

Skyfallshantering Göteborg

Beslutsstöd

Exemplifierat på planområde Backaplan

Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten

Rapport

April 2016

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas



Skyfallshantering Göteborg

Beslutsstöd

Exemplifierat på planområde Backaplan

Framtagen för	Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten
Kontaktperson	Dick Karlsson

Projektledare	Erik Mårtensson
Kvalitetsansvarig	Lars-Göran Gustafsson

Uppdragsnummer	12803245
Godkänd datum	2016-04-14
Version	Slutrapport
Klassificering	Öppen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	4
1.1	Problemställning.....	4
1.2	Förutsättningar	5
1.3	Process	6
2	Förberedelser	7
3	Steg 1 – Bedömning av översvämningssituation	8
3.1	Steg 1b – Identifiering av randflöden	10
4	Steg 2 – Planerad exploatering i förhållande till översvämningssituationen.....	12
5	Steg 3 – Sammanvägd bedömning	16
6	Steg 4 – Revidera plan	16
7	Steg 5 – Översvämningsberäkning utifrån ny plan.....	19
8	Steg 6 – Kontroll av påverkan på nedströms områden	20
9	Förslag till fortsatt arbete	23

1 Inledning

DHI har på uppdrag av Göteborg Kretslopp och Vatten utvecklat ett beslutsstöd vilket syftar till att förbättra förutsättningarna för en effektivare hantering av översvämningar orsakade av extrema regn. Beslutsstödet är tänkt att användas i samband med exploatering och vara tillämpbart oavsett planskede. Beslutsstödet har dock olika syften beroende på var i planprocessen man befinner sig.

Inför och under programskede

Bedömning av aktuell översvämningssituation i aktuellt område. Vägledning till hur strukturplan bör utformas med avseende på lämplig markanvändning för olika ytor.

Projektskede (strukturplan framtagen)

Bedömning av aktuell översvämningssituation i planområde. Kontroll av strukturplanens funktion, om revidering är nödvändig och på vilket sätt den i så fall bör revideras. Vägledning till generell höjdsättning för området och kontrollberäkning för dimensionerande regn med ny höjdsättning.

Detaljplanskede (höjdsättning framtagen)

Bedömning av aktuell översvämningssituation i planområde. Kontroll av detaljplanens funktion och om revidering är nödvändig. Beräkning med dimensionerande regn för funktionskontroll av framtagna höjdsättning.

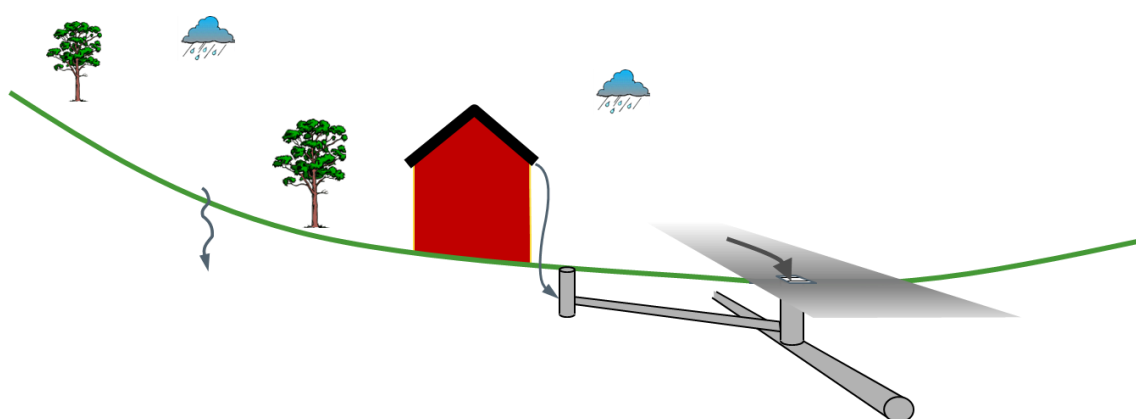
Desto tidigare i planprocessen beslutsstödet tillämpas desto bättre kommer förutsättningarna att vara för en effektiv och säker hantering av extrema regnmängder inom planområdet.

Målgruppen för beslutsstödet är planhandläggare.

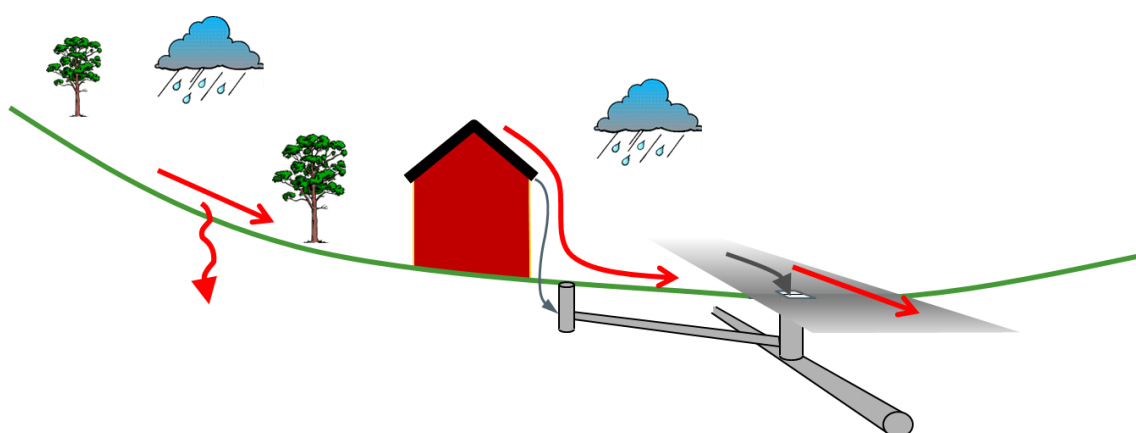
1.1 Problemställning

Vid normala regn hanteras regnvolymen antingen genom avledning till samhällets dagvattensystem eller genom infiltration på permeabla, gröna ytor (Figur 1). Vid extrema regn överskrider dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker en avrinning på markytan vilket skapar en marköversvämning (Figur 2). Denna volym av vatten kallas i fortsättningen för ytligt överskottsvatten. För att ha möjlighet att hantera nämnda överskottsvatten utan allvarliga konsekvenser krävs att det finns tillräckligt med säkra ytor vilka kan översvämmas och att vattnet har möjlighet att nå dit. Det senare uppnås med hjälp av en smart höjdsättning och/eller avledning till definierade vattenstråk eller recipienter.

Förbättrade förutsättningar för hantering av extrema regn skapas bäst i samband med en exploatering då en förändring i markanvändning och höjdsättning ändå ska genomföras. De naturgivna förutsättningarna för hantering av det ytliga överskottsvattnet ser dock olika ut för olika områden. Beslutsstödet syftar till att utvärdera förutsättningarna och ge vägledning om lämplig markanvändning och höjdsättning för en effektiv hantering av överskottet i samband med extrema regn.



Figur 1. Principbild över vattnets transportvägar vid normala regn.



Figur 2. Principbild över vattnets transportvägar vid extrema regn.

1.2 Förutsättningar

DHI har på uppdrag av Göteborg Stad i tidigare utredning kartlagt var marköversvämning uppstår och vilka vattendjup som skapas vid extrema regn med olika återkomsttid och för olika infiltrationsförhållanden. Resultaten från dessa beräkningar består av kartsnitt för följande parametrar:

- Nederbörd
- Ledningssystemets kapacitet (schablonmässig uppskattning)
- Markinfiltration
- Översvämningsdjup
- Ytvattenflöden

Ovan listade parametrar ligger till grund för de bedömningar och beräkningar som genomförs i beslutsstödet olika steg.

