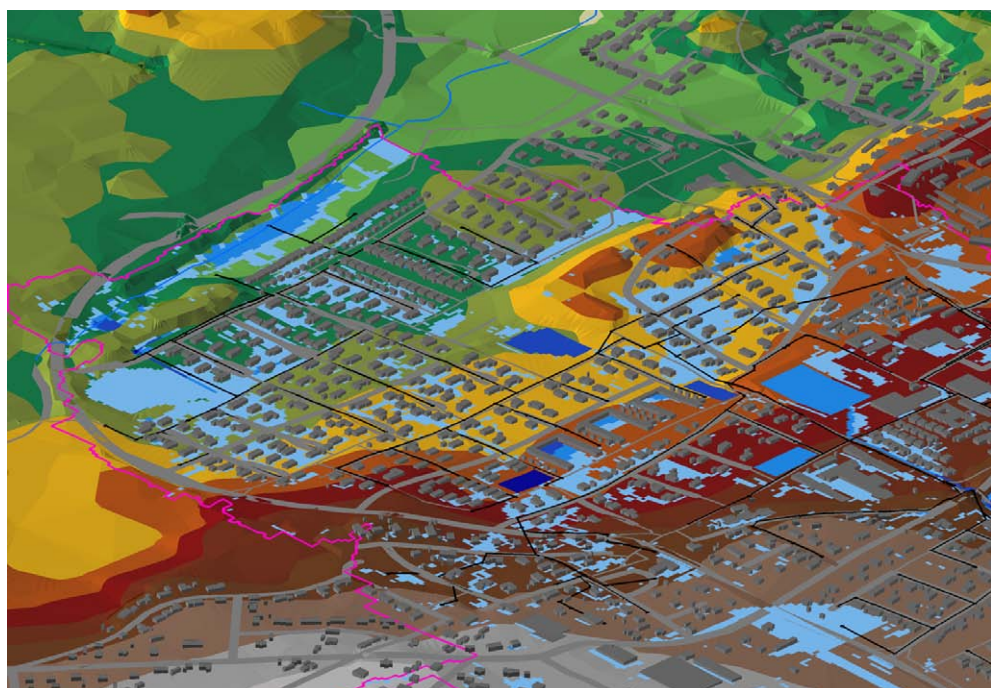


Plan B – hantering av översvämningar i tätorter vid extrema regn

Stefan Ahlman



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Carina Färm	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Margaretha Lindbäck	Luleå kommun
Charlotte Lindstedt	Göteborg Vatten
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrike Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand, adjungerad	Norsk Vann

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan återopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Plan B – hantering av översvämningar i tätorter vid extrema regn
Title of the report:	Plan B – planning of urban floods caused by extreme rainfall
Rapportnummer:	2011-03
Författare:	Stefan Ahlman, DHI Sverige AB
Projektnummer:	28-110
Projektets namn:	Plan B – hantering av översvämningar vid extrema regn Metodik och tillämpningsexempel
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, deltagande kommuner
Rapportens omfattning	
Sidantal:	36
Format:	A4
Sökord:	Urbana översvämningar, 1D/2D-simulering, dagvattensystem, åtgärdsplanering
Keywords:	Urban flooding, 1D/2D simulation, stormwater system, mitigation measures
Sammandrag:	En metodik har tagits fram för hur man lämpligen planerar inför och hanterar översvämningar i tätorter vid extrema regn. Metoden prövades i fyra olika områden där nuvarande situation analyserades med en datormodell och därefter prövades olika åtgärder och effekterna utvärderades.
Abstract:	A methodology has been developed regarding planning of urban floods caused by extreme rainfall. The method has been tested in four areas where the present situation was analysed using a computer model and thereafter different measures were tested and evaluated.
Målgrupper:	Kommunala förvaltningar/bolag inom VA och exploatering. Konsulter
Omslagsbild:	Simulerad översvämningssutbredning för 100-årsregn i Lindsdal, Kalmar
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2011
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Projektet bygger på ett tankesätt inom kommunal dagvattenplanering som innebär att fokus inte bara är på dimensioneringsaspekter utan att även förberedelser görs för nederbördshändelser bortom det dimensionerande fallet. Vid dessa extrema händelser är förmodligen översvämningar ett faktum och fokus blir på att minimera konsekvenserna. Det behövs därmed en *Plan B*. Med detta följer att problemen med översvämningar måste hanteras i ett större perspektiv. Det är inte bara VA-kollektivet som är huvudansvarig utan övriga kommunala förvaltningar, räddningstjänst och myndigheter måste också vara med i planeringsstadiet.

Det finns exempel i Sverige med goda erfarenheter där detta tankesätt använts vid utformning av dagvattenlösningar i nya exploateringsområden. Däremot är det mindre vanligt att befintlig bebyggelse har analyserats enligt detta tankesätt. Städerna förtäts också i allt större grad vilket medför att befintliga dagvattensystem tillförs ytterligare belastning. Analyser av konsekvenser vid extrema regn blir då ännu viktigare.

En viktig förutsättning för att kunna göra en *Plan B*-studie för att hantera extrema regntillfällen är att det finns analysverktyg som på ett korrekt sätt kan beskriva översvämningens utbredning samt hur olika åtgärder påverkar förloppet. Utvecklingen av datorprogram går ständigt framåt och detta i kombination med allt snabbare datorer har gjort att det nu finns sådana analysverktyg att tillgå. I detta projekt har det använda modellverktyget varit en grundläggande förutsättning för genomförandet. Under projektets genomförande har tillgången på högupplöst höjddata ökat. Detta tillsammans med datorutvecklingen gör att det idag är möjligt att räkna med högre upplösning än vad som redovisas i rapportens tillämpningsexempel.

Projektgruppen har varit sammansatt av representanter från Göteborg Vatten, Kalmar Vatten, Luleå kommun, Stockholm Vatten och DHI.

Följande personer har varit engagerade i projektet:

Stefan Ahlman, DHI

Gilbert Svensson, DHI

Jenny Bengtsson, Göteborg Vatten

Håkan Andersson, Kalmar Vatten

Marianne Wahlquist, Kalmar Vatten

Magnus Bäckström, Luleå kommun

André Meyer, Stockholm Vatten

Bo Westergren, Stockholm Vatten

I projektet har tre allmänna projektmöten hållits, samt fyra individuella möten med varje deltagande kommun. Till projektets genomförande har bidrag erhållits från SVU och från deltagande kommuner.

Växjö, 2011-02-14

Stefan Ahlman

DHI Sverige AB

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary	7
1 Bakgrund	8
2 Metodikbeskrivning	9
2.1 Övergripande metodval och avgränsningar	9
2.2 Analys av nuvarande situation	10
2.3 Konsekvensbeskrivning för nuvarande situation	12
2.4 Åtgärdslista	12
2.5 Konsekvensbeskrivning för olika åtgärder	13
3 Tillämpningsexempel	14
3.1 Linnéstaden, Göteborg	14
3.2 Lindsdal, Kalmar	16
3.3 Notviken, Luleå	19
3.4 Bromsten, Stockholm	19
4 Resultat	21
4.1 Linnéstaden, Göteborg	21
4.2 Lindsdal, Kalmar	24
4.3 Notviken, Luleå	27
4.4 Bromsten, Stockholm	30
5 Slutsatser och rekommendationer	33
Referenser	35

Sammanfattning

Detta projekt har utförts av DHI Sverige AB i samarbete med kommunerna Göteborg, Stockholm, Kalmar och Luleå. Projektets syfte har varit att arbeta fram en metodik och ett arbetssätt för hur man lämpligen analyserar översvämningar i tätorter vid extrema regn. Hantering av extrema regntillfällen handlar om att minimera konsekvenserna av översvämningarna, om möjligt styra vattnet till en specifik plats och/eller skapa alternativa flödesvägar för vattnet. Vad som då behövs är en *Plan B*.

Varje deltagande kommun har bidragit med ett tillämpningsområde så att olika egenskaper för avrinningsområdena representerades. De fyra avrinningsområdena bestod av en stadskärna med en kombination av kombinerat och duplikat avloppssystem, en villaförort med duplikat avloppssystem och två områden med blandad markanvändning, båda med duplikat avloppssystem. Storleken på avrinningsområdena varierade mellan 50 och 530 hektar.

En integrerad översvämningsmodell, MIKE FLOOD URBAN, har använts i projektet för att beskriva översvämningssituationen i varje avrinningsområde. En kopplad 1D/2D-modell var nödvändig i detta projekt för att beskriva utbytet av vatten mellan dagvattenssystemet och markavrinningen. Den nuvarande situationen utvärderades för ett 10-års-, respektive 100-årsregn. Därefter simulerades olika åtgärder för att minska konsekvenserna av översvämningen. Simuleringarna utvärderas med olika nyckeltal för att underlätta jämförelsen av resultaten. De olika nyckeltalen hade både en rumslig och en tidsmässig dimension, till exempel antalet översvämmade fastigheter och hur länge gatorna i området var översvämmade.

Resultaten från simuleringarna med 1D/2D-modellen i detta projekt har analyserats med avseende på flödesvägar, lågpunkter och instängda områden. Denna information, i kombination med de översvämningskartor som tagits fram, utgör ett viktigt beslutsstöd för aktörerna i den kommunala vattenplaneringen.

Summary

This project has been carried out by DHI Sweden in cooperation with the municipalities of Gothenburg, Stockholm, Kalmar and Luleå in Sweden. The aim of the project has been to develop a methodology for analysis of urban flooding caused by extreme rainfall. Planning for and managing extreme rainfall events include minimising the consequences of flooding, and if possible directing the water to a specific safe place and/or creating alternative flow routes for the water. What is needed is a *Plan B*.

Each municipality provided a study catchment so that different catchment conditions were represented. The four catchments comprised a city centre with a combination of combined and separate sewer system, a suburb with mainly single houses and a separate sewer system, and two areas with mixed land use, both with a separate sewer system. The size of the catchments varied between 50 and 530 ha.

An integrated flood model, MIKE FLOOD URBAN, has been used in the project to describe the flooding situation in each catchment. The coupled 1D/2D model was required in order to describe the exchange between pipe flow and overland flow. The present situation was evaluated for the 10 and 100 year design storm. In addition, several scenarios were simulated including different measures to mitigate the consequences of flooding. The simulations were evaluated with a set of indicators chosen to facilitate the comparison between the simulation results. The indicators were in spatial and temporal dimensions, *e.g.* number of flooded properties and duration of flooding on streets.

The use of 1D/2D modelling in this project means that each catchment was analysed in terms of flow routes, depression points and detained areas. This, in addition with the flood risk maps produced, provides an important decision support for the city planners.

1 Bakgrund

Extrema regnhändelser sker varje år på olika platser i Sverige, ofta med mer eller mindre lokala översvämningar som följd. Konsekvenserna för de kommuner och invånare som drabbas är mycket påtagliga och jordnära.

