lehmanns Vej. Der er også kortlagt V2 forurening ved Howitzvej 71-75 og matrikel 241b ved Den Grønne Sti. Resten af området er dog områdeklassificeret. Det vil sige, at jorden antages at være lettere forurenede, eftersom det ligger i byzone, og der skal foretages analyser for forureningsgraden.
Grundvand	Jupiterboring 201.3825 viser en vandstandsdybde på 5,41 meter u.t. Der bør foretages grundvandspejlinger i forbindelse med projekteringen med formål om at verificere grundvandsstanden i området.

Ud fra den myndighedsmæssige og tekniske screening, vurderes det, at der kan opstå anlægstekniske udfordringer pga. mange ledninger inden for delområdet. Dette skal indtænkes i økonomi og evt. gener for trafikken. Ydermere skal der tages hensyn til jordforureningen i projekteringen.

2.2 BYRUM OG POTENTIALE MERVÆRDI

Der er muligheder for byrumsforbedringer ved pladsen foran Howitzvej 71-75, nye rekreative tiltag kan gøre dette område mere spændende og sikre en behagelig færdsel igennem området.

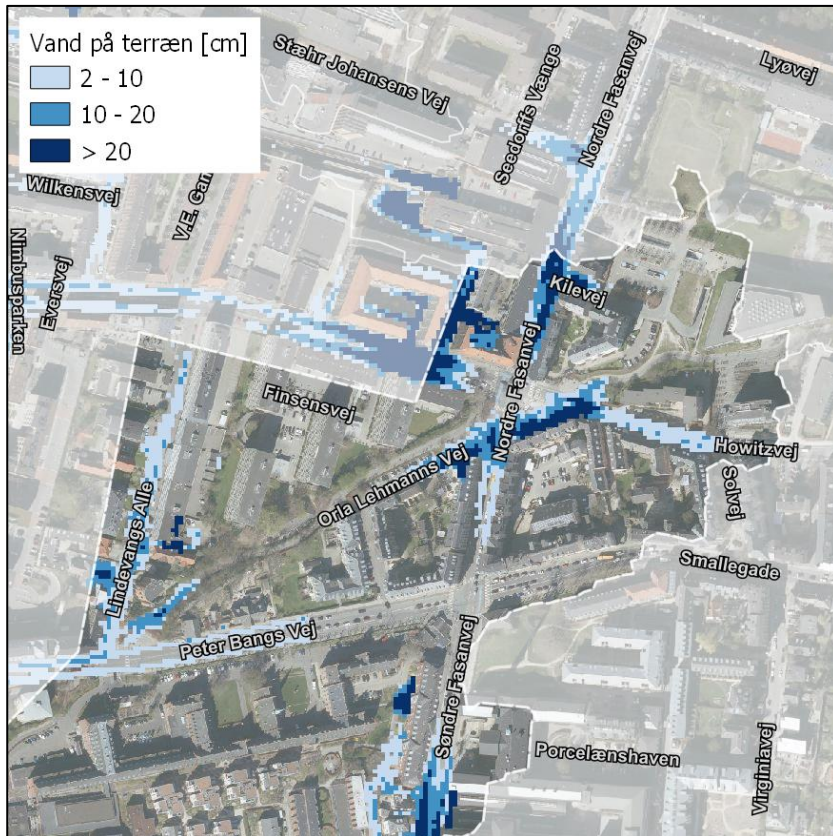
Det skal vurderes, om det er muligt at indtænke mere grønt på Orla Lehmanns Vej i forbindelse med evt. anlæg af skybrudsprojekter.

2.3 HYDRAULISK PROBLEMSTILLING

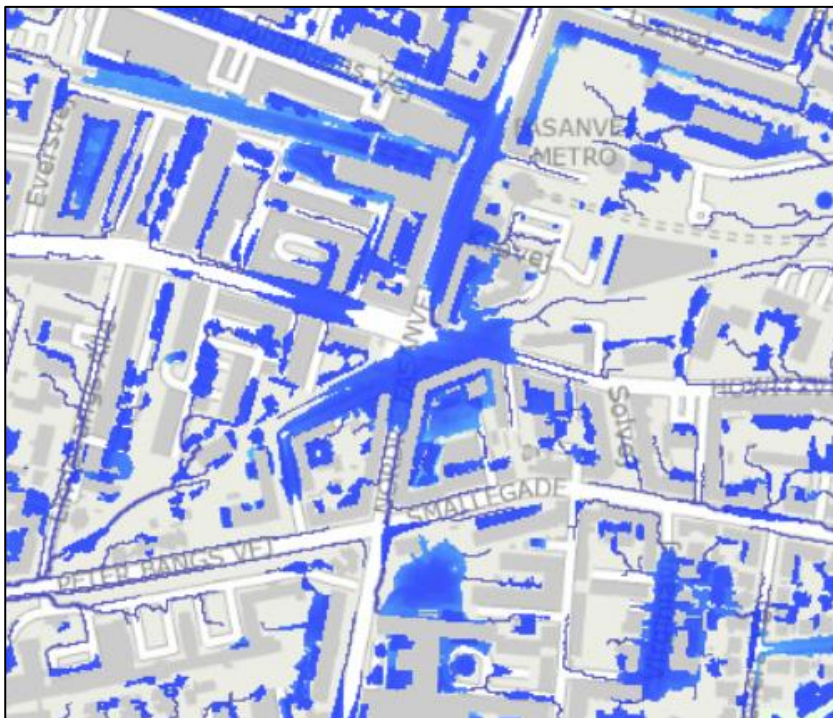
Ved Orla Lehmanns Vej og Howitzvej 71-75 er der et lavpunkt, hvor regnvandet fra et vandopland på ca. 4,7 ha (kilde: Scalgo Live) terrænmæssigt ledes til. Ydermere er der et lavpunkt ud for Finsensvej 8, som har et terrænmæssigt vandopland på 2,1 ha (kilde: Scalgo Live). Begge vandoplande indgår i vandoplandet til indsatsområde 13, som ligger nord for indsatsområde 21 med en strømningsvej ad Nordre Fasanvej.

I den hydrauliske simulering for status ses det, at parkeringspladsen på Orla Lehmanns Vej, Nordre Fasanvej og bygningen ud mod krydset af Nordre Fasanvej og Howitzvej er et udsat område under en fremtidsskrevne 100 års regn, se figur 1. På figur 2 ses desuden afløbsfrie lavninger og strømningsvejene i området.

Der henvises desuden til Bilag B for en detaljeret hydraulisk analyse.



Figur 1: Oversvømmelsesmæssige udfordringer på Orla Lehmanns vej ved en 100 års regn i år 2112 under eksisterende forhold.



Figur 2: Afløbsfrie lavninger (nedbørsmængde = 95 cm) og strømningsveje til lavpunktet ved Orla Lehmanns Vej (vandopland = 500 m²). Kilde: Scalgo Live. Bemærk at dette kort ikke er et oversvømmelseskort. Som det fremgår på figuren, løber vandet til lavningen fra Søndre Fasanvej, Smallegade, Howitzvej, Den Grønne Sti og Orla Lehmanns Vej.

2.4 LØSNINGSFORSLAG

2.4.1 Vision og mål

Skybrudsprojektet leder ikke regnvandet videre til Solbjerg Parkkirkegård, men håndterer/forsinker regnvandet fra dets terrænmæssige oplandet, hvorefter det ledes med overløb og neddroslor til kloaksystemet.

Regnvandet fra Finsensvej, Howitzvej og Ndr. Fasanvej skal transporteres gennem pladsen med store bytræer og springvand ind til Orla Lehmanns Vej, hvor der anlægges et volumen under terræn.

2.4.2 Beskrivelse af anlæg

De to lavninger i området skal håndteres ved at ændre strømningsvejen, hvorved regnvandet ved Finsensvej 8 og Howitzvej 71-75 ledes forsvareligt ind til et volumen på Orla Lehmanns Vej. Transporten forventes at være underjordisk.



Foto 2: Pladsen mellem Ndr. Fasanvej og Orla Lehmanns Vej. Træerne og springvandet skal besvares.

Volumen på Orla Lehmanns Vej skal sandsynligvis etableres uden nedsivning. Det skyldes primært, at området ligger ved et frit grundvandsmagasin, og det må forventes, at vandet fra trafikvejene, Finsensvej og Ndr. Fasanvej, anses for at være stærkt forurenet (grundet trafikbelastning og tung trafik).

Volumen kan graves ned under 90 grader parkeringspladsen, som er valgt, da:

- Det forventes, at der er få ledninger.
- Anlægsarbejdet vil genere et få borgere.
- Parkeringspladsen har et areal omkring 320 m², og hvis vejen inddrages, er det vurderet, at der kan etableres et volumen på 650 m³.

Der et terrænmæssigt lavpunkt ved Howitzvej 71-75. Her skal det sikres, at regnvandet ikke ledes ind i til husfacaden, men i stedet transporteres regnvandet over til opmagasineringen som oven for beskrevet.

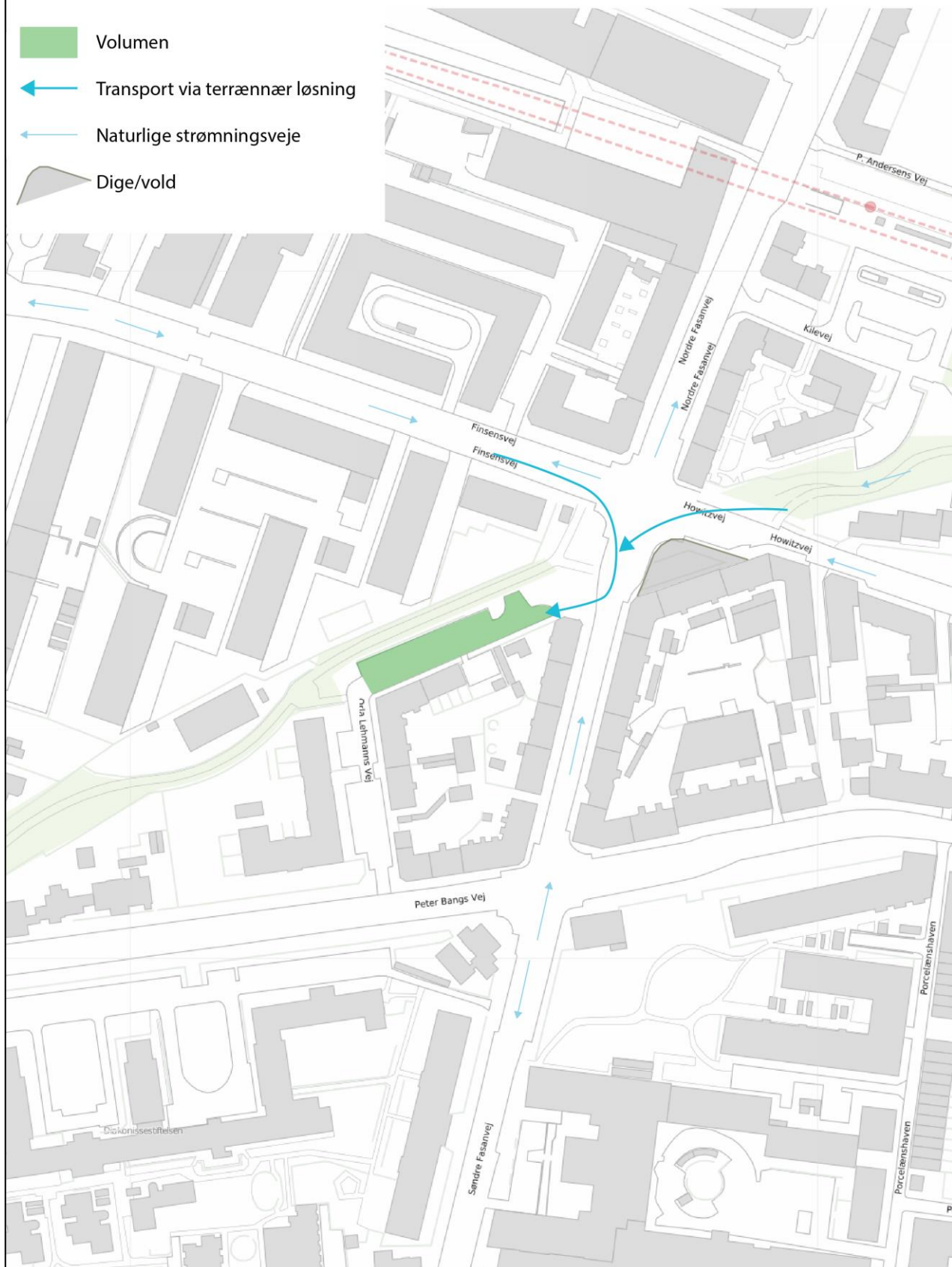
2.4.3 Hydrauliske forudsætninger

I tabel 2 fremgår de hydrauliske forudsætninger for magasineringen under en 100 års regn i år 2112. Det nødvendige volumen er fundet ved en beregning, og det nødvendige oplandsareal er fundet med udgangspunkt i Spildevandskomiteens Skrift 30, regneark 4.1 med forudsætning om en udledning på 5 l/s.

Tabel 2: De hydrauliske forudsætninger for delområde 1.

Nødvendigt volumen [m ³]	650
Nødvendigt opland [m ²]	6.200
Udløb fra bassin [l/s]	5
Afskærende ledning	Neddrosling til det eksisterende kloaksystem
Overløb til	Terræn

Løsningsforslag for område 1; Orla Lehmanns Vej



3 DELOMRÅDE 2 LINDEVANGS ALLÉ

Se tegning over løsningsforslag for delområde 2 Lindevangs Allé på side 12.

3.1 BAGGRUND

Delområde 2 er et selvstændigt skybrudsprojekt, som håndterer regnvandet i oplandet uden at lede det videre til andre skybrudsprojekter. Det kobler sig således ikke på den centrale forsinkelse i Solbjerg Parkkirkegård.

