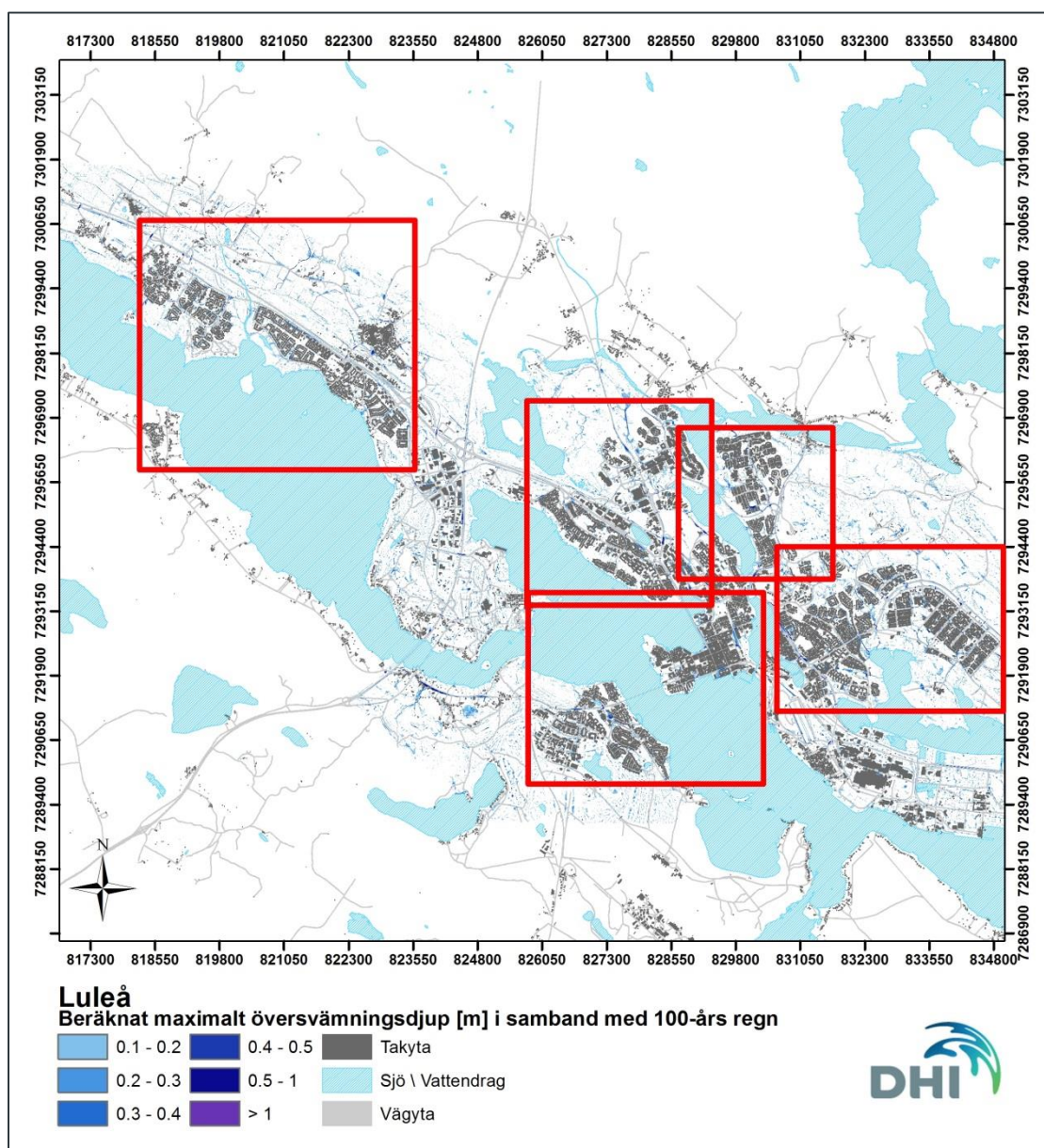


Skyfallsmodellering tätorter Norrbottens län

Luleå



Länsstyrelsen i Norrbottens län

Rapport

Skyfallsmodellering tätorter Norrbottens län

Luleå

Beställare Länsstyrelsen i Norrbottens län
Beställarens ombud Micael Bredefeldt

Projektleddare	Erik Mårtensson
Kvalitetsansvarig	Lars-Göran Gustafsson

Projektnummer	12802804
Godkänd av kvalitetsansvarig	2015-02-11
Rapportversion	Slutrapport

INNEHÅLL

1	Inledning	1
2	Metodik	2
2.1	Beräkningsförutsättningar	3
2.2	Dagvattensystemets kapacitet	3
2.3	Markens infiltrationsförmåga	3
2.4	Regnbelastning	4
3	Resultat	5
3.1	Tolkning av resultat	5
3.1.1	Vatten intill husliv	5
3.1.2	Vägtrummor	6
3.2	Beräknade översvämningsdjup	6
3.2.1	Dagens 100-årsregn	6
3.2.2	Framtida 100-årsregn	13
4	Användning av resultat	19
5	Utveckling av utredning för detaljstudier	22
6	Leverans	24

1 Inledning

Varje år, främst sommartid, drabbas tätorter runt om i landet av häftiga skyfall vilka orsakar stora skador och kostnader för samhället. I framtiden väntas de extrema regnen att bli allt vanligare och intensivare. Länsstyrelsen i Norrbotten har därför bedömt det viktigt att ta fram kunskapsunderlag kring konsekvenser av extrema regn inom kommunerna och följa de framtagna rekommendationer som Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har tagit fram kring utredningar av skyfall.

Länsstyrelserna arbetar sedan 2009 med uppdraget "Anpassning till förändrat klimat". Deras uppgift är att samordna det regionala klimatanpassningsarbetet för att därigenom minska länets sårbarhet till följd av klimatiförändringar.

I uppdraget ingår att länsstyrelserna arbetar med att ta fram kunskapsunderlag för kommuner, allmänhet och andra berörda aktörer vad gäller konsekvenser av klimatiförändringar. I Norrbottens län finns en Regional handlingsplan för anpassning till förändrat klimat där risken för konsekvenser av extrema skyfall i form av skador på infrastruktur och samhällsfunktioner beskrivits.

Inom ramen för ovan nämnda uppdrag har länsstyrelsen anlitat DHI Sverige att genomföra skyfallsanalyser för huvudtätorterna i länets fjorton kommuner (Figur 1). I föreliggande rapport presenteras beräkningsförutsättningar (kapitel 2), resultat (kapitel 3), användningsområden (kapitel 4) samt rekommendationer för hur utredningen kan utvecklas för detaljstudier (kapitel 5).

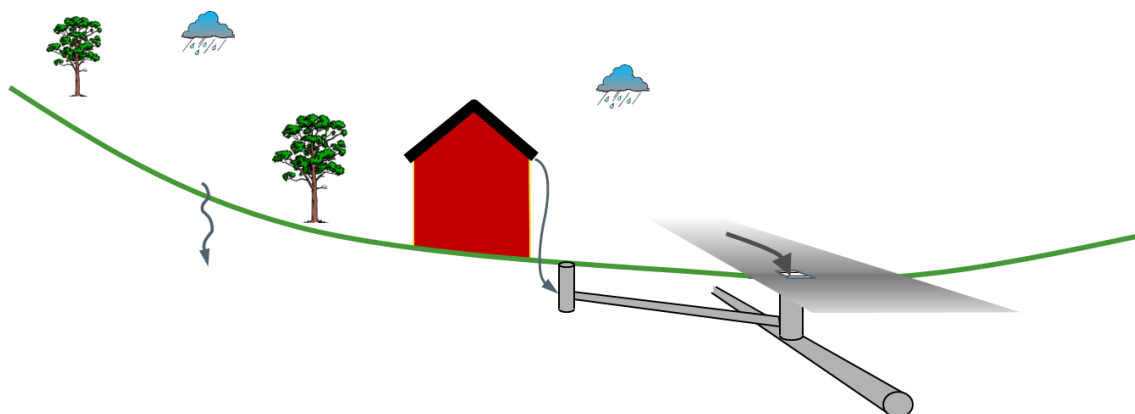


Figur 1 Huvudtätorter i Norrbottens län för vilka skyfallsanalysen genomförts.

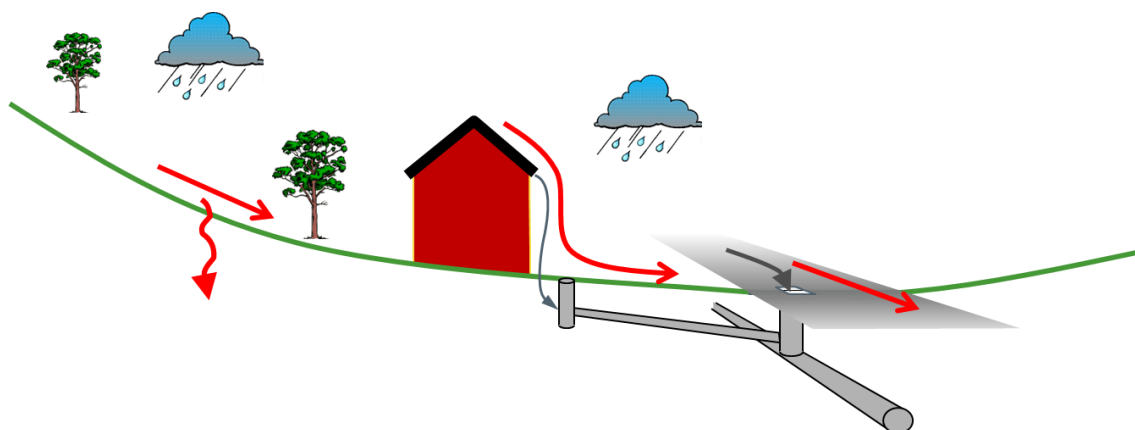
2 Metodik

Vid normala regn hanteras regnvolymer antingen genom avledning till samhällets dagvattenssystem eller genom infiltration på permeabla, gröna ytor (Figur 2). Vid extrema regn överskrider dagvattenssystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker en avrinning på markytan vilket skapar en marköversvämning (Figur 3). I syfte att kartlägga var vattnet rinner och skapar en översvämning har markavrinningsberäkningar gjorts för två olika extrema regn för respektive tätort.

Metodiken som använts följer den metod som utvecklats i det av MSB-finansierade projektet "Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå"¹. I följande avsnitt redogörs för generella beräkningsförutsättningar och gjorda antaganden avseende dagvattenssystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga.



