

PM - MODELLERING AV SKYFALL

UNDERLAG TILL KLIMATANPASSNINGSPLAN FÖR HELSINGBORGS STAD

UPPDRAGSNUMMER 1220237000



DATUM
2016-11-02

Förord

Sweco har av Helsingborgs stad fått i uppdrag att genomföra en klimatanalys i syftet att utgöra underlag till en framtida klimatanpassning av Helsingborg. Föreliggande PM syftar till att kartlägga översvämningsrisken i samband med skyfall. Karteringen har genomförts med hjälp av hydraulisk modellering där hänsyn tagits till både ledningsnät och ytavrinning. I detta deluppdrag har Joanna Theland och Emanuel Isaksson varit delaktiga. Malde Volmer Beinthin har varit teknisk granskare.


Björn Almström
Uppdragsledare
Olof Persson
Kvalitetsansvarig

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Avgränsningar	1
2	Underlag	3
2.1	Höjdmodell	3
2.2	Befintligt dagvattensystem	3
2.3	Övriga underlag	3
3	Metod	4
3.1	Modelluppsättning	4
3.2	Höjdmodell	5
3.3	Markanvändning	5
3.4	Hydraulisk modell av ledningsnätet	5
3.5	Vattendrag	5
3.6	Nederbörd	5
3.7	Modellosäkerheter	7
3.8	Känslighetsanalys	7
4	Resultat	9
4.1	Användning och tolkning av modellresultat	9
4.2	100-årsregn	10
4.3	"Köpenhamnsregnet"	12
5	Ramverk	14
5.1	Lagar och förordningar	14
5.2	Myndighetsföreskrifter	15
5.3	Allmänna råd	15
6	Övergripande åtgärdsstrategier	16
6.1	Ledningsnät	16
6.2	Lokalt omhändertagande av dagvatten	17
6.3	Ytlig avledning	17
6.4	Fördröjning	19
6.5	Anpassning	23
6.6	Information	24
6.7	Beredskapsplanering	24
7	Slutsats och rekommendation	25
8	Referenser	26

BILAGOR

Bilaga A1-A26 – Resultat från simulering med 100-årsregn

Bilaga B1-B26 – Resultat från simulering med "Köpenhamnsregnet"

1 Inledning

Lokala och extrema vattenflöden till en följd av skyfall inträffar regelbundet i Sverige. I städer och tätorter medför ökad exploatering att mindre ytor finns tillgängliga för fördröjning och avledning av vatten. Samtidigt är våra städer i nuläget varken rustade eller utformade på ett sätt som möjliggör en resilient hantering av det vatten som ansamlas i en stad eller i en tätort vid ett kraftigt regn. Dessa regn medför således risk för kostsamma skador på fastigheter och anläggningar samtidigt som många samhällsviktiga funktioner riskerar att slås ut.

På uppdrag av Helsingborgs stad har Sweco utfört en skyfallskartering över Helsingborgs tätort. Resultaten har tagits fram med hjälp av hydraulisk modellering där både ledningsnät och ytavrinning har inkluderats.

Syftet med föreliggande utredning är att:

- Presentera översvämningssituationen vid ett simulerat 100-årsregn.
- Presentera översvämningssituationen vid ett simulerat regn motsvarande det regn som föll över Köpenhamn den 2 juli 2011.
- Presentera och sammanfatta ramverk samt översiktliga åtgärdsstrategier ur ett kommunalt perspektiv.

1.1 Avgränsningar

Modellområdet motsvarar Helsingborgs tätort och avgränsas av väg E6 i öst samt i höjd med Väla och Pålstorp i norr respektive söder. I figur 1 visas avgränsningen av modellområdet med röd markering.

Resultaten beskriver hur översvämningssrisken ser ut i samband med kraftiga regn. Översvämningssrisk av andra orsaker, som höga flöden i vattendrag eller höga havsnivåer, ingår inte i denna analys.



Figur 1 Rött område visar avgränsningen för skyfallskarteringen.

2 Underlag

2.1 Höjdmodell

Den höjdmodell som använts som underlag tillhandahölls av Helsingborgs stad. Koordinatsystemet är angivet i SWEREF 99 13 30 och höjdsystemet i RH 2000.