Skybrudsprojektets volumen placeres i kørebanen på Lindevangs Allé.

3.1.1 Forankring i rammeansøgning

Lindevangs Allé er ikke beskrevet selvstændigt i rammeansøgningen, men kan realiseres under FV27 Grønne veje i øvrigt – Vest.

3.1.2 Eksisterende forhold

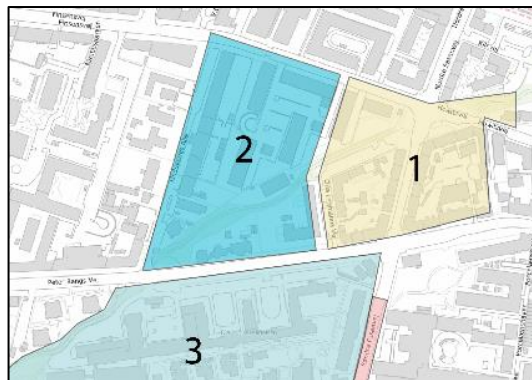
Lindevangs Allé er afgrænset af Finsensvej mod nord og Peter Bangs Vej i syd. Vejen er en dobbeltrettet offentlig vej, og er en del af parkeringszonen.

Vejen er ensrettet med indkørselsforbud fra Peter Bangs Vej, hvor Den Grønne Sti også munder ud i Lindevangs Allé.

Området er desuden screenet for myndighedsmæssige og tekniske forhold, se tabel 3.

Tabel 3: Screening af myndighedsmæssige og tekniske forhold i delområde 2.

Ejerforhold	Kommunen ejer vejen fra Lindevangs Allé 12-14 og ned til Peter Bangs Vej, matrikel nr.: 425. Vejen fra Lindevangs Allé 12-14 og på til Finsensvej ejes af Ejerforeningen Lindevang matrikel nr.: 48aa og Ejerforeningen Lindevangs Allé 15 A matrikel nr.: 26em.
Lokalplan	Af lokalplaner i delområdet findes nr. 50, 128 og 164 (plandata.dk). Lokalplanforslag 220 er ligeledes i høring (d.d. 24.07.2019). Jf. lokalplan 164 udlægges der vej i en bredde på ca. 7 m. mellem Lindevangs Allé 10-12 og Finsensvej.
Trafik	Lokalvej
Fredninger	Der er ikke registreret fredede områder eller fredede fortidsminder. Dog er træer, der er over 25 år gamle og beliggende i et område med lokalplan eller byplanvedtægt, fredede.
Ledningsoplysninger (Frederiksberg Forsyning)	Der er identificeret en stor fjernvarmen, der krydser vejen ved Lindevangs Allé nr. 12.
Jordforurening	Der er en V2-kortlagt forurening ved Rema 1000 ved krydset Lindevangs Allé og Finsensvej. Resten af området er dog områdeklassificeret. Det vil sige, at jorden antages at være lettere forurenet, eftersom det ligger i byzone, og der skal foretages analyser for forureningsgraden.
Grundvand	Kendes ikke for området. Området ligger på et frit grundvandsmagasin. Der bør foretages grundvandspejlinger i forbindelse med projekteringen med formål om at verificere grundvandsstanden i området.



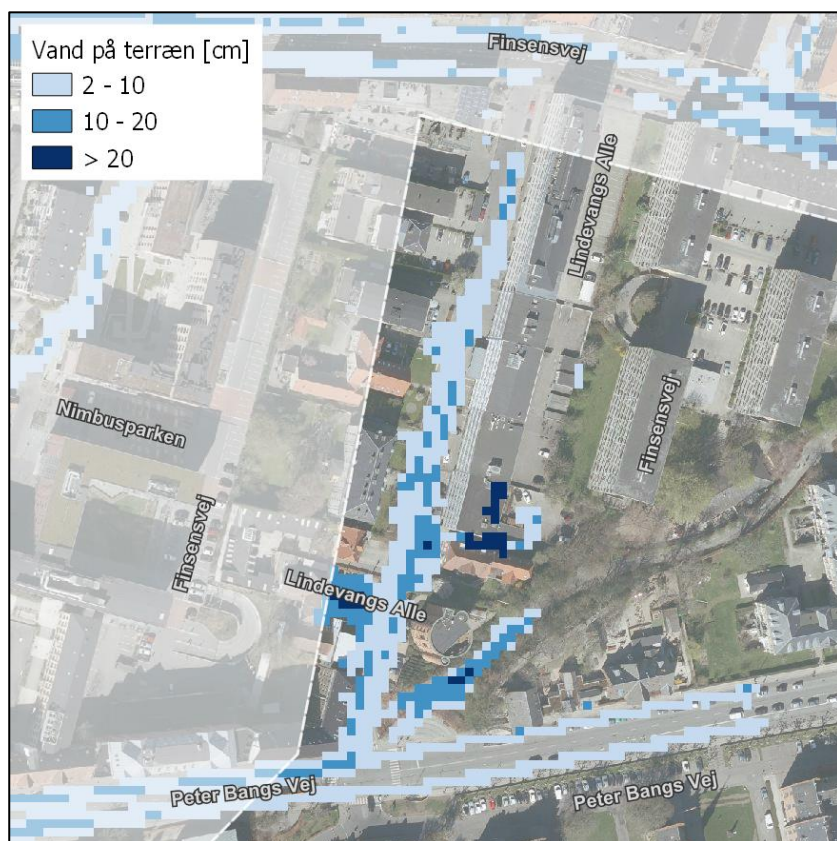
Ud fra den myndighedsmæssige og tekniske screening, vurderes det, at der kan opstå anlægstekniske udfordringer pga. mange ledninger, og specielt forårsaget af en stor fjernvarmeledning inden for delområdet. Dette skal indtænkes i økonomi og evt. gener for trafikken. Ydermere skal der tages hensyn til jordforureningen i projekteringen.

3.2 HYDRAULISK PROBLEMSTILLING

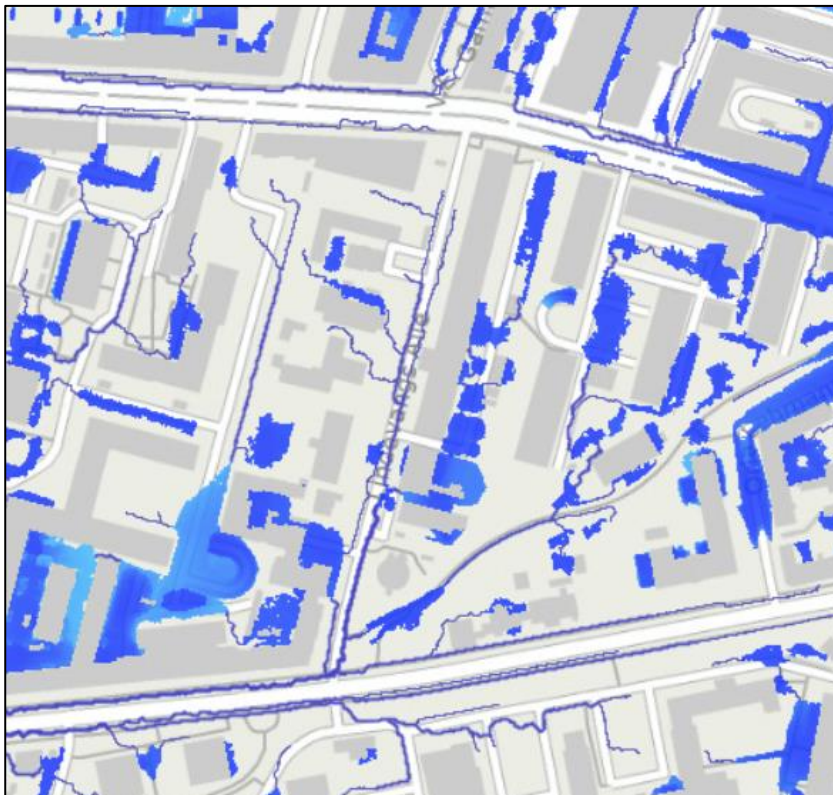
På Lindvangs Allé er der et lavpunkt ud for Lindevangs Allé 3, hvor regnvandet fra et vandopland på 0,3 ha (kilde: Scalgo Live) terrænmæssigt ledes til. Vandoplandet indgår i vandoplandet til indsatsområde 19, som ligger øst for indsatsområde 21 med en strømningsvej ad Peter Bangs Vej til Dalgas Boulevard gennem villa-kvarteret ved Jyllandsvej.

I den hydrauliske simulering for status ses det, at parkeringspladsen ved Lindevangs Allé 3 og bygningen ved Lindevangs Allé 6 er udsatte områder under en fremtidsskreven 100 års regn, se figur 3. På figur 4 ses desuden afløbsfrie lavninger og strømningsvejene i området. Der ses afløbsfrie lavninger på Den Grønne Sti lige før udgangen til Peter Bangs Vej og bag ejendommen Lindevangs Allé 6-12 samt parkeringspladsen ved Lindevangs Allé 3, hvilket understøtter resultaterne af oversvømmelsesberegningerne i figur 3.

Der henvises desuden til Bilag B for en detaljeret hydraulisk analyse.



Figur 3: Oversvømmelsesmæssige udfordringer på Lindvangs Allé ved en 100 års regn i år 2112 under eksisterende forhold.



Figur 4: Afløbsfrie lavninger (nedbørsmængde = 95 cm) og strømningsveje omkring Lindevangs Allé (vandopland = 500 m²). Kilde: Scalgo Live. Bemærk at dette kort ikke er et oversvømmelseskort. Som det fremgår på figuren, løber vandet til fra det nord til syd på Lindevangs Allé, hvorefter det løber ud på Peter Bangs Vej. Den østlige side af vejen løber desuden ind på parkeringspladsen ved Lindevangs Allé 3, hvor der er et lavpunkt inden det løber videre til Peter Bangs Vej.

3.3 BYRUM OG POTENTIALE MERVÆRDI

Lindevangs Allé er en slidt gade. Vejen mangler at blive organiseret i forhold til parkeringspladser, tilgængelighed og belysning.

Kommunen planlægger at renovere fortovet i 2021.

Der ligger et stort potentiale i at få optimeret disse forhold, og det ville også være muligt at integre bytræer på vejen.

Byrumsforbedringerne koordineres i tæt samarbejde med Byliv og Drift.

3.4 LØSNINGSFORSLAG

3.4.1 Vision og mål

Projektet håndterer/forsinker regnvandet i delområdet, hvorfra det ledes med overløb og nedrosler til kloaksystemet.

Det skal undersøges om det er muligt at forbedre parkeringspladser, belysningen, fortovet, samt etablere nye bytræer i forbindelse med projektet.

3.4.2 Beskrivelse af anlæg

Regnvandet håndteres lokalt på vejen, og de to lavninger forventes at koble sig på systemet.

Volumen kan anlægges under vejen i form af et nyt permeabel bærelag. Det vil være muligt med små bump, at håndtere regnvandet på terræn, da vejen er en lokalvej.

Volumen må forventes at blive etableret uden nedsivning. Det skyldes primært, at området ligger ved et frit grundvandsmagasin.

Volumen kan graves ned under hele vejstrækningen som er ca. 1200 m². Volumen kan findes ved flere forskellige materialevalg. Den mest fornuftige løsning anses for at være en skærve opbygning som bærelag til vejbelægningen, og anlægge en kantstens lysning på 10 cm. Det ville kunne skabe et volumen på ca. 300 m³.



Foto 3: Lindevangs Allé, der er mulighed for at volumen er under og over terræn.

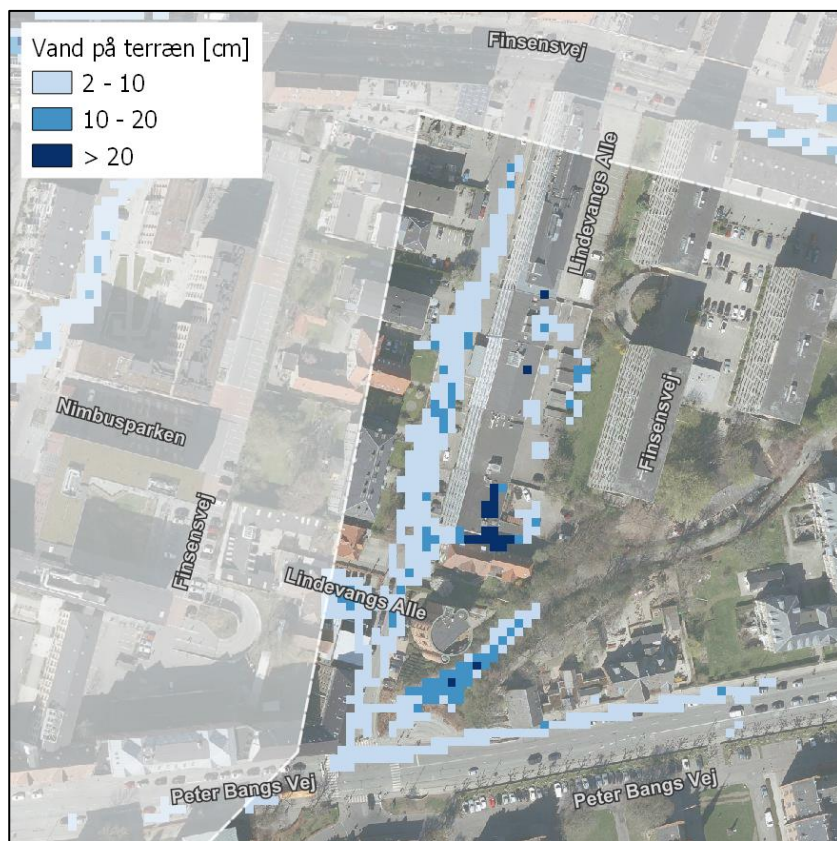
3.4.3 Hydrauliske forudsætninger

I tabel 4 fremgår det de hydrauliske forudsætninger for magasineringen under en fremtidsskrevet 100 års regn. Det nødvendige volumen er fundet ved en volumenopgørelse, og det nødvendige oplandsareal er fundet med udgangspunkt i Spildevandskomiteens Skrift 30, regneark 4.1 med forudsætning om en udledning på 5 l/s.

