

PILOTPROJEKT RÅLAMBSHOVSPARKEN

Stärkta ekosystemtjänster och anpassning för skyfall

2017-09-11



PILOTPROJEKT RÅLAMBSHOVSPARKEN

Stärkta ekosystemtjänster och anpassning för skyfall

Ett pilotprojekt inom projektet C/O City finansierat av Vinnova

Konsultutredning utförd på uppdrag av Miljöförvaltningen i Stockholms stad

KONSULT

WSP Bro & Vattenbyggnad

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
<http://www.wspgroup.se>

KONTAKTPERSONER

Sofia Thurin
WSP
010-722 83 05
sofia.thurin@wspgroup.se

Greger Lindeberg
Geografiska informationsbyrån
070- 52 00 806
Greger.Lindeberg@geografiskainformationsbyran.se

My Peensalu
Kungsholmens stadsdelsförvaltning
076-12 09 245
my.peensalu@stockholm.se

Magnus Sannebro
Miljöförvaltningen i Stockholms stad
076-12 28 184
magnus.sannebro@stockholm.se

PROJEKT

Pilotprojekt Rålambshovsparken

UPPDRAGSNAMN

Översvämningsrisk vid skyfall Stockholm

UPPDRAGSNUMMER

10238953

FÖRFATTARE

Sofia Thurin och Greger Lindeberg

DATUM

2017-09-11

OMSLAGSFOTO

Lennart Johansson, Stockholms stads bildbank

INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	4
2	PROJEKTET C/O CITY	4
2.1	PILOTPROJEKTET RÅLAMBSHOVSPARKEN	4
3	RÅLAMBSHOVSPARKENS UTFORMNING OCH ANVÄNDNING IDAG	5
4	STOCKHOLMS SKYFALLSMODELLERING	6
5	UTVECKLING AV SKYFALLSMODELLEN FÖR RÅLAMBSHOVSPARKEN	7
5.1	FRAMTAGANDE AV DIGITAL MARKMODELL OCH AVGRÄNSNING AV AVRINNINGSOMRÅDE	7
5.2	KLASSNING AV MARKANVÄNDNING	8
5.3	REGNBELASTNING	9
6	ÄNDRAD UTFORMNING AV PARKEN FÖR SKYFALLSHANTERING	10
6.1	HYDRAULISKA SKYFALLSBERÄKNINGAR	12
6.2	KOMPLETTERANDE BERÄKNINGAR FÖR DIKET	13
7	RESULTAT AV MODELLBERÄKNINGAR	14
7.1	BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	14
7.2	MED SVACKDIKE	17
7.3	MED SVACKDIKE OCH TILLKOMMANDE FLÖDEN	20
7.4	KAPACITET PÅ SVACKDIKE	22
8	ANALYS OCH UTVÄRDERING AV RESULTAT	24
9	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	25
10	SLUTSATSER	25

1 INLEDNING OCH BAKGRUND

Rålambshovsparken ligger på Kungsholmen i Stockholm och förvaltas av Kungsholmens stadsdelsförvaltning. Parken är ca 110 000 m² och dess centrala och attraktiva läge gör att den alla årstider nyttjas av människor från hela Stockholmsområdet. Parken är också en del av en viktig grön länk, Kungsholmens inre parkstråk, som sträcker sig från Norr Mälarstrand via Rålambshovsparken, Konradsbergsparken och Fredhällsparken bort till Tranebergs sund.

Stockholm Vatten och Avfall (SVOA) har i samarbete med Miljöförvaltningen gjort en skyfallsmodellering för hela Stockholm stad som visar på möjliga översvämningsrisker vid ett skyfall med 100 års återkomsttid. Vid simuleringarna har hänsyn tagits till klimatförändringarna som kan inträffa till år 2100. Skyfallssimuleringarna visar på att stora regnmängder kommer att ansamlas i parken, dels från avrinning från omkringliggande mark men också från ytavrinning inom Rålambshovsparken. I dagsläget finns områden inom parken som erfarenhetsmässigt är översvämningskänsliga vid kraftig nederbörd och det uppstår situationer flera gånger årligen då vatten blir stående i parken, även vid måttliga regn.

WSP har tillsammans med Geografiska informationsbyrån fått i uppdrag att utföra skyfallssimuleringar för Rålambshovsparken och analysera möjliga åtgärder i parken för att ha hantera stora regnmängder vid skyfall. Det är viktigt att betona att den skyfallslösning som väljs också bör fungera för dagvattenhantering av mer normala regn. Pilotprojektet ska därmed bidra till Stockholms stads arbete med klimatanpassning.

2 PROJEKTET C/O CITY

Projektet C/O City har som målsättning att belysa hur ekosystemtjänster kan bidra till en bättre stadsmiljö. Detta projekt är ett s.k. pilotprojekt inom C/O City som ska belysa hur man kan stärka ekosystemtjänsterna i Rålambshovsparken. Parker och grönytor har naturliga förutsättningar att fördröja, infiltrera och rena dagvatten. Rålambshovsparken bidrar därför med reglerande och vattenrenande ekosystemtjänster i dagsläget. Om dessa tjänster kan förstärkas i parken samtidigt som parkens rekreativevärde kan bibehållas eller stärkas kan detta betraktas som att värdet av ekosystemtjänsterna i parken har ökat. I detta pilotprojekt är därför målsättningen att undersöka om det går att på ett mer effektivt och kontrollerat sätt ta hand om regnvatten vid skyfall, men även att förbättra dagvattenhanteringen vid mer normal nederbörd.

2.1 PILOTPROJEKTET RÅLAMBSHOVSPARKEN OCH EKOSYSTEMTJÄNSTER

I parken finns idag en mängd olika ekosystemtjänster. Stora träd bidrar till ett bättre lokalklimat genom att de sänker lufttemperaturen, ger skugga under heta sommardagar och minskar risken för översvämning vid kraftiga regn. Vegetationen har en kapacitet att fånga upp och hålla kvar nederbörd i trädkronan, och utnyttja infiltrerande regnvatten via rötterna. Även marken har stor kapacitet att infiltrera nederbörd och fördröja ytavrinningen vid kraftiga regn. Det skiljer dock mycket mellan olika marktyper beroende på dess infiltrationsförmåga. Rålambshovsparken består till stor del av lerjordar med dålig infiltrationsförmåga, dessutom har kompaktering medfört att infiltrationskapaciteten har minskat ytterligare.

All vegetation och substrat bidrar även till bullerdämpning och ger en bättre ljudmiljö. Blommande träd, buskar och lägre växter attraherar pollinerande insekter. Öppna gräsytor är viktiga för att kunna ta

hand om regnvatten och dagvatten från kringliggande hårdgjorda ytor såsom vägar, parkeringsplatser, torg m.m. Gräsmattor har en viktig funktion som aktivitets- och rekreationsytor vilket ökar välbefinnandet hos besökare och boende och ger hälsovinster i det långa loppet. Detta är särskilt viktigt i den tätbebyggda innerstaden, där det råder brist på grönytor.

Följande ekosystemtjänster kan stärkas i området:

- Lokalt omhändertagande av dagvatten vid normal nederbörd.
- Skyfallshantering och minskade översvämningsrisker.
- Bullerdämpning från vegetation och substrat.
- Områdets biologiska mångfald/grön konnektivitet (samband mellan de olika grönområdena).
- Grönskans temperaturreglerande effekt på det lokala klimatet/ minskning av värmestress.

3 RÅLAMBSHOVSPARKENS UTFORMNING OCH ANVÄNDNING IDAG

Parken används idag för en mängd olika aktiviteter och har ett högt besöksstryck. I dag finns bland annat parklek, skateanläggning, utegym, beachvolleyplaner, amfiteater och anläggning för boule och restaurang i parken, se Figur 1. Parkens västra del används också för olika typer av evenemang.



Figur 1. Bild från Rålambshovsparken, plan för reinvesteringar, ökad tillgänglighet och stärkta ekosystemtjänster. Kungsholmens stadsdelsförvaltning, december 2015.

4 STOCKHOLMS SKYFALLSMODELLERING

Stockholm Vatten och Avfall har i samarbete med Miljöförvaltningen och WSP gjort en skyfallsmodellering för hela Stockholm stad. Syftet med modelleringen var att ge en bild av var i staden man kan förvänta problem med översvämningar till följd av kraftiga skyfall och var fördjupade, detaljerade utredningar kan behövas. Modellen är framtagen för att verka som ett underlag till stadens klimatanpassningsarbete. Den modell som har satts upp för staden kommer att förfinas i takt med att ny kunskap erhålls. Modellen har en upplösning på 4x4 meter.

I den översiktliga modelleringen har ett skyfall med 100 års återkomsttid simulerats för ett klimat som kan antas råda år 2100. Det innebär att regnmängden har ökats med 25 % jämfört med idag. Karteringen visar var på markytan vatten skulle ansamlas vid ett skyfall. I modellen ingår inte avlopps- och dagvattenledningsnätet då det antas gå fullt och/eller endast kunna avleda en liten del av regnvolymen. Totalt har fyra scenarier (A-D) med olika parametrar avseende markens och dagvattensystemets egenskaper analyserats i karteringen. Av de fyra scenarierna har C konstaterats vara mest relevant som planeringsunderlag för Stockholms stad, varför det är dessa kartsikt som presenteras på webben. Resultaten från simuleringarna redovisas i följande GIS-skikt:

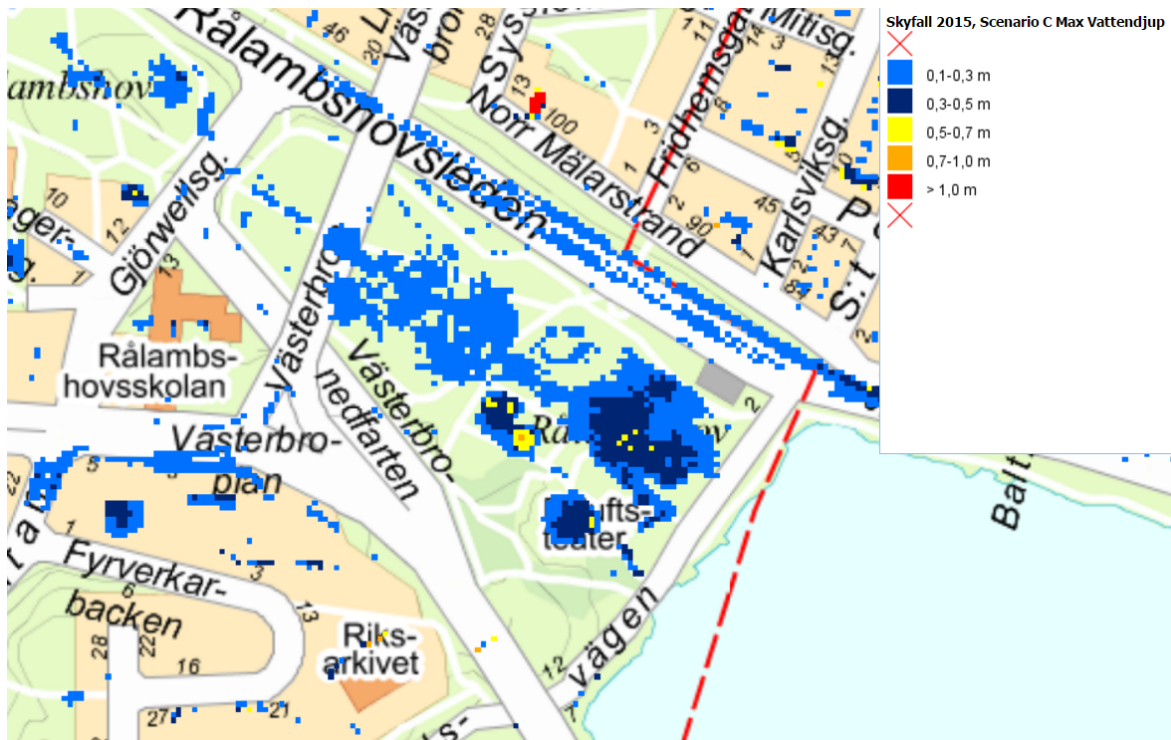
- Maximala vattendjup under simuleringsförloppet.
- Maximala vattenhastigheter under simuleringsförloppet.
- Maximala flöden under simuleringsförloppet.
- Tidpunkter under simuleringsförloppet då maximala vattendjup uppträder.
- Vattendjup vid simuleringsslut.

Läs mer om Stockholms skyfallsmodellering på Miljöbarometern:

<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/skyfall/stockholms-skyfallsmodellering/>

Resultaten från modelleringen visar att det ansamlas mycket vatten i Råambshovsparken vid ett skyfall, speciellt i parkens centrala delar nära Riddarfjärden, se Figur 2.

Stockholm Vatten och Avfall förvaltar och utvecklar Stockholms skyfallsmodell. Under 2017 planeras en uppdatering genomföras, som bl a innebär att en sk infiltrationsmodul kommer att kopplas till modellen. Det innebär att kommande modelleringar blir mer noggranna avseende markinfiltrationens betydelse.



Figur 2. Skyfall scenario C, 100-årsregn. Kartan visar det maximala vattendjupet av vattnet som ansamlats i parken, kartan är hämtad från Stockholm stads webbplats Öppna data - Dataportalen.

5 UTVECKLING AV SKYFALLSMODELLEN FÖR RÅLAMBSHOVSPARKEN

För att analysera konsekvenserna av skyfall för Rålambshovsparken har en mer detaljerad hydraulisk modell i programmet MIKE21 skapats över Rålambshovsparken utifrån skyfallsmodellen för Stockholm stad. MIKE21 är ett tvådimensionellt hydrauliskt beräkningsprogram som är framtaget av DHI (Danish Hydraulic Institute). Programmet beräknar nivå- och flödesförhållanden till följd av exempelvis nederbörd och flöden. Beräkningarna baseras på numerisk lösning av Navier Stoke's ekvationer.

5.1 FRAMTAGANDE AV DIGITAL MARKMODELL OCH AVGRÄNSNING AV AVRINNINGSSOMRÅDE

En digital höjdmodell över parken med avrinningsområde har tagits fram baserad på Stockholm stads laserskannade data. Modellen visar markens nivå i höjdsystem RH2000 och har upplösningen 1x1 meter. Upplösningen är alltså bättre än den modell som tagits fram för hela Stockholms stad. Parkens avrinningsområde bestämdes genom att en utloppspunkt sattes i parkens lägsta del mot Riddarfjärden. Avrinningsområdet visas i Figur 3. Avrinningsområdet utgör också modellens begränsningsområde. Höjdmodellen beskriver nivån på markytan och kan endast beskriva nivåer i ett plan. Av detta följer att området kring Lilla Västervägen inte kan beskrivas helt korrekt då Lilla Västervägen inte är med i höjdmodellen utan endast marken under bron.

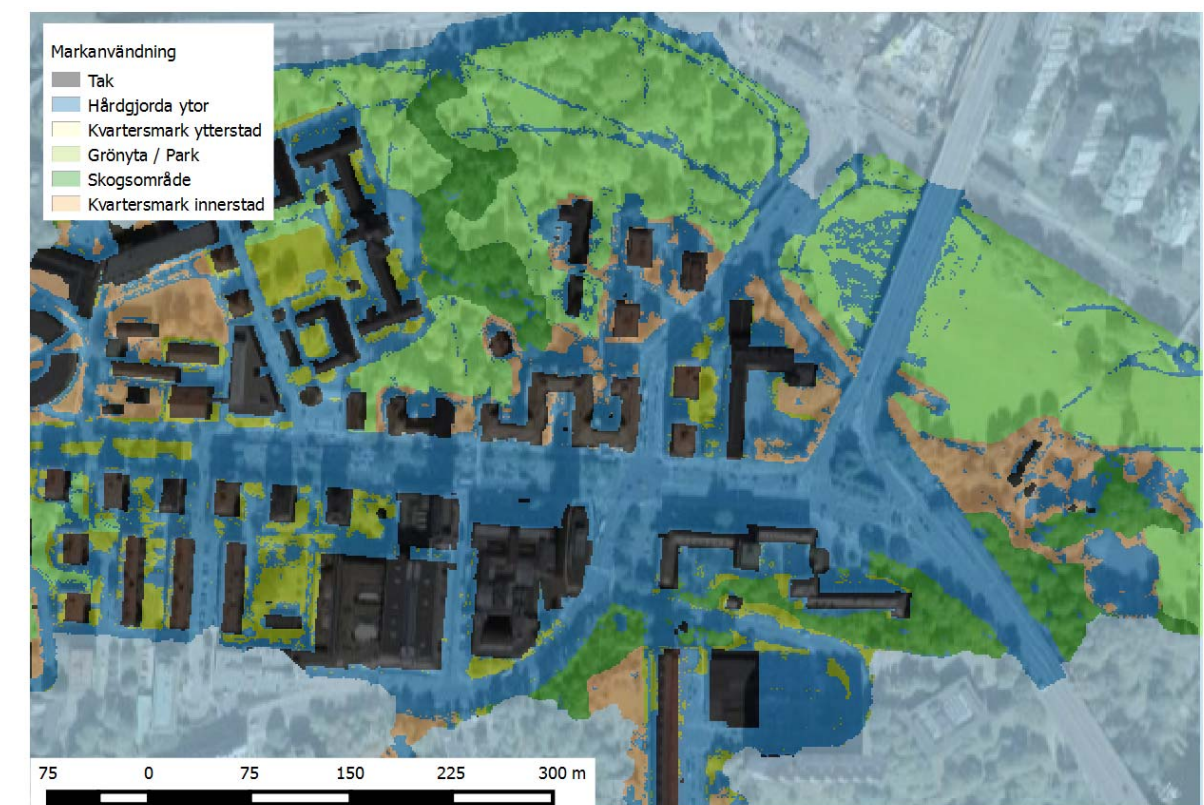


Figur 3. Rålambshovsparkens avrinningsområde och modellens geografiska begränsning. Pilen visar parkens lägsta del mot Riddarfjärden vilken utgör modellens utloppspunkt.

5.2 KLASSNING AV MARKANVÄNDNING

För att ta hänsyn till hur mycket av nederbörden som infiltrerar i marken respektive rinner av på ytan har en uppdelning efter markanvändning gjorts utifrån de markanvändningsklasser som användes inom skyfallsmodelleringen för Stockholm stad. Dessa har uppdaterats med klasser utifrån Stockholm stads biotopkarta samt med ett lager med hårdgörningsgrad som tagits fram av Stockholm Vatten och Avfall. Vid omklassningen har anpassningar gjorts för att markanvändningen ska motsvara de verkliga förhållandena i så stor utsträckning som möjligt. Benämningarna som t.ex. "Kvartersmark ytterstad" och "Kvartersmark innerstad" motsvarar alltså infiltrations- och avrinningsförhållanden och är inte en stadsbyggnadsklassificering. Det innebär att vissa delar av parken i modellen klassificeras som hårdgjord, pga kompakterade lerjordar, trots att de är grönytor.

De klasser som används i skyfallsmodelleringen för Rålambshovsparkens avrinningsområde redovisas i Figur 4 och Tabell 1. Total area för modellområdet är 41,5 hektar.



Figur 4. Klassning av markanvändning för skyfallsmodellering. Indata från Stockholms stads Biotopkarta 2009 och hårdgörningsgrad framtagen av Stockholm Vatten och Avfall. Observera att vissa ytor omklassats för att återge de verkliga infiltrations- och avrinningsförhållandena.

5.3 REGNBELASTNING

Analysen av översvämningsrisken för Rålambshovsparken har utförts med utgångspunkt från antaganden från scenario C i skyfallsmodelleringen för Stockholm stad. Regnbelastningen som använts har en återkomsttid på 100 år och en varaktighet på 50 minuter och med en klimatfaktor på 1,25. Regnmängden för ett 100-årsregn med denna varaktighet och klimatfaktor är 65 mm. Eftersom det sker en viss infiltration i marken samt att delar av området är kopplat till ledningsnätet har en uppdelning av regnbelastningen gjorts med hänsyn till detta.

För respektive markanvändningsklass har avdrag på regnbelastningen gjorts dels för hur mycket vatten som infiltrerar i marken och dels för om det finns ett ledningsnät anslutet till markytan. För ledningsnätets kapacitet har ett avdrag gjorts vilket motsvarar att ledningsnätet kan avleda ett regn med 5 års återkomsttid (normalt antas ledningsnätet klara ett 10-årsregn). Scenario C beskrivs därför som ett ogynnsamt scenario ur översvämningsynpunkt.