Höjdmodellen har modifierats för att inkludera byggnader. Det har gjorts genom att höja upp de ytor som enligt Helsingborgs stads primärkarta markerats som byggnader.

2.2 Befintligt dagvattensystem

Modell (MIKE URBAN) över befintligt dagvattensystem har tagits fram i ett separat deluppdrag inom ramarna för den övergripande klimatanalysen. Uppbyggnaden av denna modell (MIKE URBAN) finns beskrivet i en separat PM, "PM – Kapacitetskontroll av dagvattensystem".

2.3 Övriga underlag

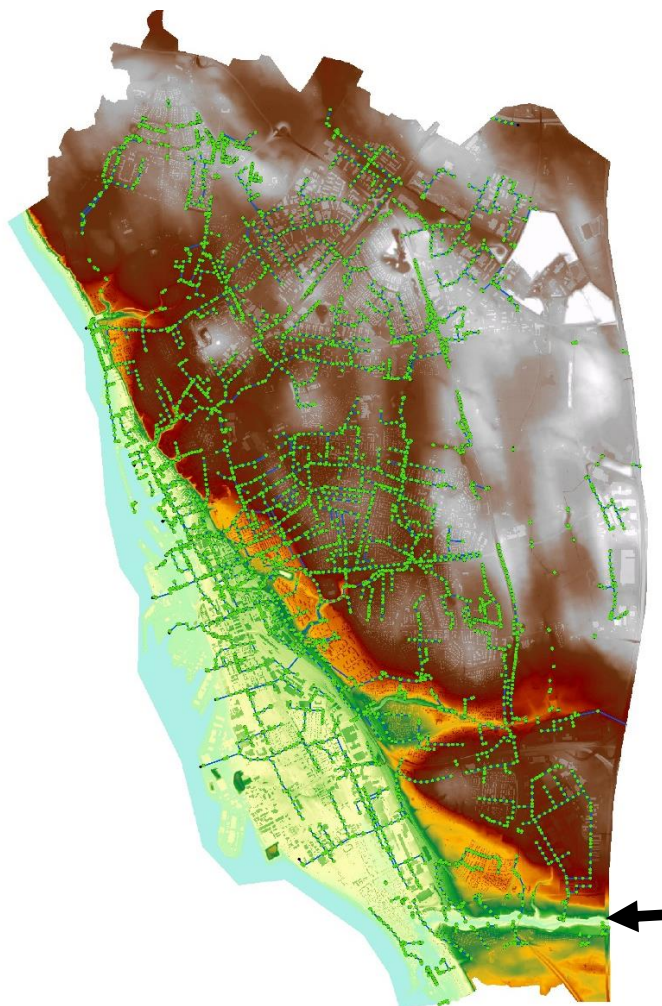
En markanvändningsklassificering utifrån "mjuka" och hårdgjorda ytor tillhandahölls av Helsingborgs stad. Ytorna baserades delvis på en tolkning av kommunens skötselytor, byggnader och järnvägsområden. Där skötselytor inte fanns tillgängliga, exempelvis på privat mark, genomfördes klassificering av hårdgjorda ytor i GIS utifrån ett ortofoto från år 2014.

Medelvattenföring för Råån, baserat på flödesstatistik från 1981-2010, hämtades från Vattenwebb (SMHI, 2016).

3 Metod

3.1 Modelluppsättning

Som modelleringsverktyg användes en kombination av en tvådimensionell ytvavrinningsmodell (MIKE 21) samt en endimensionell ledningsnätmodell (MIKE URBAN). En koppling mellan dessa två modeller (MIKE FLOOD) skapar en dynamisk beskrivning över simulerat skyfallsförlopp. Modellen beskriver således hur regn faller på ytan, rinner enligt markens topografi och tas omhand av ledningsnätet där detta finns representerat. Vattenutbytet mellan de två modellerna sker i de brunnar som finns representerade i ledningsnätmodellen. I figur 2 nedan visualiseras modelluppsättningen där färgskalan visar höjdmodellen, gröna prickar och blåa streck visar inkluderade brunnar respektive ledningar. Svart pil visar Rååns inflöde.