Tabel 4: De hydrauliske forudsætninger for delområde 2.

Nødvendigt volumen [m³]	300
Nødvendigt opland [m²]	3.400
Udløb fra bassin [l/s]	5
Afskærende ledning	Neddrosling til det eksisterende kloaksystem
Overløb til	Terræn

På baggrund af de hydrauliske forudsætninger er der foretaget en oversvømmelsesberegning, som fremgår af figur 5.



Figur 5: Oversvømmelsesmæssige udfordringer på Lindevangs Allé ved en 100 års regn i år 2112 med det foreslåede løsningstiltag.

Løsningsforslag for område 2; Lindevangs Allé



4 DELOMRÅDE 3 DEN GRØNNE STI

Se tegning over løsningsforslag for delområde 3 Den Grønne Sti på side 16.

4.1 BAGGRUND

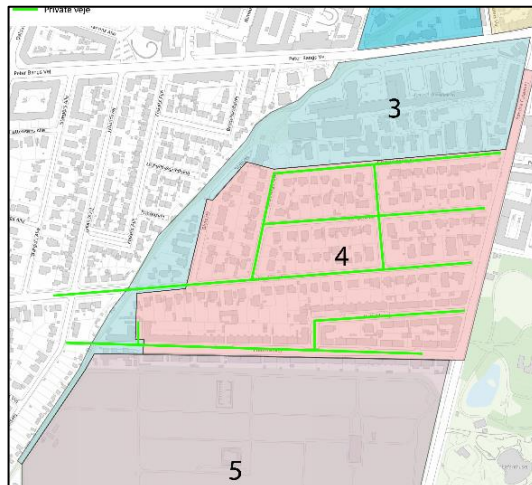
Skybrudsprojektet for delområde 3 skal ses i sammenhæng med delområde 4 Kongekvarteret, der leder og håndterer skybrudsvand på vej og til den centrale forsinkelsesplads på delområde 5 Solbjerg Parkkirkegård.

4.1.1 Forankring i rammeansøgning

Den Grønne Sti er forankret i Rammeansøgningen med projektnavn: FV19 Den Grønne Sti, og har typologien "Skybruds- og forsinkelsesvej".

4.1.2 Eksisterende forhold

Den Grønne Sti inde for delområdet er en delstrækning af en af Den Grønne Sti, der forløber gennem både Frederiksberg Kommune og Københavns Kommune. Den vestlige side af Den Grønne Sti afgrænses af skellinjen, og markerer ligeledes grænsen for, hvor hydraulisk indsatsområde 21 Solbjerg Parkkirkegård går.



Diakonissestiftelsen ligger i delområde 3. Institutionen er selvejet og ligger syd for Peter Bangs Vej. Indkørsel fra Peter Bangs Vej anvendes i dag af alle de cyklister, som skal krydse Peter Bangs Vej fra Den Grønne Sti fra Lindevangs Allé.

Området er desuden screenet for myndighedsmæssige og tekniske forhold, se tabel 5.

Tabel 5: Screening af myndighedsmæssige og tekniske forhold i delområde 3.

Ejerforhold	Frederiksberg Kommune
Lokalplan	Af lokalplaner i delområdet findes nr. 84 og nr 179 (plandata.dk). Grænsende op til Den Grønne Sti er byplanvedtægt nr. 27. Lokalplanen for Diakonissestiftelsen er ligeledes ikke fuldt ud realiseret, hvorfor der bør tages kontakt til grundejer, for at koordinere evt. realisering.
Trafik	Cykelsti og lokalvej ved krydsningerne ved Frederiksvej og Kronprinsensvej.
Fredninger	Der er ikke registreret fredede områder eller fredede fortidsminder. Dog er træer, der er over 25 år gamle og beliggende i et område med lokalplan eller byplanvedtægt, fredede.
Ledningsoplysninger (Frederiksberg Forsyning)	Der er ikke identificeret store ledninger i delområdet
Jordforurening	Der kendes ikke til nogen forurening i området. Resten af området er dog områdeklassificeret. Det vil sige, at jorden antages at være lettere forurenet, eftersom det ligger i byzone, og der skal foretages analyser for forureningsgraden.
Grundvand	Kendes ikke for området. Området ligger på et frit grundvandsmagasin. Der bør foretages grundvandspejlinger i forbindelse med projekteringen med formål om at verificere grundvandsstanden i området.

Ud fra den myndighedsmæssige og tekniske screening, vurderes det, at der kan opstå anlægstekniske udfordringer pga. mange ledninger, og specielt forårsaget af en stor fjernvarmeledning inden for delområdet. Dette skal indtænkes i økonomi og evt. gener for trafikken. Ydermere skal der tages hensyn til jordforureningen i projekteringen.

4.2 HYDRAULISK PROBLEMSTILLING

Der observeres ikke skadevoldende oversvømmelser på Den Grønne Sti, og derfor er formålet med skybrudsprojektet at skabe en hydraulisk sammenhæng mellem oplandene nord for Solbjerg Parkkirkegård og Solbjerg Parkkirkegård.

4.3 BYRUM OG POTENTIALE MERVÆRDI

Den Grønne Sti har i dag et flot forløb, hvor de omkringliggende træer skaber en flot ramme om stien. Derfor skal man passe på med at grave for dybt, da der kan være risiko for at skade træernes rødder.

Indgangene til Solbjerg Parkkirkegård fra Den Grønne Sti og Frederiksvej er lettere skjult, og det kan være en mulighed at anlægge en bedre sammenhæng mellem Den Grønne Sti og indgange til Solbjerg Parkkirkegård fra Frederiksvej. Skybrudsprojektet skal derfor koordineres med udviklingsplanen for Solbjerg Parkkirkegård.



Foto 4: Indgangen til cykelstien fra Diakonissestiftelsen til Den Grønne Sti.

Skybrudsprojektet kan sikre, at cykelisterne ledes mere trygt ind på Den Grønne Sti fra Diakonissestiftelsen.

4.4 LØSNINGSFORSLAG

4.4.1 Vision og mål

Delområde 3 Den Grønne Sti skal som skybrudsvej transportere regnvand fra Delområde 3 Den Grønne Sti og Delområde 4 Kongekvarteret sikkert ind til Delområde 5 Solbjerg Parkkirkegård. Den Grønne Sti skal stadig fremstå frodig og grøn efter skybrudsprojektets anlæggelse.

4.4.2 Beskriv anlæg

Det skal undersøges, om Diakonissestiftelsen vil aflede deres regnvand ind til på Den Grønne Sti. Hvis dette muliggøres, kan man samtidig forbedre cyklistforholdene som kører ind på Den Grønne Sti fra Diakonissestiftelsen.

Regnvandet skal transporteres så højt som muligt på Den Grønne Sti.

Ved Kronprinsensvej skal der anlægges en ledning, som kan transportere regnvandet fra Delområde 4 sikkert ind til Delområde 5. Ledningen kan tilsluttes i Solbjerg Parkkirkegård ved koordinatet ca.: 55°40'25.8"N 12°30'34.5"E.



Foto 5: Ved Kronprinsensvej skal vandet over et bump. Herfra opsamles regnvandet fra delområde 4.

Regnvandet kan igen ledes på terræn mellem Kronprinsensvej og Frederiksvej ca. ved koordinatet her: $55^{\circ}40'32.6''N$ $12^{\circ}30'42.0''E$.

4.4.3 Hydrauliske forudsætninger (volumen, opland etc.)

I tabel 6 fremgår de hydrauliske forudsætninger for magasineringen under en fremtidsskreven 100 års regn. Vandføringen er beregnet ved at koble skybrudsprojektet fra Kronprinsensvej, området ved Diakonissestiftelsen og lavninger langs Den Grønne Sti. Som det ses, fremgår der to vandføringer. Transportledning nord for Kronprinsensvej skal føre 0,5 m³/s, og syd for Kronprinsensvej skal ledningen føre 4,2 m³/s.

Tabel 6: De hydrauliske forudsætninger for delområde 3.

Teoretisk vandopland [ha]	41
Vandføring [m³/s]	0,5 / 4,2

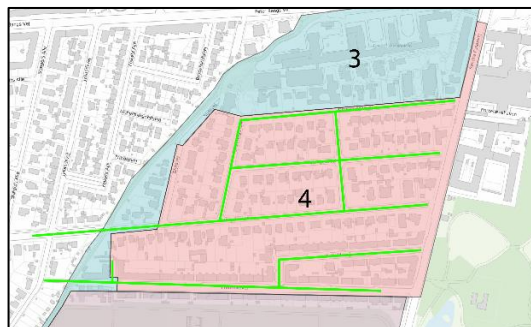


5 DELOMRÅDE 4 KONGEKVARTERET

Se tegning over løsningsforslag for delområde 4 Kongekvarteret på side 22.

5.1 BAGGRUND

Kongekvarteret har et naturligt fald fra nordøst mod sydvest, og leder således naturligt regnvand mod Den Grønne Sti. For at styre vandet på terræn, og derved undgå lokale oversvømmelser, skal der laves tiltag, som leder regnvand i skybrudssituationer, til den centrale forsinkelse i Solbjerg Parkkirkegård.



5.1.1 Forankring i rammeansøgning

Delområde 4 Kongekvarteret fremgår ikke som et separat skybrudsprojekt i Rammeansøgningen, men indgår under FV27 Grønne veje i øvrigt – Vest.

5.1.2 Eksisterende forhold

Kongekvarteret er et villakvarter, hvor den eneste indgangsvej er via Kronprinsensvej. Delområdet er afgrænset af Blytsvej i vest, Dronningensvej i nord og Frederiksvej i syd samt Søndre Fasanvej i øst (se kort over delområder). Med undtagelse af Blytsvej og Søndre Fasanvej, er de øvrige veje i delområdet private fællesveje. De er derfor ikke en del af parkeringszonen på Frederiksberg.

Området er desuden screenet for myndighedsmæssige og tekniske forhold, se tabel 7.

Tabel 7: Screening af myndighedsmæssige og tekniske forhold i delområde 4.

Ejerforhold	Dronningensvej, Kongensvej, Arveprinsensvej, Kongens Tværvej, Kronprinsensvej, Mathildevej og Frederiksvej er alle private fællesveje.
Lokalplan	I området forefindes byplanvedtægt nr. 27.
Trafik	Lokalveje med fortov og Søndre Fasanvej er en trafikvej.
Fredninger	Der er ikke registreret fredede områder eller fredede fortidsminder. Dog er træer, der er over 25 år gamle og beliggende i et område med lokalplan eller byplanvedtægt, fredede.
Ledningsoplysninger (Frederiksberg Forsyning)	Projektet dækker et stort område. Der er ledninger langs vejene, men ikke i særlig grad. Der er ikke konstateret store ledninger.
Jordforurening	Der er ikke kortlagt forurening i området. Området er dog områdeklassificeret. Det vil sige, at jorden antages at være lettere forurenede, eftersom det ligger i byzone, og der skal foretages analyser for forureningsgraden.
Grundvand	Kendes ikke for området. Området ligger på et frit grundvandsmagasin. Der bør foretages grundvandspejlinger i forbindelse med projekteringen med formål om at verificere grundvandsstanden i området.

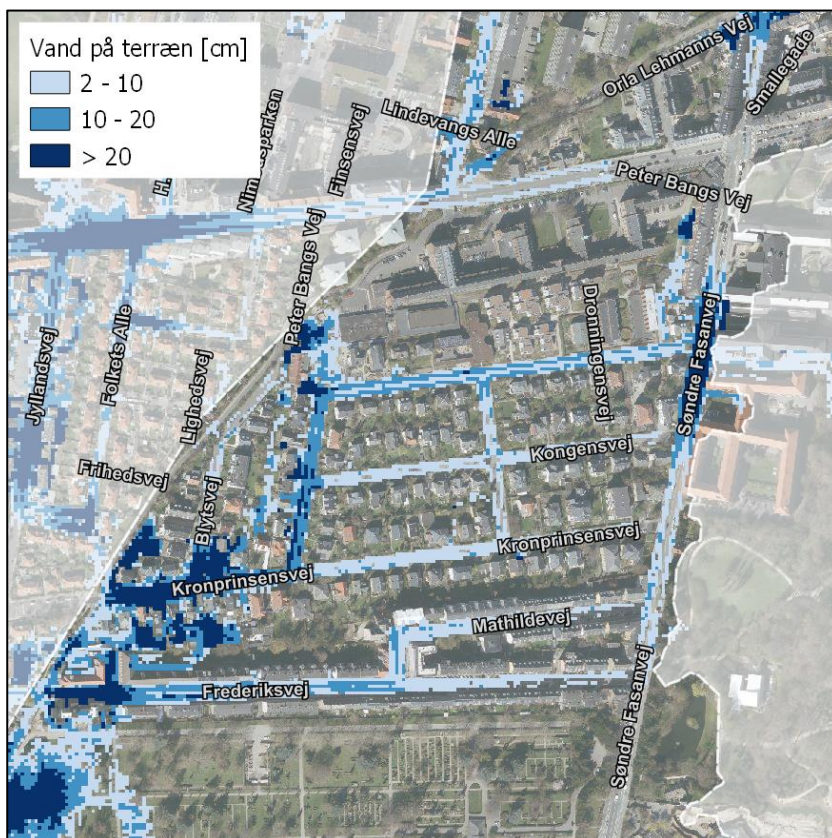
Ud fra den myndighedsmæssige og tekniske screening, vurderes det, at der kan opstå anlægstekniske udfordringer pga. mange ledninger, og specielt forårsaget af en stor fjernvarmeledning inden for delområdet. Dette skal indtænkes i økonomi og evt. gener for trafikken. Ydermere skal der tages hensyn til jordforureningen i projekteringen.