I Tabell 1 redovisas nederbördsbelastningen i mm som använts i skyfallsmodelleringen, inklusive avdrag för ledningsnätets kapacitet och markinfiltration, för ett regn med 100 års återkomsttid som kan antas gälla år 2100 med en varaktighet på 50 min.

Metodiken beskrivs utförligt i rapporten *Skyfallsmodellering för Stockholms stad - Simulering av ett 100-årsregn i ett framtida klimat (år 2100)*, inklusive bilagor. Se länk:

<http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/klimat/skyfall/skyfallsmodellering/Skyfallsmodellering-Huvudrapport-SVAB-inkl-bilagor.pdf>

Tabell 1. Regnbelastning för respektive markanvändningsklass som använts inom Rålambshovsparkens hela avrinningsområde, enligt figur 3. Tabellen visar nettonederbörd efter avdrag för markinfiltration och ledningsnätets kapacitet.

Markanvändningsklasser inom parkens avrinningsområde	Scenario C mm/50min	Andel av den totala ytan (%)
1 Vatten	65 mm	1 %
2 Tak	32 mm	16 %
3 Vägar + hårdgjorda ytor	32 mm	41 %
7 Kvartersmark ytterstad	27 mm	7 %
10 Grönyta/Park	19 mm	24 %
11 Skogsområde	19 mm	6 %
17 Kvartersmark innerstad	31 mm	5 %

6 ÄNDRAD UTFORMNING AV PARKEN FÖR SKYFALLSHANTERING

I syfte att utreda möjliga åtgärdsförslag för en kontrollerad hantering av såväl skyfall som kraftiga regn i Rålambshovsparken genomfördes ett platsbesök i parken i september 2016, tillsammans med representanter från Kungsholmens stadsdelsförvaltning och Miljöförvaltningen. De förslag på åtgärder för att styra avrinningen vid kraftig nederbörd i parken som identifierades var:

- Upprättande av vallar/identifiering av områden för att ta hand om regnvattnet på platser som bedöms kunna verka som multifunktionella ytor.
- Upprättande av svackdike¹ genom parken för att avleda regnvattnet.
- Åtgärder i området uppströms om parken i form av ökad andel grönytor.

Genomförande av åtgärder i uppströmsområdet har inte analyserats i detta projekt men kan vara en möjlig åtgärd för att reducera tillrinningen till parken, och minska översvämningsrisken för kringliggande fastigheter och infrastruktur, genom att dagvatten tas omhand mer lokalt. Det finns mycket vägytor, parkeringsplatser m.m. uppströms Västerbroplan som bidrar till att mycket regnvatten avrinner ner till parken. Det är dock viktigt när man tittar på åtgärder i uppströmsområdet att man inte förflyttar översvämningsproblematiken från parken till uppströmsområdet.

Inom projektet diskuterades anläggning av vallar precis norr om Gjörowellsgatan samt vid basketplanen. Tanken var att kombinera skyfallshantering med bullerreducering. Nackdelen med anläggande av vallar för att magasinera vatten är att det finns risk att dessa underdimensioneras och brister samt att vatten på ett oönskat sätt ansamlas bakom vallarna även vid mindre intensiva regn. Detta utgör som nämnts ovan ett problem redan idag. Det förslag som bedömdes bäst var istället att anlägga ett svackdike genom parken för att på ett kontrollerat avleda regnvattnet ut i Mälaren. Det bedömdes som den säkraste och mest effektiva åtgärden.

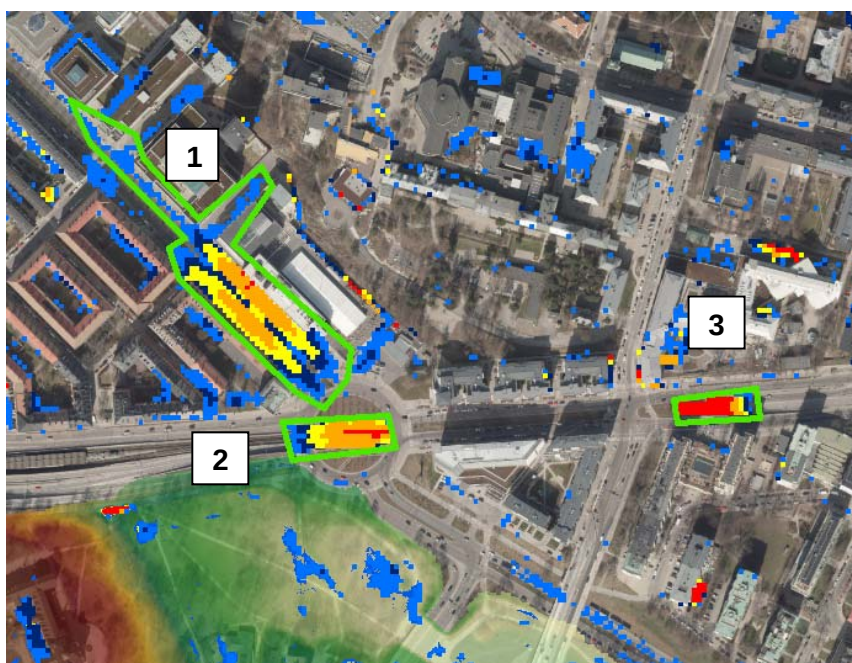
En möjlighet som diskuterades inom projektet var att anlägga s.k. "Rain gardens" (brukar benämnas "regnbäddar" på svenska) i anslutning till svackdiket. En Rain garden är en vegetationstäckt sänka i

¹ Ett gräsbeklätt dike med flacka slänter som när det inte regnar oftast är helt torrlagt. Svackdiket fungerar både som transportsystem för dagvatten och som infiltrationsyta. För att undvika erosionsskador måste vattenhastigheten hållas nere.

landskapet dit dagvatten kan ledas och infiltreras. Platsen som diskuterades i parken var strax öster om skateparken där en basketplan ligger i dagsläget, se Figur 1. Syftet med att anlägga en Rain garden kan framförallt vara att hantera/fördröja mer normala regn. Lösningen med Rain gardens skulle möjligen kunna göra att svackdikets storlek skulle kunna minskas, beroende på hur stor vattenhållande volym de får. En Rain garden-lösning innebär också att förorenat dagvatten från vägytor kan renas. Dock testades inte denna lösning i detta projekt, eftersom det inte gick att lägga in i den hydrauliska modellen.

Ytterligare en åtgärd som har analyserats inom projektet är vilka möjligheter det finns för svackdiket att avleda vatten även från ytor där det ansamlas vatten utanför parkens avrinningsområde.

Skyfallsmodelleringen för Stockholm stad visar att det ansamlas mycket vatten i tre lågpunkter; vid Lindhagsgatan, vid tunnelmynningen för tunnelbanan samt vid tunnelmynningen för Drottningholmsvägen, se Figur 5. En teoretisk möjlighet vore att vid skyfall pumpa/leda det vatten som ansamlas i dessa lågpunkter till svackdiket. Det är viktigt att påpeka att modellen visar vattensamlingar vid tunnelmynningarna, eftersom den endast kan räkna på en höjdnivå, men i verkligheten kommer vattnet att rinna in i tunnelarna. I en mer detaljerad modell kan detta korrigeras.



Figur 5. Resultat från skyfallsmodelleringen för Stockholm stad som visar tre punkter där vatten beräknas ansamlas vid skyfall; 1. Lindhagsgatan, 2. tunnelmynningen för tunnelbanan, 3. tunnelmynningen för Drottningholmsvägen.

Volymen vatten som ansamlas i de tre lågpunkterna har beräknats med hjälp av ArcGIS. Scenariot som använts för analysen är scenario C i skyfallsmodelleringen för Stockholm stad. Vattenvolymen har beräknats till 6200 m³ vid Lindhagsgatan, 1400 m³ vid tunnelbanans östra öppning och 1300 m³ vid tunnelmynningen för Drottningholmsvägen. Total volym är 8900 m³. Teoretiska beräkningar har gjorts som visar att bortpumpning av vattnet från lågpunkterna tar ca 5 timmar om man pumpar med en total kapacitet på 0,5 m³/s. Det tillkommande flödet till svackdiket har simulerats som ett tillkommande punktförlöde vid dikets start. Flödet i den tillkommande punkten har satts till 0 under de första 30 min och efter 30 min har flödet satts till 0,5 m³/s. Det bör betonas att det inte har gjorts någon utvärdering av om bortpumpning är ett realistiskt alternativ, det har endast gjorts som ett test av svackdikets hydrauliska kapacitet.

6.1 HYDRAULISKA SKYFALLSBERÄKNINGAR

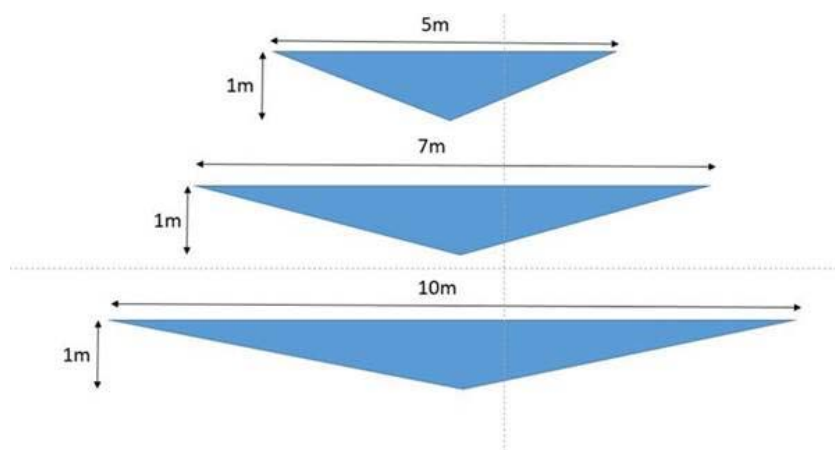
För att utreda hur ytavrinningen vid ett skyfall kan styras i parken vid anläggande av ett svackdike har tre scenarier analyserats med hjälp av hydraulisk modellering i MIKE21

- nytt nuläge med mer detaljerad skyfallsmodellering (1x1 m) har utförts för befintliga förhållanden (oförändrad markyta),
- med ett svackdike inlagt i modellen och
- med svackdike kombinerat med att ytterligare vatten leds till parken från närliggande lågpunkter.