Utgångspunkten är att hantering av ett regn med 100 års återkomsttid och varaktighet sex timmar under normala infiltrationsförhållanden skall möjliggöras inom planområdet. Detta innebär att 100-årsregnet är dimensionerande.

Översvämning bedöms uppstå när vattendjupet överstiger 0,1 m och att konsekvenser uppstår vid vattendjup över 0,2 m. Båda gränserna används i olika steg av beslutsstödet.

Den ytliga avrinningen ut från området får inte ökas. Konsekvensen av detta är även att belastningen på recipient inte heller får ökas då detta kan skapa en förvärrad

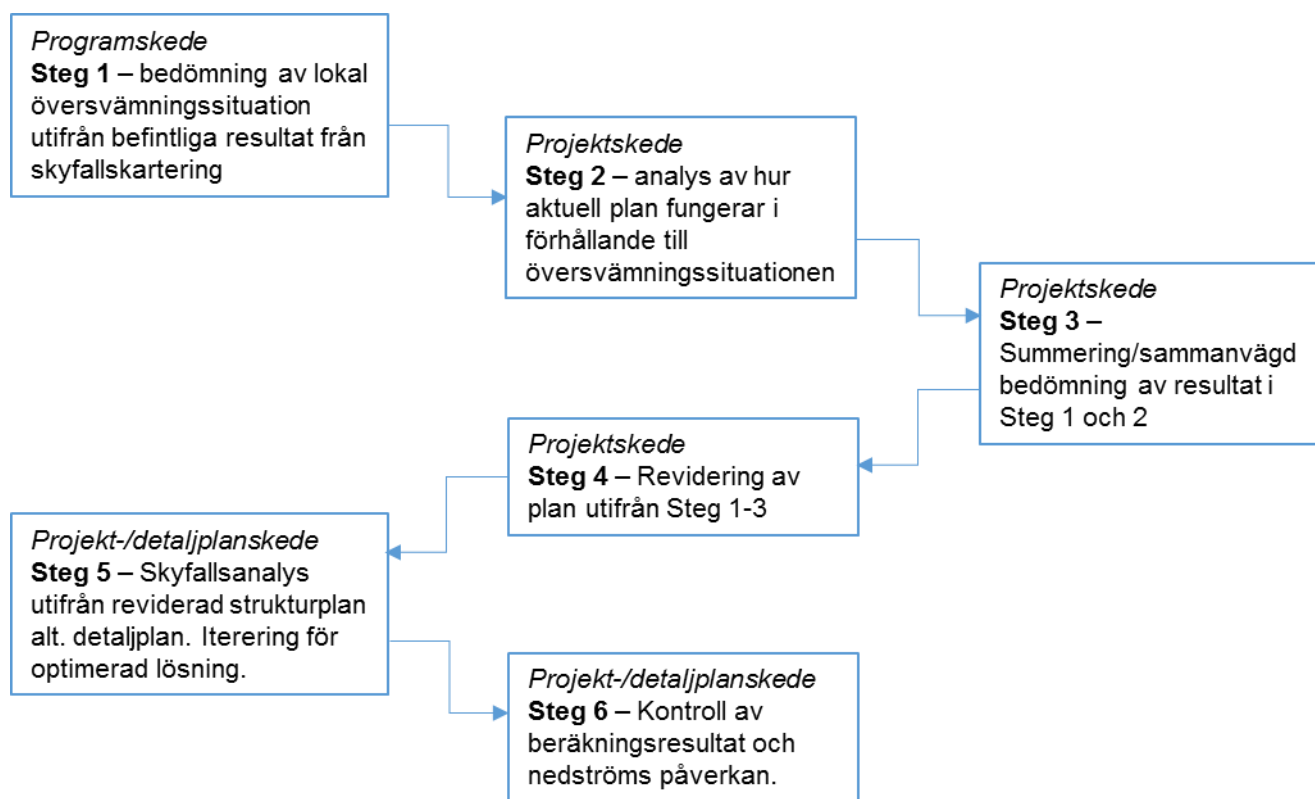
översvämningssituation i nedströms liggande områden. Undantaget är Göta älv dit avrinningen inte är begränsad eller andra vattenvägar som definierats som recipienter med tillräcklig kapacitet.

Beslutsstödet kan i teorin tillämpas på alla typer av områden och storlek. Stödet är dock mindre användbart för mycket små områden som enstaka kvarter då frihetsgraden att t ex skapa ytor reserverade för vattentransport eller magasin då blir begränsade.

Vägledningen tar inte hänsyn eller gör avvägningar mellan eventuella motstående intressen. Bedömningar görs enbart utifrån hantering av yligt överskottsvatten vid extrema regn.

1.3 Process

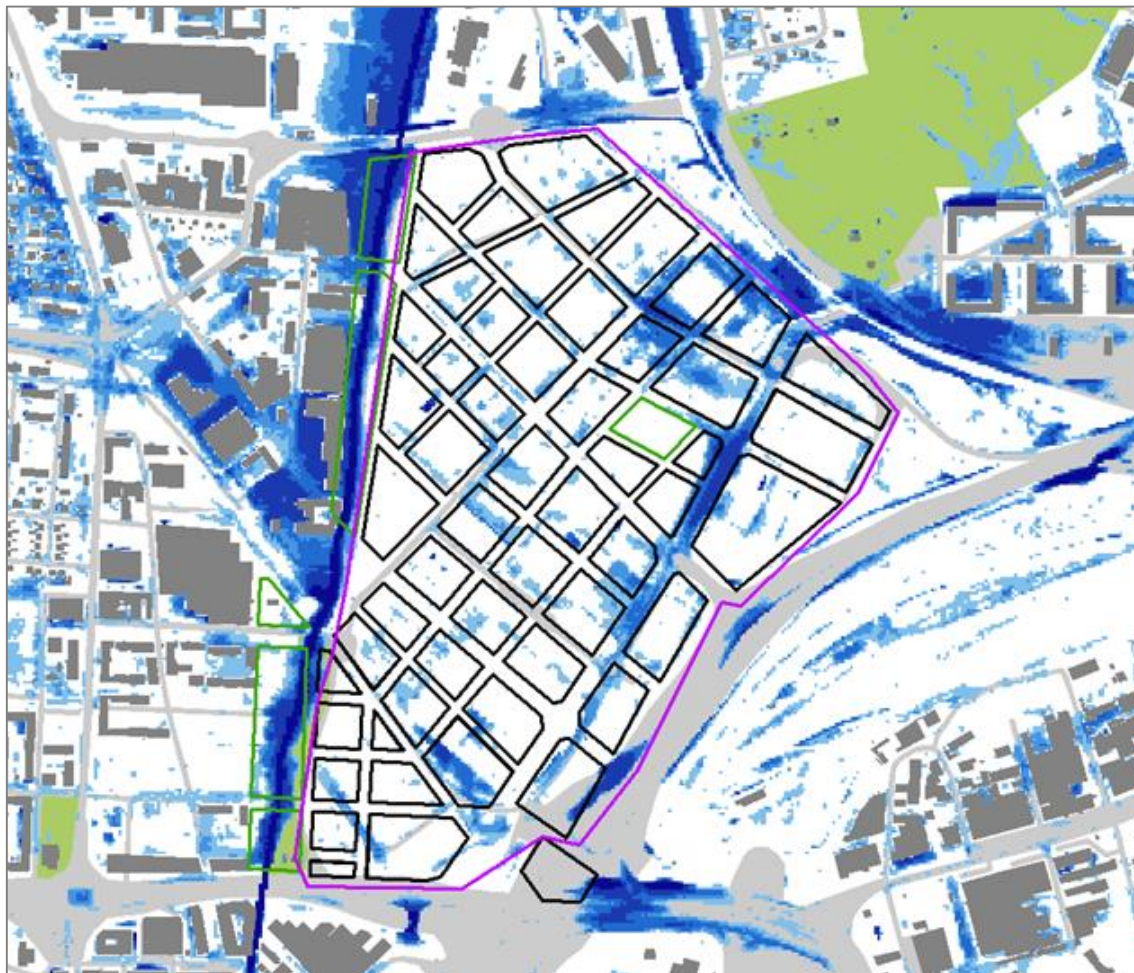
Beslutsstödet är uppbyggt av ett antal steg där enklare beräkningar och analyser görs vilka syftar till att bedöma hur allvarlig aktuell översvämningssituation är och vilka förutsättningar som finns för att hantera det yliga överskottet inom planområdet. De olika stegen beskrivs i Figur 3. Här presenteras även i vilka planskeden de olika stegen är optimala att genomföra. För befintliga planer i senare skeden går det naturligtvis bra att arbeta sig igenom samtliga steg.