5.2 HYDRAULISK PROBLEMSTILLING

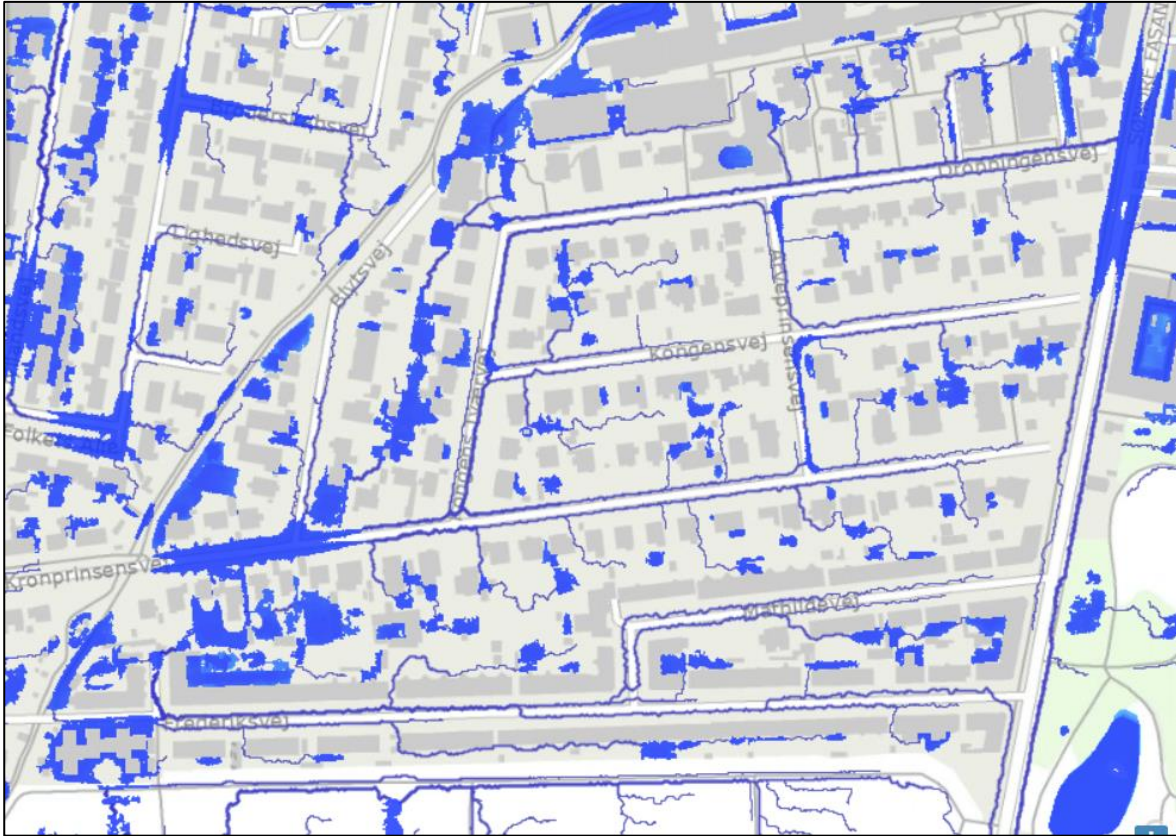
Ud fra den hydrauliske simulering for status ses der fire udsatte områder (se desuden figur 6):

- Søndre Fasanvej, hvor regnvandet kommer fra Roskildevej ($55^{\circ}40'40.0''N$ $12^{\circ}31'14.7''E$) med et terrænmæssigt vandopland på ca. 4,8 ha (Scalگو Live).
- Dronningensvej og Kongens Tværgade, hvor vandet samles inden det løber videre ($55^{\circ}40'39.3''N$ $12^{\circ}30'54.6''E$) med et terrænmæssigt vandopland på ca. 9,3 ha (Scalگو Live), inkl. vandoplandet til Søndre Fasanvej.
- Krydset af Kronprinsensvej og Blytsvej ($55^{\circ}40'33.9''N$ $12^{\circ}30'47.1''E$) med et terrænmæssigt vandopland på ca. 18 ha, inkl. vandoplandet til Søndre Fasanvej samt Dronningens Vej / Kongens Tværrvej (Scalگو Live).
- Børnehaven Frederiksvej ($55^{\circ}40'30.8''N$ $12^{\circ}30'43.8''E$) med et terrænmæssigt vandopland på ca. 23 ha, inkl. vandoplandet til Søndre Fasanvej, Dronningens Vej / Kongens Tværrvej samt Kronprinsensvej (Scalگو Live).

For afløbsfrie lavpunkter og strømningsveje til de ovenstående fire udsatte områder, henvises der til figur 7. Der henvises desuden til Bilag B for en detaljeret hydraulisk analyse.



Figur 6: Oversvømmelsesmæssige udfordringer i Kongekvarteret ved en 100 års regn i år 2112 under eksisterende forhold.



Figur 7: Afløbsfrie lavninger (nedbørsmængde = 95 cm) og strømningsveje i Kongekvarteret (vandopland = 500 m²). Kilde: Scalgo Live. Bemærk at dette kort ikke er et oversvømmelseskort. Som det fremgår på figuren, er det overordnede fald i området fra øst til vest.

5.3 BYRUM OG POTENTIALE MERVÆRDI

Ved forslaget kan der være følgende byrumsforbedringer: Vejene i kongekvarteret er alle private fællesveje, og står over for en renovering. Der er flere vejtræer, som bærer præg af, at de har dårlige vækstvilkår. Derfor kan man opnå en høj byrumsforbedring, hvis man kan sammentænke det hydrauliske anlæg med nye vejtræer, nye kantsten og nye kørebaner.



Foto 6: Kronprinsensvej og de andre veje i Kongekvarteret har potentiale for at lave flere byrumsforbedringer i forhold til det hydrauliske anlæg.

5.4 LØSNINGSFORSLAG

5.4.1 Vision og mål

Oversvømmelserne inden for området skal nedbringes til 10 cm vand på terræn i skel. Det forekommer som et spildevandsteknisk projekt, da kvarteret er private fællesveje.

5.4.2 Beskriv anlæg:

Der anlægges en transportledning fra lavpunktet i Søndre Fasanvej, gennem Dronningensvej, Kongens Tvævej og Kronprinsensvej inden den tilsluttes transportledningen i Den Grønne Sti mod Solbjerg Parkkirkegård. Ydermere skal der anlægges 800 m³ volumen for at sikre kunne håndtere hovedvandvejen gennem villa-kvarteret mellem Kongens Tvævej og Blytsvej. Opmagasineringen foreslås underjordisk, men det kan i samarbejde med kvarterets ejerforeninger udføres mere terrænnært og rekreativt.



Foto 7: Fra Frederiksvej føres regnvandet ind i Solbjerg Parkkirkegård.

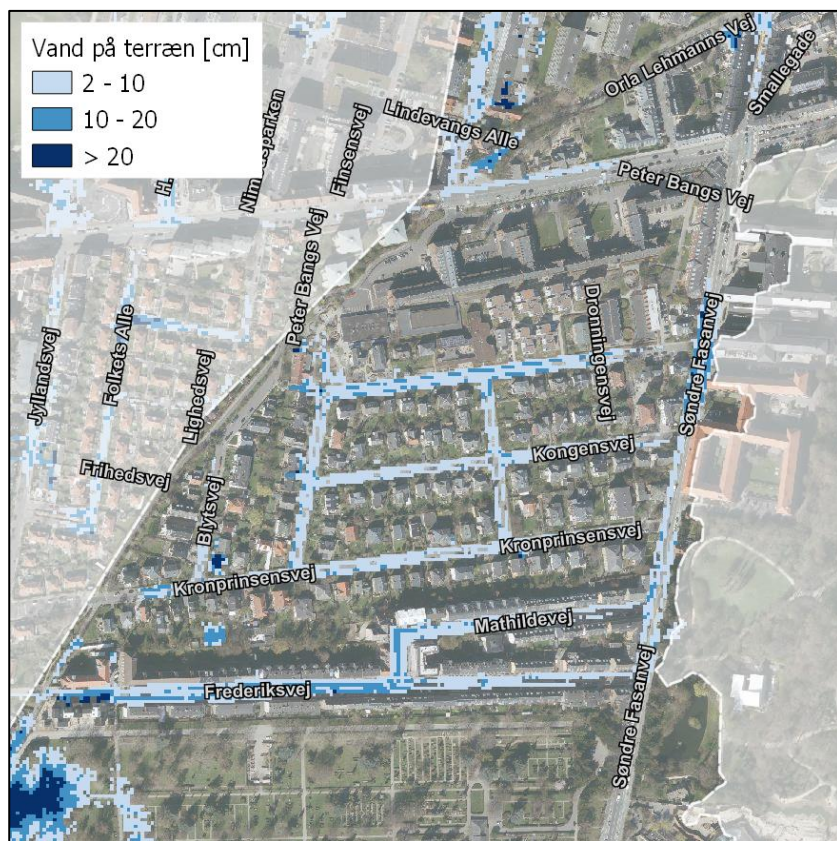
5.4.3 Hydrauliske forudsætninger

I tabel 8 fremgår de hydrauliske forudsætninger for magasineringen under en fremtidsskreven 100 års regn. Det nødvendige volumen er fundet ved en volumenopgørelse, og det nødvendige oplandsareal er fundet med udgangspunkt i Spildevandskomiteens Skrift 30, regneark 4.1 med forudsætning om en udledning på 5 l/s.

Tabel 8: De hydrauliske forudsætninger for delområde 4.

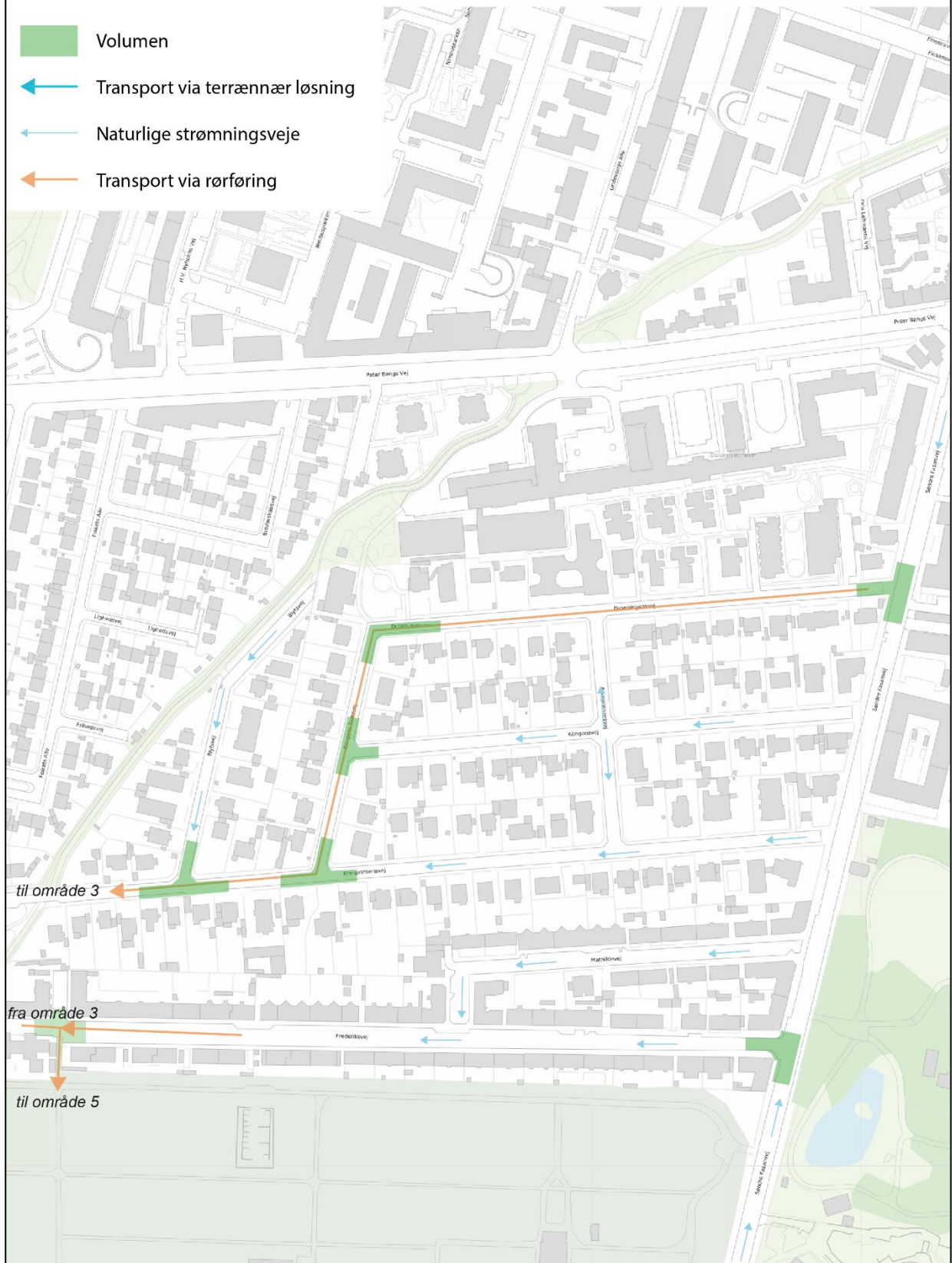
Nødvendigt volumen [m³]	800
Nødvendigt opland [m²]	-
Udløb fra bassin [l/s]	5
Afskærende ledning	Neddrosling til det eksisterende kloaksystem
Overløb til	Terræn

På baggrund af de hydrauliske forudsætninger er der foretaget en oversvømmelsesberegning, som fremgår af figur 8.



Figur 8: Oversvømmelsesmæssige udfordringer i Kongekvarteret ved en 100 års regn i år 2112 med det foreslåede løsningsiltag.