Figur 2 Visualisering av modelluppsättning där färgskalan visar topografin medan gröna prickar och blåa linjer visar inkluderade brunnar respektive ledningar. Svart pil visar Rååns inflöde.

3.2 Höjdmodell

På grund av att syftet med modellen är att översiktlig belysa effekterna av skyfall inom det aktuella modellområdet och med tanke på modellområdet storlek valdes höjdmodellens upplösning till 4 x 4 m. Upplösningen innebär att en kvadratisk cell med måtten 4 x 4 m representerar ett höjdvärde.

För att undvika felaktiga dämningar och missvisande flödesvägar är höjdmodellen justerad utifrån viadukter, broar, gång- och cykelunderfarter samt andra topografiska strukturer.

3.3 Markanvändning

Utifrån den klassificering av "mjuka" och hårdgjorda ytor som tagits fram av Helsingborgs stad gjordes en differentiering mellan ytor där vattnet flödar lätt (lägre strömningsförluster) och ytor där vattnet flödar trögare (högre strömningsförluster). Denna parameter beskriver ytans råhet och benämns tekniskt som Mannings tal. Mannings tal valdes för "mjuka" respektive hårdgjorda ytor till 5 respektive 50.

3.4 Hydraulisk modell av ledningsnätet

En vidareutveckling av befintlig ledningsnätmodell, beskriven i "PM – Kapacitetskontroll av dagvattensystem", gjordes för att inkludera vattenförande strukturer som trummor och diken som inte fanns representerade i höjdmodellen.

3.5 Vattendrag

Medelvattenföring i Råån har i modellen inkluderats med 1,49 m³/s (SMHI, 2016). Vattenföring i övriga vattendrag inkluderas inte i modellen då dessa bedömdes som marginella i jämförelse med den mängd vatten som avvattnas till vattendragen vid simulerade regn.

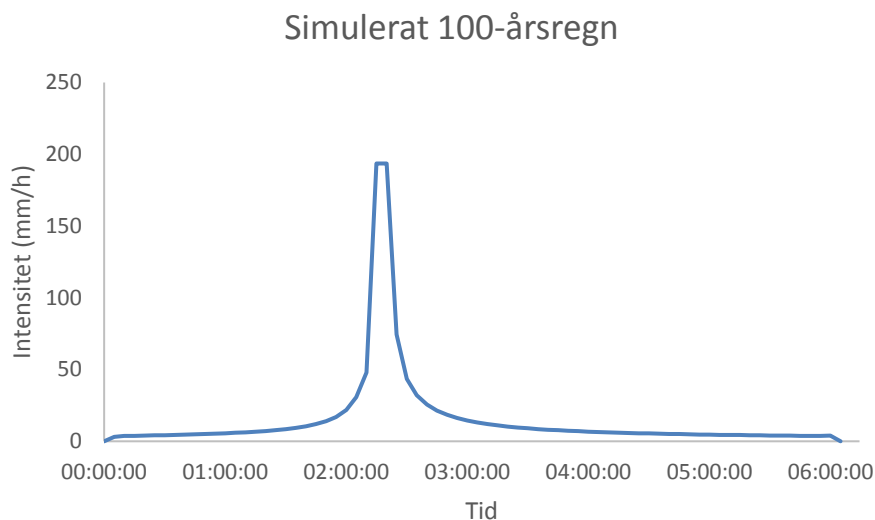
3.6 Nederbörd

Modellen belastades med regn utifrån nedan beskrivna scenarier.

- 100-årsregn med 10 % påslag enligt "PM Klimatscenarier" framtagna av Sweco inom ramen för den översiktliga klimatanalysen.
- Det regn som föll över Köpenhamn den 2 juli 2011. Enligt rapporter motsvarar regnet en teoretisk återkomsttid om uppemot 1 500 år.