Figur 3. Beslutsstödet olika steg och i vilket planskede stegen är lämpliga att genomföra.

2 Förberedelser

Förberedelserna för att kunna genomföra de olika stegen i beslutsstödet består endast i att ta fram ett avgränsat område för planområdet. I Figur 4 visas avgränsning (lila linje) för planområdet Östra Backaplan. Grundprincipen är att avgränsningen ska täcka hela planområdet, det område som man har rådighet över inom den specifika planen. Eventuella vattendrag bör exkluderas då inkludering kommer att medföra en risk att felaktiga slutsatser dras vid bedömning av översvämningssituationen (Steg 1).



Figur 4. Beräknad översvämningssutbredning, strukturplan för Östra Backaplan (svarta och gröna linjer) och avgränsat område (lila linje) analyser i beslutsstödet.

3 Steg 1 – Bedömning av översvämningssituation

I det första steget görs en bedömning hur allvarliga översvämningssituationerna idag är inom planområdet och vad som skapar denna situation. Detta ger samtidigt en bedömning av hur goda förutsättningarna är för att kunna hantera det dimensionerande regnet inom planområdet.

Det dimensionerande regnet innehåller en specifik regnvolym (A) vilken varierar med planområdets storlek. Lokala förluster sker till ledningssystemet (B) och i form av markinfiltration (C). Tillskott sker eventuellt via ytliga inflöden (D) orsakade av regn i uppströms områden. På motsvarande sätt kan förluster ske via utflöden (E) till nedströms liggande områden. Genom att kvantifiera nämnda flöden kan den översvämningssvolym (F) vilken behöver hanteras ytligt inom planområdet beräknas.

$$F = A - B - C + D - E$$

A = Nederbörd

B = Förluster till ledningssystem (schablon)

C = Infiltration

D = Inflöde

E = Utflöde

F = Översvämning

Kvantifiering av nämnda flöden görs genom att summera beräkningsresultat för samtliga beräkningsceller inom planområdet för respektive vattenbalanspost. Samtliga poster kan kvantifieras på detta sätt förutom in- och utflödet (D och E) över ränderna. Ett nettoflöde in eller ut från området kan istället beräknas utifrån att övriga poster är kända i ekvationen ovan. Resultaten är hämtade från det sista beräkningstidssteget i skyfallskarteringen för det dimensionerande regnet vilket motsvarar en tidpunkt 2,5 timmar efter regntoppen då vattendjupen är maximala i majoriteten av modellområdet. Resultaten måste vara kopplade till ett specifikt tidssteg för att undvika att vatten räknas mer än en gång.

Summeringen av de olika posterna kan göras i GIS via stegen nedan. Utgångspunkt är kartskikten listade i avsnitt 1.2 vilka samtliga har räknats om till volymer (m³) och konverterats från dfs2- till ascii-format.

1. Utklipp av aktuellt område utifrån framtagen shape-fil (*ArcToolbox – Data Management Tools – Raster – Clip*)
2. Summering av volymen i samtliga celler inom det utklippta området (*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Generalization – Aggregate*)

Nyckeltal: *Relativ skillnad mellan översvämningss- och nederbördsvolym*

Beräkning: $(F - A) / A$

Genom att relatera översvämningssvolymen inom området med nederbörden kan en bedömning göras av hur allvarig, och därmed hur svårlöst, översvämningssituationen för området är. Bedömningen görs utifrån förutsättningen att nederbördsmängden för det dimensionerande regnet, vilken faller lokalt över planområdet, är möjlig att hantera inom området. Gränser/intervall i textruta nedan ger vägledning om hur stort anpassningsbehovet är, dvs. ett mått på hur mycket som kommer att krävas i form av åtgärder för att hantera dimensionerande regn inom planområdet.

Relativ skillnad mellan översvämningss- och nederbördsvolym

< -50 %	Mycket litet anpassningsbehov
-50 – -20 %	Litet anpassningsbehov
-20 – +20 %	Begränsat anpassningsbehov
+20 – +50 %	Stort anpassningsbehov
> +50 %	Mycket stort anpassningsbehov

En negativ procentsats innebär att översvämningsvolymen är mindre än nederbördsvolymen vilket rent konkret innebär att förlusterna till ledningssystem, infiltration och utflöde från området överstiger inflödet till området. Det motsatta förhållandet gäller om den procentuella skillnaden är positiv.

I händelse av en stor negativ procentsats, orsakad av ett stort utflöde, är det lätt att dra slutsatsen att en mindre andel ytor behöver avsättas för hantering av yttligt överskottsvatten. Det ska snarare ses som en möjlighet att förbättra situationen för nedströms områden då ambitionen är att kunna hantera en volym motsvarande det dimensionerande regnet lokalt inom planområdet.

Nyckeltal: *Andel av översvämningsvolym från randområden*

Beräkning: $(D - E) / F$

En positiv procentsats, dvs. då översvämningsvolymen överstiger nederbördsvolymen, kan bara erhållas till följd av ett nettoinflöde från omkringliggande områden. Genom att relatera översvämningsvolymen till ett eventuellt nettoinflöde kan andelen av det vatten som orsakar översvämning inom planområdet beräknas. Desto större andel av översvämningsvolymen som orsakas av inflöde från uppströms områden desto svårare blir det att hantera detta inom planområdet och desto större blir behovet av att vidta åtgärder uppströms planområdet. Gränser/intervall i textruta nedan ger vägledning om när åtgärder utanför planområdet bör undersökas.

Andel av översvämningsvolym från randområden

< 0 %	Enbart hantering inom planområdet
0 – 25 %	Hantering inom planområdet bör prioriteras
25 – 50 %	Hantering uppströms planområdet bör undersökas
> 50 %	Hantering uppströms planområdet bör prioriteras

Exempel

Genom en GIS-analys, enligt stegen beskrivna ovan, av beräkningsresultat för Västra respektive Östra Backaplan har vattenbalansposter för områdena beräknats (se resultat nedan). Nettoflödet över ränderna (D-E) har beräknats utifrån övriga kända poster. För Östra Backaplan resulterar denna beräkning i ett nettoinflöde på ca 5 500 m³ och för Västra Backaplan på 14 509 m³.