Bland både allmänhet och meteorologer finns uppfattningen att extrema regnhändelser har ökat under senare år och detta sammankopplas med klimatförändringar. Detta stöds dock inte av observationer i de fall där det finns långa observationsserier att tillgå. En analys utförd av Bengtsson (2008) av extrema dygnsregn under perioden år 1919–2007 i Malmö, Halmstad och Göteborg visar att det inte finns någon trend mot ökande extrem nederbörd. I en studie av Hernebring (2008) har frekvensen av korttidsregn (upp till två timmar, relevant för urbana områden) analyserats för långa observationsserier i Göteborg och Stockholm. Även denna studie visar att inte finns någon trend mot ökande extrem nederbörd det senaste årtiondet.

Klimatmodellering utförd vid Rossby Centre¹ med regionala klimatscenarier visar att nederbörden som faller över Sverige förväntas öka under det närmaste seklet med mellan knappt 10 och drygt 20 % jämfört med referensperioden år 1961–1990 (www.smhi.se). För samtliga scenarier gäller också att extremnederbörden förväntas öka.

Extrema regnhändelser sker redan idag och om klimatforskarna får rätt så kommer antalet händelser att öka i framtiden vilket har en direkt påverkan på dagvattenssystemet. Eftersom en dimensionering alltid utgår ifrån att en viss nederbördssituation inträffar med en viss frekvens, till exempel en gång på tio år, innebär det att systemet överbelastas då och då. Oavsett vilken nivå som valts inom rimliga intervall på återkomsttid kommer en överbelastning att inträffa förr eller senare. När återkomsttiden för regnet med marginal överskrider 10 år, kanske till och med flera 100 år, är en ökad ledningskapacitet en realistisk lösning. Problemen måste då hanteras i ett större perspektiv. Vid så stora regn är förmodligen översvämningar ett faktum och det handlar då snarare om att minimera konsekvenserna, om möjligt styra platsen för översvämningen och visa alternativa vägar för vattnet.

Vad som behövs då är en *Plan B*.

Ett forskningsprojekt med deltagande av DHI, Stockholm Vatten, Göteborg Vatten, Kalmar Vatten och Luleå kommun har genomförts under år 2007–2008. Projektets mål har varit att arbeta fram en metodik och ett arbetssätt för hur man lämpligen analyserar översvämningar i tätorter vid extrema regn.

I projektet har fyra avrinningsområden valts ut, ett från vardera Göteborg, Kalmar, Luleå och Stockholm. Dessa områden har fungerat som tillämpningsexempel. De respektive avrinningsområdena har analyserats med avseende på inträffade problem i samband med extrema regn och därefter har olika åtgärder prövats. Dessa kan ses som exempel på hur man kan hantera översvämningar i befintlig bebyggelse vid extrema regn.

¹ Rossby Centre – SMHI:s klimatmodelleringsenhet.

2 Metodikbeskrivning

En metodik – *Plan B* – för att analysera extrema nederbördssituationer i tätorten har tagits fram i detta projekt. Metodiken innehåller en analysdel, en konsekvensbeskrivning, en åtgärdslista, samt en konsekvensbeskrivning för olika åtgärder. Analysen görs med modellverktyg som klarar att beskriva vattnets väg på ytan, i ledningar samt utbytet mellan dessa. Konsekvens och risk illustreras med hjälp av GIS-kartor och nyckeltal.

Den grundläggande tanken bakom metodiken är att vara proaktiv, det vill säga att den situation som uppstår när det dimensionerande nederbördstillfället överträffas redan är analyserad och att konsekvenserna inte kommer som en överraskning. I praktiken betyder det att olika åtgärder och strategier redan ligger färdiga när 20-, 30- eller 100-årsregnet kommer. Det kan innebära att rännstensbrunnars kapacitet är avsiktligt begränsad, att gator och andra delar av trafikmiljön beräknats som delar av det totala avbördnings-systemet, att det finns strategier för hantering av instängda lågpunkter etc.

2.1 Övergripande metodval och avgränsningar

När det gäller att beskriva utbredningen av en marköversvämning i ett urbant område finns det olika metodval enligt följande:

- GIS-analys

En statisk analys som bygger på lågpunkter i terrängen. Det sker ingen modellberäkning utan översvämningsytan bestäms av en viss nivå och allt därunder blir översvämmat, se till exempel Zerger (2002). Denna metod används också i ett EU-projekt kallat SWAMP som pågick år 2008–2010 (www.eranetroad.org). I projektet har en metod kallad *Blue Spot* tagits fram för att identifiera vägvsnitt känsliga för översvämning. Denna typ av GIS-analys passar bäst när det gäller översvämningar som beror på höga nivåer i vattendrag eller sjö/hav. Fördelen är att man snabbt får en överblick över ett större område, nackdelen är att man inte tar hänsyn till dynamiken i översvämningsförloppet.

- Tvådimensionell översvämningsberäkning med datormodell
– utan dagvattensystem

I denna analys tar man hänsyn till hur vatten rinner på ytan enligt topografin men ingen koppling finns till ledningsnätet, se till exempel Mignot *et al.* (2006). Fördelen är att man relativt snabbt får en överblick över ett större område, nackdelen är att man tappar i noggrannhet när det gäller översvämningsförloppets dynamik i de områden där det finns ett ledningsnät.

- Tvådimensionell översvämningsberäkning med datormodell
– med dagvattensystem

I denna mest fullständiga analys tar man hänsyn till hur vatten rinner på ytan enligt topografin och hur vattenströmning och uppfyllnad ser

ut i ledningsnätet (Domingo *et al.*, 2010; Gordon, 2007). Fördelen är att man mer noggrant kan beskriva översvämningsförloppets dynamik, nackdelen är att beräkningstiderna i modellen ökar med en mer detaljerad beskrivning.

För tvådimensionell översvämningsberäkning med och utan dagvattenssystem finns det på marknaden kommersiella datormodeller att tillgå. De mest använda är:

- MIKE URBAN FLOOD (www.mikebydhi.com).
- InfoWorks ICM (www.mwhsoft.com).
- TUFLOW (www.tuflow.com).

Alla ansatser enligt ovan kräver någon typ av höjdmodell som indata. Denna tas fram med höjddata där kraven är olika beroende på syftet. För en GIS-analys och i viss mån tvådimensionell översvämningsberäkning utan hänsyn till ledningsnät kan det räcka med höjddata i form av höjdkurvor med ekvidistans 0,5–1 meter. För en mer djuplodande analys där även hänsyn tas till ledningsnät behövs höjddata med god kvalitet, till exempel högupplöst data från laserskanning. Resultatet från laserskanningen som sker från helikopter eller flygplan är en svärm av punkter med känt läge i plan och höjd. Alla typer av objekt som ligger på och ovan markytan finns representerade i detta punktmoln.

Lantmäteriet har påbörjat ett arbete med att upprätta en ny nationell höjdmodell baserad på flygburen laserskanning (www.lantmateriet.se). Med denna teknik kommer upplösning och kvalitet på höjddata att avsevärt förbättras. Noggrannheten i höjd hos enskilda laserpunkter är normalt bättre än 0,1 meter på plana hårdgjorda ytor (kravet är bättre än 0,2 meter). Arbetet med den nya höjdmodellen pågår under perioden 2009–2015.

Översvämnings i urbana områden är komplexa företeelser med flera samverkande system och snabba dynamiska förlopp. För att kunna göra en relevant analys behövs ett modellverktyg som kan beskriva översvämnings förlopp dynamiskt samt hur vatten på ytan kommunicerar med lednings-system och vice versa. I en *Plan B*-analys faller därför valet av metod på en översvämningsberäkning med en tvådimensionell datormodell där en beskrivning av dagvattenssystemet ingår.

2.2 Analys av nuvarande situation

Det första steget i metodiken är att göra en analys av nuvarande situation med avseende på översvämnings vid extrem nederbörd, till exempel 30- eller 100-årsregn. I detta projekt har modellverktyget MIKE URBAN FLOOD använts för detta ändamål.

MIKE URBAN FLOOD (MU FLOOD) är en del av programsviten MIKE by DHI (www.mikebydhi.com). MIKE URBAN-modellen beskriver den endimensionella (1D) strömningen i ledningar och mindre vattendrag och har i MU FLOOD integrerats med MIKE 21-modellen som i sin tur beskriver den tvådimensionella (2D) strömningen av vatten på markytan. På så sätt kan modellverktyget beskriva översvämnings förlopp

dynamiskt, det vill säga hur vatten på ytan kommunicerar med lednings-system och vattendrag.

De indata som krävs för att bygga upp och köra modellen är:

- Högupplöst höjddata, helst laserskannad, för att bygga upp en terrängmodell (2D).
- Data för dagvattenledningsnät, för att bygga upp ledningsnätet (1D).
- Markanvändning, till exempel vägar och byggnader för att ge de hårdgjorda ytornas belastning i ledningsnätsmodellen.
- Nederbördsdata.

Många kommuner har idag uppbyggda dagvattenmodeller för hela eller delar av kommunen vilket innebär att det i princip bara behövs en terrängmodell och en eventuell uppdatering av dagvattenmodellen för att kunna göra en *Plan B*-analys.

Det krävs också nederbördsdata för att köra modellen. Vad som är en extrem nederbördssituation är i viss mån subjektivt. I detta projekt har ett regn med återkomsttid 100 år enligt dagens förhållanden använts. Återkomsttiden i sig är inte viktig utan det är valt för att representera en extrem nederbördssituation. Det är också möjligt att inkludera ett scenario med framtida klimatpåverkan och hur detta påverkar dagens system.

Som referens har också simuleringar gjorts för ett regn med återkomsttid 10 år, vilket är den återkomsttid som gäller för dimensionering av avloppssystem enligt P90 gällande trycklinjens marknivå för dagvattenledning samt källarnivå för kombinerad ledning (Svenskt Vatten, 2004). Effekterna av *Plan B*-åtgärderna redovisas för regnet med återkomsttiden 100 år. Resultaten redovisas som översvämningskartor där maximala nivåer större än 0,1 meter visas. Detta för att filtrera bort brus i resultaten och på så sätt tydliggöra de områden där problem uppstår. En konsekvensbeskrivning görs också med hjälp av nyckeltal.

Alla regn som använts i simuleringarna är av typen CDS². Den viktigaste egenskapen hos CDS-regnet är att maximala medelintensiteter för olika varaktigheter följer en intensitets-varaktighetskurva. Fördelen med ett CDS-regn är att data från intensitets-varaktighetskurvor är tillgängliga på många platser i Sverige och att enbart en avrinningsberäkning behöver göras för varje återkomsttid eftersom alla varaktigheter är inkluderade i ett regn. Ett exempel på ett CDS-regn visas i figur 2-1. Den totala varaktigheten för varje område har valts med utgångspunkt från den längsta rinntiden, och centralblockets varaktighet har satts till 1/6 av den totala varaktigheten. Varje CDS-regn har konstruerats med hjälp av ortens Z-värde enligt Dahlström (1979), se tabell 2-1.