I beräkningarna för scenariot med ett svackdike startar diket vid tunneln under Gjörowellsgatan och går enligt detta förslag rakt genom parken, se Figur 6. För att analysera om svackdiket kan ta emot tillkommande vatten så har diket förlängts en bit uppströms Gjörowellsgatan för att komma närmre lågpunkterna så att sträckan man behöver pumpa/leda bort vattnet blir lite kortare. Som ett första förslag har svackdiket antagits vara v-format med ett maxdjup på 1 m från markytan. Längs diket varierar bredden vid krön mellan 5 m, 7 m och 10 m så att transportkapaciteten ökar med ökad andel ansluten markyta, se Figur 7. Svackdiket kan naturligtvis utformas på annat sätt, så länge dess kapacitet bibehålls.



Figur 6. Svackdikets placering i parken, bredden ökas stegvis nedströms.



Figur 7. Principiellt utseende på svackdiket.

6.2 KOMPLETTERANDE BERÄKNINGAR FÖR DIKET

För att utreda hur stor kapacitet föreslaget dike får har en hydraulisk modell byggts upp i MIKE11. MIKE 11 är ett endimensionellt hydrauliskt beräkningsprogram som är utvecklat av DHI. Med MIKE11 kan man på ett mer representativt sätt än i MIKE21 beskriva dikets utseende. Syftet med beräkningarna är dels att avgöra om diket behöver vara så brett och djupt som föreslagits och dels i syfte att avgöra om det med föreslagen utformning på diket är möjligt att ta emot dagvatten även från andra tillrinnande områden uppströms parken.

För att utreda dikets kapacitet har dikets krönnivå från karteringen i MIKE21 antagits. Bottennivåerna på diket har erhållits från nivåerna i terrängmodellen och subtraherats med 1 m. Därav varierar nivåerna på botten längs diket, eftersom markytan sluttar ner mot Riddarfjärden. Vid dimensionering av diket för projektering bör bottenlutning och bredd optimeras med hänsyn till omgivande mark och för att få önskad kapacitet på diket. I Tabell 2 redovisas dimensioner på diket som använts i den hydrauliska modellen. Dikets totala längd blir ca 600 meter (räknat för det längre diket som startar norr om Gjörwellsgatan).

Tabell 2. Dimensionering av svackdikets olika sektioner.

	Bredd (m)	Djup (m)	Släntlutning
Del 1 - sträckan 0 till 100 m	5	1	1:2,5
Del 2 - sträckan 100 m till 250 m	7	1	1:3,5
Del 3 - sträckan 250 m till Mälaren	10	1	1:5,0

7 RESULTAT AV MODELLBERÄKNINGAR

Nedan presenteras resultaten av de tre beräkningsscenarierna:

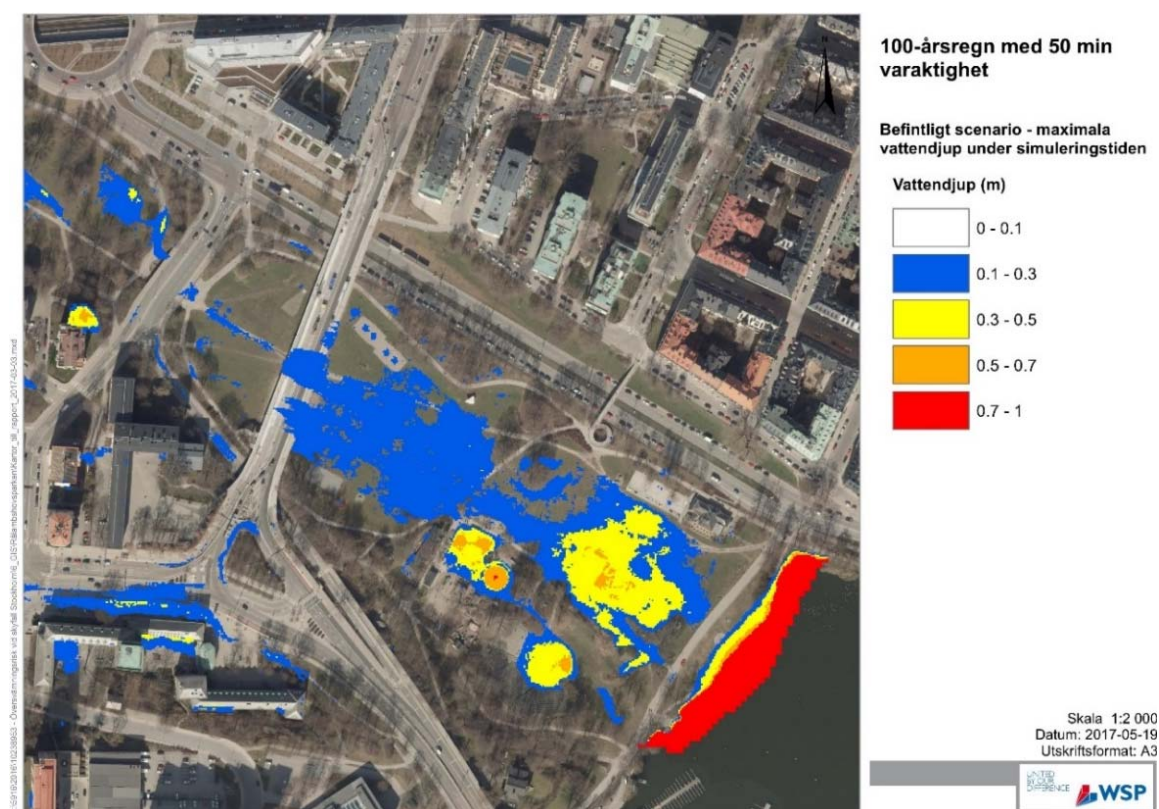
- befintliga förhållanden
- med ett svackdike
- med ett svackdike samt med tillkommande flöde från kringliggande lågpunkter.

Dessutom redovisas en översiktlig beräkning av kapaciteten på den principiella utformningen på svackdiket.

På figurerna som redovisas nedan ser det ut som att det blir stora vattendjup i Riddarfjärden, detta är på grund av beräkningstekniska skäl, vattennivåer i Riddarfjärden har inte analyserats i MIKE21-beräkningarna och man bör bortse från dessa vattendjup.

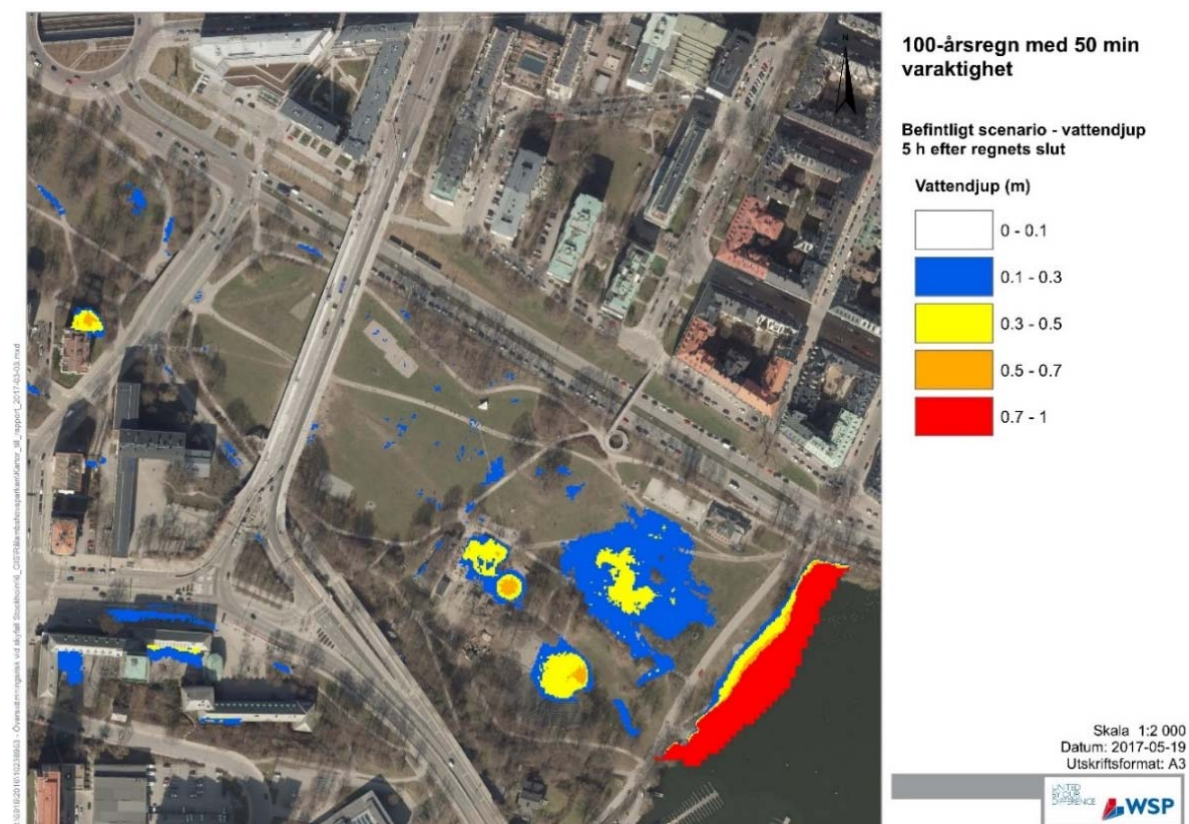
7.1 BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN

Resultaten av beräkningarna för befintliga förhållanden liknar de som tidigare tagits fram vid skyfallsanalysen för Stockholm stad. I Figur 8 – Figur 10 redovisas kartor med beräknade maximala vattendjup, vattendjup vid simuleringsslut samt beräknade maximala flöden. Som visas i Figur 8 översvämmas en stor del av parken med mellan 0,1 – 0,5 m vattendjup någon gång under beräkningstiden.