Figur 2 Principbild över vattnets transportvägar vid normala regn.



Figur 3 Principbild över vattnets transportvägar vid extrema regn.

¹ Mårtensson E, Gustafsson L-G (2014). Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå. MSB, mars 2014.

2.1 Beräkningsförutsättningar

Utifrån laserskannad höjddata har en tvådimensionell hydraulisk terrängmodell etablerats för respektive tätort i programvaran MIKE 21. En sådan modell beräknar flödet på markytan i två dimensioner, x-led och y-led. Utredningsområdet täcker med god marginal in tätorterna med omnejd. Utredningen har inte inkluderat någon modellering över havs- eller sjöytor, varför heller ingen hänsyn tagits till en framtida höjning av havs- eller sjövattnenstånd.

Den horisontella upplösningen på modellen har satts till 4 m. Detta innebär att ett område på 4 x 4 meter representeras av ett höjdvärde. Upplösningen på resultatet blir samma som upplösningen i modellen. Alltså beräknas vattendjup för varje område på 4 x 4 meter. Valet av upplösning har gjorts med hänsyn till att på ett tillräckligt detaljerat sätt kunna beskriva urbana strukturer och samtidigt få rimliga beräkningstider.

En bearbetning av terrängmodellen har gjorts för att beskriva de verkliga vattentransportförhållandena vilket innebär att nivån för samtliga byggnader har höjts upp jämfört med omkringliggande områden för att möjliggöra transport av vatten runt byggnader. Vidare har terrängmodellen justerats för viadukter i syfte att beskriva nivån i viadukten och inte nivån på vägen över. Endast justering av mindre viadukter såsom cykelunderfarter har varit nödvändig då större viadukter redan var justerade i erhållen terrängmodell.

Ytans råhet, vilken styr vattnets hastighet på markytan och således påverkar översvämningsförloppet, har differentierats mellan hårdgjorda ytor och övriga permeabla ytor. Hårdgjorda ytor har beskrivits med en lägre råhet (mindre motstånd), motsvarande Mannings M på 50, och övriga ytor med en högre råhet (större motstånd), motsvarande Mannings M på 2. De hårdgjorda ytorna utgörs av hustak och vägar som har tagits från digitalt material levererat av beställaren.

2.2 Dagvattensystemets kapacitet

Enligt Svenskt Vatten P90 ska våra VA-system grovt sett vara dimensionerade för att klara ett regn med 10-års återkomsttid. I verkligheten varierar kapaciteten i systemet och kan vara både högre och lägre. Vid skyfall, d.v.s. regn med hög återkomsttid och intensitet, är ledningssystemets kapacitet begränsad i förhållande till regnvolymen.

Hänsyn till ledningssystemets kapacitet har schablonmässigt tagits genom att reducera volymen av det belastande regnet med intensiteten och volymen för ett 10-årsregn, i detta fall motsvarande ca 110 l/s/ha (40 mm/h). Detta avdrag har gjorts för alla hårdgjorda ytor vilka kan antas ledas till befintligt ledningssystem. Regnet över genomsläppliga ytor bibehålls enligt vald regndefinition. Se vidare under avsnitt 2.4 rörande nederbördbelastning.

2.3 Markens infiltrationsförmåga

Till terrängmodellen har kopplats en infiltrationsmodul som låter delar av vattnet infiltrera istället för att rinna av på ytan. På alla ytor som inte antas vara hårdgjorda har infiltrationsmodulen aktiverats. Infiltrationshastigheten har schablonmässigt ansatts till 10^{-5} m/s (36 mm/h) på alla dessa ytor. Markens infiltrationsförmåga kan uppvisa en mycket lokal variation. Vald infiltrationshastighet utgör ett rimligt värde för en normal matjord vilket kan antas utgöra det allra översta jordlagret i majoriteten av grönområdena i en urban miljö.

Infiltrationslagrets mäktighet har satts till 0,3 m och den tillgängliga porositeten till 0,2 (dvs. skillnaden mellan vattenmättnadshalt och aktuell markvattenhalt vid regnets start). Skyfall inträffar vanligtvis under sommarmånaderna juni – augusti då markvattenhalten normalt är låg till följd av hög avdunstning. Vid beräkningarna har det därför antagits att studerade regn

inträffar sommartid och har föregåtts av ca en veckas torrperiod. Detta innebär att det översta jordlagrets markvattenhalt hunnit reduceras av avdunstning till en halt som ligger ca 0,2 under jordens vattenmättnad.

Gjorda antaganden enligt ovan innebär en total magasinskapacitet i marken på 60 mm (0,2 x 0,3 m). Dock spelar tidsförloppet in, så även om 60 mm nederbörd faller på en yta med denna magasineringsförmåga, beror infiltrerad volym på hur länge vattnet ligger kvar i detta område. Vid större lutning i terrängen hinner ofta inte vattnet infiltrera innan det runnit vidare, medan det vid lågpunkter kan ansamlas stora volymer där infiltrationen successivt pågår tills markmagasinet fyllts.

Infiltrationsmodulen inkluderar även beskrivning av ett möjligt läckage från det övre markmagasinet till en tänkt grundvattenyta. I praktiken har dock denna process mycket liten inverkan vid denna typ av beräkning då läckaget generellt är väsentligt lägre än infiltrationen.

2.4 Regnbelastning

En förutsättning för att det skall vara rimligt att förenkla ledningssystemets inverkan till ett schablonmässigt avdrag från regnet, enligt avsnitt 2.2, och arbeta med en markavrinningsmodell utan koppling till en modell för ledningsnätet, är att regnbelastningen är så stor att den med god marginal överstiger ledningssystemets kapacitet. Ju närmare det valda regnet ligger i förhållande till ledningssystemets kapacitet, ju större blir osäkerheten i denna förenkling. Syftet med denna utredning har varit att bedöma konsekvenserna vid extrema regn, dvs. skyfall med intensitet och volym som vida överstiger ledningssystemets kapacitet.

Två skyfall med olika intensitet har studerats:

1. Dimensionerande 100-årsregn.
2. Dimensionerande 100-årsregn med en klimatkfaktor på 1,2.

Utifrån en statistisk bearbetning av regndata, beskrivet i Svenskt Vattens publikation P104, har s.k. intensitets-varaktighetssamband tagits fram, dvs. regnintensitet som funktion av varaktighet med en viss sannolikhet, återkomsttid. Regnstatistiken används bl.a. för dimensionering av dagvattensystem. Från denna statistik har ett 100-årsregn med en total varaktighet på sex timmar valts. Enbart den mest intensiva 30-minutersperioden har studerats med modellen, då intensiteten för övriga delar av regnet (för- och efterregn) är lägre än bedömd kapacitet för både ledningsnät och markens infiltrationsförmåga. Vid 100-årsregnet faller totalt ca 44 mm regn under dessa 30 minuter. Motsvarande volym för ett dimensionerande 10-årsregn är ca 21 mm. Således har samtliga hårdgjorda ytor belastats med volymsskillnaden, dvs. 23 mm under 30 minuter. Övriga genomsläppliga ytor belastas med hela regnvolymen på ca 44 mm.

I framtiden förväntas de extrema regnen att förekomma mer frekvent och med en högre intensitet. Detta visar beräkningar med klimatmodeller för framtida scenarier. För att ta höjd för dessa klimateffekter använder man sig av klimatkfaktorer. En klimatkfaktor är ett tal (vanligen större än 1,0) som nuvarande dimensionerande regnintensiteter multipliceras med. I föreliggande studie har en klimatkfaktor på 1,2 valts vilket innebär att nederbördsintensiteten för dagens dimensionerande 100-årsregn multiplicerats med 1,2. Den totala belastningen i detta beräkningsfall är ca 32 mm på hårdgjorda ytor samt 53 mm på övriga ytor.

Den initiala markvattenhalten vid respektive beräkning har anpassats efter regnvolymen i förregnet, dvs. den regnvolym som faller innan simulerat 30-minutersregn enligt ovan. Regnvolymen i förregnet är ca 15 mm vid 100-årsregnet och ca 18 mm vid det framtida 100-årsregnet. Vid modellberäkningarna reduceras därför den totala tillgängliga magasinskapaciteten i marken (60 mm enligt avsnitt 2.2) med 25 % vid 100-årsregnet och 30 % vid framtida 100-årsregnet.

3 Resultat

För respektive tätort har det tagits fram översvämningskartor (avsnitt 3.1.2) som visar maximala vattendjup under översvämningsförloppet. Kartorna visar alltså inte förhållandena vid en särskild tidpunkt under beräkningen, eftersom maximalt vattendjup kommer att erhållas vid olika tidpunkter i olika delar av området.

Redovisade maximala vattendjup baseras på en simuleringsperiod om 6 timmar från regnets start (dvs. från starten av de mest intensiva 30 minuterna av regnet). Simuleringsperioden valdes så att den huvudsakliga vattentransporten skall ha hunnit avstanna i alla delar av avrinningsområdena, dvs. allt vatten skall ha hunnit fram till modellens lågpunkter.

I takt med att vatten avbördas från ledningssystemet kommer det i praktiken efter hand finnas möjlighet för vatten att rinna ner i detsamma. Beräknat vattendjup i svackor dit vatten rinner från stora områden under längre tid, och där svackorna samtidigt har fysisk koppling till ledningsnätet via rännstensbrunnar, kan därför bli överskattade med denna förenklade beräkningsmetodik där ledningsnätet inte inkluderats fysiskt. Å andra sidan kan det omvända gälla om dessa lågt liggande delar samtidigt sammanfaller med lokalt sämre kapacitet i ledningsnätet, något som inte är helt ovanligt.

3.1 Tolkning av resultat

Översvämningskartorna visar områden där vatten riskerar att bli stående och orsaka en översvämning på ytan i samband med ett skyfall. För att få en uppfattning om olägenheten/skadorna som regnet orsakar kan följande djupintervall användas som riktvärden då översvämningskartorna studeras:

- 0,1 - 0,3 m, besvärande framkomlighet
- 0,3 - 0,5 m, ej möjligt att ta sig fram med motorfordon, risk för stor skada
- >0,5 m, stora materiella skador, risk för hälsa och liv

Viktigt är att samtidigt ha i åtanke att översvämnings, dvs. ansamlingar av vatten på markytan, inte nödvändigtvis utgör ett problem. Problem uppstår när vattnet orsakar en värdeförlust, påverkar kommunikation/transport, eller vid risk för hälsa och liv. Exempelvis uppstår sällan en värdeförlust då grönytor översvämmas medan stora värden kan gå förlorade då t.ex. ett villaområde eller en större trafikled drabbas.