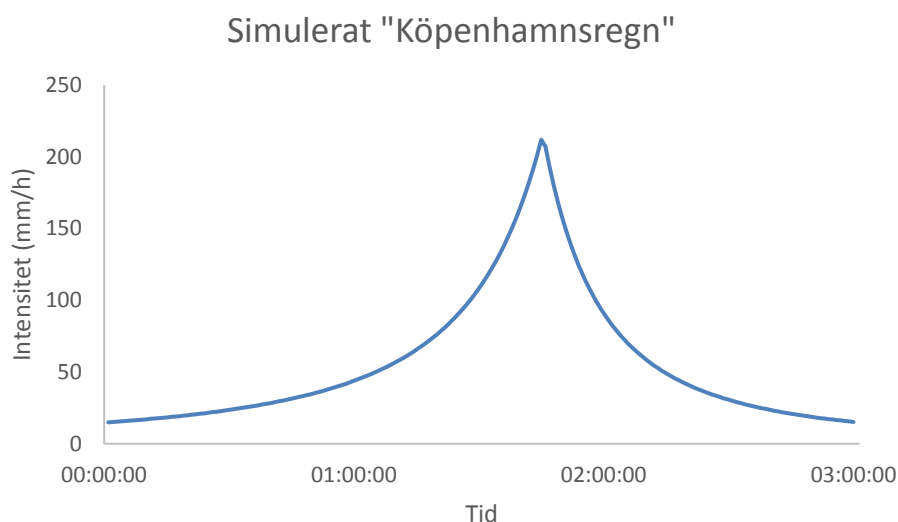
Det 100-årsregn som belastade modellen var i form av ett CDS-regn. Då modellområdet inkluderar ett flertal mindre delavrinningsområden, både ytledes och med avseende på ledningsnätet, varierar koncentrationstiden områdesvis. Exemplifierat innebär detta att på kvartersnivå kan den mest intensiva delen av regnet komma att innebära den största belastningen på systemet. I det stora avrinningsområdet belastas systemet sannolikt på det mest ofördelaktiga sättet i ett senare skede då avrinning nått de nedre delarna av avrinningsområdet. 100-årsregnets varaktighet valdes till 6 timmar baserat på

koncentrationstiden för det, inom modellområdet, största avrinningsområdet.
Volymmässigt innebär detta att modellen belastades med 93 mm under 6 timmar. I figur 3 visas det simulerade 100-årsregnet som intensitet (mm/h) mot tid.



Figur 3 Graf över simulerat 100-årsregn som visar intensitet (mm/h) mot tid.

Det så kallade "Köpenhamnsregnet" konstruerades utifrån registrerad data från den mätstationen med den högst uppmätta intensiteten (DMI, 2012). Den totala mängden nederbörd motsvarade 171 mm med en varaktighet på 3 timmar. I figur 4 visas simulerat "Köpenhamnsregn" som intensitet (mm/h) mot tid.



Figur 4 Graf över simulerat "Köpenhamnsregn" som visar intensitet (mm/h) mot tid.

3.7 Modellosäkerheter

Huvudsaklig indata till en ytvavrinningsmodell är höjddata. Upplösningen valdes i detta fall till 4 x 4 meter. I en urban miljö kan denna upplösning medföra att mindre topografiska strukturer, exempelvis kantsten och liknande, som kan ha betydelse för vattnets flödesvägar, inte finns representerade. En högre upplösning än 4 x 4 meter var på grund av modelltekniska anledningar inte möjlig. Det kan nämnas att översiktliga markavrinningsanalyser som tidigare genomförts för större svenska städer har en upplösning på 4 x 4 m.

Det ska förtydligas att valet av regnmängd, regnintensitet och varaktighet har stor påverkan på absoluta vattennivåer i modellområdet. Vid analys och tolkning av resultat bör det således tas i beaktning att absoluta vattendjup förändras markant beroende på vilken regnbelastning som väljs i modelluppsättningen. Att simulera ett 100-årsregn ger dock en god fingervisning av vad som kan förväntas om ett extremt, men ändå inte orimligt, regn skulle falla över Helsingborg. Metodiken innebär även att regn med samma maximala intensitet faller över hela modellområdet samtidigt, i verkligheten är detta oftast inte fallet och resultaten visar således en mer konservativ beräkning av vattenvolymer.