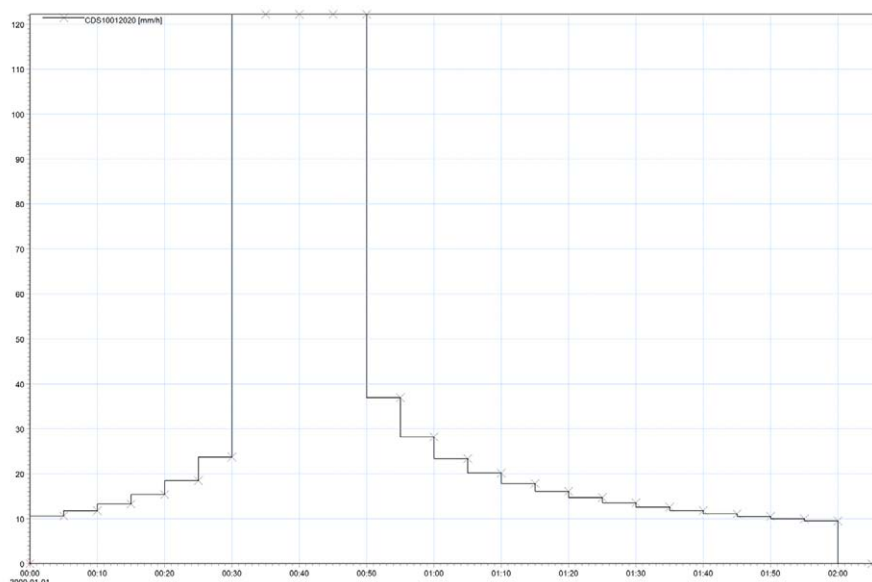
Modellens resultat blir i huvudsak översvämningskartor som beskriver vattnets utbredning och djup på ytan. Det är möjligt att titta på resultatet från simuleringen i animeringar som beskriver översvämningsförloppet dynamiskt. Det går också att ta fram horisontella profiler för ledningsnätet för att analysera hur fyllnadsgraden har varit under översvämningen.

Tabell 2-1

Z-värden som använts för konstruktion av CDS-regn.

Ort	Z-värde enligt Dahlström (1979)
Göteborg	25
Kalmar	11
Luleå	13
Stockholm	17

² Chicago Design Storm (CDS) – ett typregn som är utvecklat för dimensionering eller analys av en eller flera delar av ett avloppssystem, såsom ledningar och/eller utjämningsmagasin.



Figur 2-1 Exempel på ett CDS-regn med 100 års återkomsttid, 2 h. varaktighet och 20 min. centralblock.

2.3 Konsekvensbeskrivning för nuvarande situation

I detta steg görs en genomgång av avrinningsområdet med avseende på vattenvägar, lågpunkter och instängda områden. Konsekvenser och risk illustreras med hjälp av GIS-kartor och nyckeltal. Nyckeltalen används för att jämföra olika scenarier av extrem nederbörd (30-årsregn, 100-årsregn eller klimatpåverkan) och senare även effekter av eventuella åtgärder.

Valet av nyckeltal har gjorts utifrån spatiala³ och tidsmässiga aspekter. De spatiala nyckeltalen avser utbredning och är kopplade till antalet översvämmade fastigheter respektive översvämmad gatuyta. De tidsmässiga nyckeltalen avser varaktighet och är kopplade till hur länge som fastighetsmark respektive gatumark är översvämmad. Nyckeltalen för varaktighet anges som en ackumulerad tid för hela avrinningsområdet, det vill säga om en fastighet är översvämmad i 2 timmar och en annan i 3 timmar så är totala ackumulerade tiden 5 timmar.

2.4 Åtgärdslista

Konsekvensbeskrivningen i föregående steg leder fram till hur pass allvarlig situationen är för de extrema nederbördsscenarierna. Det har i projektet tagits fram en lista över exempel på *Plan B*-åtgärder som kan hjälpa till att minska eller i bästa fall eliminera konsekvenserna av översvämningen. Exempel på *Plan B*-åtgärder är:

- Avledning på ytan via gator och vägar.
- Sekundära ledningar/kanaler för att avlasta instängda områden.
- Styrning av flöden till "ofarliga" delar av avrinningsområdet.
- Fördröjning på ytan för att temporärt hålla nere trycklinjen.

³ Spatial – något som har med tillstånd i rummet att göra.

Det är inte alltid självklart vilka åtgärder som är lämpliga i ett visst område. Dels är det områdesspecifikt och dels beror det på ambitionsnivån, det vill säga hur mycket konsekvenserna av översvämningen kan minskas. I slutändan är det en ekonomisk fråga och samhällsviktiga funktioner som sjukhus, SOS-ledningscentraler och infrastruktur har alltid företräde i jämförelse med bostadsfastigheter.

2.5 Konsekvensbeskrivning för olika åtgärder

Samma datormodell som används i tidigare steg för att beskriva den nuvarande situationen kan nu användas för att beskriva effekterna av en eller flera åtgärder. Modellens resultat är därmed ett viktigt beslutsunderlag så att de åtgärder man väljer ger mest nytta för pengarna. Nyckeltalen för översvämningens varaktighet och utbredning ger en jämförelse mellan nuvarande situation och effekten av åtgärder.

3 Tillämpningsexempel

I projektet har fyra tillämpningsexempel valts ut, ett från vardera Göteborg, Kalmar, Luleå och Stockholm. Områdena har valts ut för att representera olika egenskaper som till exempel storlek, andel hårdgjord yta och klimat. Alla områden har gemensamt en historik med översvämningar i varierande grad. I detta kapitel görs en områdes- och modellbeskrivning för varje tillämpnings-exempel. Resultaten av analysen för varje område redovisas i kapitel 4.

3.1 Linnéstaden, Göteborg

Detta avrinningsområde ligger i centrala Göteborg och sträcker sig från Änggårdsbergen i söder ner till Göta älv i norr med ett huvudstråk kring Dag Hammarskjöldsleden och Linnégatan, se figur 3-1. Den totala ytan

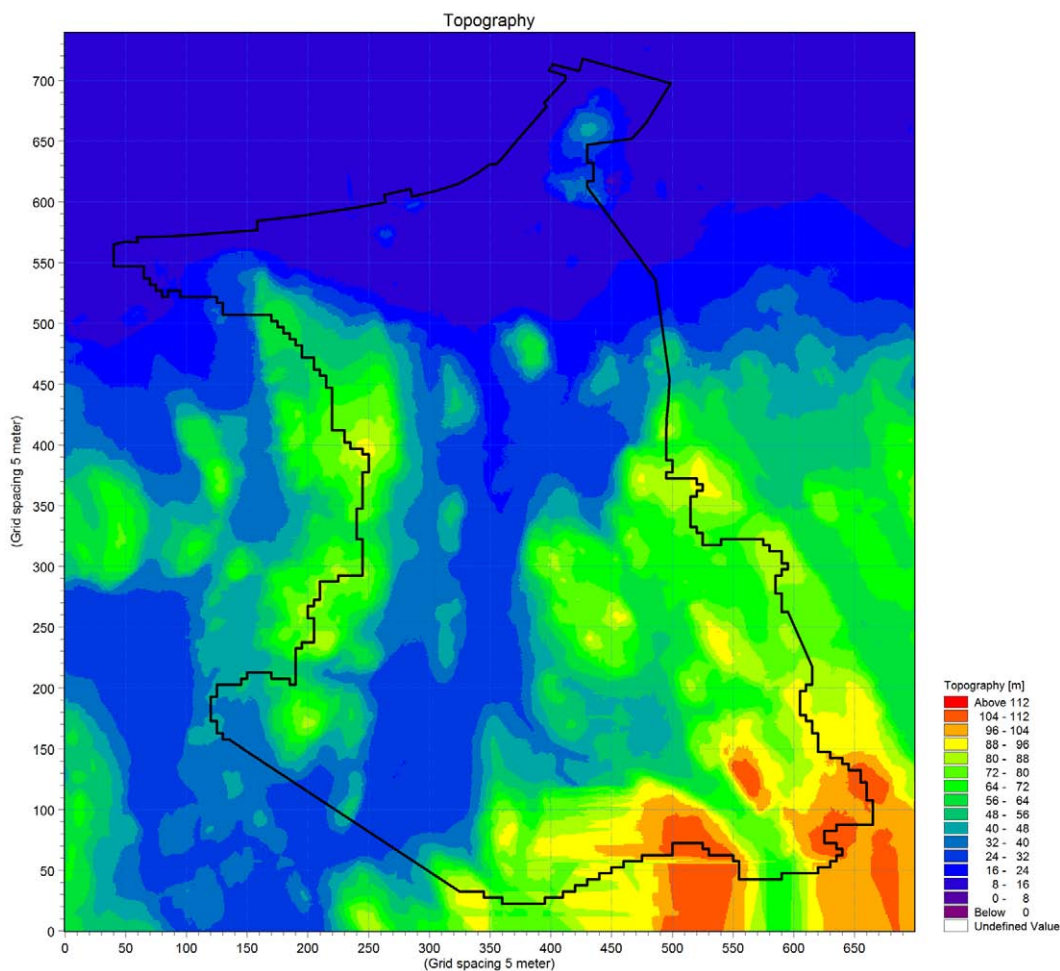


Figur 3-1 Tillämpningsområdet i Linnéstaden, Göteborg. Begränsning för avrinningsområde samt ledningsnätmodellens sträckning visas.

för avrinningsområdet är cirka 530 hektar. Avrinningsområdet är mycket kuperat med distinkta vattendelare vilket innebär att markavrinningen sker snabbt ner mot dalgången. Själva fokusområdet Linnéstaden karakteriseras som en stenstad med 5–6 våningshus byggda i början av 1900-talet och med en hög exploateringsgrad.

Ledningsnätsmodellen för Linnéstaden tillhandahålls av Göteborg Vatten. Modellen har ursprungligen använts för bräddberäkningar och har i detta projekt förtätats, bland annat har den kompletterats med duplikata dagvattenledningar i fokusområdet Linnéstaden. För att få en mer korrekt hydraulisk belastning till området så är även huvudledningsnäten i Vasastaden och Lorensberg inkluderade i modellen. Både kombinerade och duplikata dagvattenledningar är beskrivna i modellen. Det finns ett flertal stora dagvattenutlopp samt bräddavlopp vid Göta älv och Vallgraven. Det kombinerade avloppsvattnet leds till pumpstationen vid Barlastplatsen i områdets nordvästra del för vidare transport till avloppsreningsverket Ryaverket.

Terrängmodellen över området har interpolerats fram med hjälp av höjdkurvor med 0,5 meters ekvidians i kombination med inmätta punkter från kommunens höjddatabas. Upplösningen på terrängmodellen har valts till 5×5 meter vilket bedöms vara tillräckligt för en korrekt beskrivning av hur vattnet rör sig på ytan, se figur 3-2. Terrängmodellen har sedan använts som indata till översvämningsmodellen.



Figur 3-2 Terrängmodell över avrinningsområdet Linnéstaden, Göteborg.

3.2 Lindsdal, Kalmar

Detta avrinningsområde ligger cirka 9 kilometer nordväst om centrala Kalmar. Den totala ytan är cirka 220 hektar varav cirka 13 % är hårdgjord yta. Lindsdal karakteriseras som i huvudsak en villaförort med fastigheter byggda på 60- och 70-talet, se figur 3-3.