3.1.1 Vatten intill husliv

Inom vissa områden kan det i resultatfilerna se ut som att det står vatten precis intill husliv, trots att dessa byggnader i verkligheten har mark som sluttar bort från byggnadsgrunden. Resultat som dessa, att det inom små smala områden uppstår översvämmade ytor trots att de i verkligheten ej kommer bildas precis där, beror dels på den horisontella upplösningen i beräkningsmodellen (4 m rutor), dels på att det i höjdmodellen finns osäkerheter och mindre fel. Detta blir tydligast för stora flacka områden där den verkliga höjdskillnaden är liten. Här kan relativt små absoluta fel i höjdmodellen ge felaktiga resultat. Speciellt vid kant till byggnader kan det uppkomma sådana fel, då höjdmodellen som levereras från Lantmäteriet är bearbetad för att ta bort byggnader och dylikt ur höjdmodellen. Lantmäteriets bearbetning sker per halvautomatik med storskalig bearbetning, och inga detaljstudier görs för respektive område som bearbetas.

Vid misstanke om missvisande resultat som kan vara avgörande för en riskvärdering kan det vara lämpligt att detaljstudera tillgänglig höjddata i bästa möjliga upplösning och som sista utväg göra platsbesök för att klarlägga de verkliga höjdförhållandena.

3.1.2 Vägtrummor

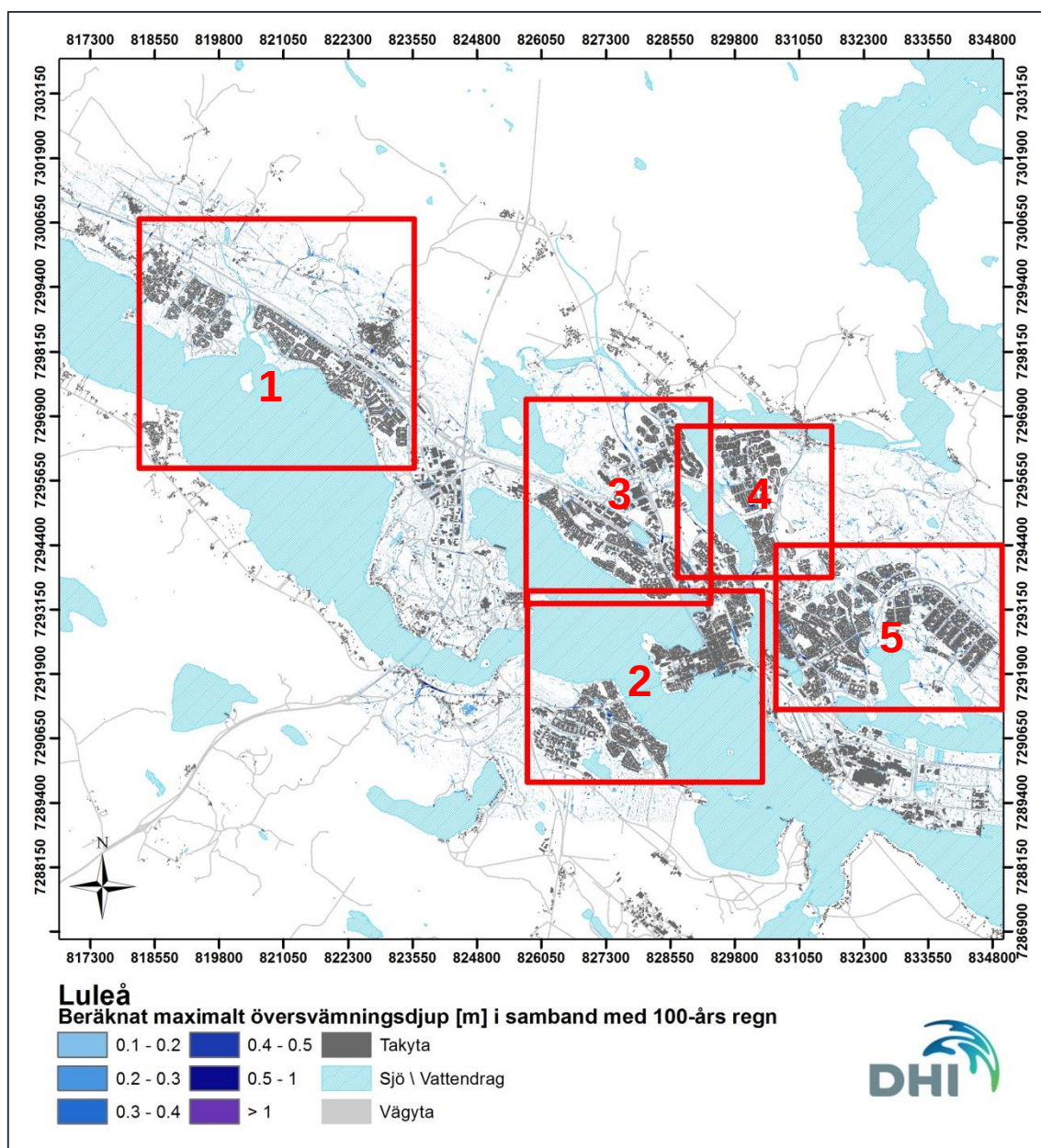
Höjddata har bearbetats för viadukter och broar, detta har gjorts för att möjliggöra vattentransporten i dessa områden. Däremot har höjddata inte modifierats att ta hänsyn till alla de vägtrummor som finns i modellområdet. Detta gör att det i resultaten kan ses vattenansamlingar strax uppströms vägar och banvallar där det i själva verket hade kunnat rinna vatten genom trummor ut på andra sidan. Majoriteten av denna typ av problematik uppstår utanför de mest bebyggda områdena och har därför mindre inverkan på översvämningsområden som ger allvarliga konsekvenser. Se vidare i kapitel 5 för vidare diskussion.

3.2 Beräknade översvämningsdjup

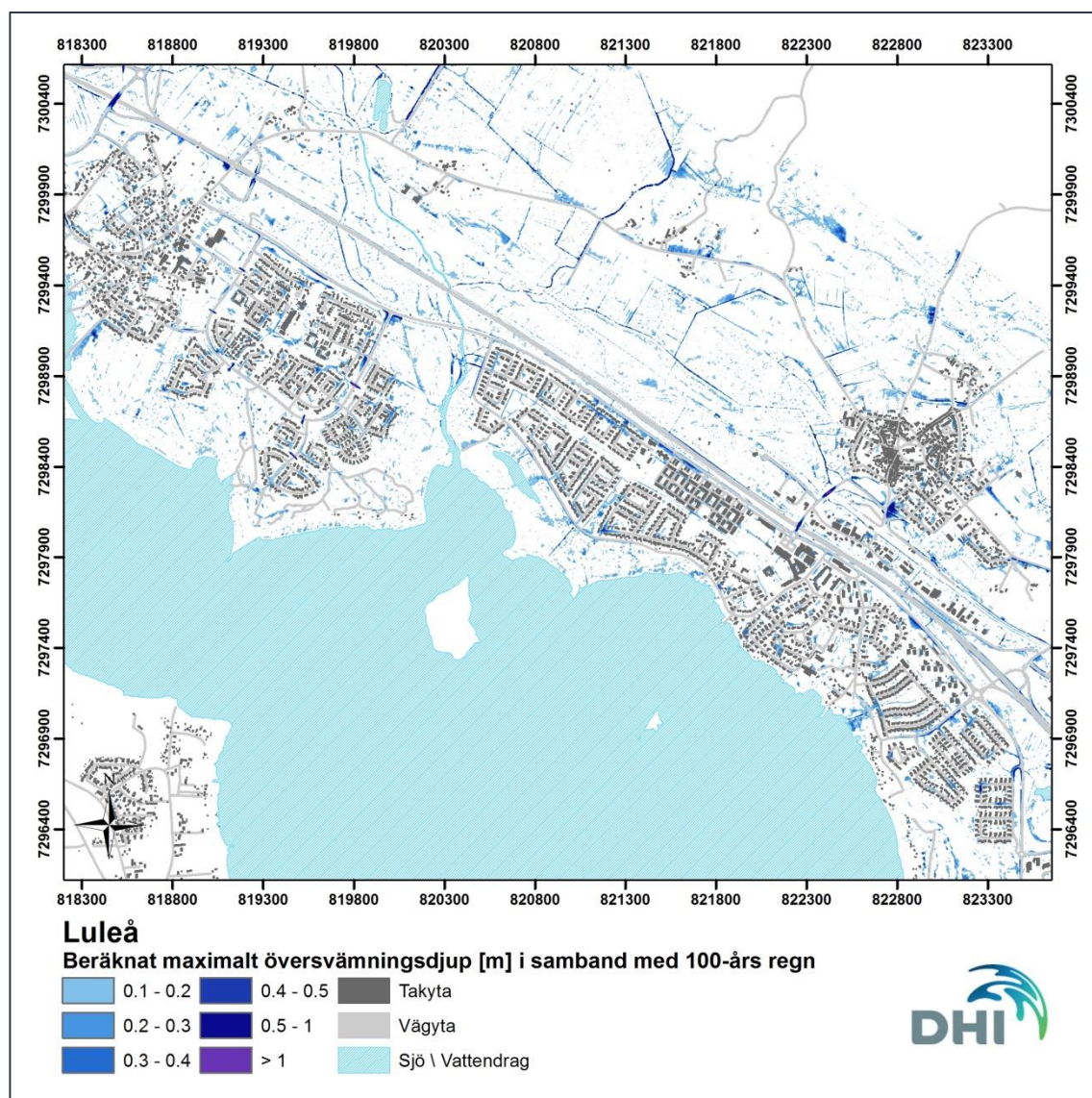
Nedan presenteras de framtagna översvämningskartorna för respektive beräkningsfall. En översiktskarta samt tre detaljkartor över valda delar av Luleå redovisas.