Den befintliga ledningsnätsmodellen inkluderar endast det större, huvudsakliga ledningsnätet. De exkluderade delarna av ledningsnätet utgör en potentiell outnyttjad volym och skulle samtidigt kunna möjliggöra ledning av vatten till andra områden. Vid större regn blir den outnyttjade volymen dock marginell i jämförelse med volymen vatten som faller över området. Gällande ledning av vatten till andra områden ger det huvudsakliga ledningsnätet en tillräcklig bild för ett översiktligt syfte. Det ska även belysas att system för avvattning av järnväg och väg inte är inkluderade i modellen varför översvämningssituationen i dessa områden kan vara överskattade.

Infiltration har inte inkluderats i modellen. Att på ett tillförlitligt sätt, och över samtliga delar av Helsingborg, göra en uppskattning av de parametrar som styr infiltrationsmöjligheten bedömdes som mycket svårt och risken för att över- alternativt underskatta infiltrationens påverkan bedömdes som stor. Resultaten visualiserar således ett scenario där markens infiltrationsförmåga anses vara mycket begränsad, vilket kan vara sannolikt både för leriga jordar och mättade markförhållanden. Att exkludera infiltration medför att modellresultaten ska tolkas som "worst case" vid simulerade regn.

3.8 Känslighetsanalys

Känslighetsanalyser av särskilda parametrar kan med fördel inkluderas i modeller av detta slag. Syftet med en känslighetsanalys är att undersöka hur stor effekt vissa antaganden eller förenklingar kan ha på resultaten. På grund av storleken på denna modell inkluderades inga känslighetsanalyser. För denna modell är det främst av intresse att diskutera vilken effekt möjligheten till infiltration kan ha på resultaten. Tidigare genomförda känslighetsanalyser av parametern infiltration visar att ansamlingar av vatten huvudsakligen sker på samma platser men att absoluta vattennivåer, speciellt i lågpunkter i anslutning till grönytor, kan minska om infiltration inkluderas. Det ska dock understrykas ytterligare en gång att om infiltration inkluderas utan god kunskap och förståelse om de geohydrologiska förutsättningarna inom modellområdet kan utbredning

och vattendjup vid simulerade scenarion kraftigt underskattas. Dessutom bör det även poängteras att vid situationer där marken är mättad, till exempel på grund av nederbörd innan skyfallstillfället, är markens infiltrationsförmåga kraftigt reducerad. Genom att bortse från infiltrationen fås, som tidigare nämnts, ett mer konservativt scenario jämfört med att inkludera infiltration.

Tidigare genomförda känslighetsanalyser visar att inkludering av ledningsnätmodell möjliggör att vatten leds till platser dit det topografiskt, utifrån höjdmodellen, inte annars skulle ta sig.