Løsningsforslag for område 4; Kongekvarteret



6 DELOMRÅDE 5 SOLBJERG PARKKIRKEGÅRD

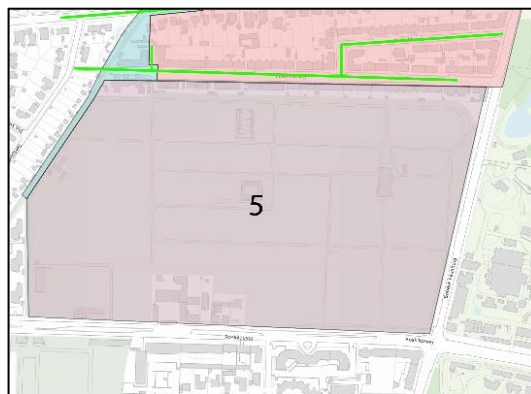
Se tegning over løsningsforslag for delområde 5 Solbjerg Parkkirkegård på side 28.

6.1 BAGGRUND

Skybrudsprojektet Solbjerg Parkkirkegård er et vigtigt forsinkelselement for indsatsområde 21. Projektet er primært en lokal løsning til håndtering af skybrudsvand fra tilstødende arealer og er af betydning for skybrudssikring af det nedstrøms område beliggende omkring Borgmester Fischers Vej.

Projektområdets volumen anlægges på den vestligste del af Solbjerg Parkkirkegård. Der er lagt op til to forslag i skybrudsprojektet, som er:

- Forslag A med det nødvendige volumen, og
- Forslag B, hvor der kan etableres et mindre volumen på Solbjerg Parkkirkegård end det nødvendige volumen for at vurdere betydning for et mindre volumen. I dette tilfælde er der regnet med et volumen på 7.000 m³.



6.1.1 Forankring i rammeansøgning

Projektet er forankret i rammeansøgningen med projektnavn: FV20 Solbjerg Parkkirkegård, hvor det er udpeget som et centralt forsinkelsesbassin.

I rammeansøgningen er der beskrevet et volumen på 2.000 m³ og en samlet økonomi på 13,5 mio. kr.

6.1.2 Eksisterende forhold

Delområdet er på ca. 17 hektar, hvor renvandet afledes naturligt fra øst til vest, og i den vestlige del af kirkegården er der lavninger, hvor regnvandet kan samles naturligt på terræn.

Delområdet er grundet kirkegårdens alder, præget af mange store gamle træer. Størstedelen af græsplænen er blevet anvendt til gravpladser, hvor hovedparten har gravsten/fredede gravsteder.

Rundt om kirkegården løber en asfaltvej i den ydere kant, som kun benyttet af personer med tilknytning til kirkegården. Der er større stier gennem delområdet som anvendes af fodgænger. Endelig findes der en materialeplads i den nordlige del af kirkegården.

Området er desuden screenet for myndighedsmæssige og tekniske forhold, se tabel 9.

Tabel 9: Screening af myndighedsmæssige og tekniske forhold i område 5.

Ejerforhold	Kirkegården ejes af Frederiksberg Kommune, men et projekt skal godkendes af Kirkeministeriet.
Lokalplan	Der foreligger ingen lokalplan i området. En del af kirkegården overgår til park i 2020, idet der dog på dette areal fortsat er bevaringsværdige gravsteder. Den øvrige del af kirkegården forventes at kunne overgå til park i 2050 men afhænger dog af udviklingen i gravmønstre.

(tabellen fortsætter på næste side)

(tabel 9 fortsat)

Trafik	Der er ingen nævneværdi biltrafik. Området anvendes hyppigt af fodgængere.
Fredninger	Der er ikke registreret fredede områder eller fredede fortidsminder. Dog er træer, der er over 25 år gamle og beliggende i et område med lokalplan eller byplanvedtægt, fredede. Der er fredede træer på parkkirkegården. Der er desuden bevaringsværdige gravsteder. Projektet er desuden underlagt kirkelovgivningen.
Ledningsoplysninger (Frederiksberg Forsyning)	Der er ikke identificeret store ledninger i området
Jordforurening	Der er en V2-kortlagt forurening på Roskildevej 46 og hele matrikel nr. 28a. Forurening skal vurderes i forbindelse med forundersøgelserne til skybrudsprojektet. Resten af området er dog områdeklassificeret. Det vil sige, at jorden antages at være lettere forurenede, eftersom det ligger i byzone, og der skal foretages analyser for forureningsgraden.
Grundvand	Kendes ikke for området. Der bør foretages grundvandspejlinger i forbindelse med projekteringen med formål om at verificere grundvandsstanden i området.

Ud fra den myndighedsmæssige og tekniske screening, vurderes det, at der kan opstå anlægstekniske udfordringer, da det er en kirkegård med bevaringsværdige gravsteder og fredede træer. Ydermere skal der tages hensyn til jordforureningen i projekteringen.

6.2 BYRUM OG POTENTIALE MERVÆRDI

Det er planen, at Solbjerg Parkkirkegård skal transformeres fra kirkegård til park over en længere årrække. En del af kirkegården ophører som aktiv kirkegård i 2020 og det er planen, at den centrale del omdannes i 2050 på grund af årelange kontrakter. Der er udarbejdet et skitseprojekt for omdannelsen.

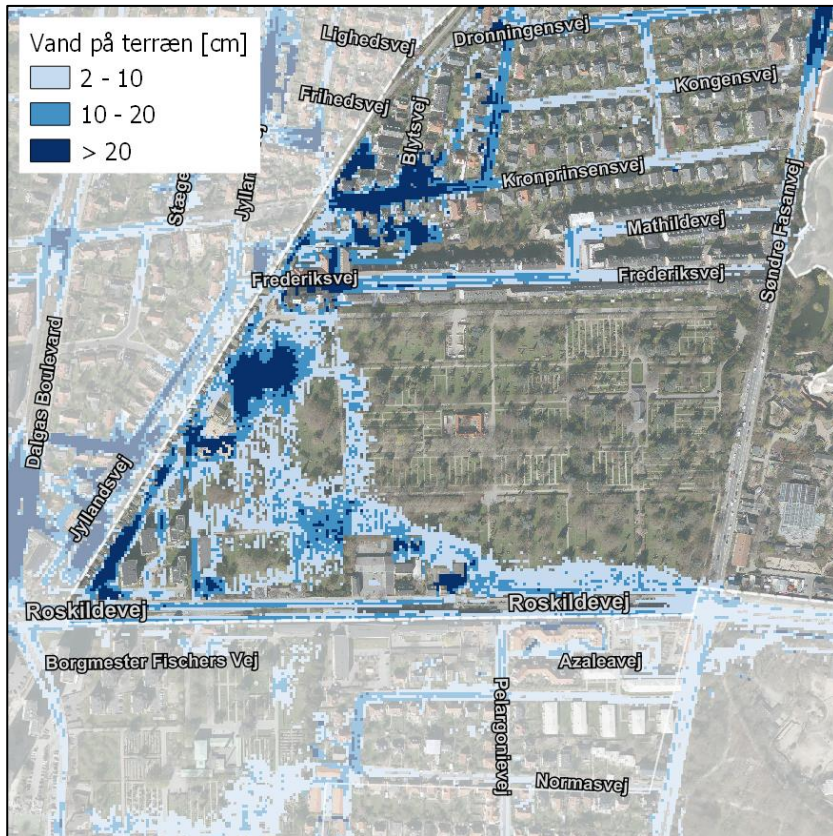
Der er muligheder for byrumsforbedringer via nye rekreative tiltag, som vil gøre Solbjerg Parkkirkegård mere park og mindre kirkegård.

Det vurderes, at projektforslagene ikke vil påvirke de bevaringsværdige gravsteder.

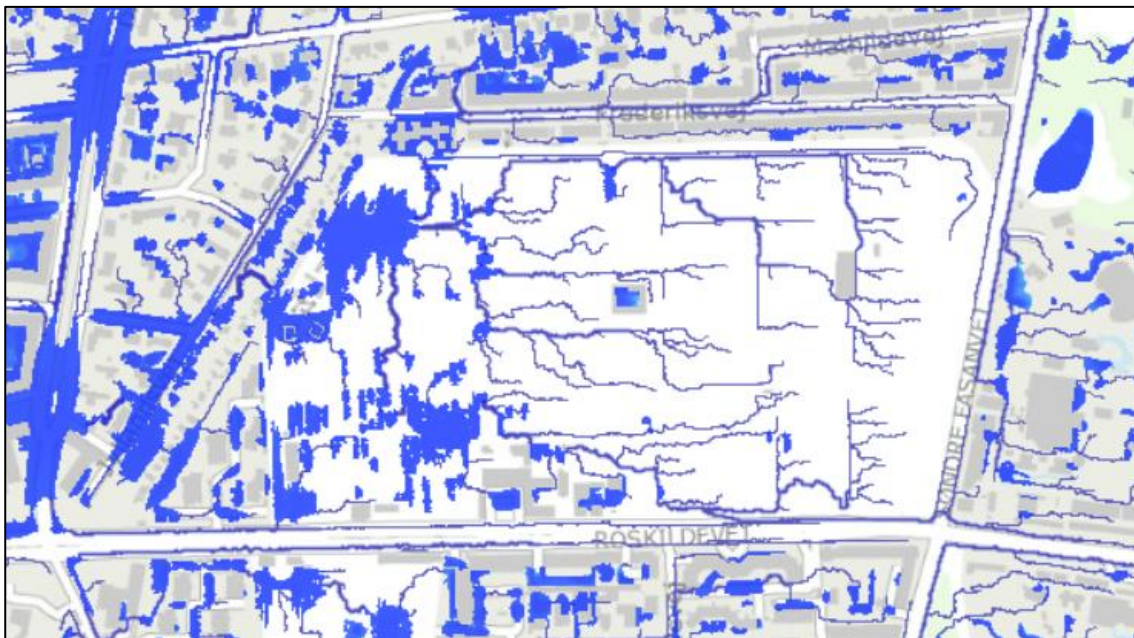
6.3 HYDRAULISK PROBLEMSTILLING

På Solbjerg Parkkirkegård er der lavninger på den vestlige del af kirkegården, hvor regnvandet fra et vandopland på ca. 40 ha (kilde: Scalgo Live) terrænmæssigt ledes til, som er inkl. vandoplandene i Kongekvarteret. Vandoplandet indgår i vandoplandet til indsatsområde 19, som ligger øst for indsatsområde 21 med en strømningsvej gennem kolonihaverne til Jyllandsvej og Dalgas Boulevard.

Resultaterne for oversvømmelser under en 100 års regn i 2112 uden løsningstiltag fremgår i figur 9, og en oversigt over afløbsfrie lavninger og strømningsveje i området ses på figur 10. Der henvises desuden til Bilag B for en detaljeret hydraulisk analyse.



Figur 9: Oversvømmelsesmæssige udfordringer på Solbjerg Parkkirkegård ved en 100 års regn i år 2112 under eksisterende forhold.



Figur 10: Afløbsfrie lavninger (nedbørsmængde = 95 cm) og strømningsveje på Solbjerg Parkkirkegård (vandopland = 500 m²). Kilde: Scalgo Live. Bemærk at dette kort ikke er et oversvømmelseskort. Som det fremgår på figuren, er det overordnede fald i området fra øst til vest med lavpunkter i den vestlige del af Solbjerg Parkkirkegård. Der er desuden en strømningsvej fra Solbjerg Parkkirkegård til Jyllandsvvej og Dalgas Boulevard, som indgår i indsatsområde 19.

6.4 LØSNINGSFORSLAG

6.4.1 Vision og mål

Regnvandet fra Solbjerg Parkkirkegård håndteres i den vestlige del af kirkegården. Der skal transporteres regnvand i en skybrudssituation til kirkegården fra oplandene nord for Solbjerg Parkkirkegård (Kongekvarteret m.fl.). Skybrudsprojektet kan også være med til at skabe byrumsforbedringer via nye rekreative tiltag, hvori regnvandet kan håndteres på terræn. Skybrudsprojektet skal derfor sammentænkes med udviklingsplanen for Solbjerg Parkkirkegård.

6.4.2 Beskriv anlæg

Bassinet modtager overfladevand fra Kongekvarteret (område 4) ved den lille passage ind til Solbjerg Parkkirkegård ved Børnehuset Frederiksvej, og fra en regnvandsledning fra Den Grønne Sti (område 3), nord fra adressen Roskildevej 56C.

Regnvandet fra Solbjerg Parkkirkegård skal transporteres fra øst til vest. Dette gøres ved at omprofilere nogle stier. Stierne transporterer alt overfladevandet kontrolleret ned til bassinet. Det skal undersøges, om man kan anvende de eksisterende ledninger i stierne.

Volumen placeres i den vestlige del af kirkegården. Et volumen på 2.000 m³ placeres i asfaltvejen, de to større stier og materialepladsen. Disse områder er umiddelbart oplagte steder at opmagasinere regnvand, da der hverken er gravpladser eller flere ledninger, men det kan forventes at der ligger en spildevandsledning i vejen.

Inde på selv græsarealet kan terrænet udformes rekreativt, og samtidig holde regnvandet tilbage på terræn. Det forventes, terrænet kan sænkes og nogle steder hæves, så der kan stå vand med en gennemsnitshøjde på 30 cm, og at terrænet kan udformes således, at der opstå et volumen på 7.000 m³. Opstuvning af regnvand på terræn forventes først at opstå ved en 20 årsregn. Ydermere skal vand på terræn overholde embedslægens krav.



Foto 2. Viser materialepladsen som kan anvendes som volumen.



Foto 3: Asfaltvejen (til venstre) og de større stier (til højre), hvor regnvandet skal opmagasineres.

6.4.3 Hydrauliske forudsætninger

I tabel 10 fremgår de hydrauliske forudsætninger for magasineringen under en fremtidsskreven 100 års regn. Det nødvendige volumen er fundet ved en volumenopgørelse, og det nødvendige oplandsareal er fundet med udgangspunkt i Spildevandskomiteens Skrift 30, regneark 4.1 med forudsætning om en udledning på 5 l/s.