3.2.1 Dagens 100-årsregn

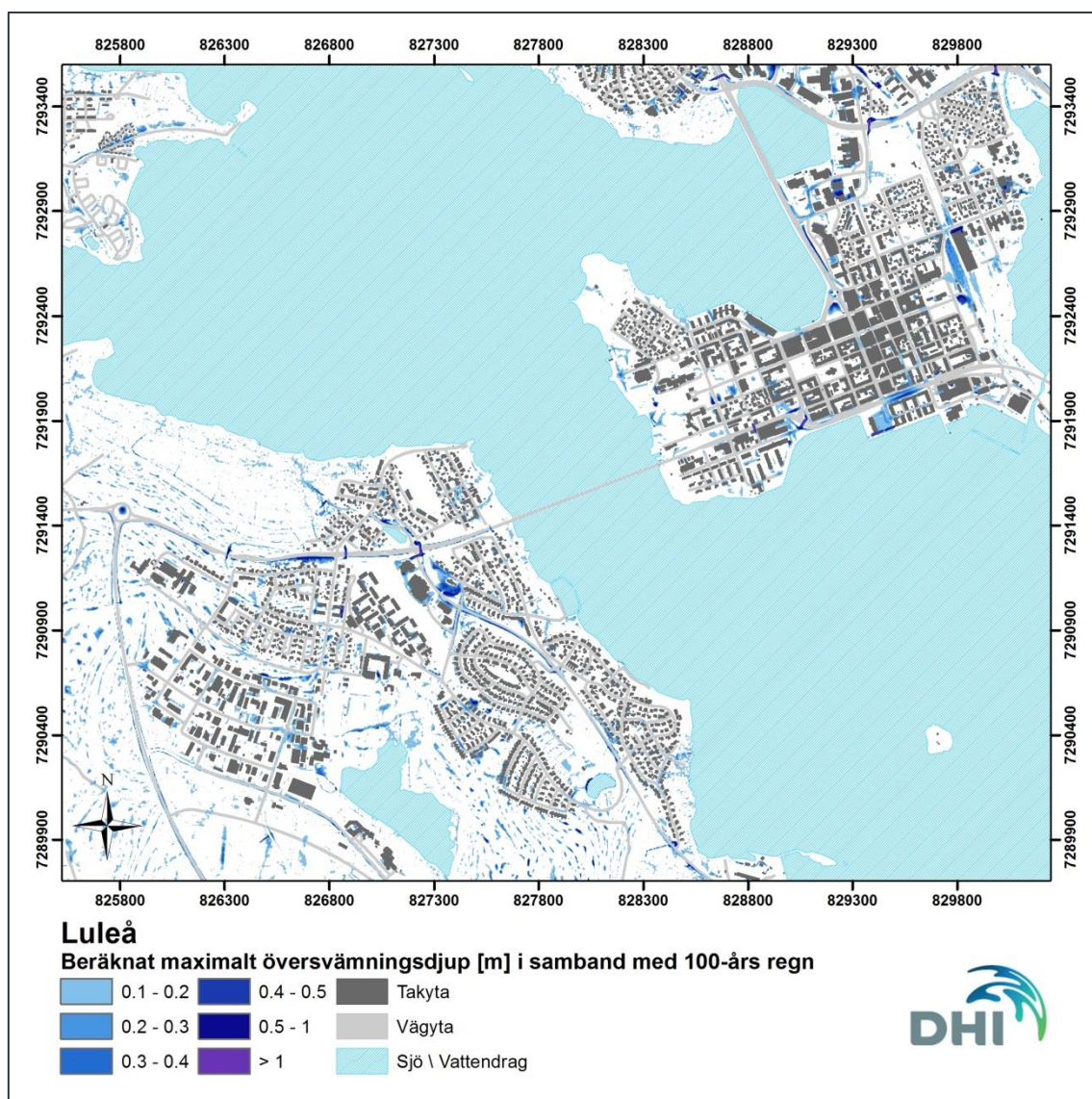
I Figur 4 till 9 redovisas översvämningsutbredning och maximala vattendjup i samband med dagens 100-årsregn för Luleå.



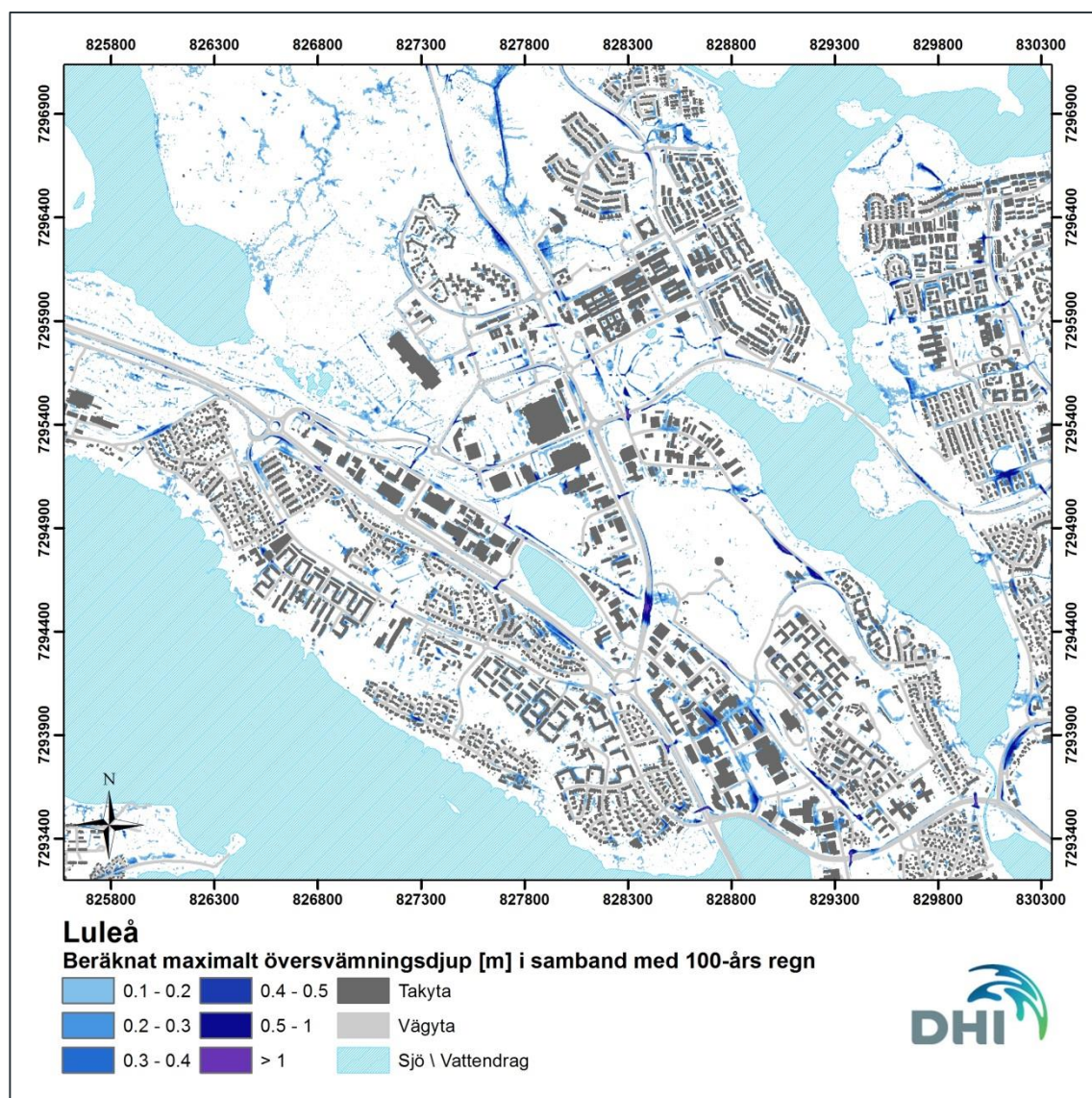
Figur 4 Översiktsbild – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.



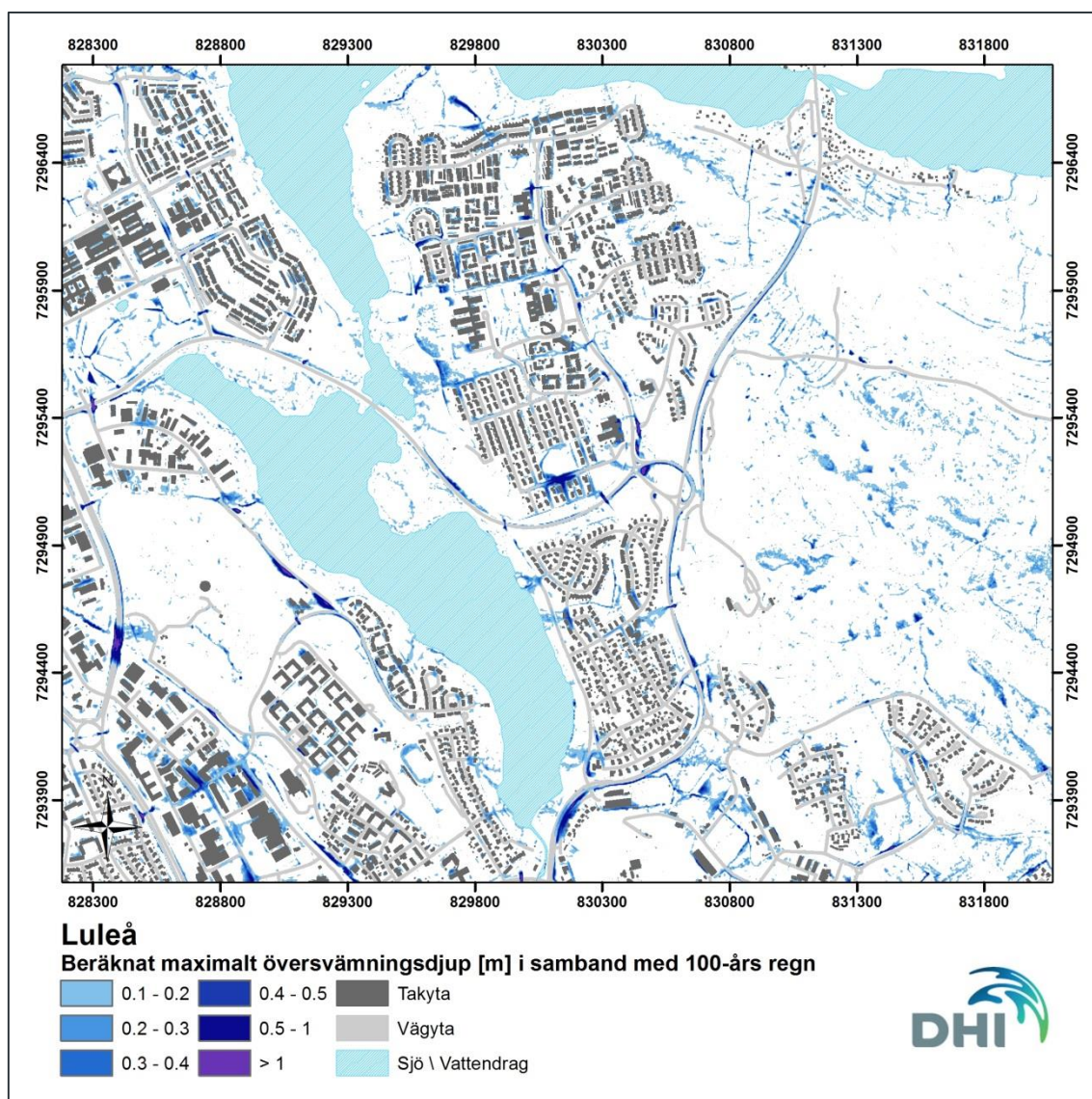
Figur 5 Detaljbild 1 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.