4 Resultat

4.1 Användning och tolkning av modellresultat

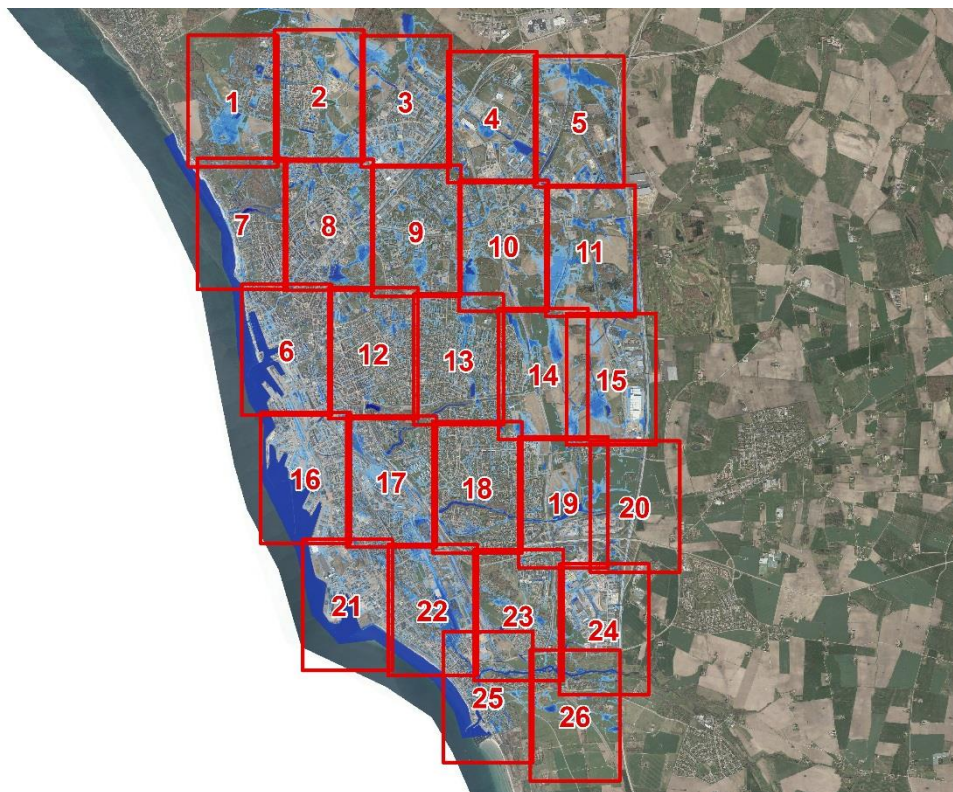
Resultaten från denna kartering är översiktliga. De avses således inte att användas för detaljstudier utan snarare för att ge en grov uppskattning av hur översvämningens risk kan komma att fördela sig över Helsingborg i stort vid simulerade scenarion. Som tidigare nämnts bidrar flertalet modellosäkerheter, däribland specifika ledningsnätstrukturer som avvattning av järnväg samt andra parametrar som beräkningscellernas storlek, till att en tolkning av resultatet utifrån förutsättningar i specifika områden kan behöva göras. Om detaljstudier för specifika områden behövs i ett senare skede går det bra att vidareutveckla delar av modellen och exempelvis inkludera större delar av ledningsnätet, möjligheten till infiltration eller öka upplösningen för att fånga upp specifika topografiska strukturer.

Det ska förtydligas att resultaten visas i form av maximala vattennivåer och maximala flödeshastigheter. Det vill säga det maximala djup respektive den maximala hastighet som loggats i varje cell under hela simuleringsperioden, maximala värden kan således uppstå vid olika tidpunkter i olika delar av området. Generellt går det att säga att maximalt vattendjup nås tidigare högt upp i samt senare längre ner i avrinningsområdet. Resultaten är sammanfattningsvis inte av sådan sort att absoluta vattennivåer ska tolkas som en sanning. Vattennivåerna bör istället ses som en fingervisning på var mindre respektive större djup kan förväntas inom modellområdet vid skyfall.

Resultaten kommer att, utom omfattningen för detta delprojekt men inom omfattningen för klimatanalysen, användas för analys utifrån ett riskperspektiv. Målet är då att identifiera fokusområden för det framtida arbetet. I följande avsnitt sker därför i huvudsak presentation och inte analys av resultaten.

I följande kapitel presenteras resultat från simuleringarna där modellen belastats med 100-årsregn samt med det regn som föll över Köpenhamn den 2 juli 2011, kallat "Köpenhamnsregnet". För att på ett översiktligt och lätthanterligt sätt kunna studera resultaten från olika delar av Helsingborg i rapportformat har samtliga resultat bilagts utifrån indelningen visualiserad i figur 5. Exempelbilder från två områden presenteras i följande avsnitt för de två simulerade scenarierna.

I området Gustavslund har det sedan aktuell höjdmodell genererades genomförts stora förändringar avseende markförhållanden. Resultaten från detta område har därför exkluderats.



Figur 5 Helsingborg indelat i 26 områden för resultatvisning i bilageformat.