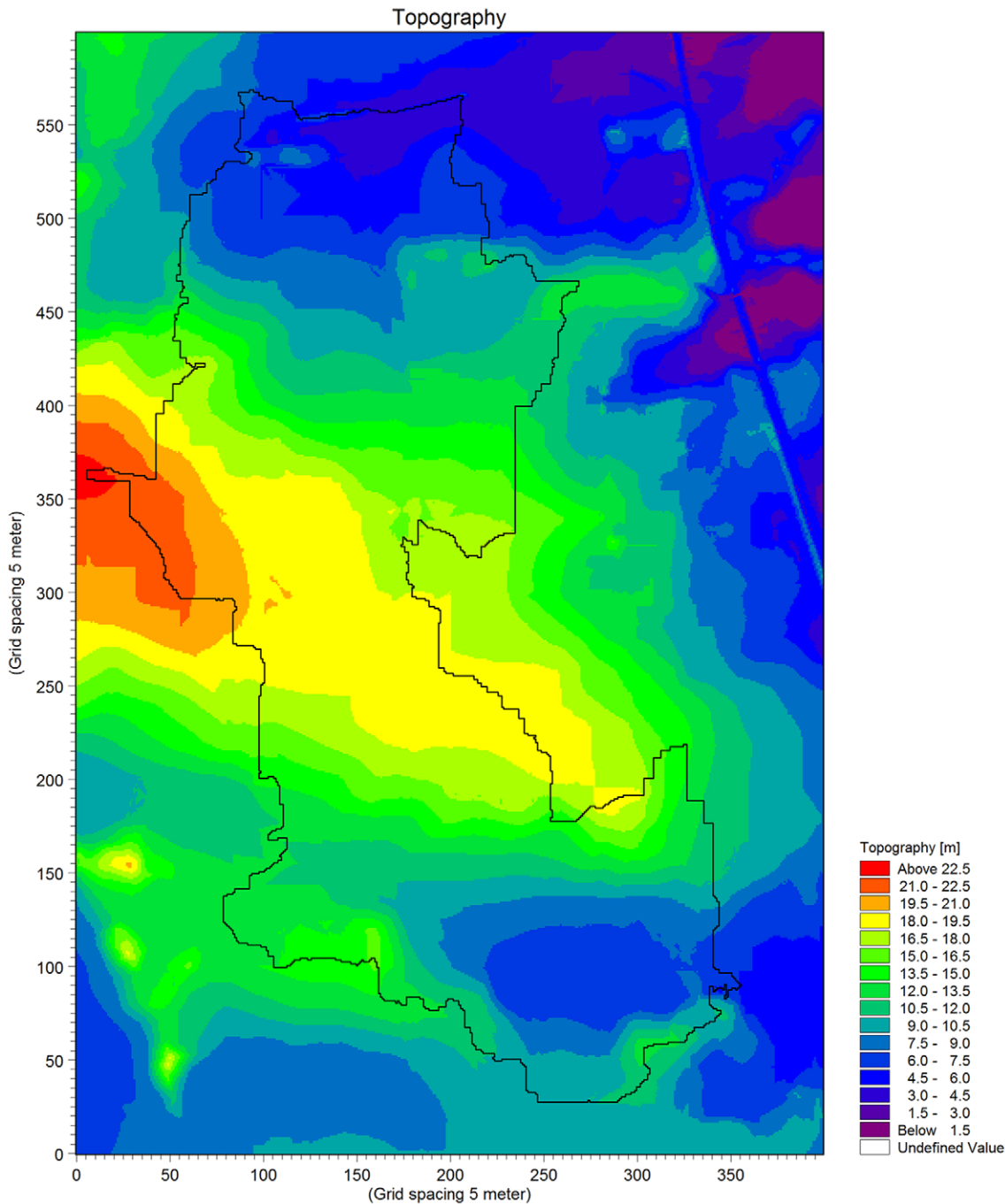
Modellen som beskriver ledningsnätet i Lindsdal har tidigare använts av DHI för funktionsanalys av dagvattenledningsnätet i samband med det kraftiga skyfall som drabbade Kalmar sommaren 2003. I samband med detta kalibrerades modellen mot flödesmätningar. Modellen har sedan kompletterats med de åtgärder som Kalmar Vatten gjort för att förbättra avledningen av dagvatten i området. Området är relativt flackt och dagvattnet avleds till utlopp i två mindre vattendrag, ett i norr och ett i söder.



Figur 3-3 Tillämpningsområdet i Lindsdal, Kalmar. Begränsning för avrinningsområde samt ledningsnätets sträckning visas.

En vattendelare sträcker sig i väst–östlig riktning ungefär mitt i området. Men det finns en överkoppling i dagvattenledningssystemet just där vilket gör att det tekniska avrinningsområdet inte är klart definierat.

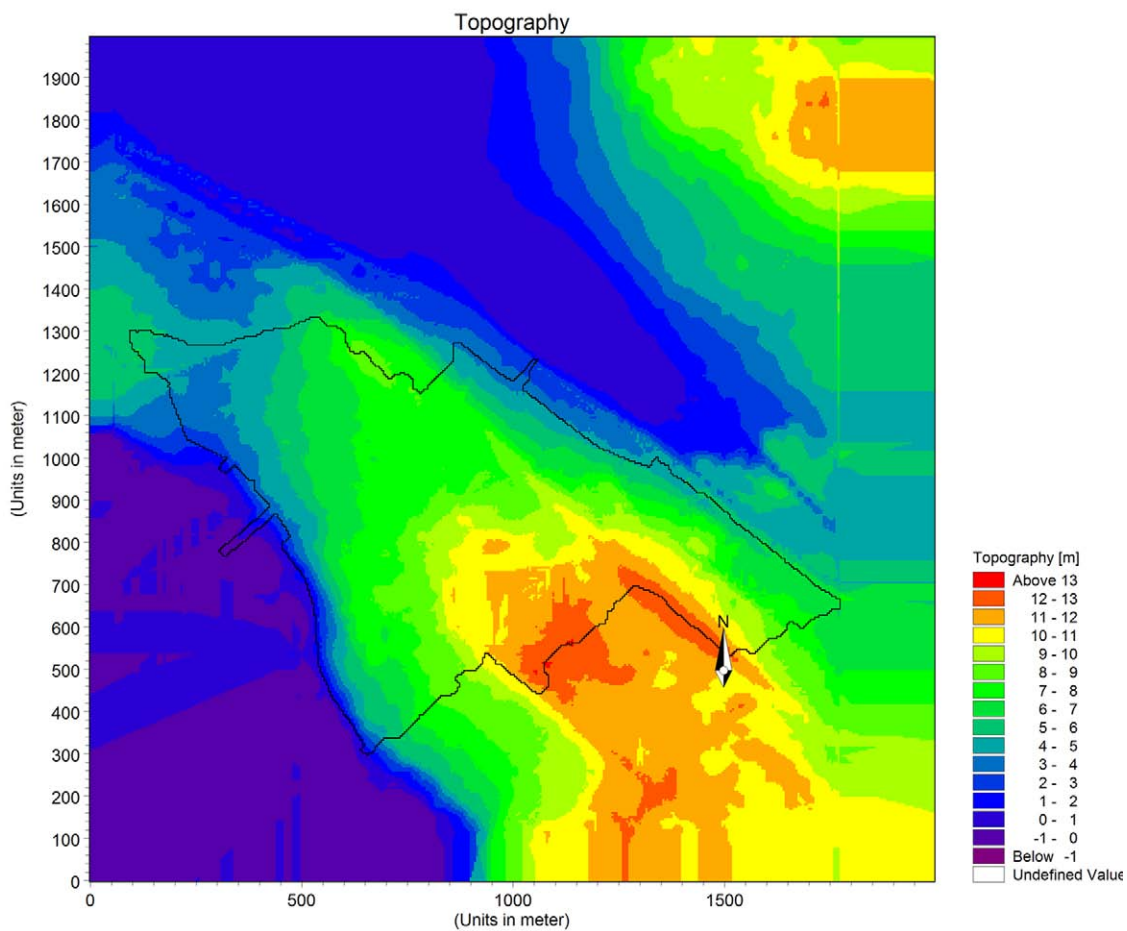
Terrängmodellen över området har interpolerats fram med hjälp av höjdkurvor med 1 meters ekvidistans i kombination med inmätta punkter från kommunens höjddatabas, se figur 3-4. Upplösningen på terrängmodellen har även här valts till 5×5 meter. Terrängmodellen har sedan använts som indata till översvämningsmodellen.



Figur 3-4 Terrängmodell över avrinningsområdet i Lindsdal, Kalmar.



Figur 3-5 Tillämpningsområdet i Notviken, Luleå. Begränsning för delavrinningsområden samt ledningsnätmodellens sträckning visas.



Figur 3-6 Terrängmodell över avrinningsområdet i Notviken, Luleå.

3.3 Notviken, Luleå

Tillämpningsområdet i Notviken ligger cirka 4 kilometer nordväst om centrala Luleå. Den totala ytan för området är cirka 78 hektar varav cirka 25 % är hårdgjord yta. Området är uppdelat på ett antal delavrinningsområden, se figur 3-5. Notviken karakteriseras som ett område med blandad bebyggelse bestående av villabebyggelse, flerfamiljshus samt verksamhetsområden.

Ledningsnätsmodellen har byggts upp från grunden med hjälp av ledningsdata för dagvattennätet. Belastande hårdgjorda ytor har beräknats med hjälp av GIS-lager med byggnader, vägar och parkeringsytor samt avrinningskoefficienter enligt tabell 3-1. Området är relativt flackt och dagvattennet avleds till fyra utlopp, tre till Notviken i söder (en del av Luleälven) och ett till Gammelstadsviken i norr.

Terrängmodellen över området har interpolerats fram med hjälp av punkter från kommunens höjddatabas, se figur 3-6. Upplösningen på terrängmodellen har valts till 5×5 meter. Terrängmodellen har sedan använts som indata till översvämningsmodellen.

Tabell 3-1.

Avrinningskoefficienter för hårdgjorda ytor.