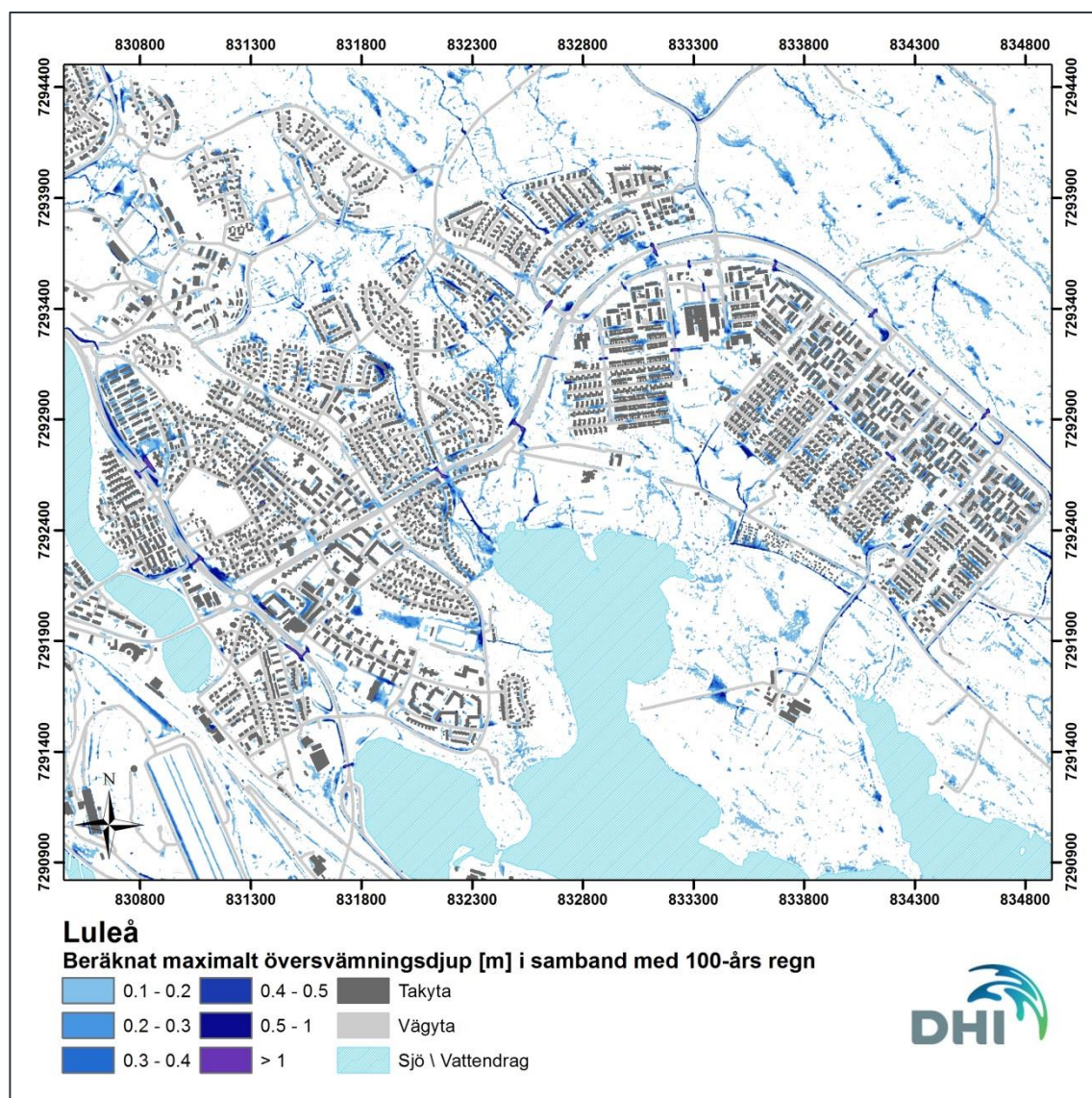
Figur 6 Detaljbild 2 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.



Figur 7 Detaljbild 3 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.



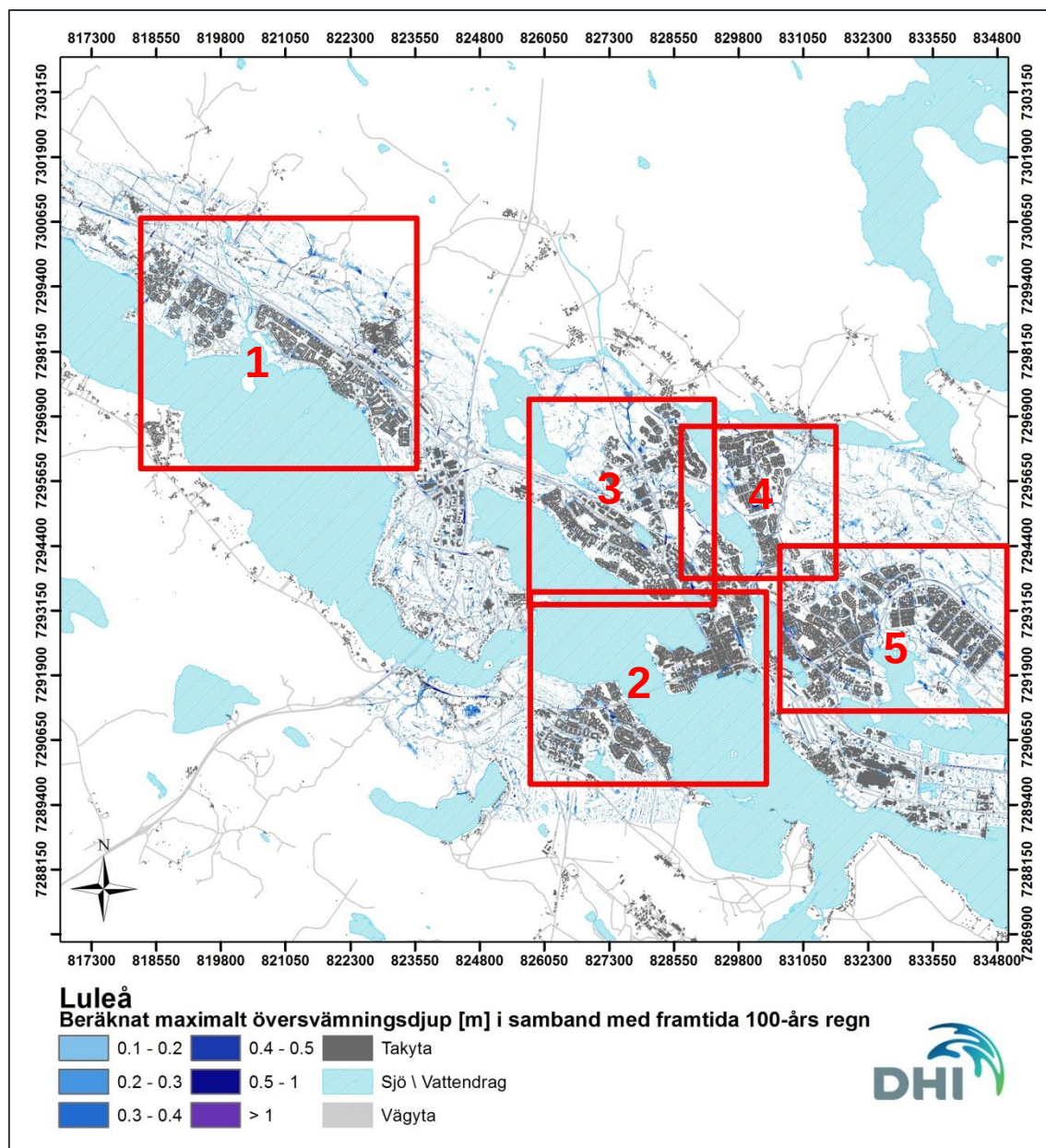
Figur 8 Detaljbild 4 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.