4.2 100-årsregn

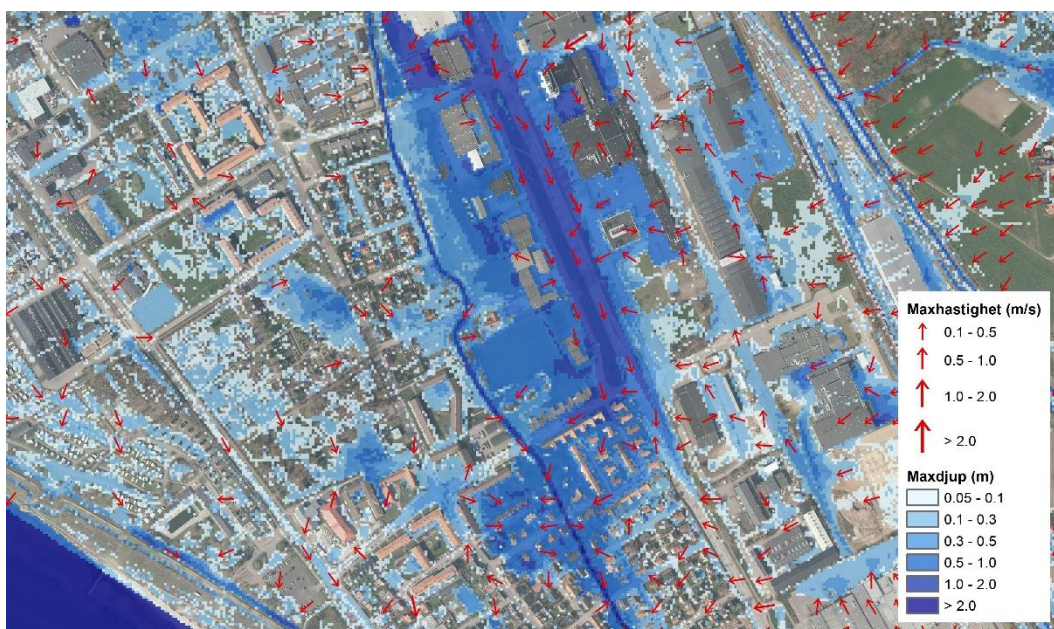
För simulerat 100-årsregn föll sammanlagt 93 mm under 6 timmar. Detta kan jämföras med skyfallet den 31 augusti 2014 i Malmö där det föll ca 100 mm under 6 timmar. I bilaga A1-A26 visas modellresultaten utifrån indelning visad i figur 5. Under simulerings-tiden med nederbörd avbördade ledningsnätet ca 25 % av det vatten som föll över området.

I figur 6 visas riskbilden för översvämning i det instängda och lågt liggande området Husensjö i norra Helsingborg. De största vattendjupen, det vill säga områden i mörkare blått, återfinns på befintliga gräsytor men det går att se att ett flertal byggnader ligger i riskzonen att översvämmas vid kraftiga regn. Flödesvägarna visar att vatten rinner till området från samtliga håll. Större pilar indikerar högre flödes hastigheter.



Figur 6 Översvämningsrisk i området Husensjö i norra Helsingborg vid simulerat 100-årsregn.

I figur 7 visas en ökad översvämningsrisk längs med Landskronavägen i nedre delen av Lussebäckens avrinningsområde. Flödeshastigheterna visar samtidigt att vägen utgör en stor flödesväg med relativt höga flödeshastigheter.