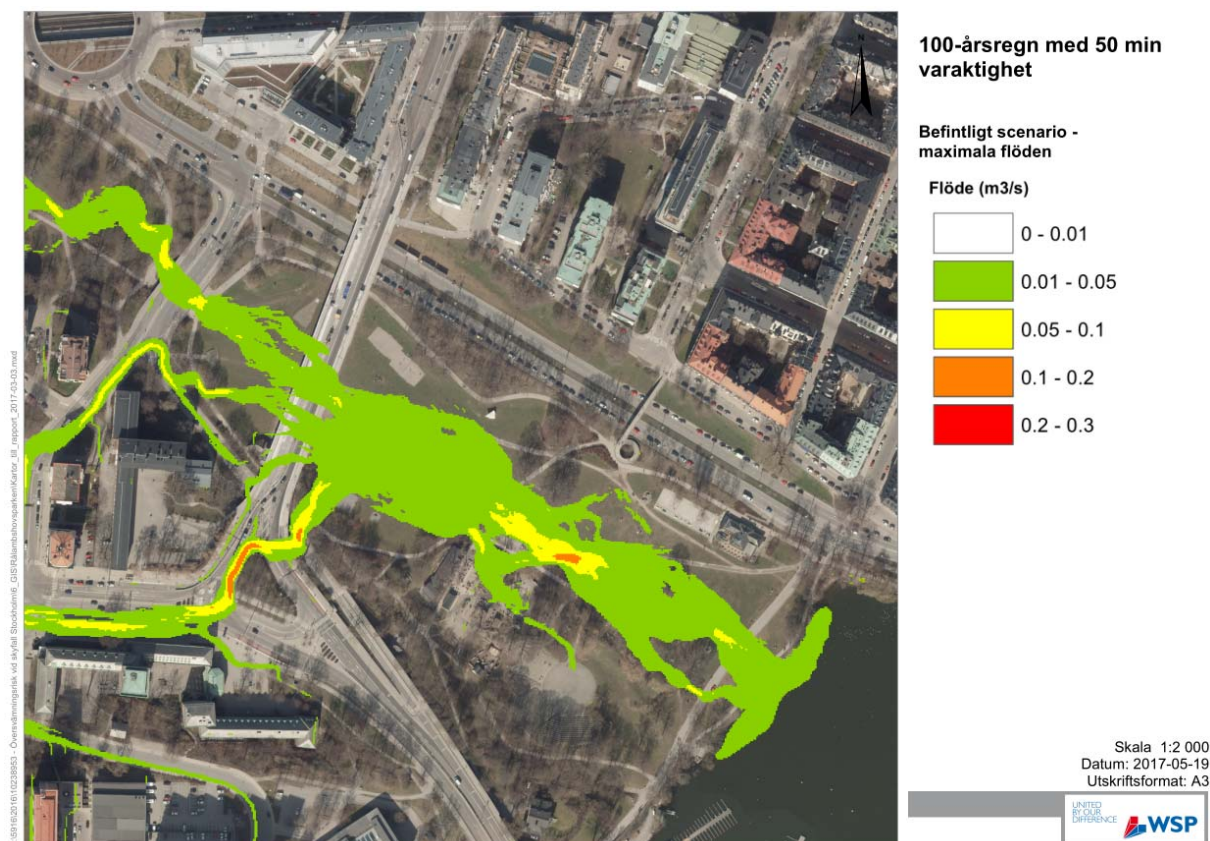
Figur 8. Beräknade maximala vattendjup vid befintliga förhållanden.

Vid simuleringsslut, se Figur 9 nedan, 6 timmar efter att regnet startat har det ansamlats en stor pöl i nedre delen av parken med ett vattendjup på mellan 0,1 och 0,5 m. Volymen vatten som ansamlats i pölen har beräknats till ca 2000 m³.



Figur 9. Beräknade vattendjup vid simuleringsslut, 6 timmar efter att regnet startat (ca 5 h efter regnets slut) vid befintliga förhållanden.

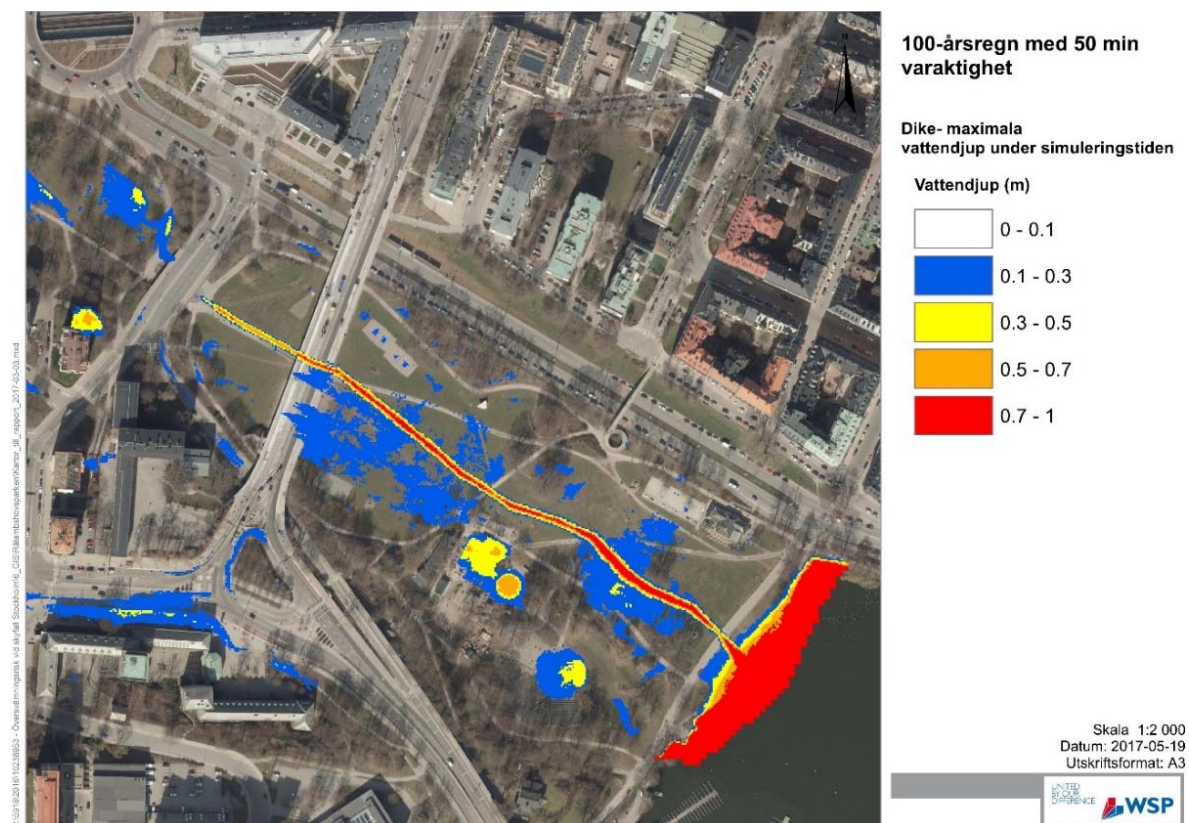
I Figur 10 redovisas beräknade maximala flöden i varje cell under simuleringstiden. Generellt är det i parken låga flöden på mellan 0,01 och 0,05 m³/s men det finns stråk där flödet går upp till mellan 0,1 och 0,2 m³/s (motsvarar 100-200 l/s). Som visas i Figur 10 kommer tillrinnande regnvatten till parken i huvudsak från tre stråk; två stråk från Västerbroplan och ett från de nordligare delarna av Rålambshovsparken.



Figur 10. Beräknade maximala flöden vid befintliga förhållanden.

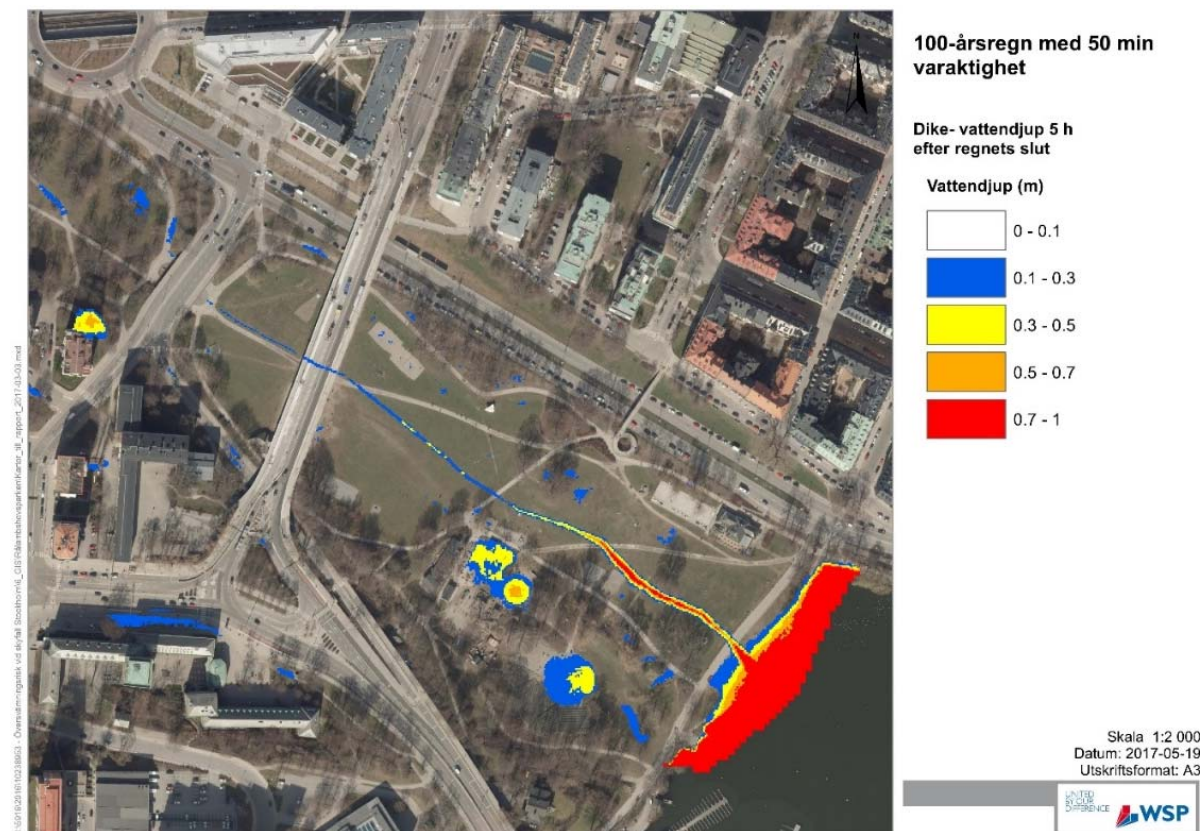
7.2 MED SVACKDIKE

Resultaten från beräkningarna med ett svackdike inlagt i parken redovisas i Figur 11 - Figur 13. Som visas i Figur 11 översvämmas delar av parken med ett vattendjup på mellan 0,1 till 0,3 m någon gång under simuleringstiden.