Yta	Avrinningskoefficient
Byggnad	0,90
Väg/gata	0,70
Parkering	0,70

3.4 Bromsten, Stockholm

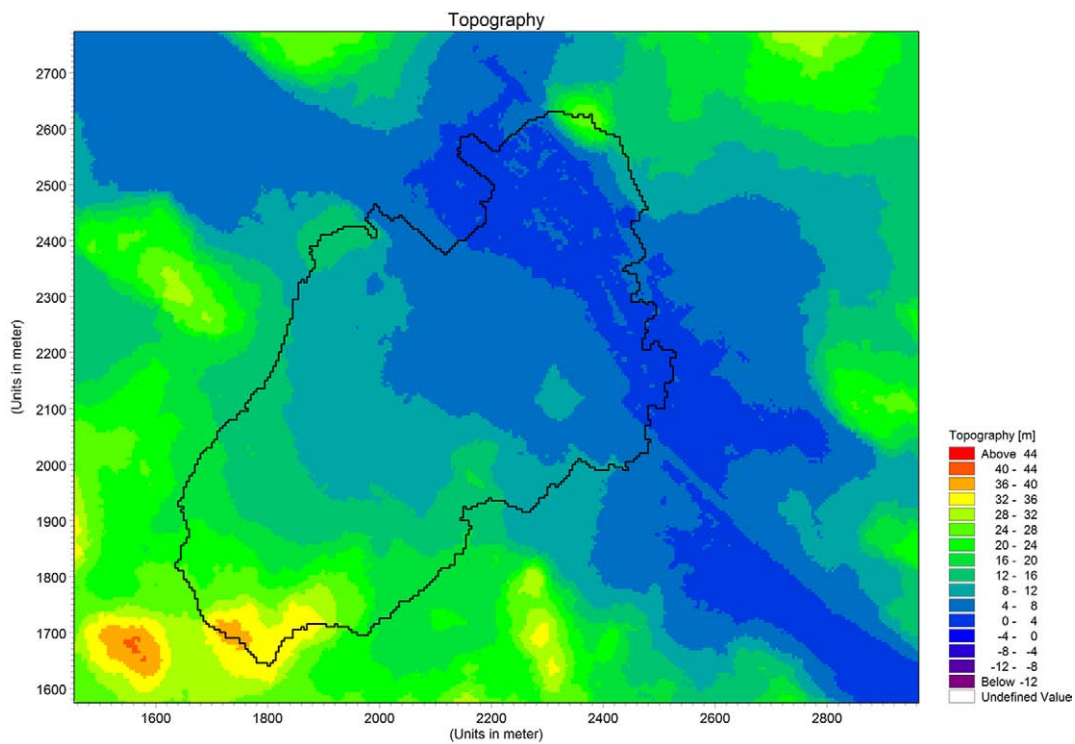
Tillämpningsområdet i Bromsten ligger cirka 10 kilometer nordväst om centrala Stockholm. Den totala ytan för området är cirka 48 hektar varav cirka 40 % är hårdgjord yta, se figur 3-7. Bromsten är en del av Bällstaåns avrinningsområde. Bromsten karakteriseras som ett område med blandad markanvändning bestående av villabebyggelse och verksamhetsområden. Genom området går Mälarbanan, en viktig järnvägslink med både fjärrtåg och pendeltåg. Uppströmsdelen av Bromstens avrinningsområde är relativt kuperat och har en klar definierad avrinning ner mot dagvattenutloppet i Bällstaån.

Sedan tidigare fanns en hydrologisk/hydraulisk modell över hela Bällstaåns avrinningsområde som DHI byggt upp i ett projekt åt Stockholm Vatten inom ramen för Miljömiljarden. För området Bromsten har en ny ledningsnätsmodell byggts upp från grunden med hjälp av ledningsdata för dagvattennätet. Belastande hårdgjorda ytor har beräknats med hjälp av GIS-lager med byggnader, vägar och parkeringsytor samt avrinningskoefficienter enligt tabell 3-1. Ledningsnätsmodellen över Bromsten matas sedan med randvillkor från den större modellen över hela Bällstaåns avrinningsområde vad gäller uppströms flöde och nedströms vattennivå.

Terrängmodellen över området har interpolerats fram med hjälp av laserskannad höjddata, se figur 3-8. Upplösningen på terrängmodellen har valts till 5×5 meter. Terrängmodellen har sedan använts som indata till översvämningsmodellen.



Figur 3-7 Tillämpningsområdet i Bromsten, Stockholm. Begränsning för avrinningsområde, Bällstaåns sträckning samt ledningsnätmodellens sträckning visas.



Figur 3-8 Terrängmodell över avrinningsområdet i Bromsten, Stockholm.

4 Resultat

De respektive avrinningsområdena har analyserats med avseende på inträffade problem i samband med extrema regn och därefter har olika åtgärder enligt *Plan B*-metodiken prövats.

4.1 Linnéstaden, Göteborg

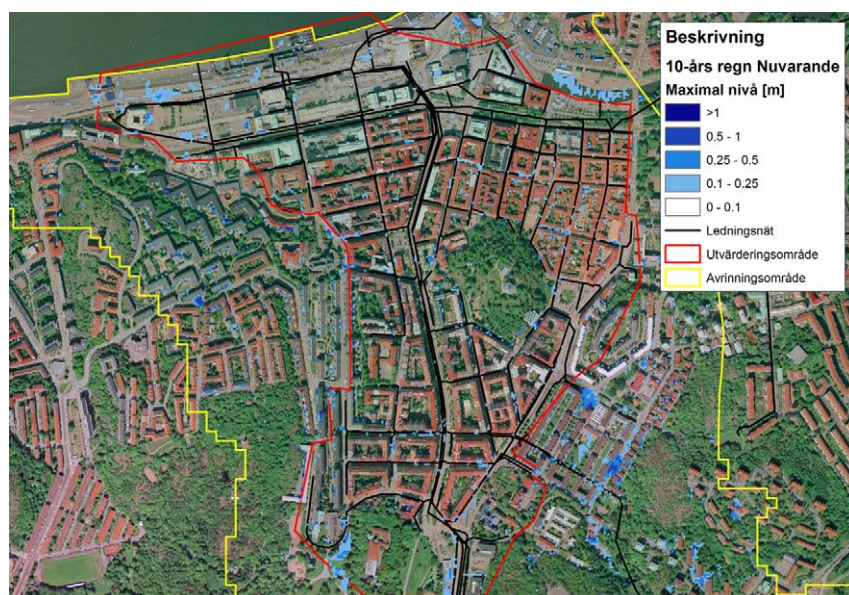
Översvämningsmodellen för Linnéstaden har körts med 10-års-, respektive 100-årsregn med en varaktighet av 2 timmar och centralblock 20 minuter. Den totala simuleringstiden har varit 6 timmar för att kunna studera hur länge området är översvämmat.

4.1.1 Nuvarande situation

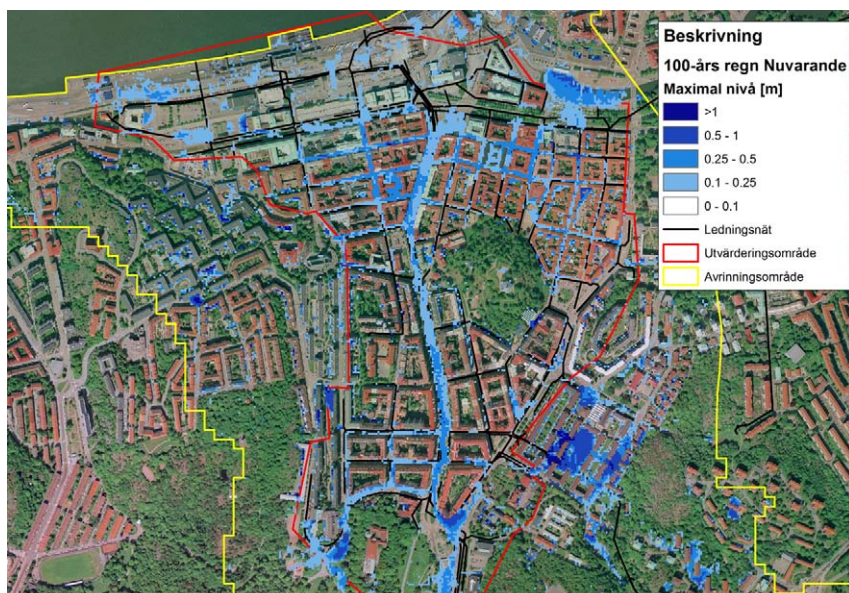
För att underlätta analysen av simuleringarna har ett område som täcker in själva Linnéstaden valts ut för utvärdering.

Simuleringen med 10-årsregn för ledningsnätet i Linnéstaden visar att marköversvämning sker på ett fåtal platser men generellt sett är kapaciteten i ledningsnätet tillräcklig, se figur 4-1.

För simuleringen med 100-årsregn blir det betydande översvämningsar i området, se figur 4-2. På Linnégatan sker en effektiv transport av vatten som rinner med hög hastighet från Linnéplatsen ner till Järntorget. Nere vid Haga och Långgatorna står det i princip vatten på alla gator, några med flera decimeters vattendjup. En betydande andel naturmarksavrinning tillförs också området från Slottsskogen och leds till Linnégatan via Vegagatan.



Figur 4-1 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 10-årsregn i Linnéstaden (nuvarande situation).



Figur 4-2 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Linnéstad (nuvarande situation).

En vidare analys visar att när vattnet som rinner på Linnégatan träffar fastigheterna vid Första Långgatan och nedströms så "trycks" det in där och kvarteret blir ordentligt översvämmat.

4.1.2 Plan B-åtgärder

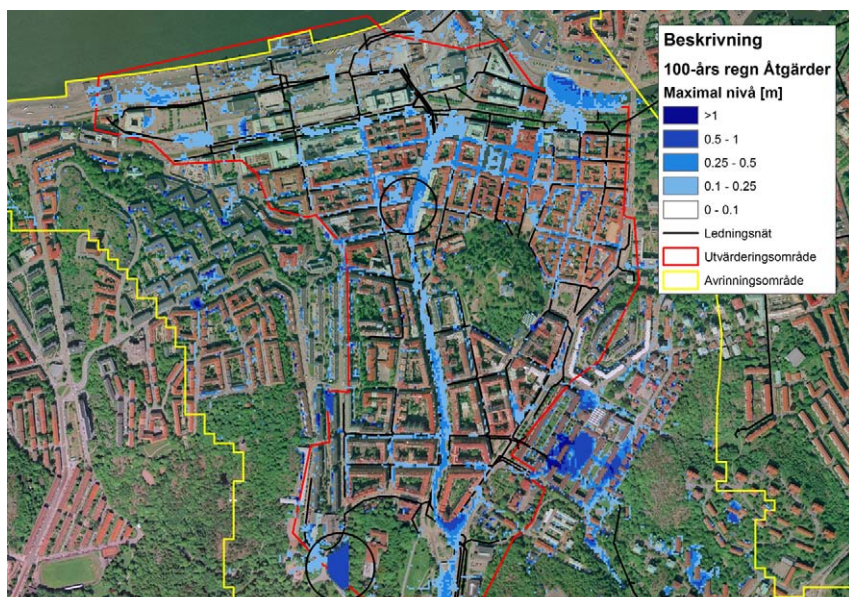
För att minska konsekvenserna av översvämningarna som sker vid 100-årsregnet har två *Plan B*-åtgärder lagts in i modellen och simulerats. Den första åtgärden innebär att en översvämningsyta⁴ anläggs mellan Vegagatan och Naturhistoriska museet. Översvämningsytan är cirka 5 000 m² stor och 0,5 meter djup och syftar till att ta hand om naturmarksavrinningen från Slottsskogen och dagvatten som inte får plats i ledningsnätet. Den andra åtgärden innebär att en barriär läggs in där Fjärde Långgatan ansluter till Linnégatan. Barriären utförs som ett fartgupp cirka 15 centimeter högt och syftar till att förhindra forsande vatten på Linnégatan att tryckas in på Fjärde Långgatan.

Resultatet av simuleringen visas i figur 4-3 med *Plan B*-åtgärderna inringade. Översvämningsytan ger en tydlig effekt på vattennivåerna i närområdet där Vegagatan och Rosengatan nu inte har någon marköversvämning alls. Barriären på Fjärde Långgatan gör också att de maximala vattennivåerna minskar i närliggande kvarter eftersom vattnet nu möter ett större motstånd och istället rinner ner mot Järntorget.