Tabel 10: De hydrauliske forudsætninger for delområde 5.

Nødvendigt volumen [m³]	7.000-13.000
Nødvendigt opland	Solbjerg Parkkirkegård og oplandet ved Kongekvarteret
Udløb fra bassin [l/s]	5
Afskærende ledning	Neddrosling til det eksisterende kloaksystem
Overløb til	Terræn

Løsningsforslag for område 5; Solbjerg Parkkirkegård

version 2.0



Bilag B: Hydraulisk analyse

1 INDHOLD

2	Indledning.....	2
3	Grundlag.....	2
4	Områdebeskrivelse.....	2
5	Forudsætninger	3
5.1	Gentagelsesperiode og sikkerhedsfaktor	3
5.2	Bestemmelse af kritisk kote.....	3
5.3	Scenarier	4
5.4	Modelopsætning.....	4
5.4.1	Terrænmodel.....	4
5.4.2	Skybrudselementer	5
5.4.3	Oplandsareal, herunder befæstelsesgrader.....	6
5.5	Kommunale og projektrelaterede grænser	6
6	Resultater	7
6.1	Klimatilpasning.....	7
6.1.1	Statusberegninger	7
6.1.2	Planberegninger	8
6.2	Kapacitetsanalyse	10
6.2.1	Kapacitetsanalyse ved en 10 års regn	10
7	Konklusion	12
7.1	Klimatilpasning.....	12
7.2	Kapacitetsanalyse	12
7.3	Anbefalinger	12
8	Referencer	13

Bilagsoversigt:

- B.1 Oversvømmelses- og kapacitetskort
- B.2 Volumenberegninger for Solbjerg Parkkirkegård
- B.3 Notat om afvandingsforhold i HH19-21

2 INDLEDNING

I forbindelse med den hydrauliske helhedsplanlægning af indsatsområde 21 i Frederiksberg Kommune vurderes den hydrauliske effekt af de foreslåede skybrudsløsninger til klimatilpasning af indsatsområdet. Det primære formål med helhedsindsatsen er at vurdere, hvilken effekt de planlagte løsningsforslag har på oversvømmelser ved en 100 års regn i år 2112. Derudover benyttes de foreslåede skybrudstiltag til at analysere kapaciteten i det eksisterende ledningssystem ved en 10 års regn for at vurdere effekten af løsningsforslagene under denne regn.

I nærværende bilag gennemgås forudsætningerne samt resultaterne af den hydrauliske simulering.

3 GRUNDLAG

Følgende materiale og programmer er grundlag for den hydrauliske simulering:

- Rammeansøgning af d. 25. februar 2016 /1/
- Frederiksberg Kommunes Klimatilpasningsplan 2012 /2/
- Konkretisering af skybrudsplan for København Vest og Frederiksberg Vest
- MIKE URBAN version 2019 er anvendt til kapacitetsanalyse
- MIKE21 er anvendt til oversvømmelsessimulering sammen med MIKE URBAN version 2019
- Frederiksberg Forsynings model af 2018 med opdatering af afsluttede skybrudsprojekter i 2019
- HOFORs model af 2017
- Terrænmodel trukket ud fra Scalgo Live (2015 terrænmodel med manuel terrænændring)
- Dimensioneringsgrundlag i 4-parts regi
- Spildevandskomitéens Skrift 29 /3/ og 30 /4/ til vurdering af sikkerhedsfaktor
- Spildevandskomitéens Skrift 30, regional regnrække version 4.1 til generering af CDS-regn

4 OMRÅDEBESKRIVELSE

De eksisterende forhold er beskrevet i projektbeskrivelserne, se bilag A til hovedrapporten. Det eksisterende system omfatter det eksisterende kloaksystem med realiserede skybrudsprojekter.

Planlagte forhold omfatter det eksisterende kloaksystem kombineret med alle projekter beskrevet i /1/ og planlagte hovedvandveje fra konkretiseringsprojekter samt andre planlagte skybrudsprojekter, herunder spildevandstekniske anlæg.

Det skal desuden bemærkes, at Solbjerg Parkkirkegård, der er en del af indsatsområde 21, bliver betragtet som et grønt areal i forbindelse med de hydrauliske simuleringer.

5 FORUDSÆTNINGER

I dette afsnit gennemgås forudsætningerne for regn, scenarier og modelopsætningen, herunder skybrudselementer fra rammeansøgningen.

5.1 GENTAGELSESPERIODE OG SIKKERHEDSFAKTOR

Den hydrauliske simulering er foretaget på beregningsniveau 2, og der er genereret CDS-regn til analyse af kapacitet og oversvømmelsesomfang.

Til kapacitetsanalysen er der anvendt en gentagelsesperiode på 10 år, som er det vejledende funktionskrav i fælleskloakerede områder iht. Spildevandskomiteens Skrift 27. Det skal bemærkes, at hovedparten af Frederiksberg Kommunes kloakledninger er dimensioneret iht. den tidligere nationalfunktionspraksis lydende, at fællesledninger dimensioneres fuldløbende ved en gentagelsesperiode på 2 år (fælleskloak). Derfor bør der i revisionen til HH21 køres en kapacitetsanalyse ved en 5 års regn.

I forbindelse med klimatilpasning, ønsker Frederiksberg Kommune, at de fremtidige skybrudsløsninger dimensioneres således, at der ikke sker skadevoldende oversvømmelser oftere end ved en regn, der statistisk sker én gang hvert 100 år i år 2112. Derfor er der i beregningerne anvendt en CDS-regn svarende til en gentagelsesperiode på 100 år med en klimafaktor tilsvarende en 100 års tidshorisont. Der anvendes også klimafaktor på kapacitetsanalysen. De valgte klimafaktorer følger Spildevandskomitéens Skrift 29 og 30, se tabel 1.

Tabel 1: oversigt over den samlede sikkerhedsfaktor afhængig af gentagelsesperiode.

Gentagelsesperiode	Forhold ¹⁾	Klimafaktor	Modelusikkerhed	Samlet sikkerhedsfaktor
10 år	Status	1,00	1,10	1,10
10 år	Status + Plan	1,30	1,10	1,43
100 år	Status	1,40	1,10	1,54
100 år	Plan	1,40	1,10	1,54

¹⁾ Jf. afsnit 5.3 om scenarier.

Herefter vil gentagelsesperioderne med en klimafaktor omtales som fremtidsskreven, f.eks. en fremtidsskreven 100 års regn.

5.2 BESTEMMELSE AF KRITISK KOTE

Frederiksberg Kommunes serviceniveau for klimatilpasning er, at der højst én gang hvert 100. år må stå 10 cm vand på terræn i skel i år 2112.

Afvielser fra serviceniveauet kan tillades således, at:

- Vanddybden kan være over 10 cm i arealer, som er udpeget til oversvømmelse og / eller midlertidig magasinering ved skybrud. I indsatsområde 21 er det:
 - o Solbjerg Parkkirkegård
- Vanddybden kan være over 10 cm på lokaliteter, hvor risikoen for skadevoldende oversvømmelser betragtes som minimal eller ikke til stede.

5.3 SCENARIER

Der er opstillet flere scenarier, da det ønskes at vurdere effekten ved forskellige løsningsforslag, se tabel 2.

Tabel 2: Oversigt over scenarier til den hydrauliske simulering.

Nr.	Forhold	Område	Beskrivelse
S1	Status	Klimatilpasning	Det eksisterende kloaksystem med formål om at vurdere de eksisterende forhold om 100 år og til sammenligning med planberegningerne. Modellen er kørt med klimafaktor.
S2	Status	Kapacitetsanalyse	Det eksisterende kloaksystem med formål om at vurdere de eksisterende forhold samt til sammenligning med planberegningerne. Scenariet er kørt med en 10 års regn uden klimafaktor.
S3	Status	Kapacitetsanalyse	Det eksisterende kloaksystem med formål om at vurdere de eksisterende forhold samt til sammenligning med planberegningerne. Scenariet er kørt med en fremtidsskreven 10 års regn.
P1	Plan	Klimatilpasning	De fremtidige forhold med skybrudsprojekterne, der fremgår af tabel 3 på s. 5 med formål om at vurdere oversvømmelsesomfanget under en fremtidsskreven 100 års regn. Scenariet er med udgangspunkt i, at Solbjerg Parkkirkegård kan håndtere det nødvendige volumen, som er beregnet til ca. 13.000 m ³ , jf. bilag B.2.
P2	Plan	Klimatilpasning	De fremtidige forhold med skybrudsprojekterne, der fremgår af tabel 3 på s. 5 med formål om at vurdere oversvømmelsesomfanget under en fremtidsskreven 100 års regn. Scenariet er med udgangspunkt i, at Solbjerg Parkkirkegård kan håndtere 7.000 m ³ .
P3	Plan	Kapacitetsanalyse	Kapacitetsanalyse med udgangspunkt i planmodel fra P2 med formål om at vurdere skybrudstiltagenes indflydelse på det eksisterende kloaksystem. Scenariet er kørt med en fremtidsskreven 10 års regn.

5.4 MODELOPSÆTNING

I dette afsnit gennemgås forudsætningerne for den anvendte terrænmodel samt forudsætningerne for opsætning af løsningsforslagene i modellen.

Til nærværende hydrauliske helhedsindsats er MIKE URBAN anvendt til ledningssimulering og MIKE FLOOD (kombination af MIKE URBAN og MIKE21) til oversvømmelsesberegningerne. Ledningssystemet er sat op i Frederiksberg Kloak A/S MOPS, der er en database som årligt opdateres i forhold til ændringer i kloaksystemet for henholdsvis Frederiksberg Kloak A/S opland og Københavns Spildevands tilstødende kloakker.

Det skal bemærkes, at der ikke tages hensyn til spildevandsafstrømning og uvedkommende vand i de eksisterende ledninger. For en 100 års regn antages det, at det vil have minimal indflydelse. Dog kan det have en betydning i forbindelse med kapacitetsanalysen. Det bør derfor i revisionen af HH21 medtages i kapacitetsanalysen.

5.4.1 Terrænmodel

Til oversvømmelsesberegningen er der anvendt en terrænmodel baseret på Danmarks Højdemodel (DHM) af 2015 med en opløsning på 40 x 40 cm. Objekter såsom træer, huse, biler mv. indgår ikke i terrænmodellen.

Det er kontrolleret, at tilpasningerne i forhold til DHM/Terræn stemmer overens med virkeligheden, eksempelvis ved brug af orthofoto af delområdet. De steder, hvor der er foretaget tilpasninger, fremgår af laget DHM/Hydrologiske tilpasninger. I forbindelse med HH21 er der desuden indsat en mur ved Orla Lehmanns Vej som en del af det planlagte skybrudsprojekt. Ellers fraviger Frederiksberg Idrætsanlæg terrænmodellen af 2015, som er tilrettet. Rettelserne er foretaget i SCALGO Live, hvorfra den er trukket ud efterfølgende til brug i MIKE21.

I MIKE21 er terrænmodellen opbygget som "flexible mesh". Flexible mesh er en trekantsterrænmodel, der kan detaljeres i projektområdet, og simplificeres i ydre områder, som ikke er væsentlige.

Terrænmodellen dækker hele skybrudsolandet på Frederiksberg til Gåsebækrenden. Ydermere er en del af København syd og øst for Frederiksberg taget med, da det har en betydning for resultaterne af oversvømmelsesomfanget.

5.4.2 Skybrudselementer

I /1/ fremgår løsningerne inden for indsatsområdet med forslag til typologi samt oplysninger om det nødvendige volumen og udløbstal, se tabel 3 for de skybrudsprojekter, der fremgår af /1/.

Tabel 3: Liste over skybrudsprojekter fra /1/, som indgår i indsatsområde 21.

Nr.	Skybrudsprojekt	Typologi	Volumen [m³]	Vandstrøm [m³/s]
FV19	Den Grønne Sti	Skybruds- og forsinkelsesvej	600	3,0
FV20	Solbjerg Parkkirkegård	Central forsinkelse	2.000	-

Foruden skybrudsprojekter, som fremgår af /1/, er det vurderet at medtage yderligere tre skybrudstiltag. Alle foreslåede skybrudstiltag i HH21 ses i tabel 3. Værdierne i tabellen er det, som er lagt ind i modellen. Det skal bemærkes, at de nødvendige volumener og vandstrømme vil fremgå af konklusionen efter gennemgang af resultaterne.

Tabel 4: Liste over skybrudsprojekter fra /1/, som indgår i indsatsområde 21. Værdierne i tabellen er de værdier, som er indsat i modellen. I konklusionen vil de nødvendige volumener på baggrund af resultaterne fremgå.

Nr.	Skybrudsprojekt	Typologi	Volumen [m³]	Vandstrøm [m³/s]	Ledningsdimension [mm]
FV19	Den Grønne Sti	Skybruds- og forsinkelsesvej	-	3,0	
FV20	Solbjerg Parkkirkegård	Central forsinkelse	7.000 / 13.000 ¹⁾	-	
-	Orla Lehmanns Vej	Central forsinkelse	600	-	
-	Lindevangs Allé	Central forsinkelse	300	-	
-	Kongekvarteret	Spildevandsteknisk anlæg	500	-	Ø1000 / Ø1500

¹⁾ I rammeansøgningen er der planlagt 2.000 m³, men det er vurderet, at volumenbehovet er større iht. Frederiksberg Kommunes Skybrudskonkretiseringsplanen

Foruden ovenstående er udførte skybrudsløsninger implementeret i modellen, såsom Femte Juni Pladsen, Lindevangsparken m.fl. Derudover indgår planlagte skybrudselementer fra indsatsområde 19 og 20 i planmodellen i et mere detaljeret omfang end rammeansøgningsprojekterne i disse indsatsområder.