Östra Backaplan		Västra Backaplan	
Nederbörd (A):	26 235 m ³	Nederbörd (A):	11 790 m ³
Översvämning (F):	25 232 m ³	Översvämning (F):	22 370 m ³
Ledningsnät (B):	6 459 m ³	Ledningsnät (B):	3 541 m ³
Infiltration (C):	760 m ³	Infiltration (C):	0 m ³
Nettoinflöde (D-E):	5 509 m ³	Nettoinflöde (D-E):	14 509 m ³

Relativ skillnad mellan översvämnings- och nederbördsvolym

Östra Backaplan = $(25\,232 - 26\,235) / 26\,235 = -3,8 \%$
 Västra Backaplan = $(22\,370 - 11\,790) / 11\,790 = +89 \%$

Andel av översvämningsvolym från randområden

Östra Backaplan = $5\,509 / 25\,232 = 22 \%$
 Västra Backaplan = $14\,509 / 22\,370 = 65 \%$

Utifrån beräkningarna ovan kan slutsatsen dras att översvämningsproblemen inom Östra Backaplan är begränsade och att dessa kan lösas inom planområdet. För Västra Backaplan är problemen mycket allvarliga och åtgärder uppströms området bör prioriteras.

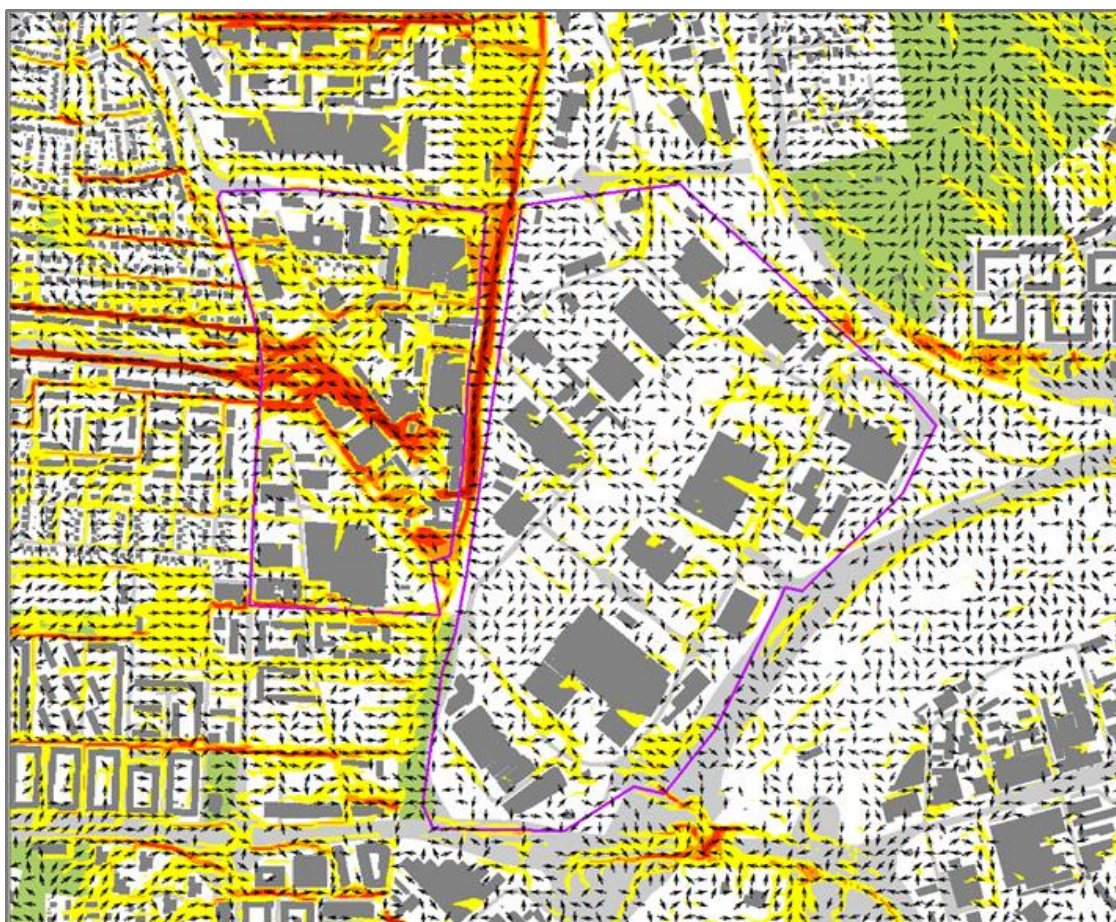
3.1 Steg 1b – Identifiering av randflöden

I Steg 1 beräknas storleken på nettoflödet in eller ut från planområdet. I de fall nettoflödet är ut från området alternativt om nettoinflödet är begränsat (<25 %) i förhållande till översvämningsvolymen behöver mindre fokus läggas på detta moment då åtgärder inom planområdet bör prioriteras.

Ett stort ytligt flöde in i området medför större utmaningar för en effektiv hantering. I detta steg studeras var inflöde och utflöde sker från området i syfte att lokalisera i vilket område åtgärder utanför planområdet skulle ge effekt. I Steg 1 konstateras enbart huruvida nettoflödet är in eller ut från området. Som underlag har kartor vilka visar flödesriktning och specifika flöden (m³/s) tagits fram.

Exempel

I Figur 5 visas flödesriktning (pilar) och beräknat flöde för området runt Backaplan. Utifrån underlaget identifieras var vatten rinner in och ut ur området och vilket in/utflöde som är det viktigaste (största). För Östra Backaplan sker i huvudsak ett inflöde från öster. För Västra Backaplan, där nettoinflödet är stort, ses ett in i området från väster via framförallt Björlandavägen och Nansensgatan. Även från norr sker ett inflöde.



Figur 5. Beräknad flödesriktning (svarta pilar) och momentant maximalt ytvattenflöde där röd färg indikerar ett större flöde än grön.

4 Steg 2 – Planerad exploatering i förhållande till översvämningssituationen

En bra och effektiv hantering av extrema regn handlar till stora delar om att avsätta tillräckligt stora ytor där vattnet inte gör skada samt att se till att vattnet kan ta sig dit på enklaste möjliga sätt. I detta steg utvärderas hur den aktuella planen, i projekt- eller detaljplaneskede, uppfyller dessa förutsättningar samt huruvida någon anpassning av struktur- eller detaljplan är nödvändig. Är planen i ett tidigare skede (programskede) kan stegen nedan användas för att ge vägledning om hur stora ytor och vilka ytor som är lämpliga att utnyttja för hantering av det ytliga överskottet.

Kontrollfråga 1

Uppstår konsekvenser av översvämning (vattendjup >0,2 m) där exploatering (bebyggelse/vägar) är planerad? (**Ja/Nej**)

Ja – Reviderad höjdsättning/markanvändning nödvändig. Översvämning behöver flyttas alternativt behöver markanvändningen ändras.

Nej – Genomför exploatering med bibehållen höjdsättning

Kontrollfråga 2

Uppstår översvämning (vattendjup >0,1 m) på avsatta ytor vilka är tänkta att nyttjas vid en översvämningssituation? (**Ja/Nej**)

Ja – Bibehåll höjdsättning. Förbättra om möjligt för att öka transporten till ytorna om det finns outnyttjad kapacitet.

Nej – Reviderad höjdsättning/markanvändning nödvändig. Då ytorna inte översvämmas så som är syftet behöver åtgärder vidtas så att översvämningen flyttas. Alternativt behöver markanvändningen ändras.

Nyckeltal: **Medeldjup på avsatta ytor**

Beräkning: $F / \text{area för avsatta ytor}$

Genom att dividera den totala översvämningens volymen (m^3) inom området med den totala ytan (m^2), vilken avsatts för hantering av ytvatten, erhålls ett medelvattendjup (m) för dessa ytor. Det erhållna medeldjupet indikerar huruvida tillräckligt med yta reserverats eller om denna behöver ökas. Djupintervall i textruta nedan ger vägledning i denna bedömning.