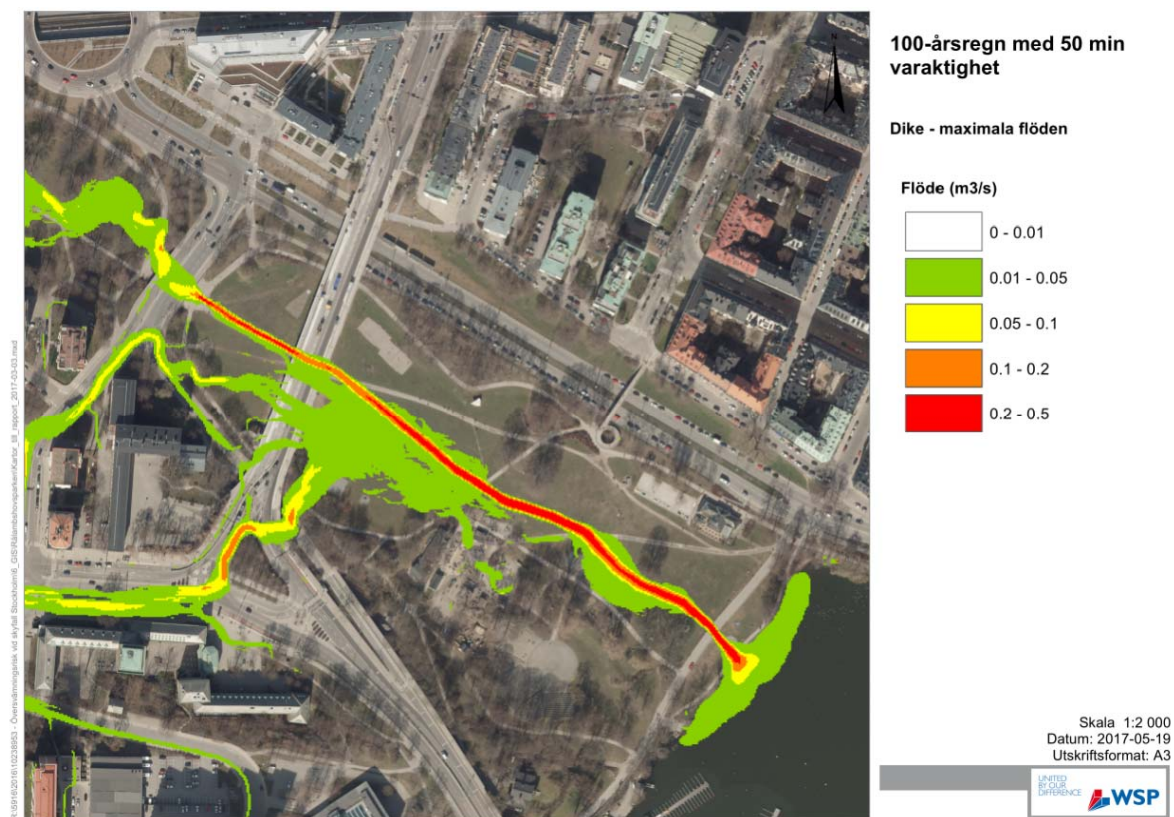
Figur 11. Beräknade maximala vattendjup med svackdike.

I Figur 12 redovisas beräknade vattendjup vid simuleringsslut (dvs. efter 6 timmar) och resultaten visar att en majoritet av det regnvatten som leds till parken har avletts längs diket och runnit ner till Riddarfjärden. I området kring lekplatsen samt vid amfiteatern förekommer områden med ett översvämningsdjup på mellan 0,1 – 0,7 m.



Figur 12. Beräknade vattendjup vid simuleringsslut 6 timmar efter regnets start (ca 5 h efter regnet slut) med svackdike.

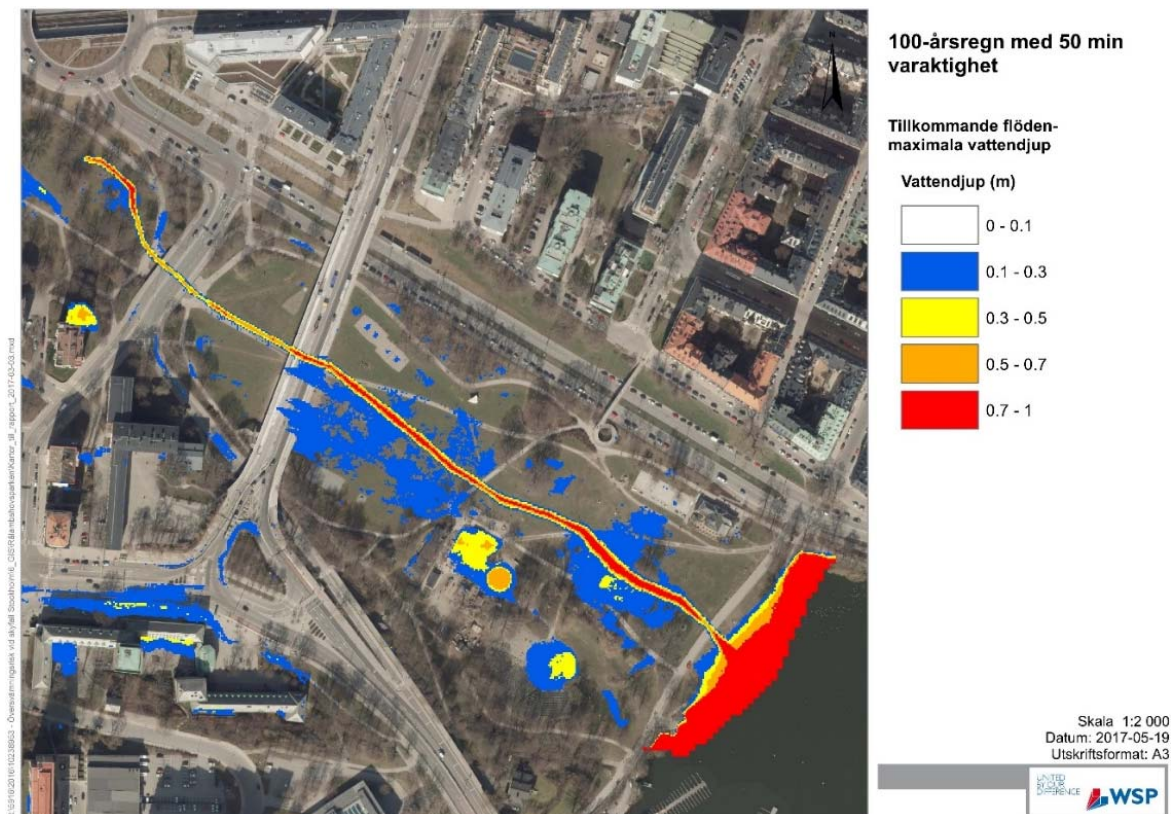
I Figur 13 redovisas beräknade maximala flöden i Rålambshovsparken. I svackdike uppkommer flöden på mellan 0,1 och 0,5 m³/s (100-500 l/s) medan det i övriga parken är små flöden på mellan 0,01 och 0,05 m³/s.



Figur 13. Beräknade maximala flöden med svackdike.

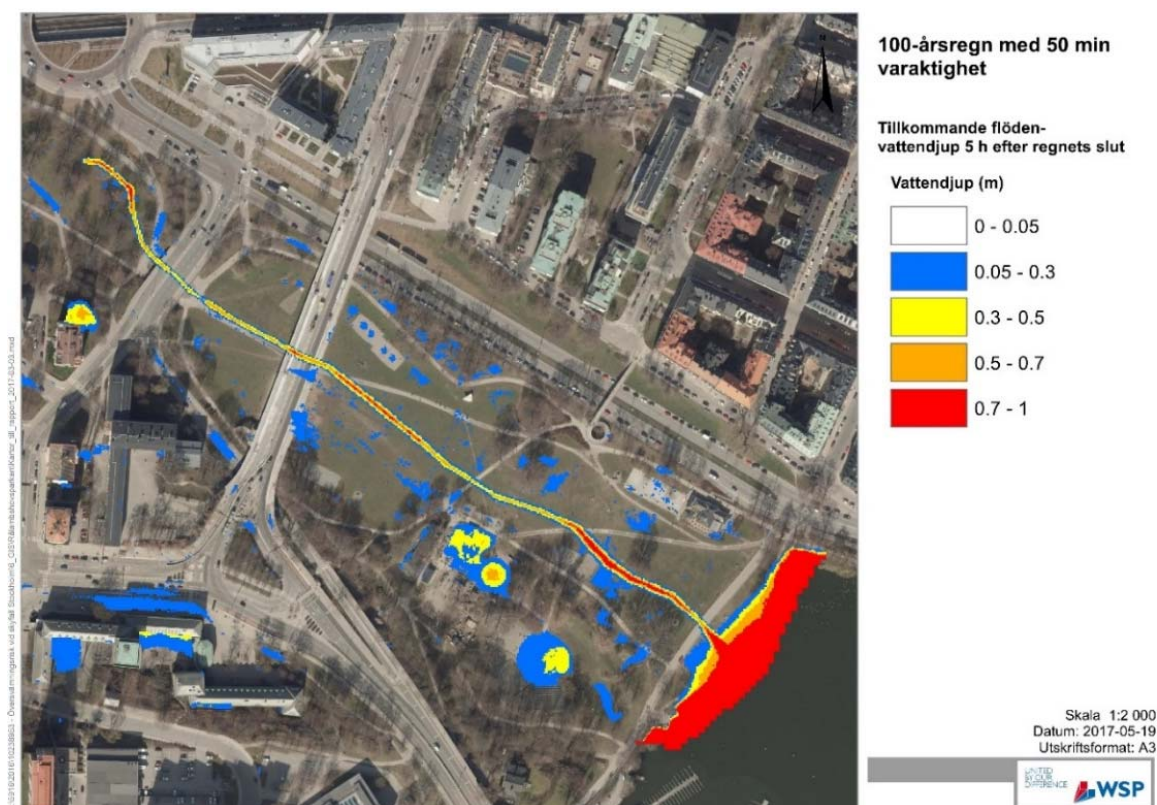
7.3 MED SVACKDIKE OCH TILLKOMMANDE FLÖDEN FRÅN NÄRLIGGANDE LÅGPUNKTER

Resultaten från beräkningarna med tillkommande flöden från närliggande lågpunkter (se Figur 5) till svackdike redovisas i Figur 14 - Figur 16. Diket har nu förlängts till väster om Gjørwellsgatan, en bit in i Konradsbergsparken. Som visas i Figur 14 översvämmas delar av parken med ett vattendjup på mellan 0,1 till 0,3 m någon gång under simuleringstiden.