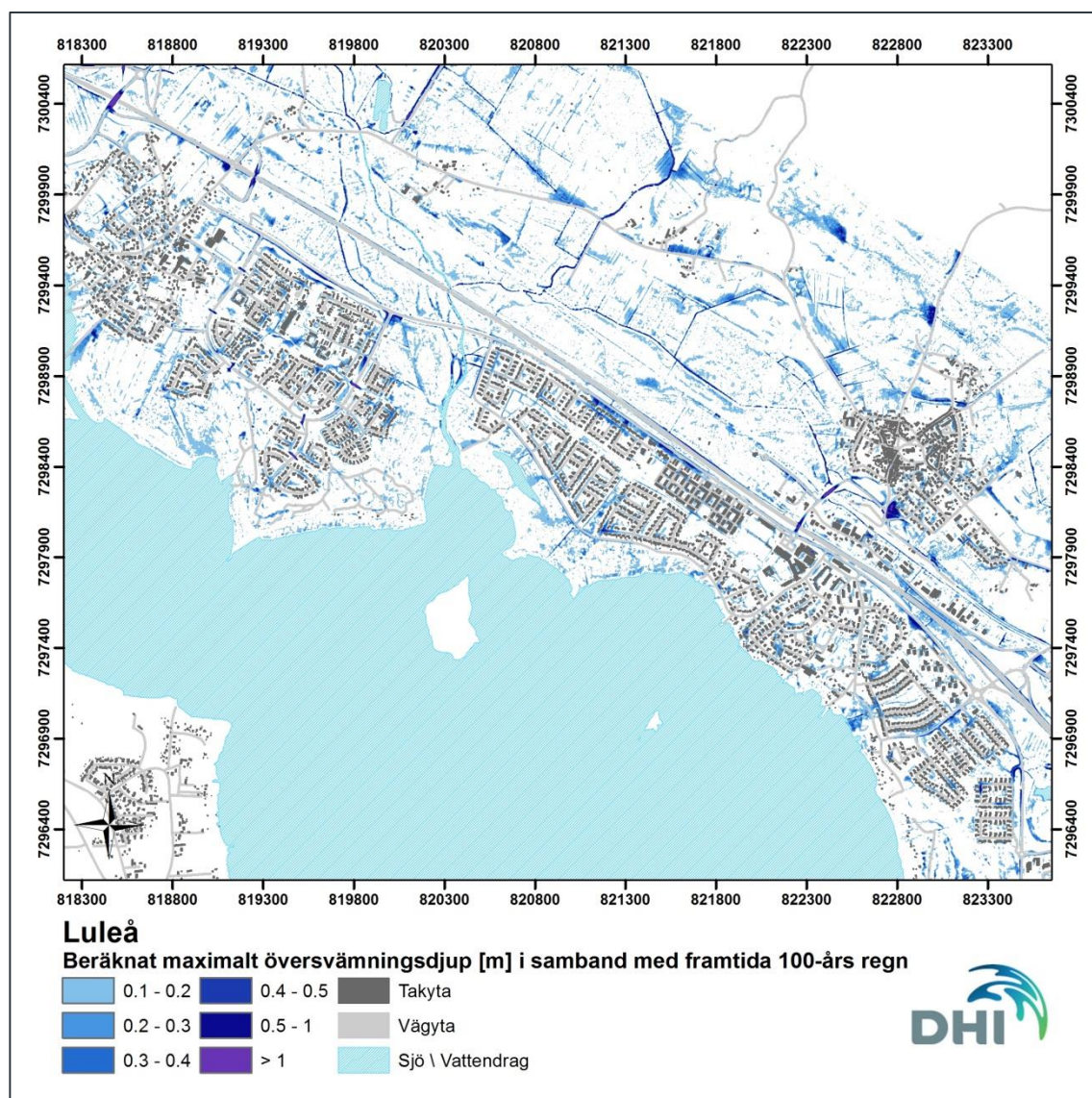
Figur 9 Detaljbild 5 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med dagens 100-årsregn.

3.2.2 Framtida 100-årsregn (dagens 100-årsregn med klimatfaktor på 1,2)

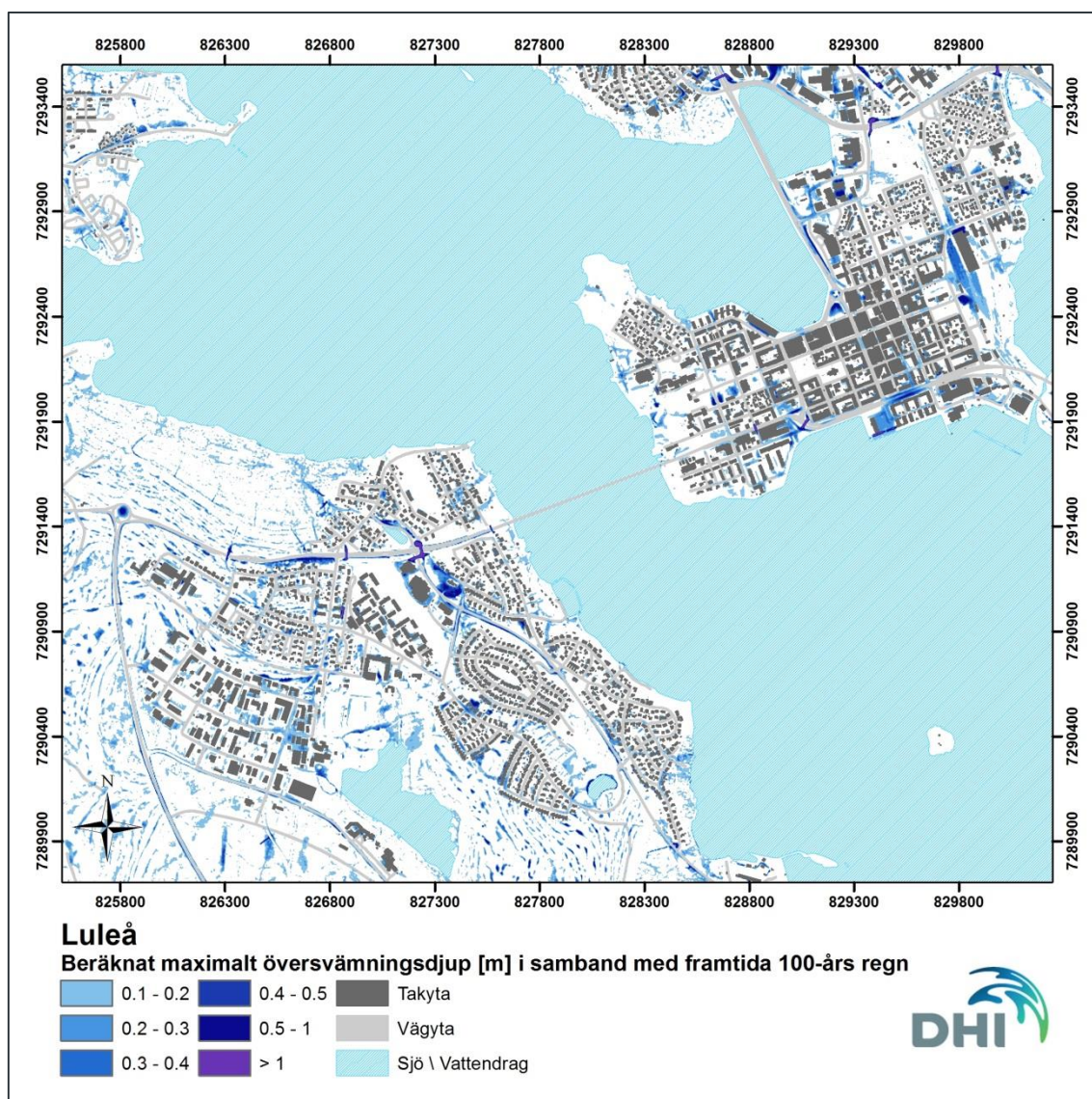
I Figur 10 till 15 redovisas översvämningsutbredning och maximala vattendjup i samband med framtida 100-årsregn för Luleå.



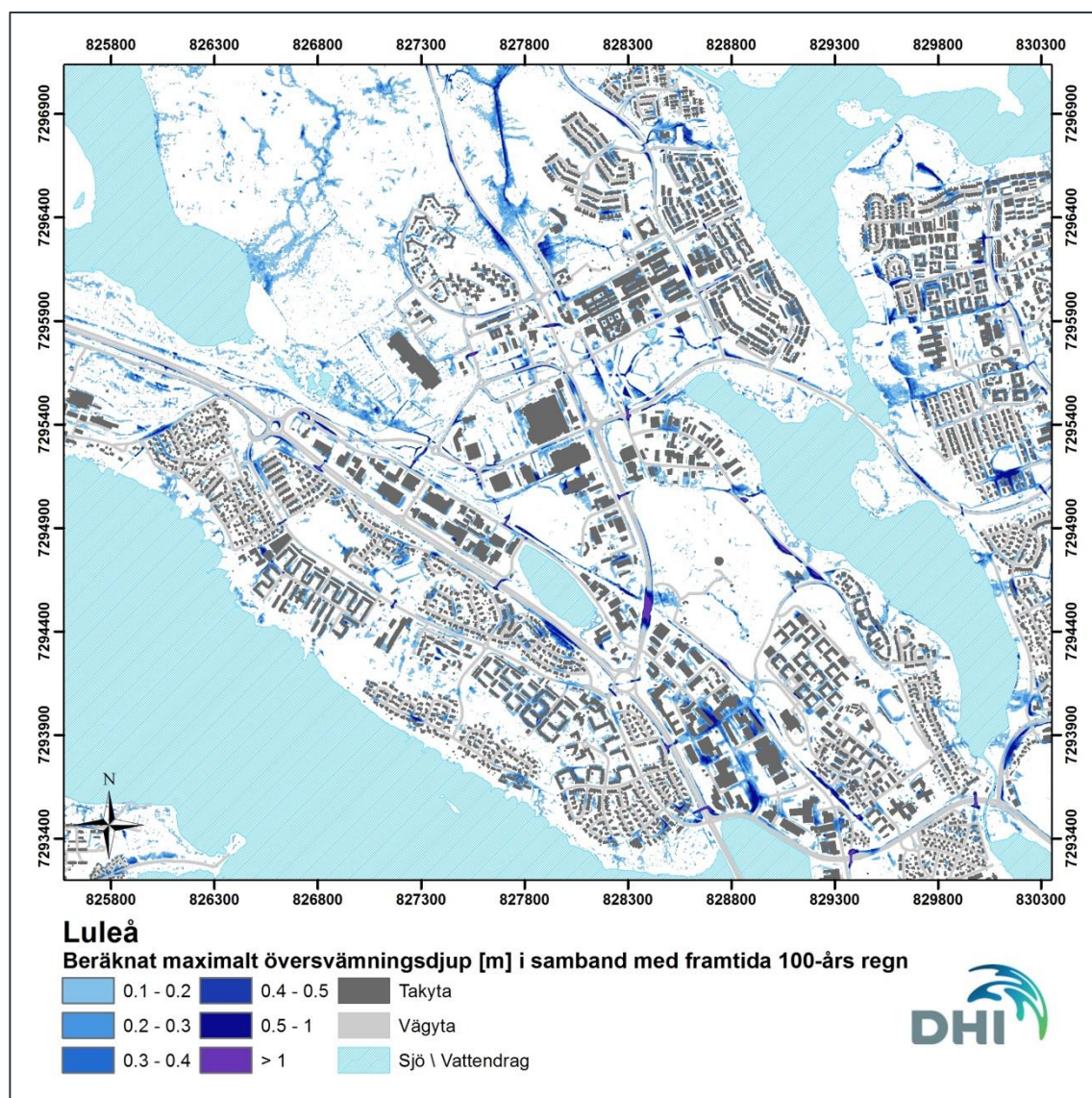
Figur 10 Översiktsbild – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.