Den nedre gränsen (0,30 m) utgår från antagandet att ytorna är områden vilka är nedsänkta jämfört med omgivande terräng, typisk ett grönområde i bostadsbebyggelse. Om andra, större dagvattenlösningar är planerade, som t.ex. en damm eller multifunktionell yta, vilka kan hantera större vattendjup kan gränserna justeras uppåt. Vid tolkning av gränserna kan man utgå från principen att konsekvenserna av ett dimensionerande regn ökar med avståndet till den undre gränsen.

Nyckeltalet kan även användas inför eller under programskede för att räkna ut lämplig storlek på gröna ytor alternativt andra typer av ytor vilka tillåts att översvämmas.

Medeldjup på avsatta ytor

0 – 0,30 m	Tillräckligt med yta avsatt
0,30 – 0,60 m	Ytan bör om möjligt ökas
0,60 – 1,00 m	Otillräckligt med yta avsatt
> 1,00 m	Avsatt yta behöver ökas markant

Nyckeltal: Medeldjup på ytor vilka kan tillåtas översvämmas

Beräkning: $(F - (\text{area} \times \text{tillåtet medeldjup på avsatta ytor})) / \text{area för tillåtna ytor}$

I nyckeltalet ovan relateras översvämningsvolymen enbart till avsatta ytor. Översvämning kan även tillåtas på andra ytor vid extrema regn. Mindre trafikerade vägar kan vara exempel på en sådan yta. En ny uträkning görs för medeldjup på ytor vilka är ok att översvämma för den återstående volym som inte kan hanteras på avsatta ytor. Detta innebär att volymen upp till den nedre gränsen (0,30 m enligt ovan men kan bedömas från fall till fall) som kan hanteras på avsatta ytor räknas bort från den totala översvämningsvolymen. Uträkningen är enbart nödvändig om ovan nyckeltal visar att avsatta ytor är otillräckliga och att kapaciteten för dessa inte går att öka.

Gränserna är satta utifrån antagandet att vattendjup < 0,20 m inte medför några konsekvenser, varken vad gäller framkomlighet på vägen eller skador på bebyggelse intill vägen.

Medeldjup på ytor vilka kan tillåtas översvämmas

0 – 0,20 m	Tillräckligt med ytor
0,20 – 0,40 m	Ytor bör om möjligt ökas
0,40 – 0,60 m	Otillräckligt med ytor
> 0,60 m	Ytor behöver ökas markant

Kontroll: Avledning till utpekade skyfallsvägar

I de fall det saknas möjlighet att avsätta tillräckligt med ytor bör det undersökas om det är möjligt att avleda vatten till närliggande, utpekad skyfallsväg. I dagsläget är enbart Göta älv och havet godkända recipienter till vilka flödet kan tillåtas ökas. Detta kan dock komma att ändras i framtiden. Utgångspunkten är dock fortsatt, vilket påpekats tidigare, att dimensionerande regn ska hanteras inom planområdet om möjligt.

För att undersöka huruvida avledning till skyfallsväg är möjlig bör avståndet från planområdet till skyfallsvägen kontrolleras samt höjdförhållandet mellan planområdet och skyfallsvägen, m.a.o. lutningsförhållandet. I Tabell 1 ges vägledning om hur förhållandet mellan avstånd och höjdskillnad påverkar avledningsmöjligheterna och Tabell 2 visar hur färgerna i Tabell 1 ska tolkas med avseende på möjligheterna.

Tabell 1. Möjligheter till ytlig avledning till skyfallsväg som funktion av avstånd och höjdskillnad mellan mittpunkt i planområdet och skyfallsvägen. Tabell 2 visar hur färgerna ska tolkas med avseende på möjligheterna. Negativ höjdskillnad innebär att skyfallsväg ligger högre än planområdet.

		Avstånd till skyfallsväg (räknat från mittpunkt i planområdet)			
		0 – 250 m	250 – 500 m	500 – 1000 m	> 1000 m
Höjdskillnad mellan planområde (mittpunkt) och skyfallsväg	> 1 m				
	0,1 – 1 m				
	0 – 0,5 m				
	< 0 m				

Tabell 2. Tolkning av färger i Tabell 1.

	Mycket goda möjligheter till avledning
	Goda möjligheter till avledning
	Begränsade möjligheter till avledning
	Inga möjligheter till avledning, eller kräver omfattande åtgärder och ingrepp

Exempel

Kontrollfråga 1-2

I Figur 6 visas strukturplan tillsammans med beräknade maximala översvämningdjup för Östra Backaplan. Av resultaten framgår att större översvämningssområden uppstår längs med Backavägen samt inom planerad kvartersmark i den östra delen av planområdet. Slutsatsen från detta är att justeringar i markanvändning/höjdsättning är nödvändig.

De ytor vilka enligt strukturplanen är tänkta att hantera ytligt överskottsvatten (gröna ytor i vänstra bilden i Figur 6) är i det närmaste helt torra i samband med dimensionerande regn. För att dessa ska fylla någon funktion i samband med ett extremt regn krävs att antingen höjdsättningen revideras eller att läget för ytorna ändras.



Figur 6. Strukturplan (vänster) och beräknade maximala översvämningdjup (höger) i samband med dimensionerande regn för Östra Backaplan.

Medeldjup på avsatta ytor

Andelen grönyta i området, borträknat ytorna precis invid Kvillebäcken, utgör ca 5 % av planområdets totala area (ca 505 000 m²). Medeldjupet på dessa ytor blir 1 m enligt uträkning nedan.

$$\text{Medeldjup på avsatta ytor} = 25\,232 / (505\,000 \times 0,05) = 1,0 \text{ m}$$

Slutsatsen är att andelen ytor behöver ökas markant om allt vatten ska hanteras på dessa ytor

Medeldjup på ytor vilka kan tillåtas översvämmas

Om även vägytor, vilka är ok att översvämma, inkluderas i beräkningen blir ytan ca 25 % av den totala ytan för planområdet. Här har ett antagande gjorts om att 50 % av vägytorna, mindre vägar mellan kvartersmark, är ok att använda som ett ytligt magasin i samband med extrema regn. Den totala vägytan vilken är ok att översvämma blir då 12,5 % av den totala ytan. I beräkningen av medeldjupet (se nedan) dras först volymen vilken kan hanteras på avsatta ytor bort från den totala översvämningsvolymen, dvs. volymen på 5 % av ytan med ett medeldjup på 0,30 m.

$$\text{Medeldjup vägytor som kan översvämmas} = 25\,232 - (505\,000 \times 0,05 \times 0,3) / (505\,000 \times 0,125) = 0,28 \text{ m}$$

Förutsättningarna förbättras radikalt när även hälften av vägytorna i området kan utnyttjas. Fortfarande bedöms dock andelen yta vara något i underkant.

Avledning till utpekade skyfallsvägar

Av uträkningar för nyckeltal ovan kan slutsatsen dras att ytligt överskottsvatten från dimensionerande regn bör kunna hanteras på avsatta ytor och genom att tillåta vatten på en del av vägytorna. Om så inte varit fallet hade avledning till närliggande skyfallsväg varit ett alternativ.

Närmaste utpekade skyfallsväg är Göta älv. Avståndet mellan mittpunkten på planområdet och Göta älv är ca 1000 m vilket skulle göra det svårt att avleda vatten dit. Avledning genom områden som det inte finns rådighet över inom planen skulle dessutom vara nödvändig. En bättre skyfallsväg hade varit Kvillebäcken som ligger i direkt anslutning till planområdet. Lutningsförhållandena mot bäcken är gynnsamma.