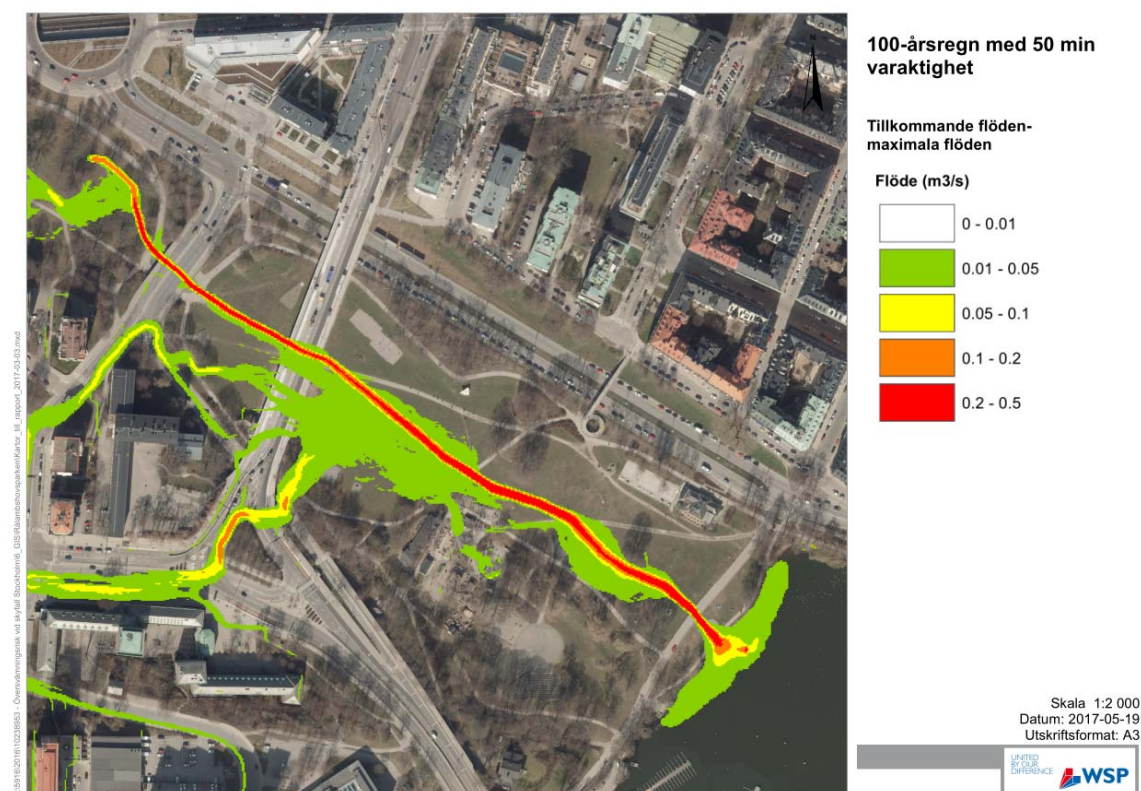
Figur 14. Beräkning maximala vattendjup med tillkommande flöden från närliggande lågpunkter till svackdike.

I Figur 15 nedan redovisas beräknade vattendjup vid simuleringsslut, resultaten visar att en majoritet av det regnvatten som leds till parken har avletts längs diket och runnit ner till Riddarfjärden. I området kring lekplatsen och amfiteatern förekommer områden med ett översvämningsdjup på mellan 0,1- 0,7 m.



Figur 15. Beräknade vattendjup vid simuleringsslut med tillkommande flöden från närliggande lågpunkter till svackdiket 6 timmar efter regnets start (ca 5 h efter regnet slut).

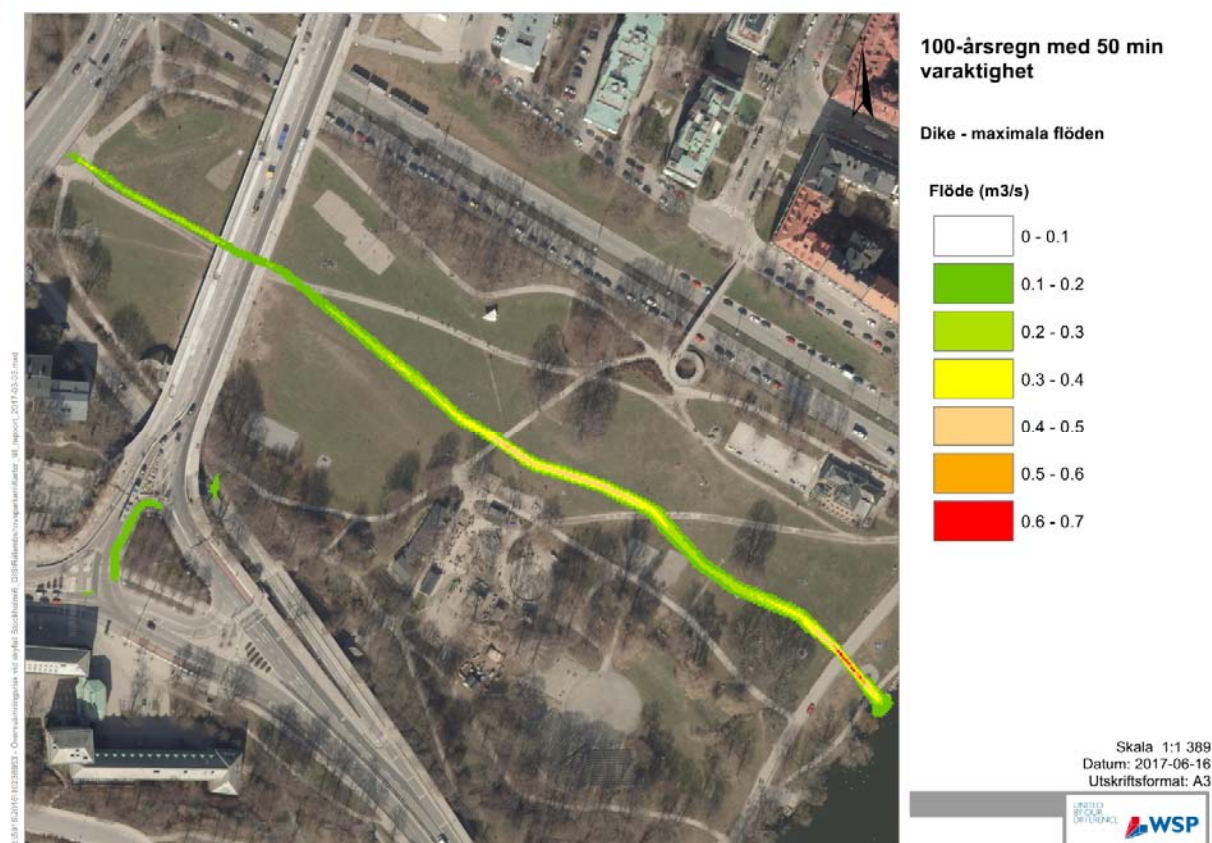
I Figur 16 redovisas beräknade maximala flöden. I svackdiket uppkommer flöden på mellan 0,1 och 0,5 m³/s (100-500 l/s) medan det i övriga parken är små flöden på mellan 0,01 och 0,05 m³/s.



Figur 16. Beräknade maximala flöden med tillkommande flöden från närliggande lågpunkter till svackdiket.

7.4 KAPACITET PÅ SVACKDIKE

Resultatet från skyfallsmodelleringen i MIKE21 visar att maxflödet i svackdiket vid ett 100-årsregn blir 0,5 m³/s förutom närmast Riddarfjärden där flödet maximalt blir 0,65 m³/s, se Figur 17. I beräkningarna i MIKE11 har det antagits att flödet i diket är konstant trots att tillrinningen egentligen sker successivt längs med diket. Med detta följer att vattennivåerna i dikets övre del är något överskattade. I beräkningarna har det antagits att vi har ett Mannings tal² på 15 vilket motsvarar en relativt hög tröghet i diket och därmed ett antagande "på säkra sidan".



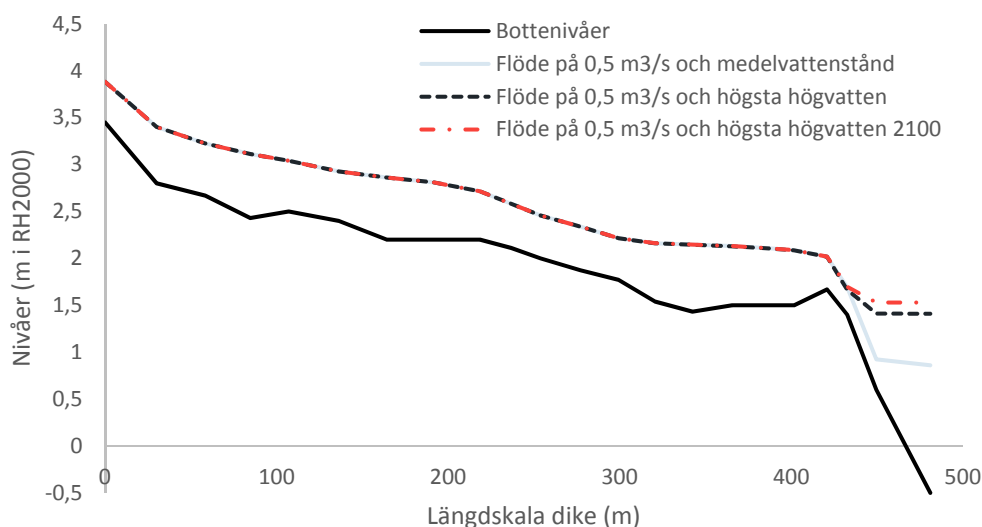
Figur 17. Beräknade flöden i svackdiket från skyfallsmodelleringen i MIKE21.