4.1.3 Konsekvensbeskrivning

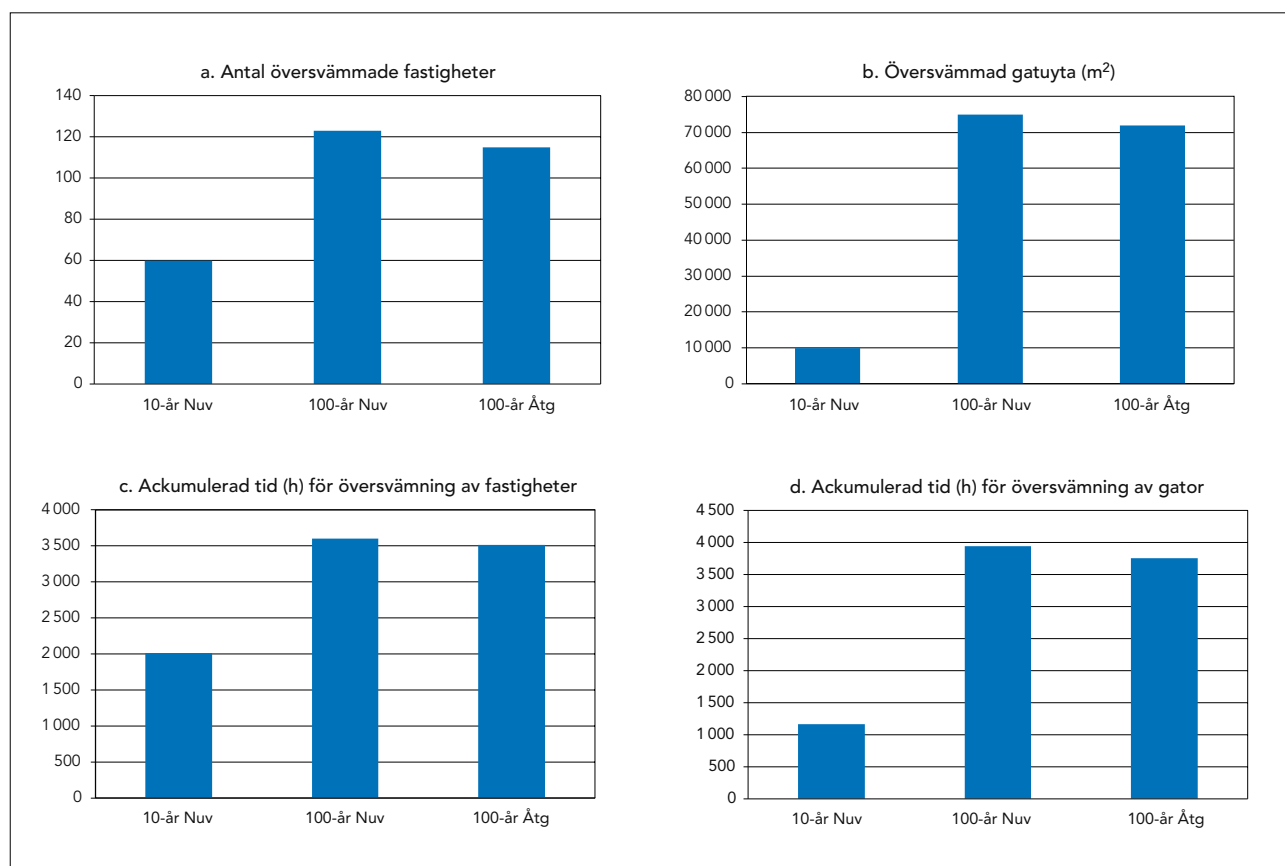
För att ytterligare utvärdera effekterna av *Plan B*-åtgärderna för simuleringen med 100-årsregn har nyckeltal beräknats för översvämningens utbredning och varaktighet i utvärderingsområdet.

⁴ En svacka i terrängen (naturlig eller skapad) som i vanliga fall är torrlagd men som vid behov används som ett kontrollerat ytmagasin.



Figur 4-3 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Linnéstaden (med Plan B-åtgärder inringade).

Resultaten visas i figur 4-4 där en jämförelse också görs med 10-års-, respektive 100-årssimuleringen för nuvarande situation. Nyckeltalen visar att Plan B-åtgärderna just i detta fall ger en ringa effekt sett över hela området. Däremot har de som tidigare visats en gynnsam effekt lokalt.



Figur 4-4 Nyckeltal för översvämmning i Linnéstaden. Jämförelse mellan 10-årsregn, 100-årsregn (nuvarande situation) och 100-årsregn (efter åtgärder). Totala antalet fastigheter med hus är 379 st. och total gatuyta är 215000 m².

4.2 Lindsdal, Kalmar

Översvämningsmodellen för Lindsdal har körts med 10-års-, respektive 100-årsregn med en varaktighet av 2 timmar och centralblock 20 minuter. Den totala simuleringstiden har varit 6 timmar för att kunna studera hur länge området är översvämmat.

4.2.1 Nuvarande situation

Simuleringen med 10-årsregn för ledningsnätet i Lindsdal visar att i princip sker ingen marköversvämning och därmed är kapaciteten i ledningsnätet tillräcklig, se figur 4-5. Det visar också att de åtgärder som Kalmar Vatten gjort i området sedan skyfallet 2003 ger önskad effekt.

För simuleringen med 100-årsregn blir det översvämningsfrämst i det norra området, se figur 4-6. Dels kring en GC-tunnel strax norr om vattendelaren, dels i området söder om skogspartiet. Här bildas också en



Figur 4-5 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 10-årsregn i Lindsdal (nuvarande situation).

tydlig ström av vatten som rinner igenom skogspartiet och senare på ett antal fastigheter på väg mot vattendraget i norr.

4.2.2 Plan B-åtgärder

För att minska konsekvenserna av översvämningarna som sker vid 100-årsregnet har två typer av *Plan B*-åtgärder lagts in i modellen och simulerats. Dels översvämningssytor på fem strategiska platser för att fördröja vattnet, dels en sekundär kanal för att styra vattnet, i det här fallet mot en av översvämningssytorna. För en av översvämningssytorna utnyttjas en befintlig fotbollsplan medan för de övriga används lämpliga platser i terrängen. I tabell 4-1 görs en sammanställning av översvämningssytornas storlek.

Resultatet av simuleringen visas i figur 4-7 med *Plan B*-åtgärderna inringade. Åtgärderna ger en tydlig effekt på vattennivåerna och speciellt så påverkas de tydliga vattenvägar som kan ses i figur 4-6 och som nu i princip har försvunnit.

Tabell 4-1.

Sammanställning av översvämningssytornas ungefärliga volymer i Lindsdal, jämför numrering i figur 4-7.

Nr	Plats	Volym (m ³)
1	Fotbollsplanen	2500
2	Skolan	600
3	Dansbanevägen 1	2300
4	Dansbanevägen 2	900
5	Skogen	2200
	Summa	8500



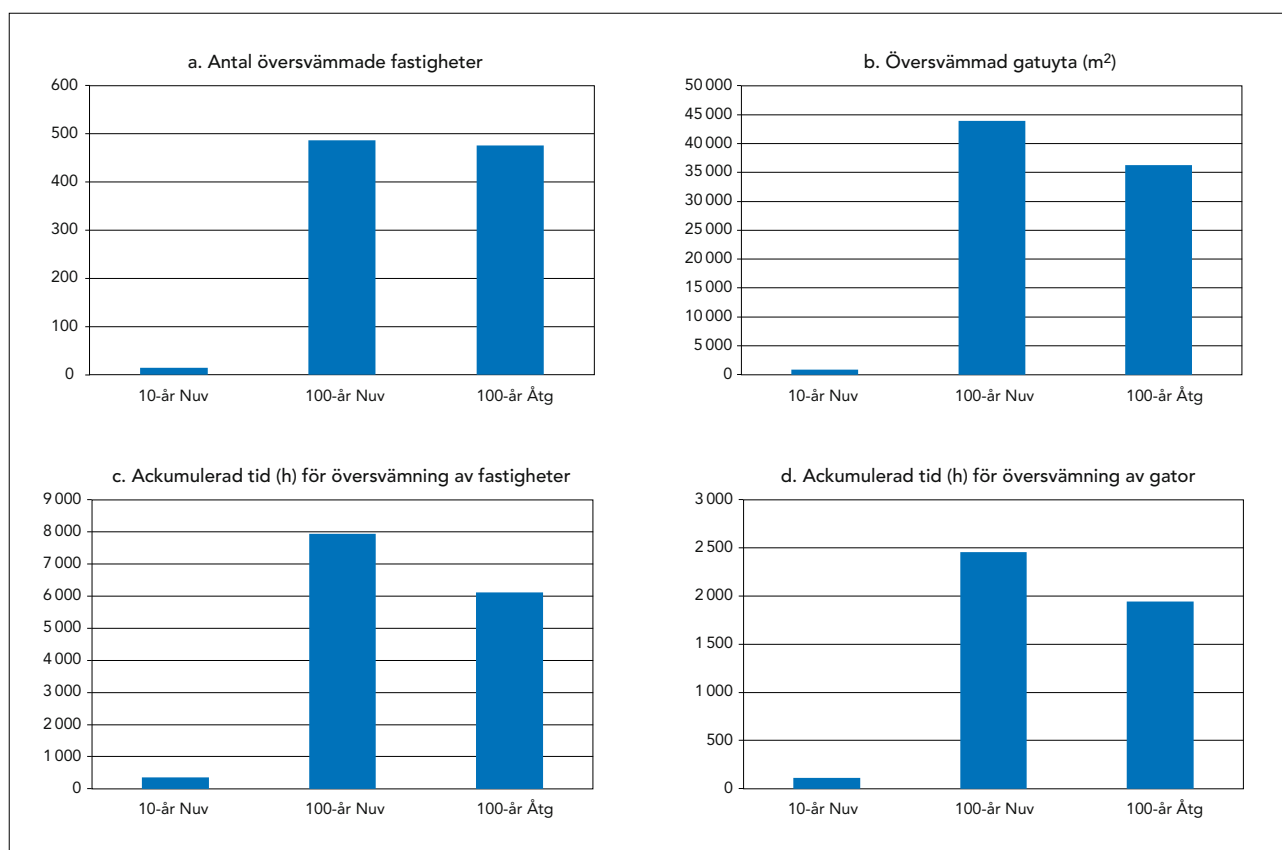
Figur 4-6 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Lindsdal (nuvarande situation).



Figur 4-7 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Lindsdal (med Plan B-åtgärder inringade och översvämningsytor numrerade).

4.2.3 Konsekvensbeskrivning

För att ytterligare utvärdera effekterna av *Plan B*-åtgärderna i Lindsdal har nyckeltal beräknats för översvämningsens utbredning och varaktighet. Resultaten visas i figur 4-8 där en jämförelse också görs med 10-års-, respektive 100-årssimuleringen för nuvarande situation. Nyckeltalen visar att *Plan B*-åtgärderna i detta fall ger en gynnsam effekt över hela området. Även om antalet översvämmade fastigheter med hus endast minskar med någon procent efter åtgärderna så kommer tiden som fastigheterna är översvämmade att minska med cirka 20 %. För gatumarken blir det också en positiv effekt av åtgärderna. Både när det gäller översvämmad gatuyta och tidsaspekten så sker cirka 20 % reduktion.