Ift. rammeansøgningens skybrudsprojekter, er der lagt bassiner og skybrudsveje ind i modellen. Sidstnævnte er etableret som en kanal på overfladen og terrænet er udjævnet. Skybrudsprojekterne er oprettet som bassiner direkte, der modtager overfladevand fra oplandet. Nogle bassiner er modelteknisk direkte koblet til kloakken (uden regulering af afløb). Det vil sige at bassinerne modelteknisk først fungerer når kloakken er fyldt. Andre bassiner er ikke koblet til kloakken, da det forventes, at der ikke kan ledes vand til kloakken under et skybrud. Herved ses bassinernes positive påvirkning på kloakkerne, og bassinernes nødvendige bassinvolumen vurderes ud fra den værst tænkelige situation.

5.4.3 Oplandsareal, herunder befæstelsesgrader

Befæstelsesgraderne i modellen bevares. Dog ændres befæstelsesgraden på Solbjerg Parkkirkegård til 50%, da det anses som værende grønne arealer.

5.5 KOMMUNALE OG PROJEKTRELATEREDE GRÆNSER

Indsatsområde 21 indgår i det overordnede skybrudsopland til Gåsebækrenden. Til indsatsområdet grænser indsatsområde 1, 11, 13, 18 og 19.

Det skal bemærkes, at belastningen af det eksisterende kloaksystem i grænsende indsatsområder har en betydning for resultaterne i indsatsområde 21. Derfor anbefales det, at den hydrauliske helhedsindsats revideres, når den hydrauliske helhedsplanlægning for de grænsende indsatsområder udarbejdes.

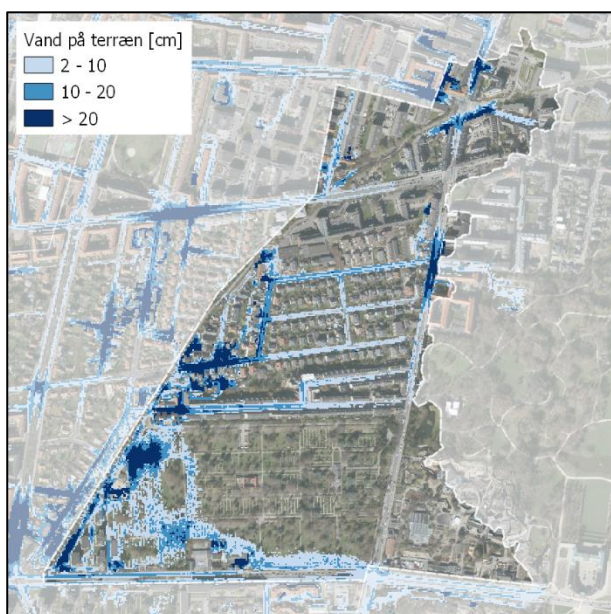
6 RESULTATER

I dette afsnit gennemgås resultaterne fra de hydrauliske modelsimuleringer. Først gennemgås resultaterne for klimatilpasning, og efterfølgende gennemgås kapacitetsanalysen. For oversvømmelses- og kapacitetskortlægning henvises der til bilag B.1.

6.1 KLIMATILPASNING

6.1.1 Statusberegninger

Statusberegning S1 viser omfanget af vand på terræn under en 100 års regn i 2112, hvis tiltag mod oversvømmelser ikke foretages, se billede 1. Ud fra resultaterne vurderes det, at der er et behov for tiltag, så målet om serviceniveauet i en skybrudssituation kan overholdes.



Billede 1: Oversigt over en fremtidsskreven 100 års regn uden løsnings tiltag.

Det er områderne ved Orla Lehmanns Vej, Lindevangs Allé, Kongekvarteret og Nordre Fasanvej, som er særligt udsat for omfangsrige oversvømmelser foruden Solbjerg Parkkirkegård.

Orla Lehmanns Vej

Ved Orla Lehmanns Vej er det særligt i krydset ved Nordre Fasanvej og Howitzvej, der er udsat for oversvømmelse med mere end 10 cm vand på terræn. Dette er en lokal belastning af ledningen i Nordre Fasanvej, som bl.a. skyldes tilbagestuvning fra Smallegade og Peter Bangs Vej.

Lindevangs Allé

Oversvømmelsen i Lindevangs Allé skyldes, at den nordlige ledning er særligt belastet bl.a. pga. tilbagestuvning fra Finsensvej, og regnvandet vil terrænmæssigt ledes til den sydlige del af Lindevangs Allé ved overbelastning af denne ledning. Der observeres desuden en oversvømmelse ved facaden omkring Lindevangs Allé 6 og parkeringspladsen ved Lindevangs Allé 3 med mere en 10 cm vand på terræn.

Kongekvarteret

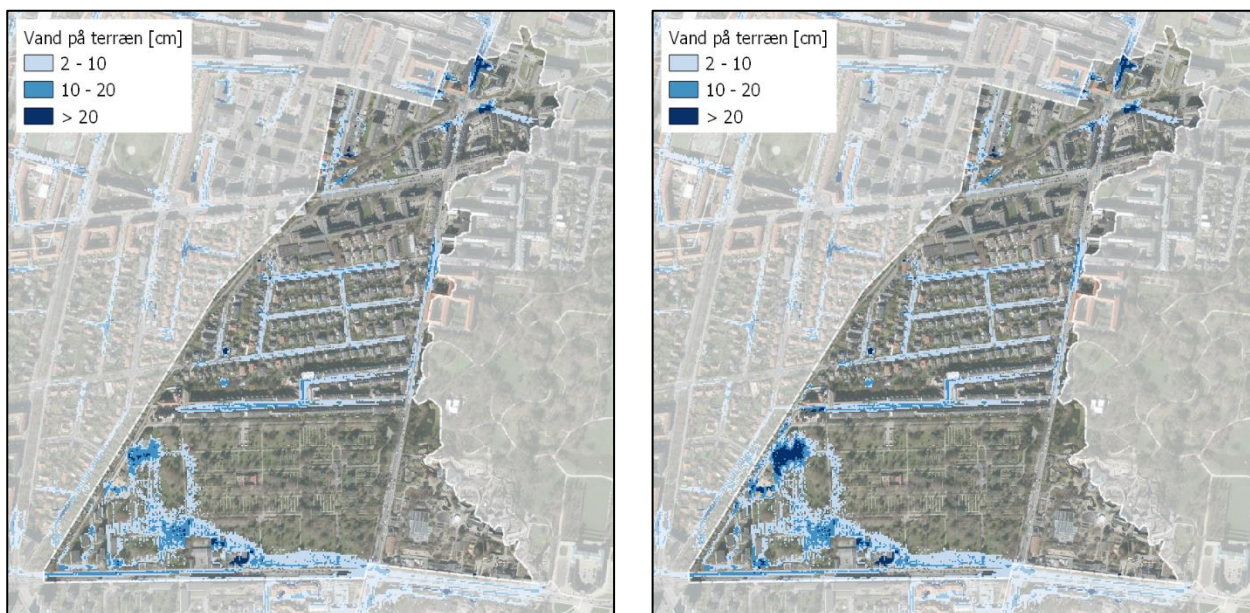
Kongekvarterets ledningssystem er overbelastet, specielt i Dronningensvej og Kongens Tværvej, som forårsager oversvømmelserne i boligkvarteret vest for Kongens Tværvej og Kronprinsensvej. I lavpunktet på den vestlige del af Frederiksvej (Børnehuset Frederiksvej) forekommer også oversvømmelse med mere end 10 cm vand på terræn, som skyldes kapacitetsbelastningen i ledningen på Frederiksvej. Oversvømmelsen i Søndre Fasanvej skyldes hovedsageligt belastning af ledningen ved tilbagestuvning i Søndre Fasanvej, hvor brønde i lavpunktet er overbelastet.

Solbjerg Parkkirkegård

Ydermere ses der mere end 10 cm vand på terræn i Solbjerg Parkkirkegård. At vandstanden er mere end 10 cm på terræn i Solbjerg Kirkegård anses ikke som skadevoldende på de grønne arealer. Dog er der lavpunkter i den vestlige del af området med mere end 10 cm vand på terræn, hvor der ligger bygninger. Disse lavpunkter har et stort terrænmæssigt vandopland på ca. 0,4 km². Eftersom oversvømmelserne i oplandet er forårsaget af kapacitetsbelastning af ledningerne, finder regnvandet sin vej til disse lavpunkter.

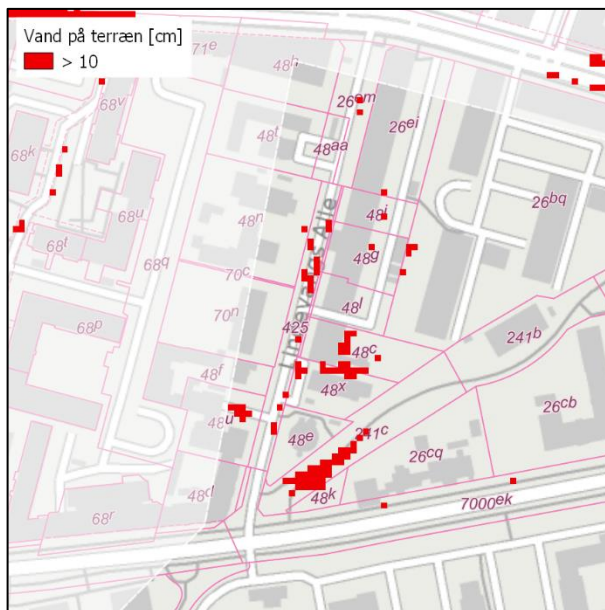
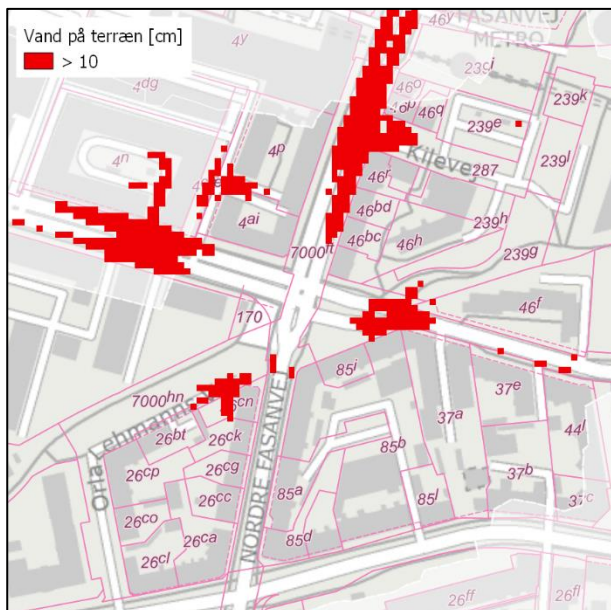
6.1.2 Planberegninger

Der er foretaget to oversvømmelsesberegninger med forskellige voluminer i Solbjerg Parkkirkegård. Resultaterne af oversvømmelsesberegningerne fremgår af billede 2 med hhv. 13.000 m³ (til venstre) og 7.000 m³ (til højre) i Solbjerg Parkkirkegård.



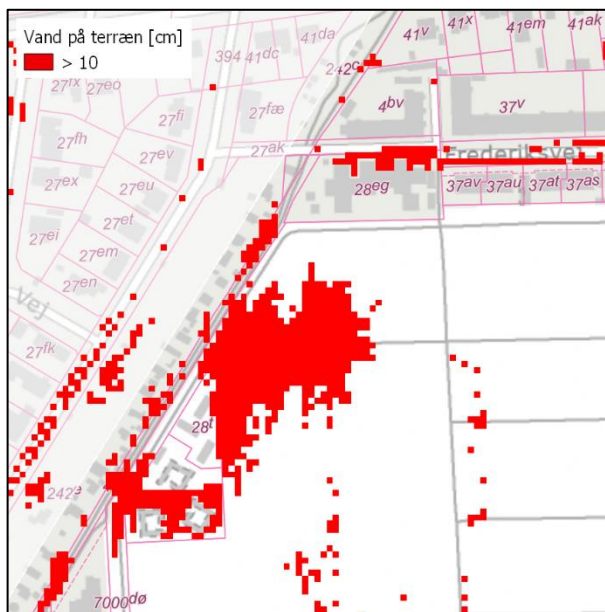
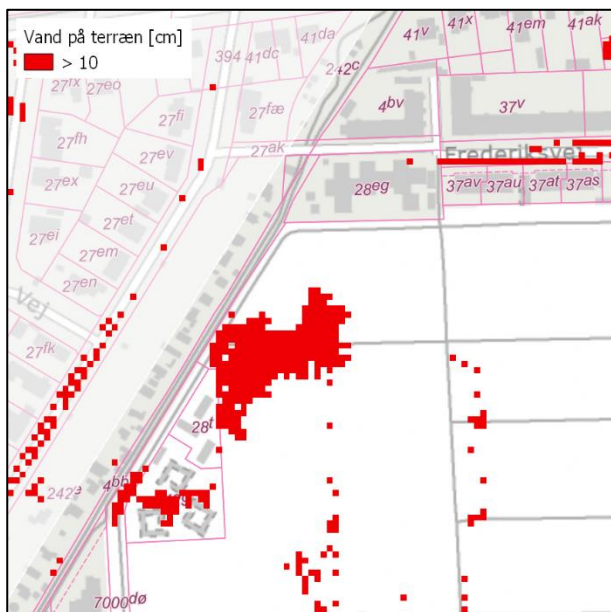
Billede 2: Oversvømmelsesomfang ved en fremtidsskreven 100 års regn med et bassinvolumen på 13.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård (til venstre) og ved en fremtidsskreven 100 års regn med et bassinvolumen på 7.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård (til højre). Det forventes, at der anlægges 2.000 m³ underjordisk, og resten af det nødvendige volumen forventes anlagt terrænnært.

Af resultaterne ses det, at oversvømmelserne er reduceret betydeligt i Orla Lehmanns Vej, dog er der fortsat et volumen på terræn, hvilket fremgår af billede 3 (til venstre). Det kan være forårsaget af modelusikkerheder, men der er alligevel foretaget en volumenopgørelse af oversvømmelsen, som er ca. 50 m³, som tilføjes volumen implementeret i modellen, ensbetydende med et totalt volumenbehov på 850 m³. På Lindevangs Allé håndteres vandet ved at indsætte et volumen på 300 m³. Der ses dog oversvømmelser op ad facaden ved matrikel nr. 48c og 48x, se billede 3 (til højre), som er et opmærksomhedspunkt ved projektering af skybrudsprojektet.