5 Steg 3 – Sammanvägd bedömning

I ett tredje steg görs en summering av resultaten från Steg 1 och 2 för att få en överblick över hur planen eventuellt behöver revideras (Steg 4).

Exempel

Nedan är slutsatserna från Steg 1-2 summerade för planområdet Östra Backaplan.

Steg 1: Översvämningsproblemen är begränsade och lösningar inom planområdet bör prioriteras. Inflödet är begränsat och sker huvudsakligen från öster.

Steg 2: Andelen ytor avsatta för hantering av ytligt överskottsvatten är otillräckliga och behöver ökas markant. Inkluderas vägytor vilka är ok att översvämma förbättras förutsättningarna väsentligt men fortsatt är andelen yta något för liten. Avsatta ytor ligger i områden som idag inte blir påverkade vid ett extremt regn. Höjdsättningen för gatu- och kvartersmark behöver revideras jämfört med dagens förhållanden för att avsatta ytor ska fylla en funktion ur översvämningsynvinkel.

6 Steg 4 – Revidera plan

Beroende på var i planprocessen man befinner sig kan den kunskap om området som erhållits i Steg 1-2 och sammanfattats i Steg 3 användas för olika syften. I ett tidigt programskede är det lämpligt att använda kunskapen vid framtagande av strukturplan och identifiera lämplig markanvändning för olika ytor. Nedan ges ett förslag på arbetsgång utifrån resultat i tidigare steg.

- Identifiera lämplig markanvändning utifrån var översvämning uppstår idag (information från Steg 2). Utnyttja de naturgivna förutsättningarna i så stor utsträckning som möjligt. Områden som redan idag blir översvämmade bör om möjligt utnyttjas som översvämningsyta i framtiden. På motsvarande sätt är områden vilka inte översvämmas idag lämpliga för bebyggelse.
- Använd uträkning 1 i Steg 2 för att beräkna hur stora ytor som behöver avsättas för hantering. Justera (öka/minska) om möjligt ytans kapacitet genom att justera ytornas area och/eller ytornas planerade nivåskillnad jämfört med omgivande terräng (m.a.o. vattendjupet de kan hantera).
- Räcker inte avsatta ytor till bör vägar och/eller andra ytor identifieras på vilka vi kan tolerera en översvämning vid extremsituationer. Med vägledning från uträkning 1 i Steg 2 och ett önskat vattendjup $<0,2$ m kan ytbehovet beräknas.
- Slutligen justeras/anpassas höjdsättningen efter den planerade markanvändningen.

Arbetsgången ovan kan även användas i ett senare projektskede för att om nödvändigt revidera markanvändning och höjdsättning för området. I ett detaljplanskede är möjligheterna mindre till att göra större förändringar. I detta skede används inhämtad information lämpligen till att justera framtagen höjdsättning.

I detta skede kan det vara nödvändigt att göra avvägningar och prioriteringar mellan eventuella motstående intressen.

Exempel

Slutsatserna för Östra Backaplan (Steg 3) var att dagens höjdsättning behövde revideras för att avsatta ytor ska fylla en funktion som översvämningsyta. Ytornas kapacitet behöver antingen ökas eller så får delare av översvämningen hanteras på gatumark. En grov höjdsättning för området togs fram utifrån principer och förutsättningar enligt nedan.

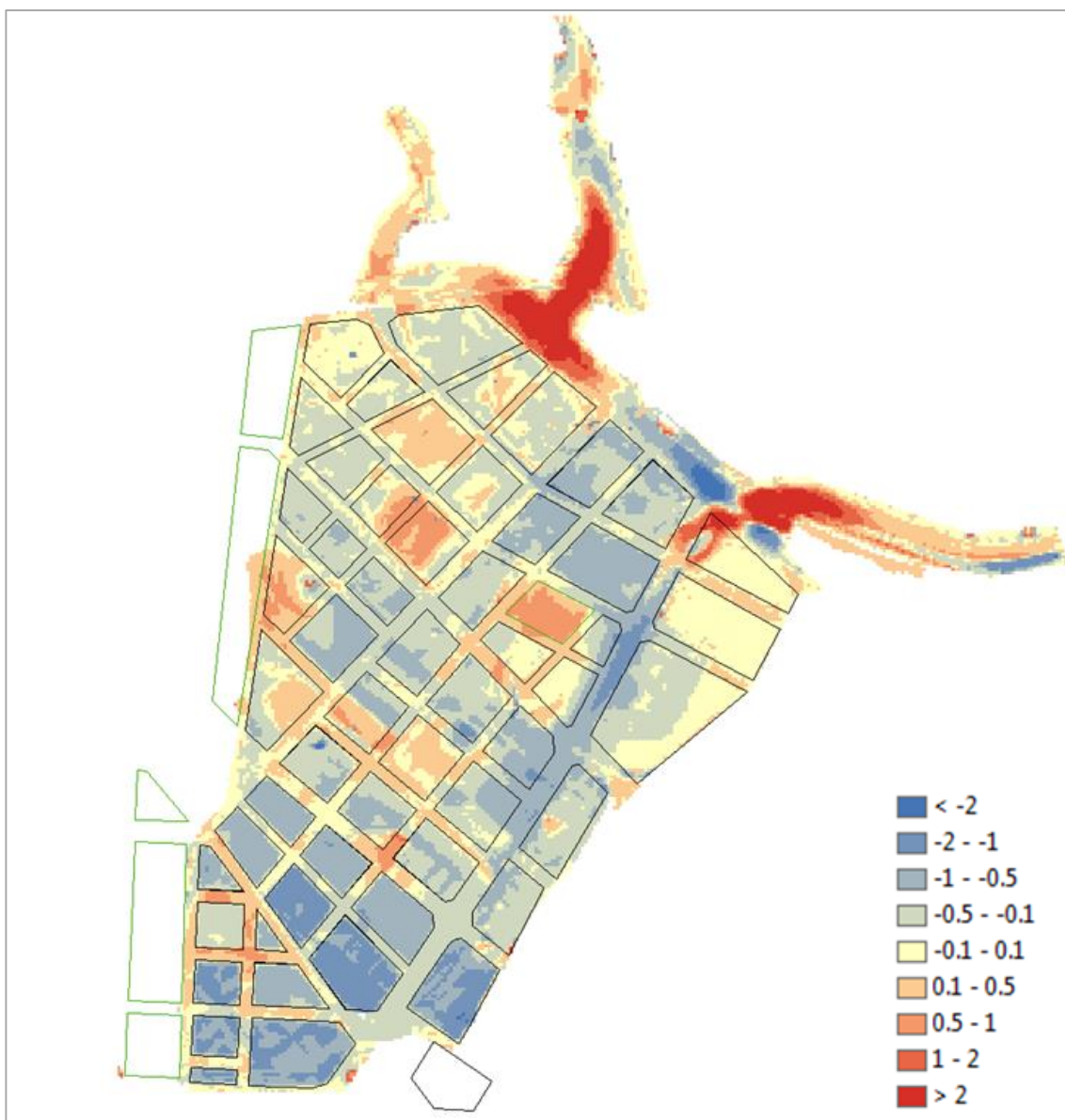
- Planerad, framtida höjdsättning för vägar och underfarter öster om planområdet har använts. Dessa höjder har erhållits från COWI.
- Dagens generella höjdförhållanden i området har bibehållits. Höjder och sänkor har jämnats ut.
- I första hand har vägar höjdsatts. Höjdsättningen har gjorts utifrån givna förutsättningar avseende låg- och höjdstråk i strukturplanen med målet att vatten via vägarna ska ledas till planerade grönytor (fyra stycken).
- Utpekade grönområden har sänkts (ca 0,3 m) jämfört med omgivande vägbanor.
- Kvartersmark har jämnats ut och placerats över omkringliggande vägbanor. Kvartersmark $<+2.8$ m har höjts upp till denna nivå då detta utgör lägsta tillåtna golvnivå. I verkligheten kommer enbart de delar av kvartersmark där bebyggelse är planerad att behöva höjas upp till denna nivå. I dagsläget saknas information om placering av bebyggelse varför denna förenkling gjorts.
- Områden mellan kvartersmark och vägbanor har interpolerats för att avrinning ska ske från kvarter till vägbanor.