För att utreda hur vattennivån i Riddarfjärden påverkar dikets kapacitet har nedströmsvattenytan varierats i den hydrauliska modellen. De nivåer som har analyserats är medelvattenstånd, +0,86 m³ (i RH2000), högsta högvatten i dagens klimat, +1,41 m³ samt bedömt högsta högvatten år 2100, +1,53 m⁴.

² Mannings tal beskriver en ytas råhet och ger därmed ett mått på hur snabbt vattnet rinner på markytan. Ett högt värde på Mannings tal motsvarar att vattnet rinner av snabbt och ett lågt värde innebär att det är mer motstånd för vattnet att rinna så att det rinner av långsammare vilket för samma flöde medför ett större vattendjup.

³ Miljöbarometern Stockholm stad – Vattennivån i Mälaren, <http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/vattennivan-i-malaren/>, 2017-03-01

⁴ SMHI Mälarens nivå vid olika höjning av havets medelnivå i tidsperspektivet fram till 2200, rapport nr 2014-3



Figur 18. Beräknade vattennivåer i svackdiket vid olika vattenstånd i Riddarfjärden (Mälaren).

Så som visas i Figur 18 påverkar endast vattennivån i Riddarfjärden sträckan allra närmast utloppet. I Figur 18 redovisas också svackdikets bottenprofil och det går att se hur dikets bottenlutning varierar (bottenivåer är skapad genom en nedsänkning av marknivån). Nära Riddarfjärden i position 420 m (se Figur 18) finns en tröskel som kommer att påverka vattennivåerna uppströms om denna. Vid detaljprojektering av diket bör man ta ställning till hur diket ska utformas i denna del dvs. huruvida man vill ha en tröskel där eller inte. Ingen hänsyn har tagits till grundvattennivåer eftersom det saknas mätdata från parken.

För att analysera dikets kapacitet och få fram förväntade vattendjup i diket har den hydrauliska modellen simulerats med tre olika flöden (0,3 m³/s, 0,5 m³/s och 1 m³/s) tillsammans med ett vattenstånd i Riddarfjärden (Mälaren) som motsvarar högsta högvatten i dagens klimat; +1,41 m. I Tabell 3 redovisas beräknade vattendjup i svackdiket med principiell utformning på diket.

Tabell 3. Beräknade vattendjup (m) i svackdiket med föreslagen utformning på diket vid tre olika flöden.

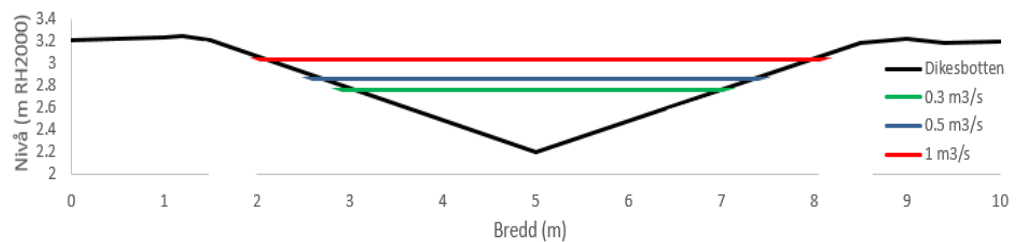
Flöde	Maxdjup	Minsta djup	Medeldjup
0,3 m³/s	0,6 m	0,2 m	0,45 m
0,5 m³/s	0,7 m	0,3 m	0,5 m
1 m³/s	0,9 m	0,4 m	0,7 m

Som visas i tabellen överstiger vattendjupet inte dikesdjupet, 1 m, för något av de simulerade flödesscenarierna. För ett flöde på 0,5 m³/s, vilket motsvarar maximalt beräknat flöde i svackdiket vid ett skyfall med 100 års återkomsttid, blir maximalt beräknat vattendjup 0,7 m och medeldjupet i diket är 0,5 m.

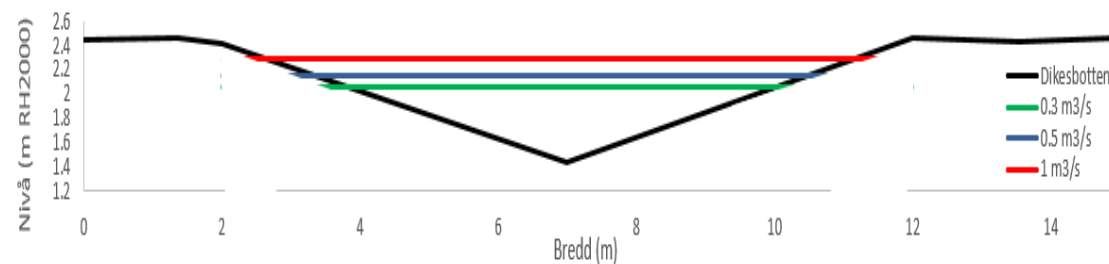
I Figur 19 - Figur 21 redovisas beräknade vattendjup i tre typsektioner (enligt tabell 3) längs sträckan (sektioner med högsta beräknade vattennivåer per typsektion). Observera att sektionerna visar maximalt beräknat vattendjup per typsektion och att vattendjupet i andra delar av diket kan vara lägre. Som visas i figurerna klarar diket att avleda ett flöde på 1 m³/s utan att översvämmas.



Figur 19. Maximalt beräknade vattendjup i första delen av diket, 0 till 100 m



Figur 20. Maximalt beräknade vattendjup i andra delen av svackdiket, 100 till 250 m.



Figur 21. Maximalt beräknade vattendjup i tredje delen av diket, 250 m till mynningen i Mälaren.

8 ANALYS OCH UTVÄRDERING AV RESULTAT

Jämförs resultaten från skyfallsmodelleringen med och utan svackdike är det tydligt att man med ett dike minskar översvämning i parken vid ett skyfall. Utbredningen av översvämningen, vilket redovisats som maximalt beräknade vattendjup, minskar i och med anläggandet av svackdiket. Med ett svackdike har man en viss översvämning utbredning från att regnet startar till att det hunnit rinna ner till Riddarfjärden, men vid simuleringsslut har nästan allt vatten som vid befintliga förhållanden ansamlats i lågpunkter i parken avletts till Riddarfjärden.

Jämförs beräknade maxflöden i parken vid ett skyfall, ökar dessa i och med anläggande av ett svackdike. Detta eftersom avrinningen koncentreras till att gå i diket vilket medför högre flöden.

Jämförs resultaten med svackdike och med tillkommande flöden till svackdiket blir skillnaderna i resultat små. Det blir en något större utbredning med tillkommande flöden men resultaten visar på att diket såsom det principiellt har utformats bör ha kapacitet att också avleda regnvatten från de

närliggande lågpunkter som har analyserats. Resultaten av MIKE21-beräkningarna med tillkommande flöden bekräftas också av resultaten av beräkningarna av dikets kapacitet vilka visar på att diket har en kapacitet att avleda ett flöde på ca 1 m³/s. Det innebär att det är möjligt att man med anläggande av ett svackdike i parken även kan ta emot dagvatten från andra delar uppströms om Rålambshovsparken. Hur mycket vatten som kan tas emot från andra delar uppströms om parken måste utredas vidare vid detaljprojektering.

9 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

Inför en projektering av svackdiket krävs vidare utredning kring dimensionering av diket för att utreda utformning på diket, hur brett och djupt, vilken släntlutning det behöver vara för att på bästa sätt kunna avleda vatten vid skyfall. Vid detaljprojektering behöver dikets väg förbi befintliga gång- och cykelvägar lösas, vilket skulle kunna göras med kulvertering under gång- och cykelvägarna. Dessa kulvertar behöver dimensioneras för att det inte ska uppstå dämningseffekter uppströms kulvertarna. För sådana kulvertar kan det också behövas underhåll i form av bland annat rensningsarbeten. Inför projektering behöver det också utredas om det behövs erosionsskydd. Dessutom behövs en utredning om grundvattenytans nivåer i parken för att utreda om det kommer att stå vatten i diket även vid normala förhållanden samt en geoteknisk undersökning för att få mer information om grundläggningsförhållanden.

Under detaljprojekteringen av svackdiket kan med fördel en ny kombinerad skyfallsanalys (MIKE 21 - modellen kopplas ihop med MIKE 11- modellen) göras tillsammans med analys av dikets kapacitet, för att så bra som möjligt utreda om kapaciteten på diket är tillräcklig för att ta om hand den nederbörd och tillrinnande vatten från omkringliggande områden som önskas.

10 SLUTSATSER

Detta pilotprojekt har visat på att det är möjligt att minska översvämningar från skyfall inom, och kring, Rålambshovsparken och öka ekosystemtjänsterna genom att anlägga ett svackdike genom parken.

- Med ett svackdike skulle en kontrollerad ytavrinning i parken uppnås, genom att regnvattnet avleds till Riddarfjärden istället för att ansamlas i parken⁵. Under tiden för regnet samt vid tiden precis efter regnet kommer vissa områden vara översvämmade men med svackdiket kommer vattnet kunna avledas från parken.
- Översvämningssutbredningen kring områdena vid lekparken samt amfiteatern påverkas inte av anläggandet av svackdiket
- Den principiella utformningen av svackdiket har kapacitet att avleda de flöden som kan väntas uppkomma i diket vid ett skyfall med 100 års återkomsttid som kan antas gälla år 2100 och har dessutom kapacitet att också avleda visst ytterligare tillkommande vatten från andra områden uppströms om parken.
- Det bör i det fortsatta arbetet undersökas hur dagvattenhantering av mer normala regn kan kombineras med den föreslagna lösningen för skyfallshantering i parken.

⁵ Det har bedömts, i samråd med Stockholm Vatten och Avfall, att detta är acceptabelt ur miljösynpunkt eftersom denna typ av extrema skyfall med kraftig ytavrinning inträffar så sällan, och behov av rening främst gäller mer normala dagvattenflöden.

Inför detaljprojektering av ett svackdike krävs dels projektering och gestaltning av dikets utseende och dels fördjupade utredningar gällande grundvattenförhållanden i parken och geotekniska förhållanden.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 36 500 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 3 700 medarbetare. www.wsp.com

WSP Stab

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