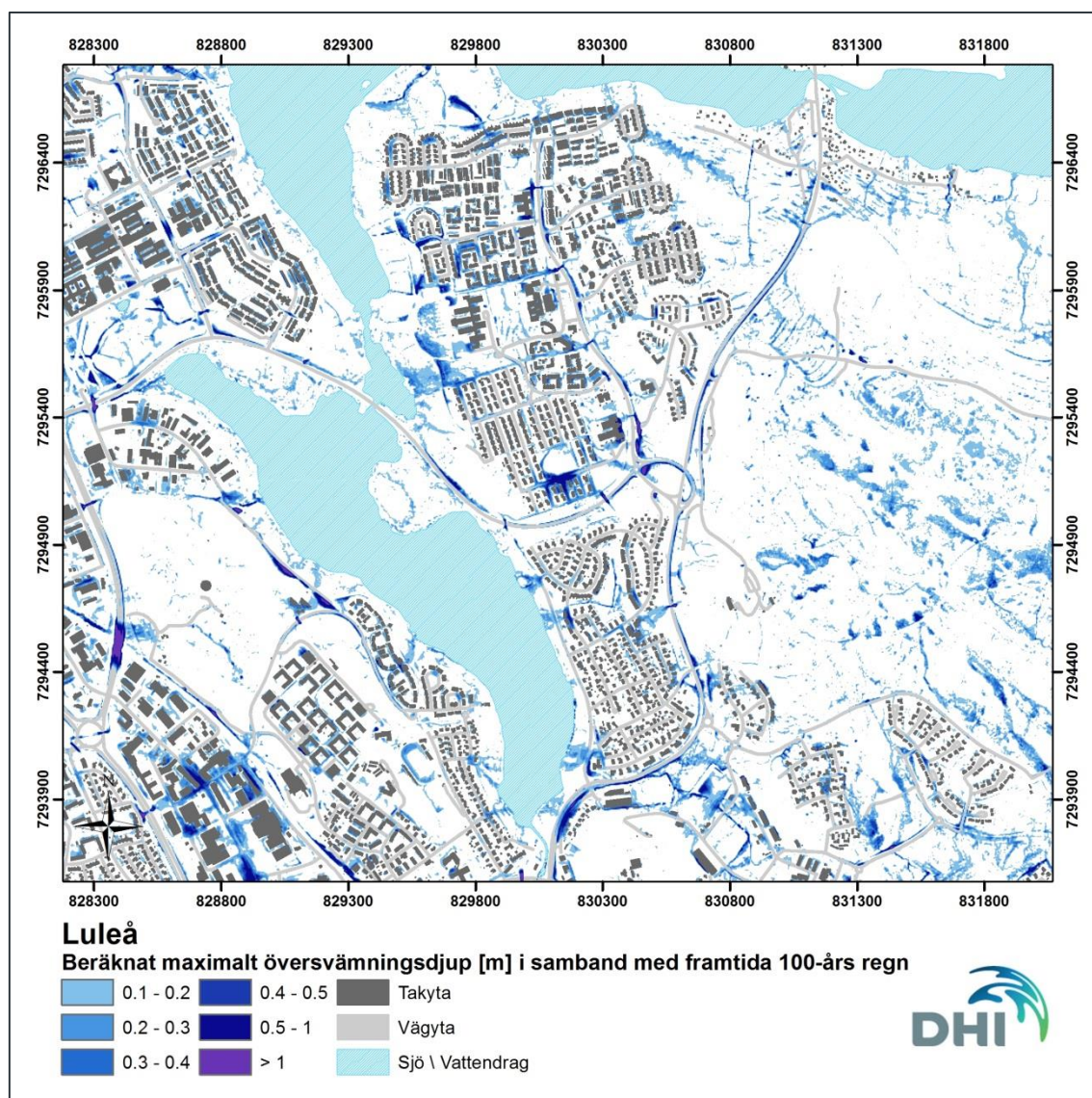
Figur 11 Detaljbild 1 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.



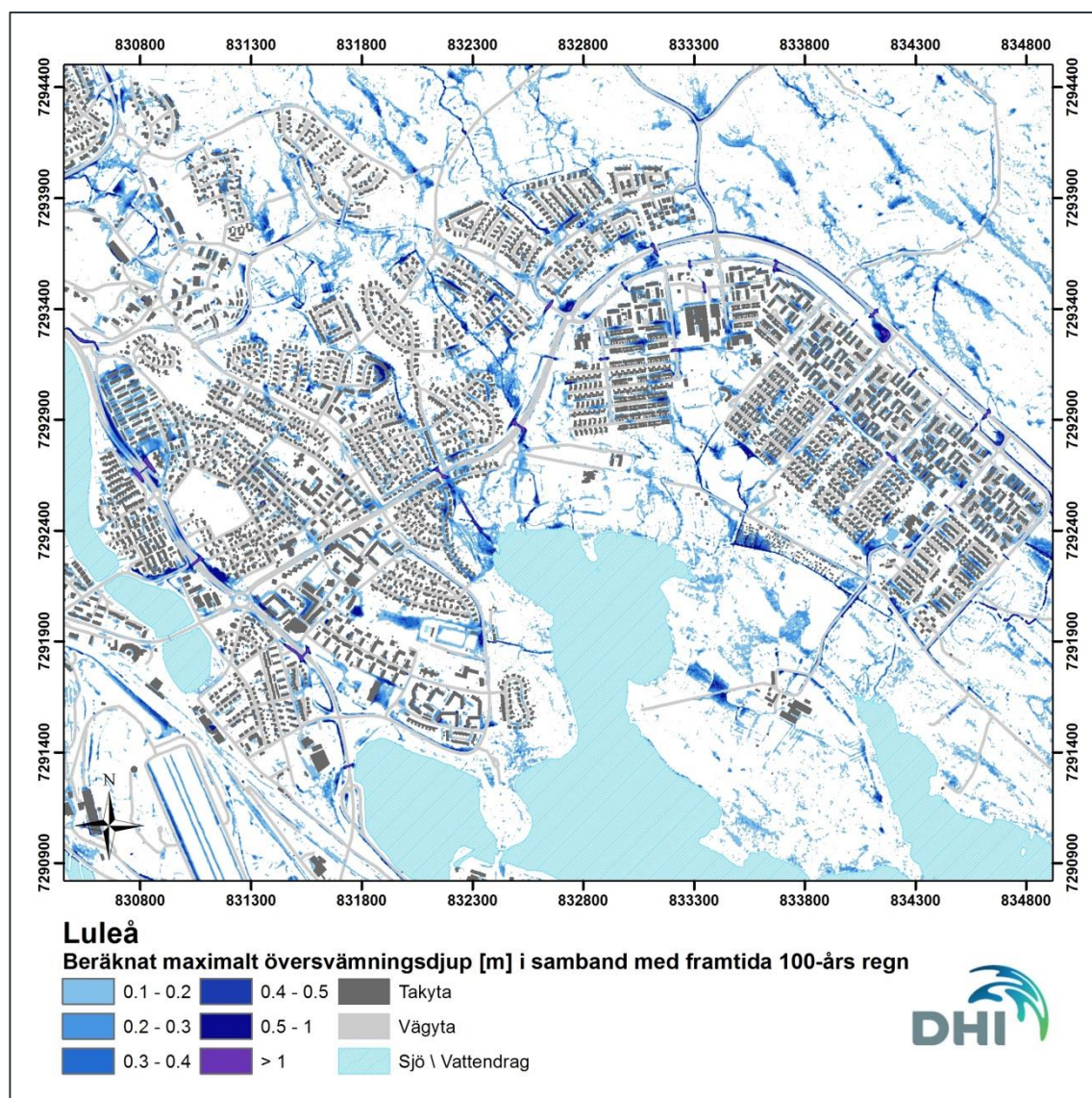
Figur 12 Detaljbild 2 – beräknat maximalt översvämningdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.



Figur 13 Detaljbild 3 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.



Figur 14 Detaljbild 4 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.



Figur 15 Detaljbild 4 – beräknat maximalt översvämningsdjup (m) i samband med framtida 100-årsregn.

4 Användning av resultat

Utredningen som har genomförts ger en överblick över vilka områden inom tätorten som riskerar att översvämmas i samband med ett extremt regn. Resultaten utgör ett utmärkt underlag för vidare analyser. Nedan presenteras exempel på hur framtagna resultaten kan användas.

Analys av konsekvenser

Utifrån enbart den beräknade översvämningsutbredningen och vattendjupen kan det vara svårt att uppskatta konsekvenserna av de studerade regnen. Som tidigare nämnts behöver en marköversvämningsanalys inte nödvändigtvis medföra några problem eller skador. Genom att kombinera den beräknade översvämningsutbredningen och vattendjupen med information om markanvändning kan problemområden identifieras där konsekvenserna är som störst.

De digitala resultatfilerna innehållande maximala vattendjup kan användas för GIS-analyser där i första hand samhällsviktiga funktioner som ligger i farozonen för översvämningsanalys kan identifieras. Figur 16 illustrerar hur resultaten för denna typ av analys kan se ut. Exemplet är taget från Örebro. Bilden visar samhällsviktiga verksamheter som vattenverk, distributionsbyggnader och drivmedelsstationer med ett beräknat vattendjup på över 0,2 m intill verksamheten. Motsvarande analys kan göras för andra vattendjup för att rangordna påverkan på de olika verksamheterna.

En sammanställning av konsekvenserna kan sedan utgöra ett underlag för prioritering av områden där detaljstudier är nödvändiga och eventuella åtgärder behöver utredas (se kapitel 5).

Beredskapsplanering

Inom områden med extraordinära besvärliga konsekvenser vid skyfall, t.ex. översvämningsanalys av viktiga transportleder eller samhällsviktig verksamhet, där stora skador och risker för människor kan uppstå, bör riskreducerande åtgärder planeras. Det kan handla om åtgärder i terrängen för att mildra översvämningsanalysen eller kanske rent av att på sikt flytta aktuell verksamhet. Oavsett detta bör det finnas en beredskap för att hantera konsekvenserna innan permanenta åtgärder genomförs. Resultaten från föreliggande utredning, kompletterat med en konsekvensanalys enligt ovan, utgör ett ypperligt underlag för att ta fram en sådan beredskapsplan för varje identifierad utsatt plats.

Framtagande av ytavrinningsplan

Med ytavrinningsplan menas i det här sammanhanget en planering för hur vatten ska hanteras på markytan i samband med kraftig nederbörd då ledningssystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga inte räcker till. I Figur 17 visas ett exempel på hur resultaten från en översiktlig översvämningsanalys använts för att identifiera lämplig placering av olika typer av öppna dagvattenlösningar för en förbättrad hantering av den ytliga avrinningen. Föreslagna åtgärder kan läggas in i upprättad markavrinningsmodell för simulering av vilka effekter som erhålls på översvämningsanalysens utbredning och djup. Vid identifiering och analys av denna typ av åtgärder och förändringar i terrängen är det en stor fördel att först klarlägga hur vattnet rör sig på markytan, dvs. att beräkna flödesvägarna. Genom en efterbearbetning av de beräkningsresultat som tagits fram i föreliggande studie är det möjligt att kartlägga dessa flödesvägar och redovisa dem som flödesvektorer med riktning och storlek.