Billede 3: Oversigt over oversvømmelser med vanddybde over 10 cm ved Orla Lehmanns Vej (til venstre) og Lindevangs Allé (til højre). Orla Lehmanns Vej: I modellen er der indsat et volumen på 600 m³ på Orla Lehmanns Vej, og der er opstillet en mur i krydset ved matrikel nr. 85i for at forhindre vandet i at samle sig i den naturlige lavning. Der kan dog stadig ses en oversvømmelse på Howitzvej, men den ligger på vejen. Desuden er der siden terrænmodellen foretaget terrænnændringer i området, og det anbefales, at der bør kigges mere på terrænnændringernes betydning for vandets vej. Lindevangs Allé: Der er indsat et volumen på 300 m³, som stort set reducerer oversvømmelsen til det ønskede mål om 10 cm vand på terræn i skel. Dog ses der vand tæt på bygningerne ved matrikel 48c og 48x. Dette skal indgå som et opmærksomhedspunkt under projektering af skybrudsprojektet.

På billede 4 ses oversvømmelsesomfanget ved vanddybder over 10 cm for scenarie P1 med 13.000 m³ (til venstre) og scenarie P2 med 7.000 m³ (til højre).



Billede 4: Oversigt over oversvømmelser med vanddybde over 10 cm ved Solbjerg Parkkirkegård for P1 med 13.000 m³ (til venstre) og P2 med 7.000 m³ (til højre). Særlige områder med fortsat oversvømmelser er matrikel nr. 28eg ved Frederiksvej nord for Solbjerg Parkkirkegård, matrikel nr. 429 syd for matrikel nr. 28t i vest samt oversvømmelsen på det nordvestlige del af Solbjerg Parkkirkegård.

Ud fra billedet vurderes det, at der er specielt tre områder, der er opmærksomhedspunkter:

- Børnehuset Frederiksvej på matrikel nr. 28eg ved Frederiksvej nord for Solbjerg Parkkirkegård,
- Matrikel nr. 429 syd for matrikel nr. 28t (Stenhuggerhusene) i vest samt
- Oversvømmelsen på det nordvestlige del af Solbjerg Parkkirkegård.

Hvis der etableres mindre volumen på Solbjerg Parkkirkegård end det nødvendige volumen, vil Børnehuset Frederiksvej fortsat opleve oversvømmelser på deres matrikel med en vandstand, der er højere end 10 cm. Ved en volumenopgørelse ligger der ca. 100 m³. Der er undersøgt, hvad det vil betyde, hvis vandet pumpes fra den Grønne Sti til Solbjerg Parkkirkegård, og det viser, at det kan afhjælpe oversvømmelsen ved Børnehuset Frederiksvej, selv hvis der kun anlægges 7.000 m³ i Solbjerg Parkkirkegård.

På matrikel nr. 429 vil der forekomme oversvømmelse uanset scenarie, men i P2 vil oversvømmelsesomfanget være større end ved etablering af det nødvendige volumen på Solbjerg Parkkirkegård (P1). Ved en volumenopgørelse ligger der ca. 120 m³ i P1 og ca. 270 m³ i P2.

På den vestlige del af Solbjerg Parkkirkegård er der i dag en naturlig lavning, hvor oversvømmelsesomfanget er større i P2 end ved etablering af det nødvendige volumen (P1). Volumen er opgjort til ca. 1.200 m³, som bør indgå i volumen på Solbjerg Parkkirkegård i P2. Der bør dog i revisionen af HH21 eller under projektering af skybrudsprojektet i Solbjerg Parkkirkegård foretages en hydraulisk simulering af skybrudsprojektet med terrænændringerne om at anlægge et dige med formål om at vurdere, hvor vandet kommer fra, og hvor det vil finde vej, hvis der anlægges et dige. Hvis vandet kommer fra den Grønne Sti kan det forventes, at regnvandet løber mod Roskildevej, evt. en del ledes til matrikel nr. 429. Det kan også komme fra Roskildevej (øst), og i så fald bør det indgå i bassinvoluminet på Solbjerg Parkkirkegård.

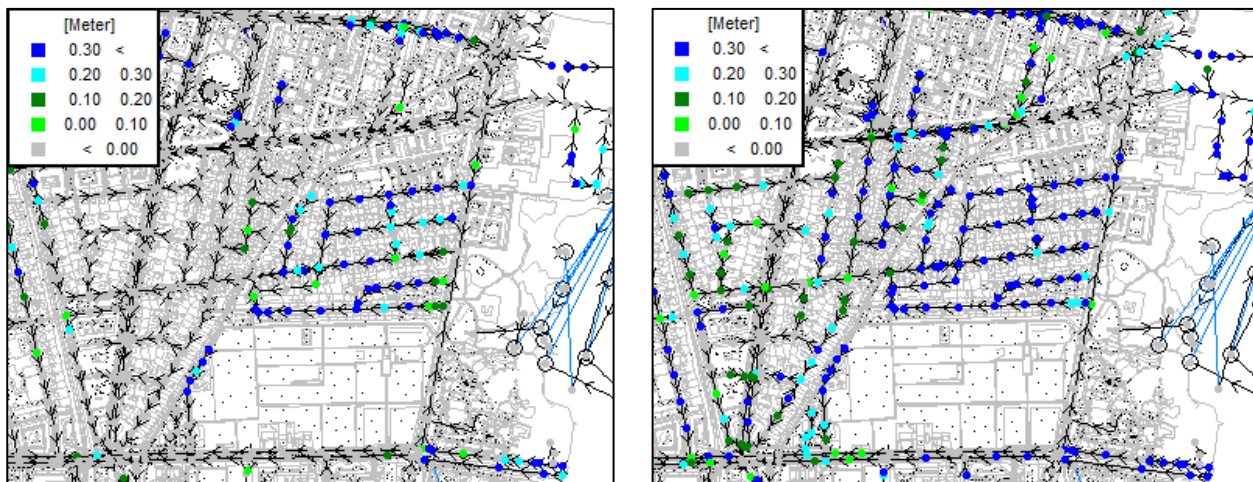
6.2 KAPACITETSANALYSE

Der er foretaget en kapacitetsanalyse på en 10 års regn. Det anbefales, at der køres kapacitetsanalyse af kloaksystemet for en 5 års regn i revision af HH21, jf. afsnit 6.2.2 Kapacitetsanalyse ved en 10 års regn.

6.2.1 Kapacitetsanalyse ved en 10 års regn

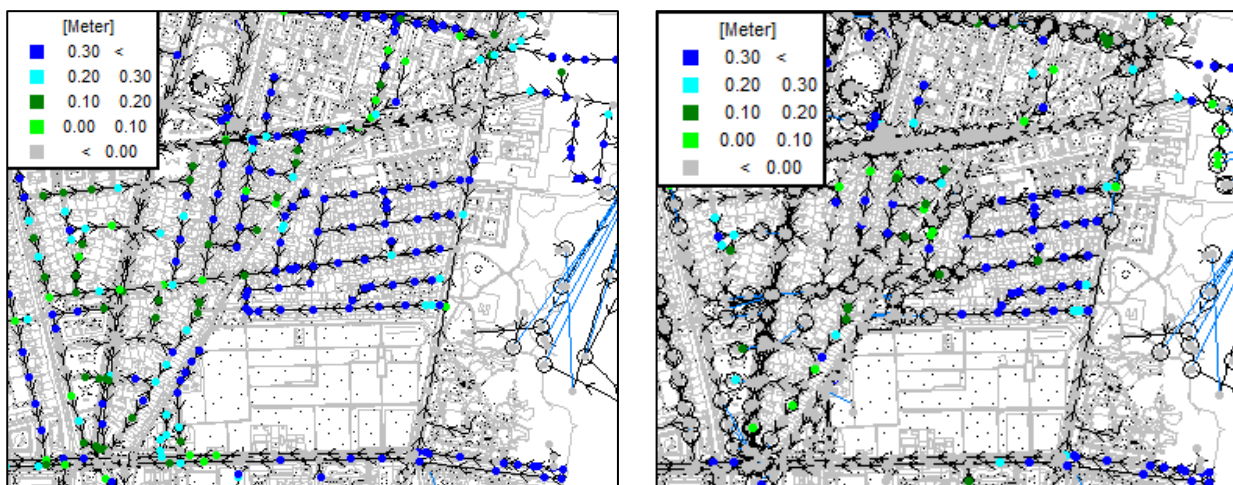
Der er foretaget kapacitetsanalyse med en 10 års regn. Beregningerne er baseret alene på en netværksberegning, og resultaterne viser vandtrykket fra kloaksystemet, og de kan ikke sammenlignes med vanddybder for oversvømmelser.

På billede 5 fremgår resultaterne af beregningerne for S2 (til venstre) samt S3 (til højre). Ud fra resultaterne vurderes det, at det eksisterende kloaksystem vil belastes mere i fremtiden end i dag pga. øgede regnmængde.



Billede 5: Statussimulering af en 10 års regn uden en klimafaktor (til venstre) og statussimulering af en 10 års regn med en klimafaktor (til højre). Som det ses på resultaterne, vil belastningen af det eksisterende system øges i fremtiden, hvis der ikke foretages tiltag.

På billede 6 ses kapacitetsanalysen for en 10 års regn for S3 (til venstre) samt P3 (til højre). Ud fra resultaterne ses det, at kapaciteten i kloaksystemet overordnet set forbedres under de fremtidige forhold, når der foretages de foreslåede skybrudstiltag. I hovedparten af området observeres der ikke vandtryk fra brøndene, så der observeres ikke vand på terræn ved en 10 års regn. Dog ses det, at kloaksystemet i Kongekvarteret stadig er belastet.



Billede 6: Statussimulering af en 10 års regn med en klimafaktor (til venstre) og P2-simulering af en 10 års regn med en klimafaktor (til højre). Som det ses på billederne aflastes det eksisterende kloaksystem under de fremtidige forhold ved at foretage de tiltag, som fremgår af nærværende notat. Dog ses der stadig en belastning af det eksisterende kloaksystem under en fremtidsskreven 10 års regn. Det skal bemærkes, at resultaterne ikke indikerer oversvømmelsesomfanget under en 10 års regn, men blot belastningen i kloaksystemet.

Der bør i en revision af HH21 køres en kapacitetsanalysen for en 10 års regn for de fremtidige forhold ved 13.000 m³ volumen i Solbjerg Parkkirkegård (scenarie P1) med en klimafaktor for at vurdere, om et større volumen i Solbjerg Parkkirkegård kan have en positiv effekt på belastningen af ledningssystemet i Kongekvarteret. Da ledningerne sandsynligvis er dimensioneret efter tidligere nationalfunktionspraksis, bør der også køres en kapacitetsanalyse for en 5 års regn for at vurdere effekten på kapaciteten i Kongekvarteret.

7 KONKLUSION

7.1 KLIMATILPASNING

I tabel 4 fremgår de skybrudsprojekter, hvor løsningerne er nødvendige at ændre ift. de opstillede løsningsforslag i /1/ samt supplerende anlægsforslag.

Tabel 5: Liste over ændrede skybrudsprojekter sammenlignet på løsningsforslag, der fremgår i /1/.

Nr.	Skybrudsprojekt	Typologi	Volumen [m ³]	Vandstrøm [m ³ /s]	Ledningsdimension [mm]
FV19	Den Grønne Sti	Skybruds- og forsinkelsesvej	-	0,5	
FV20	Solbjerg Parkkirkegård	Forsinkelsesvej	7.000-13.000	-	
-	Orla Lehmanns Vej	Central forsinkelse	650	-	
-	Lindevangs Allé	Central forsinkelse	300	-	
-	Kongekvarteret	Spildevandsteknisk anlæg	800	-	Ø1000-Ø1500

Det skal bemærkes, at et volumen på 7.000 m³ på Solbjerg Parkkirkegård ikke er tilstrækkeligt, da der stadig ses vand på terræn under et skybrud (opgjort volumen på ca. 1.200 m³). Behovet skal dog revurderes / præciseres, når den hydrauliske helhedsplanlægning for de grænsende indsatsområder udarbejdes.

7.2 KAPACITETSANALYSE

Ved at anlægge skybrudsprojekterne aflastes hovedparten af det eksisterende system under en fremtids-skreven 10 års regn. Dog er kloaksystemet i Kongekvarteret fortsat belastet under en 10 års regn på trods af skybrudstiltagene.

7.3 ANBEFALINGER

Anbefalinger til den videre planlægning og projektering:

- Det skal vurderes, om det er muligt at anlægge al nødvendig skybrudsvand i Solbjerg Parkkirkegård ud fra et byrumsmæssigt perspektiv, evt. kombineret med en kvalificering af kongekvarteret, jf. næste punkt.
- Det anbefales at helhedsindsatsen revideres, når helhedsplanlægningen for indsatsområde 1, 18 og 22 er færdig.
- I en revision af HH21 eller under projektering af skybrudsprojektet på Solbjerg Parkkirkegård, anbefales det, at der køres en hydraulisk simulering med terrænændring med diger omkring bassinet.
- I revisionen af HH21 anbefales det desuden at foretage en kapacitetsanalyse af P1 for at se, om det har en positiv effekt på kapacitetsproblemerne i Kongekvarteret. Ydermere bør der i revisionen fremgå en kapacitets analyse af systemet med en 5 års regn.

8 REFERENCER

- /1/ Rameansøgning, Frederiksberg Kommune, d. 25.02.2016
- /2/ Frederiksberg Kommunes Klimatilpasningsplan 2012
- /3/ Skrift 29: Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer, IDA Spildevandskomiteen 2008
- /4/ Skrift 30: Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter, IDA Spildevandskomiteen 2014