Figur 4-8 Nyckeltal för översvämning i Lindsdal. Jämförelse mellan 10-årsregn, 100-årsregn (nuvarande situation) och 100-årsregn (efter åtgärder). Totala antalet fastigheter med hus är 945 st. och total gatuyta är 272 000 m².

4.3 Notviken, Luleå

Översvämningsmodellen för Luleå har körts med 10-års-, respektive 100-årsregn med en varaktighet av 1 timme och centralblock 10 minuter. Den totala simuleringstiden har varit 4 timmar för att kunna studera hur länge området är översvämmat.

4.3.1 Nuvarande situation

Simuleringen med 10-årsregn för ledningsnätet i Luleå visar att det på några platser sker marköversvämning och dessa sammanfaller väl med de fastigheter som tidigare har drabbats av källaröversvämningar, se figur 4-9.

Resultatet för simuleringen med 100-årsregn visas i figur 4-10. Det blir betydande översvämningar främst i området kring Kontorsgatan i nordväst samt kring Notviksvägen i mitten av området. I det senare området sker en ansamling av vatten på grönytor dels mellan Notviksvägen och Bodenvägen och dels mellan Notviksvägen och Mjölkuddsvägen.

4.3.2 Plan B-åtgärder

För att minska konsekvenserna av översvämningarna som sker vid 100-årsregnet har två typer av Plan B-åtgärder lagts in i modellen och simulerats.



Figur 4-9

Maximala vattennivåer på markytan vid ett 10-årsregn i Notviken (nuvarande situation).



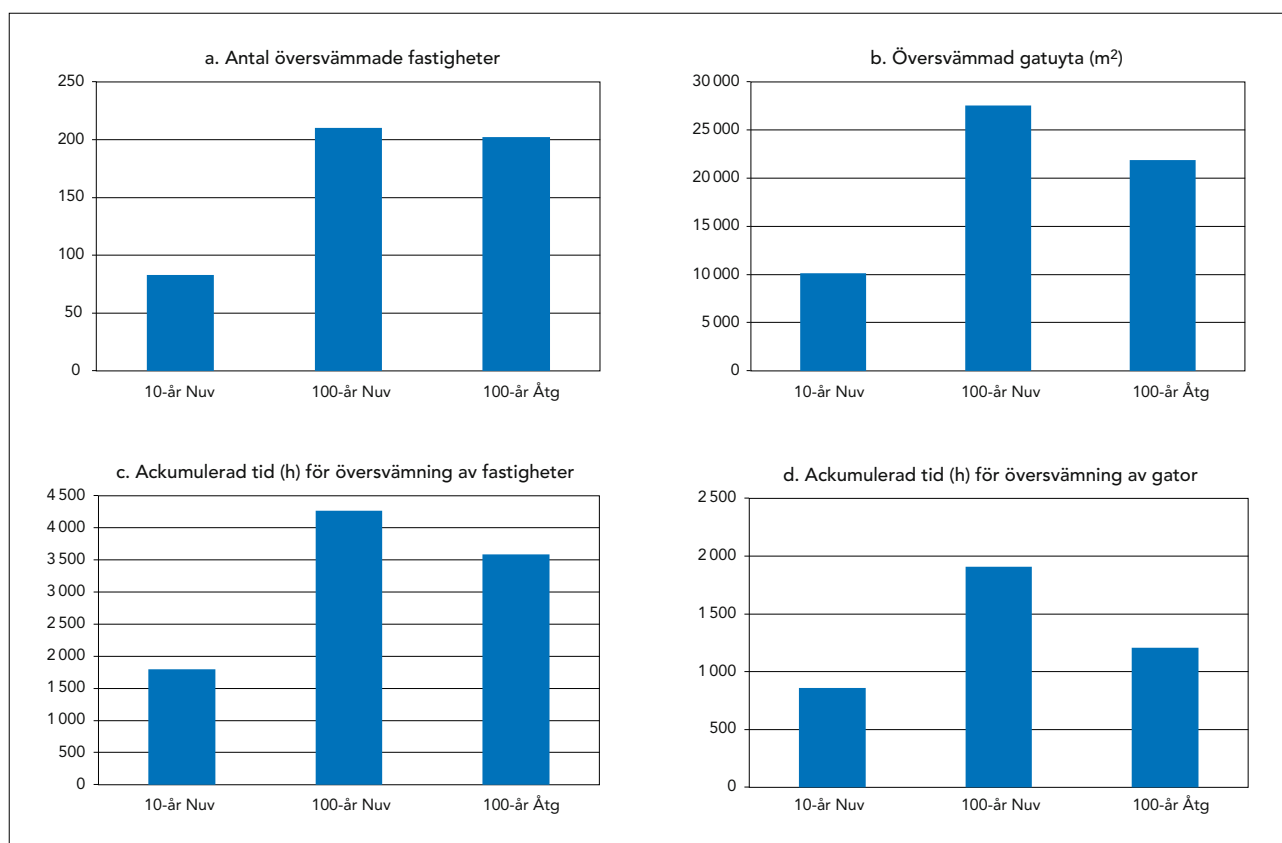
Figur 4-10

Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Notviken (nuvarande situation).



Figur 4-11

Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Notviken (med Plan B-åtgärder inringade och översvämningsytor numrerade).



Figur 4-12 Nyckeltal för översvämning i Notviken. Jämförelse mellan 10-årsregn, 100-årsregn (nuvarande situation) och 100-årsregn (efter åtgärder). Totala antalet fastigheter med hus är 299 st. och total gatuyta är cirka 88 000 m².

Dels översvämningsytor på två strategiska platser kring Notviksvägen för att fördröja vattnet, dels en sekundär kanal för att styra och fördröja vattnet i det nordvästra området. För översvämningsytorna utnyttjas och förstärks de lågpunkter där vattenansamling sker i nuläget för 100-årssimuleringen. En omläggning är planerad av Mjölkuddsvägen vilket gör att den ena översvämningsytan kan placeras söder om vägens nya sträckning. I tabell 4-2 görs en sammanställning av översvämningsytornas storlek.

Resultatet av simuleringen visas i figur 4-11 med *Plan B*-åtgärderna inringade. *Plan B*-åtgärderna ger en tydlig effekt på vattennivåerna och lokalt så förbättras situationen i området.

4.3.3 Konsekvensbeskrivning

En utvärdering av effekterna för *Plan B*-åtgärderna har gjorts med nyckeltal för översvämnings utbredning och varaktighet. Resultaten visas i figur 4-12 där en jämförelse också görs med 10-års-, respektive 100-årssimuleringen för nuvarande situation. Nyckeltalen visar att *Plan B*-åtgärderna i detta fall ger en gynnsam effekt. Även om antalet översvämmade fastigheter med hus bara minskar med cirka 4 % efter åtgärderna så kommer tiden som fastigheterna är översvämmade att minska med omkring 15 %. För gatumarken blir det också en positiv effekt av åtgärderna. När det gäller översvämmad gatuyta är reduktionen cirka 20 % och för tidsaspekten sker cirka 40 % reduktion jämfört med nuläget.

Tabell 4-2.

Sammanställning av översvämningsytornas ungefärliga volymer i Notviken, jämför numrering i figur 4-11.

Nr	Plats	Volym (m³)
1	Notviksvägen väst	2 000
2	Notviksvägen öst	2 400
	Summa	4 400

4.4 Bromsten, Stockholm

I Bromsten har översvämningsmodellen körts med 10-års-, respektive 100-årsregn med en varaktighet av 1 timme och centralblock 10 minuter. Den totala simuleringstiden har varit 4 timmar.

4.4.1 Nuvarande situation

Simuleringen med 10-årsregn för ledningsnätet i Bromsten visar att det finns kapacitetsproblem och på några platser sker marköversvämning, se figur 4-13. Resultatet för simuleringen med 100-årsregn visas i figur 4-14. Det blir betydande översvämningar i området uppströms kulverten under järnvägen. Hela detta område fungerar i princip som ett instängt område med banvallen som barriär. På ett ställe kommer nivån till och med att överstiga banvallens kant. Även i området ner mot Bällstaån nedströms kulverten under järnvägen sker betydande översvämningar.

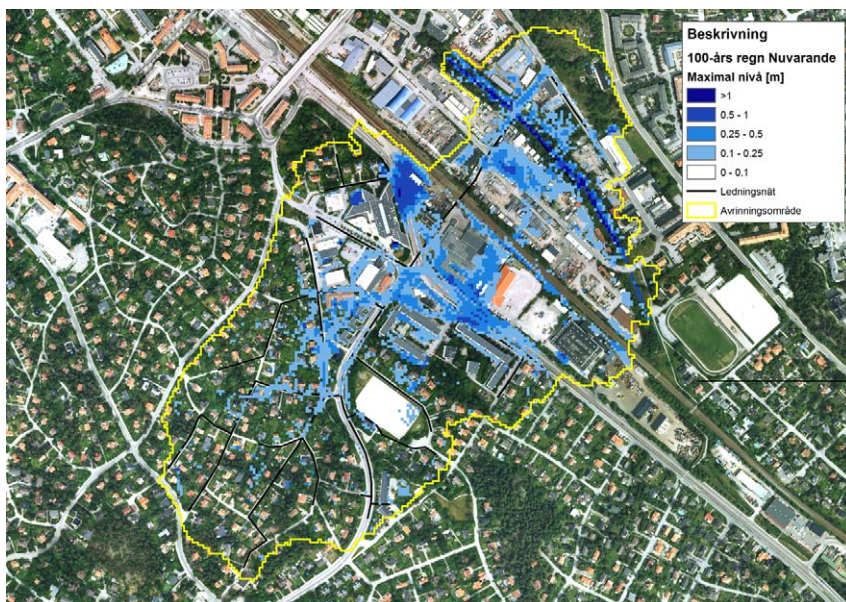
4.4.2 Plan B-åtgärder

För att minska konsekvenserna av översvämningarna som sker vid 100-årsregnet har en *Plan B*-åtgärd i form av en översvämningsyta lagts in i modellen och simulerats. Översvämnings-ytan utnyttjar den befintliga fotbollsplanen vid Spångavägen och har en volym på cirka 1 500 m³.