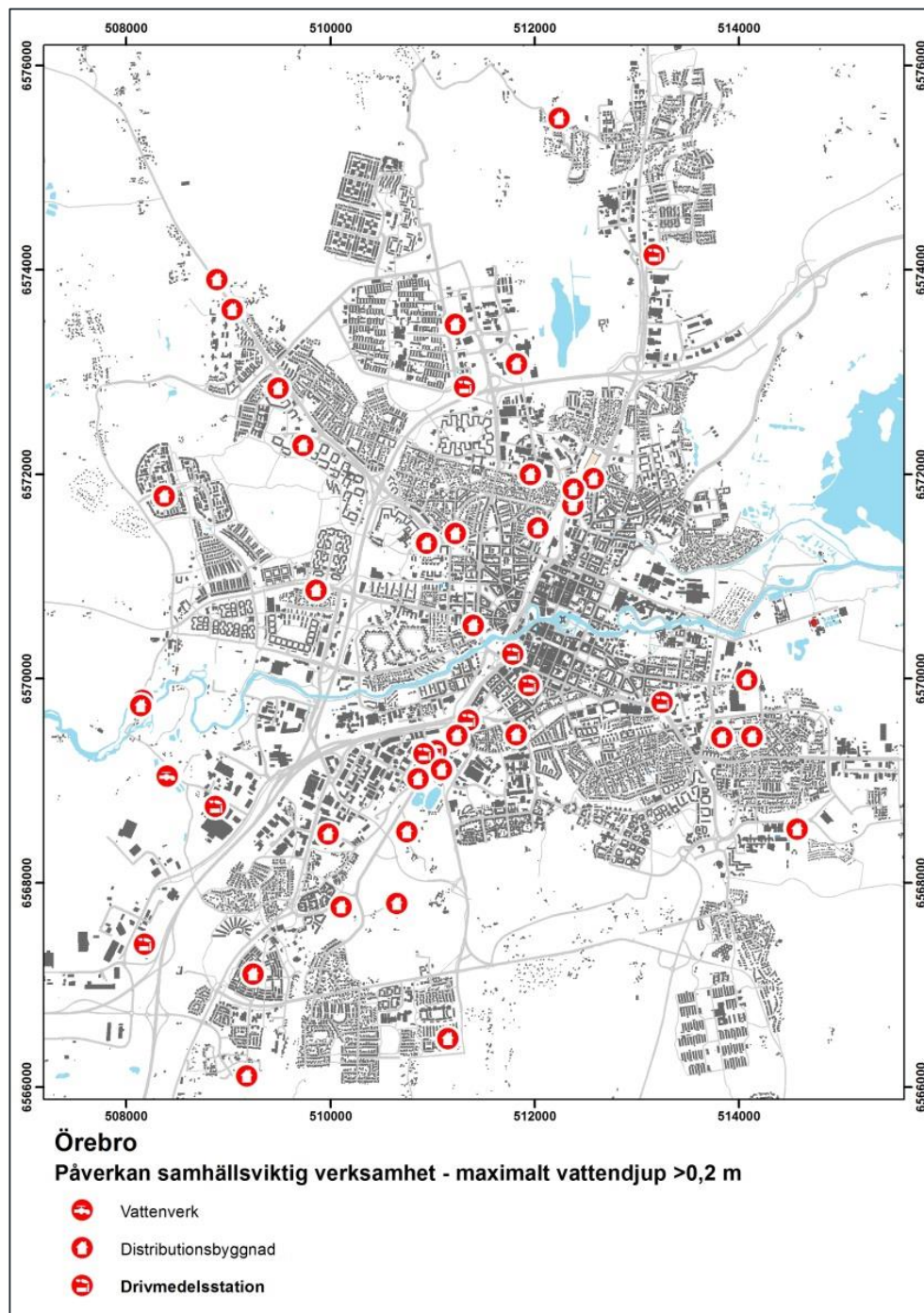
Grönstrukturanalys

De framtagna översvämningskartorna kan användas för att identifiera vilka grönytor som är lämpliga för dagvattenhantering, eller till och med nödvändiga att behålla för att kunna minska konsekvenserna vid intensiva regn. Samtidigt kan de ytor som kan avvaras för att ge plats för framtida byggnation pekas ut.

Planering av framtida exploatering

Precis som problemområden kan identifieras inom befintlig bebyggelse kan områden som ur översvämningsanalys synpunkt är mer eller mindre olämpliga att exploatera identifieras utifrån

föreliggande analys. En exploatering medför dock en förändring av marknivåerna, vilket således förändrar översvämningssituationen. Upprättad modell kan användas för att lägga in planerade markomställningar, exploateringar, utbyggnader av vägar etc., för att undersöka vilken effekt detta får på översvämningen i såväl aktuellt område som i omringliggande områden.



Figur 16 Exempel av resultat från kartläggning av påverkan på samhällsviktig verksamhet.²

² Mårtensson E, Gustafsson L-G (2014). Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå. MSB, mars 2014.



Figur 17 Exempel på beräknade översvänningsdjup och huvudsakliga flödesvägar (övre bild) och föreslagna åtgärder till ytvavrinningsplan.

5 Utveckling av utredning för detaljstudier

Detaljstudier bör i första hand genomföras i områden som är kraftigt drabbade av marköversvämningar samt i områden där det planeras för större förändringar genom framtida exploatering. Den genomförda utredningen ger goda möjligheter till att med relativt enkla medel utveckla modellen så att den kan användas för ändamål som:

- Detaljstudier av problemområden
- Detaljerad åtgärdsplanering – dimensionering av öppna och traditionella dagvattenlösningar
- Detaljplanering/projektering
- Översvämningsberäkningar av mindre extrema regn med återkomsttid <50-100 år

Nedan listas de utvecklingar av modellen som rekommenderas i samband med detaljerade studier.

Dynamisk koppling till ledningsnät

Ledningsnätets kapacitet har antagits vara densamma för hela systemet och hanterats genom ett schablonmässigt avdrag motsvarande ett 10-årsregn. I verkligheten varierar kapaciteten i systemet vilket medför att kapaciteten i vissa delar av systemet överskattas och att det underskattas i andra. Det faktum att ledningsnätet i denna utredning inte beskrivs explicit, kan därför ge avvikelser lokalt genom att vatten från uppströms liggande områden dämmer upp på markytan vid lokala kapacitetsbrister i ledningsnätet. När vatten, via brunnar, tränger upp på markytan fungerar detta som en ventil för systemet. Detta medför att trycket sjunker och kapacitet frigörs i ledningsnätet. Genom att dynamiskt koppla markavrinningsmodellen till en hydraulisk modell för ledningsnätet (MIKE URBAN FLOOD) tas hänsyn till ledningsnätets specifika kapacitet och vattenutbytet mellan markytan och ledningar. Detta ger en mer korrekt bild över hela systemet och tar samtidigt hänsyn till de lokala skillnaderna som finns runt om i ett dagvattensystem. Detta blir särskilt viktigt när mindre extrema regn studeras då regnbelastningen är i samma storleksordning som ledningssystemets kapacitet.

En utredning med MIKE URBAN FLOOD innebär att den tvådimensionella markavrinningsmodellen (som tagits fram i denna utredning) kopplas samman med en endimensionell ledningsnätmodell. Denna ledningsnätmodell kan efter uppbyggnad även användas separat till att genomföra hydrauliska kapacitetsberäkningar för ledningsnätet, t ex med syfte att dimensionera nya ledningar eller vid kontrollberäkning för olika regn.

Ökad upplösning på höjddata

Vid lokala, mer detaljerade studier rekommenderas att upplösningen på höjddata förbättras till bästa möjliga med hänsyn till tillgänglig höjddata samt beräkningstider. Den skapade modellen har en upplösning på 4*4m, vilket innebär att detaljerade urbana strukturer såsom kantstenar, murar och andra "smala" avgränsningar ej kan hanteras av höjdmodellen. En ökad upplösning gör att beskrivningen kan bli mer detaljerad. En ökad upplösning ger också ökad beräkningstid och rekommenderas därför endast för mindre områden där resultaten är av extra stort intresse.

Detaljerad beskrivning av strukturer

I föreliggande studie har hänsyn tagits till större strukturer som broar och viadukter. Mindre strukturer som utgör vattenhinder/barriärer i höjdmodellen kan vara vägtrummor och kulverterade sträckor av diken. En väsentlig skillnad med dessa strukturer jämfört med broar och viadukter är att de har en begränsad kapacitet. Genom att inte ta hänsyn till vägtrummor och kulverteringar riskerar dämningen som de orsakar att överskattas. Om höjdmodellen istället bränns ner, dvs. göra ett hål i höjdmodellen genom att sänka nivåerna, riskerar den motsatta effekten att uppstå, dvs. att deras kapacitet överskattas och således underskattas deras dämmande effekt. Vid detaljerade studier behöver information om kapaciteten inhämtas (om den finns tillgänglig) och strukturerna beskrivas detaljerat i 2D-modellen, eller alternativt med en hydraulisk rörmodell som kopplas till markavrinningsmodellen (MIKE URBAN FLOOD).

Lokal anpassning av markegenskaper

Infiltration på permeabla ytor har hanterats med en modul som beskriver infiltrations- och magasinkapacitet i det översta jordlagret. Markens infiltrationskapacitet kan inom vissa områden vara både större och mindre än vad som antagits i denna studie. En variation på upp emot en tiopotens lägre eller högre infiltrationskapacitet är högst rimlig. Vid detaljerade studier kan det vara motiverat att utifrån jordartskarta/geohydrologiska utredningar ansätta lokalt anpassade infiltrations- och magasinsparametrar.

6 Leverans

Förutom föreliggande rapport sker leverans av GIS-skikt i form av raster-filer som visar maximala vattendjup under översvämningsförloppet för både dagens och framtida 100-årsregn.

Följande filer har levererats:

- *lulea_100yr* – maxdjup dagens 100-årsregn
- *lulea_f_100yr* – maxdjup framtida 100-årsregn
- *färgskala_resultat.lyr*