I Figur 7 visas dagens höjdförhållanden och ny höjdsättning. I Figur 8 visas differensen mellan dagens och ny höjdsättning där blå områden indikerar en höjning av nivån jämfört med dagens förhållanden och röda en sänkning. Den största sänkningen ses vid de två underfarter som är planerade öster om området. Här sänks nivån med som mest ca 6 meter. Största höjningen ses

inom kvartersmark i områdets sydvästra del. Detta till följd av att denna del av området ligger lågt och höjts upp till +2.8 m (se ovan för mer info om denna höjning). Den totala massförflyttningen motsvarar ca 70 000 m³ vilket sannolikt är en överskattning med anledning av höjningen av kvartersmark.



Figur 7. Dagens höjdförhållanden (vänster) och höjdsättning utifrån strukturplan för Östra Backaplan (höger).



Figur 8. Skillnad (m) mellan dagens marknivåer och framtida, föreslagna nivåer. Blå färg indikerar en högre nivå i framtida höjdsättning och röd färg indikerar en lägre nivå.

7 Steg 5 – Översvämningsberäkning utifrån ny plan

I detta steg görs skyfallsberäkningar för dimensionerande regn för att säkerställa att den reviderade höjdsättningen fungerar som tänkt. En förutsättning för att kunna göra nämnd beräkning är att det finns en framtagna höjdsättning med motsvarande (4x4 m) eller bättre upplösning som i skyfallsmodellen. Det är brukligt att det krävs ytterligare revideringar av höjdsättningen efter att ha studerat översvämningsresultaten.

Syftet med en uppdaterad översvämningsberäkning är i projektskedet att säkerställa att den övergripande strukturplanen fungerar, dvs. att vattnet hamnar där vi vill ha det. I ett detaljplanskede eller projekteringsskede är syftet i princip detsamma fast med en större detaljeringsgrad.

Exempel

I Figur 9 visas beräknade maximala vattendjup för dagens situation och med framtida höjdsättning för Östra Backaplan. Resultaten visar att med ny höjdsättning koncentreras översvämningen till de två underfarter vilka är planerade öster om området. Här uppstår vattendjup på >2 m. Inom planområdet uppstår översvämning där den önskas, dvs. på avsatta grönytor och längs lågstråken (gatuytor).

Samtliga vägar inom området beräknas vara framkomliga för såväl vanliga fordon som utryckningsfordon då vattendjupet på vägbanorna är <0,3 m.

Grönområdena längs det centrala lågstråket fyller en viktig funktion i att ta om hand om det ytliga överskottsvattnet. Kapaciteten i det södra av områdena kan ökas ytterligare genom att placeras lägre, idag är vattendjup endast ca 0,2 m på ytan. Övriga två grönområde fyller en liten funktion ur översvämningssynpunkt. Tillrinningsområdet till det norra området är litet varför detta område skulle kunna minskas utan negativa konsekvenser. I området närmast bäcken samlas en del vatten. Ytan skulle fylla en bättre funktion om det placerades i den södra änden av det centrala lågstråket.

Mindre, isolerade översvämningssytor uppstår på en del vägsträckor och hänger ihop med brister i interpolering av nivåer mellan vägkorsningar.

Kvartersmark kommer fortsatt att vara opåverkad så länge den placeras över angivna höjder för vägkorsningarna (Figur 7) inkluderat marginal för beräknade översvämningssdjup (Figur 9).

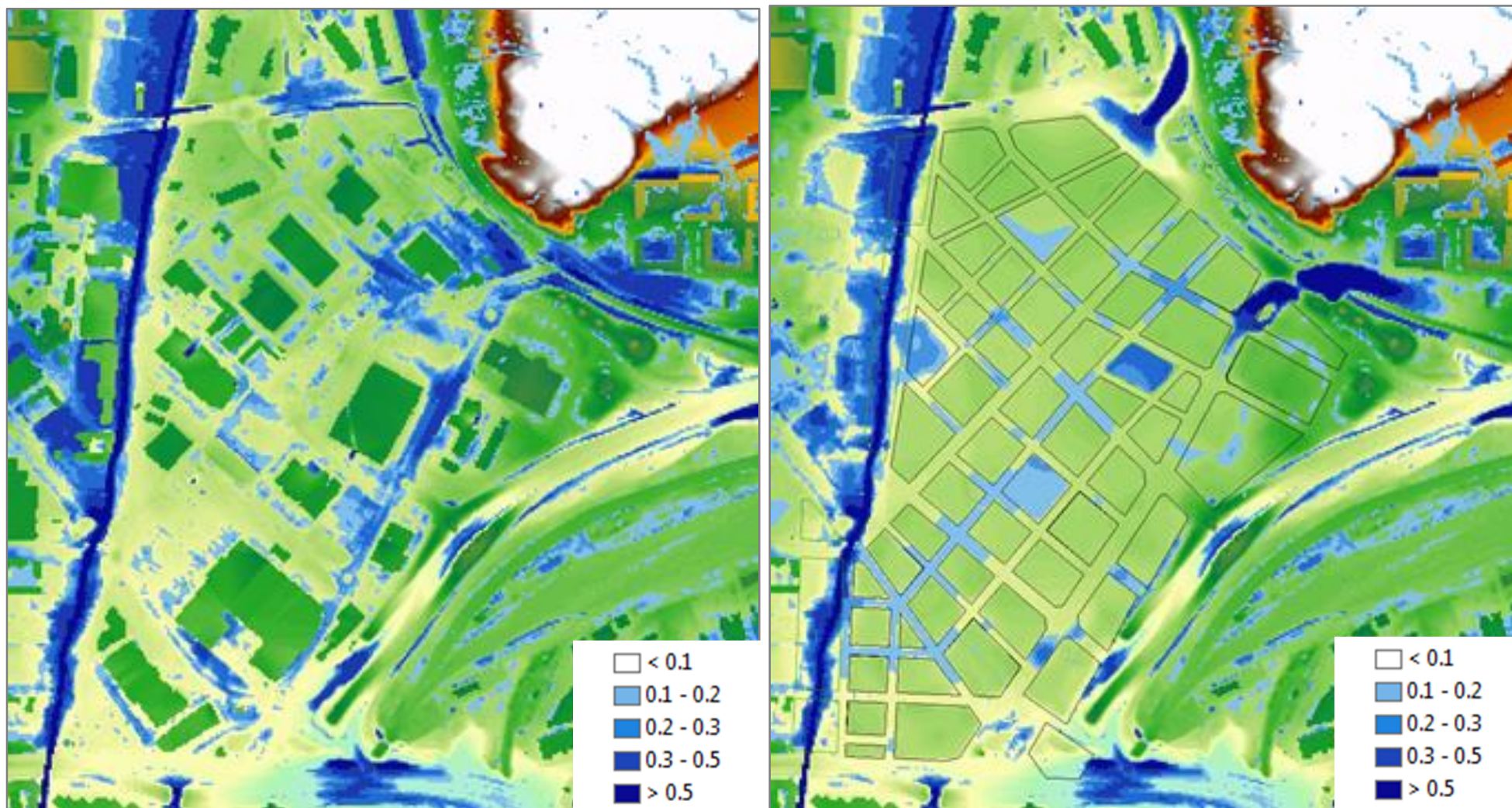
En stor utmaning ligger i att området kommer att exploateras successivt under lång tid. Detta betyder att översvämningssituationen kommer att förändras i takt med att exploateringen avancerar. Det rekommenderas att kontrollberäkningar görs i samband med detaljplanering av delområden för att undersöka hur förändringarna påverkar översvämningssituationen både inom detaljplanområdet men även inom området för den övergripande strukturplanen.