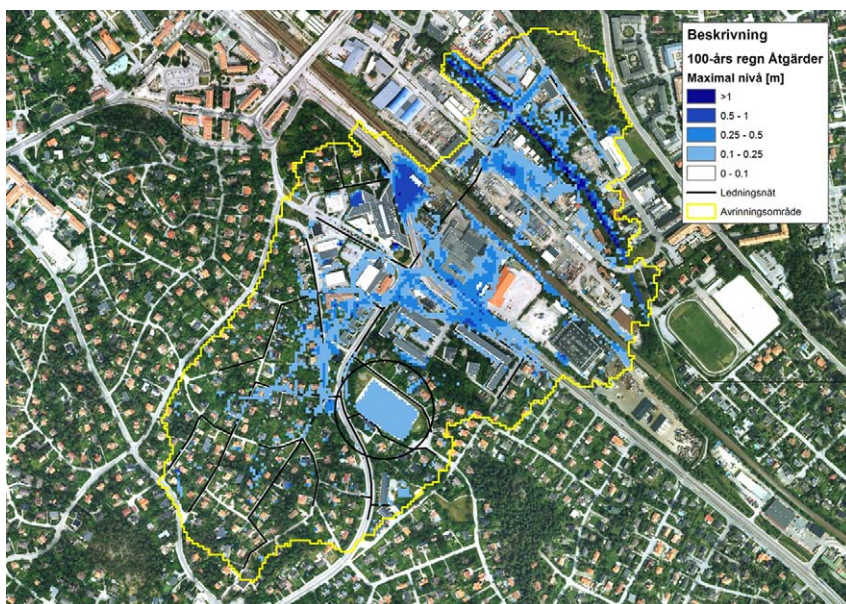
Resultatet av simuleringen visas i figur 4-15 med *Plan B*-åtgärden inringad. Översvämningsytan ger endast en marginell effekt på vattennivåerna i de översvämmade områdena.



Figur 4-13 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 10-årsregn i Bromsten (nuvarande situation).



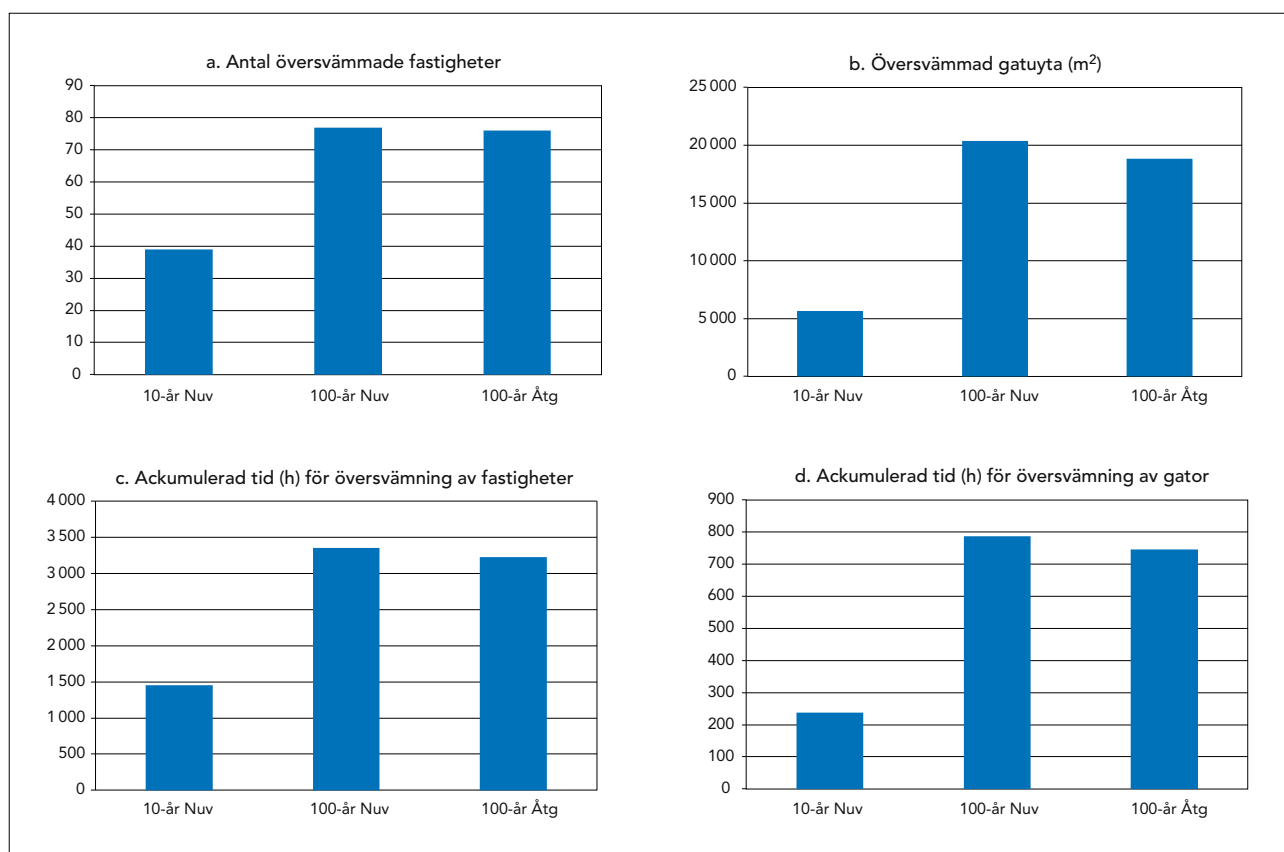
Figur 4-14 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Bromsten (nuvarande situation).



Figur 4-15 Maximala vattennivåer på markytan vid ett 100-årsregn i Bromsten (med Plan B-åtgärden inringad).

4.4.3 Konsekvensbeskrivning

En utvärdering av effekterna för *Plan B*-åtgärden i Bromsten har gjorts med nyckeltal för översvämningens utbredning och varaktighet. Resultaten visas i figur 4-16 där en jämförelse också görs med 10-års-, respektive 100-års-simuleringen för nuvarande situation. Nyckeltalen visar liksom översvämningsskarta att *Plan B*-åtgärden endast ger en marginell effekt. För alla nyckeltal fås en reduktion i intervallet 1–7 % jämfört med nuläget.



Figur 4-16 Nyckeltal för översvämning i Bromsten. Jämförelse mellan 10-årsregn, 100-årsregn (nuvarande situation) och 100-årsregn (efter åtgärder). Totala antalet fastigheter med hus är 211 st. och total gatuyta är cirka 88 000 m².

5 Slutsatser och rekommendationer

När ledningarna inte räcker till under extrema nederbördssituationer, vare sig det gäller med dagens eller med framtidens klimat, behövs en genomtänkt strategi som i denna rapport benämns *Plan B*. Med hjälp av den senaste tekniken kan vattnets utbredning beskrivas och genom simuleringar kan effekten av förändringar i området utvärderas samt lösningar hittas för att minska konsekvenserna vid översvämningar.

En central del i projektet har handlat om att simulera hur vattnet rör sig på markytan och i ledningsnätet vid extrem nederbörd. När det gäller uppbyggnad av terrängmodell för indata till beräkningsmodellen är rekommendationen att i första hand använda laserskannad höjddata. Detta ger en mer detaljerad beskrivning av höjdförhållandena jämfört med att använda höjdkurvor. Något som är viktigt då en *Plan B*-analys kan bli väldigt småskalig. Bättre upplösning på höjddata i både plan och i höjddled, samt kraftfullare datorer möjliggör och motiverar en finare upplösning i modellens beräkningsnät än de 5×5 meter som använts för tillämpningsområdena i projektet. Med den nya nationella höjdmodellen som bygger på flygburen laserskanning öppnas också möjligheter att utföra *Plan B*-analyser på ännu fler platser.

I detta projekt har simuleringar gjorts för extrem nederbörd med 100 års återkomsttid som antas falla som konvektiv nederbörd. Detta fall motsvarar en situation med ett typiskt åskregn som vanligtvis sker under sommaren. Det kan också finnas andra förhållanden som kan leda till översvämningar när själva nederbördstillfället är mindre intensivt och detta kombineras med en blöt hydrologisk situation. Vissa avrinningsområden tillförs betydande andel naturmarksavrinning som då också belastar vattendrag och eventuellt ledningsnät. För dessa situationer behövs det en mer noggrann beskrivning av hydrologin än den som gjorts för tillämpningsområdena i detta projekt. Det finns geohydrologiska datormodeller som kan hantera detta och som då kan användas i *Plan B*-analysen.

Tillämpningsexemplen i denna rapport har använts för att utveckla *Plan B*-metodiken. De åtgärder som prövats ska mer ses om exempel på hur metodiken kan användas och inte som färdiga lösningar för respektive områden. Här följer några slutsatser och rekommendationer från tillämpningsexemplen.

Området Linnéstaden i Göteborg visar på svårigheterna att med åtgärder minska konsekvenserna av översvämningar vid extrema regn. När det är tätt exploaterat och antalet platser för fördröjning är begränsat gäller det att få bort vattnet från området så snabbt som möjligt.

Tillämpningsexemplen i Lindsdal (Kalmar) och Notviken (Luleå) visar hur strategiskt valda *Plan B*-åtgärder kan minska konsekvenserna av översvämningen. En gemensam förutsättning för dessa områden har varit att det finns tillgänglig markyta att tillgå för åtgärderna.

Området Bromsten i Stockholm åskådliggör svårigheterna med ett instängt område som i detta fall begränsas av en kulvert under järnvägen

och på markytan av själva banvallen. Vattennivån i recipienten Bällstaån påverkar också möjliga åtgärder. I detta fall kan man inte heller bara leda vattnet till närliggande områden för då finns risk att problematiken förflyttas. Simuleringarna för 100-årsregnet visar på höga vattennivåer mot Mälarbanans banvall vilket gör att hela konstruktionen kan skadas. Detta kan leda till ett långvarigt stopp för trafiken på en viktig järnvägslink vilket får allvarliga konsekvenser för samhället.

Effekterna av åtgärderna i de olika områdena har simulerats för 100-årsregn, men naturligtvis kommer också konsekvenserna minska för de eventuella översvämningar som inträffar vid kortare återkomsttider.

I exploateringsområden ökar givetvis frihetsgraderna när det gäller *Plan B*-åtgärder och det är viktigt att en sådan analys inkluderas som en naturlig del i planeringsarbetet.

En genomgång av avrinningsområden med avseende på vattenvägar, lågpunkter, instängda områden samt utbredning av översvämningar vid extrema regn som föreslås i denna rapport är ett viktigt beslutsunderlag för vattenplaneringen i kommunen. Beslutsunderlaget som tas fram i en *Plan B*-analys måste kommuniceras med kommunens planerare så att de blir uppmärksamma på riskerna med att placera ny bebyggelse i potentiella översvämningssområden.

Referenser

- Bengtsson, L. (2008): *Extrema dygnsregn och trender i Skåne och på västkusten*. VATTEN Vol. 64, 1 (2008), 31–39.
- Dahlström, B. (1979): *Regional fördelning av nederbördsintensitet – en klimatologisk analys*. BFR. Rapport R18:1979.
- Domingo, N. D. Sto., Refsgaard A., Mark O. & B. Paludan (2010): *Flood analysis in mixed-urban areas reflecting interactions with the complete water cycle through coupled hydrologic-hydraulic modeling*. Water Science & Technology 62(6), 1386–1392.
- Gordon, Ross, M. (2007): *Next Generation Hydraulic Modeling for Inundation Mapping and Flood Warning in Complex Urban Systems*. Master of Science Thesis. Rice University. Texas. USA.
- Hernebring, C. (2008): *När regnet kommer. Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation*. SVU Rapport 2008-17.
- Mignot, E., Paquier A. & Haider, S. (2006): *Modeling floods in a dense urban area using 2D shallow water equations*. Journal of Hydrology 327 (1–2), 186–199.
- Svenskt Vatten, Publikation P90 (2004): *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*.
- Zerger, A. (2002): *Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling*. Environmental Modelling & Software 17, 287–294.



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se