8 Steg 6 – Kontroll av påverkan på nedströms områden

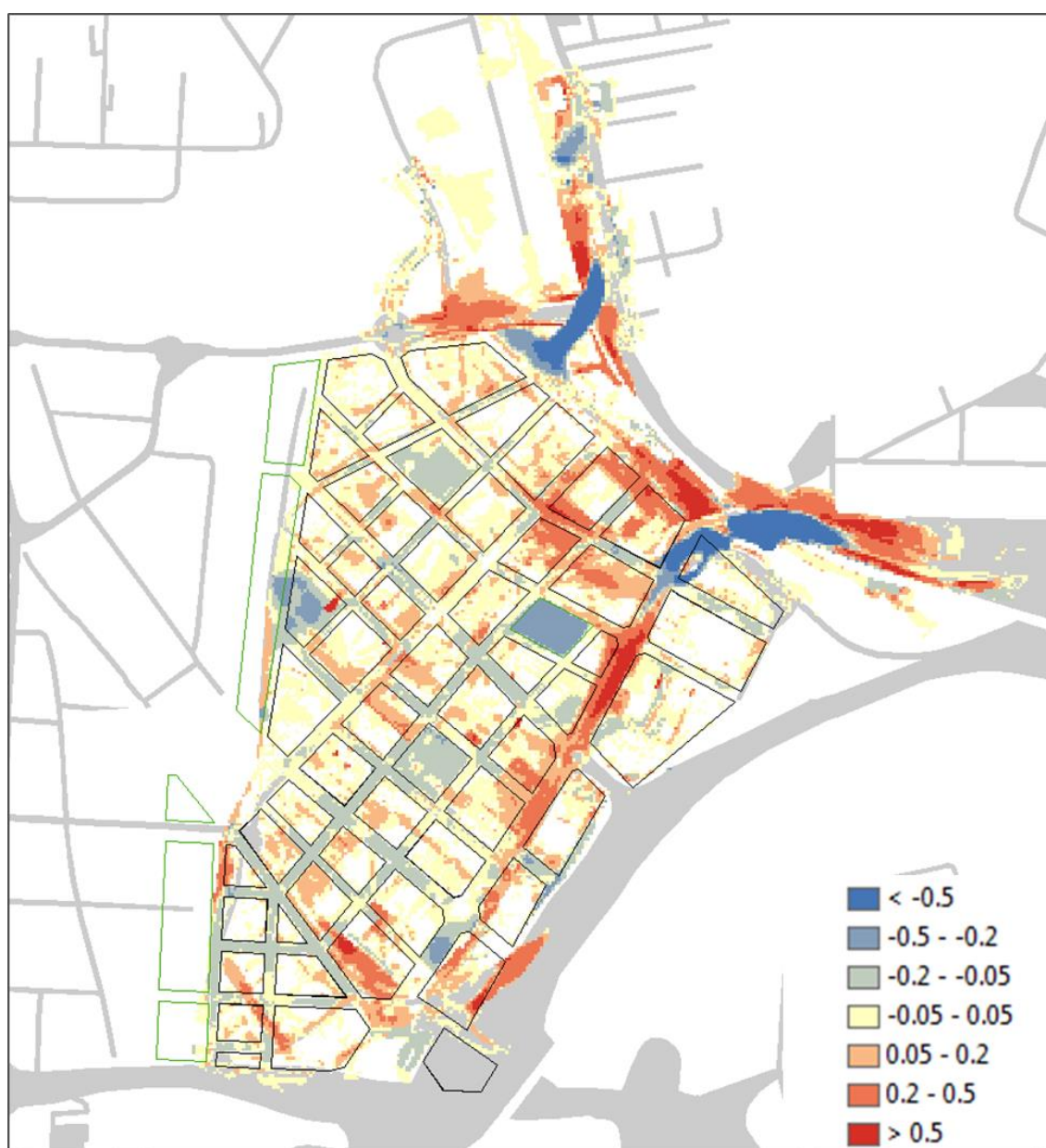
I det avslutande steget görs en kontroll av beräknade översvämningssdjup före och efter reviderad höjdsättning och markanvändning enligt ny plan. Detta för att säkerställa att planen inte medför försämringar av översvämningssituationen nedströms planområdet, dvs. att utflödet från området inte ökar. Om så skulle vara fallet ses direkt i jämförelsen vilken effekt på vattendjupen detta ökade utflöde får.

Exempel

I Figur 10 visas skillnaden i beräknade maximala vattendjup för dagens förhållanden och med framtida höjdsättning. Bilden illustrerar omfördelningen av det ytliga överskottsvattnet till följd av ny höjdsättning och markanvändning. Resultaten visar att ändringarna inte påverkar nedströms liggande områden.



Figur 9. Beräknad maximala vattendjup för dimensionerande regn för dagens förhållande (vänster) och med framtida höjdsättning enligt strukturplan (höger).



Figur 10. Skillnad (m) mellan beräknade översvämningsdjup för dagens förhållande och med framtida höjdsättning. Blå färg indikerar ett större vattendjup med framtida höjdsättning och röd färg indikerar lägre vattendjup.

9 Förslag till fortsatt arbete

Nedan ges förslag till fortsatt arbete.

- Steg 1 i beslutsstödet, analys av översvämningssituationen utifrån nyckeltal, är möjlig att automatisera. Med en automatisering av Steg 1 skulle nyckeltal för samtliga planområden i Göteborg Stad kunna tas fram snabbt och smidigt. Allt nödvändigt underlag, förutom områdenas avgränsning, finns tillgängligt. Utveckling av en automatiserad rutin skulle spara manuellt GIS-arbete och säkerställa enhetlig beräkning av nyckeltalen. Nödvändig indata till en sådan rutin är således endast en shape-fil för avgränsning av aktuellt planområde. Vid eventuell ändring av ett planområdes avgränsning skulle således bara shape-filen behöva bytas ut.
- Det rekommenderas att beslutsstödet tillämpas på fler områden för att ytterligare utvärdera de olika stegen i processen. Lämpligen tillämpas stödet på områden med olika karaktär vad gäller exempelvis storlek, typ av exploatering, läge inom övergripande avrinningsområde, andel hårdgjord yta, etc. Beslutsstödet bör ses som ett levande dokument vilket sannolikt kommer att behöva revideras allteftersom det tillämpas.
- Som en ram till beslutsstödet bör en övergripande strategi finnas för skyfallshantering i Göteborgs Stad. I den bör eventuella vattendrag identifieras, vilka tillåts fungera som mottagare av ytligt överskottsvatten i samband med ett skyfall. Utgångspunkten i beslutsstödet är idag att flödet ut från planområdet inte får öka, undantaget till Göta Älv eller havet. I det generella fallet för Göteborg bör det finnas undantag, dvs. vattendrag till vilka det är ok att öka flödet till vid Extremsituationer.