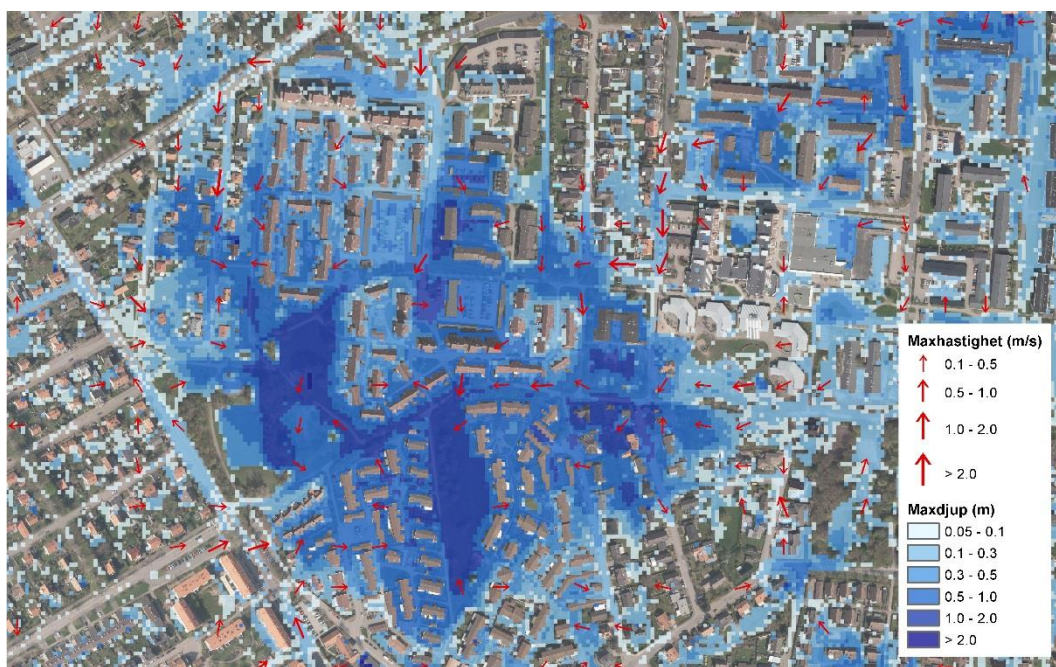


Figur 7 Översvämningsrisk längs med landskronavägen kring nedre delen av Lussebäcken vid simulerat 100-årsregn.

4.3 "Köpenhamnsregnet"

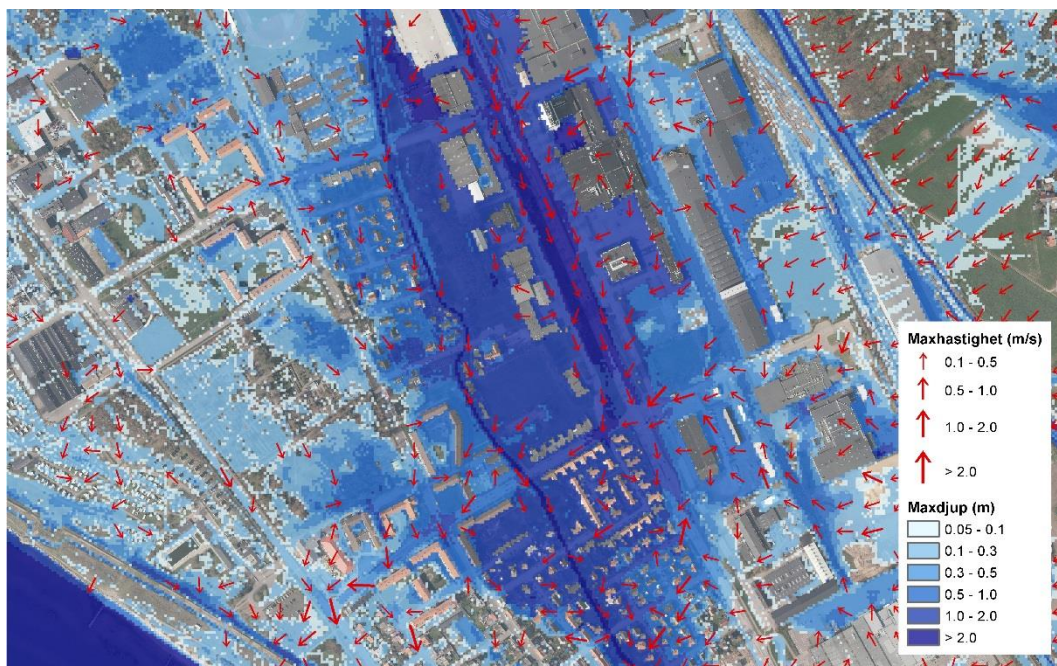
Simuleringen motsvarande det regn som föll över Köpenhamn den 2 juli 2011 innebar en belastning om sammanlagt 171 mm under 3 timmar. I bilaga B1-B26 visas modellresultaten utifrån indelning visad i figur 5. Under simuleringstiden med nederbörd avbördade ledningsnätet ca 10 % av det vatten som föll över området. Det ska förtydligas att simulering av "Köpenhamnsregnet" motsvarar en extrem händelse och sannolikheten för att ett regn av denna karaktär faller över Helsingborg är liten. Händelsen har dock inträffat i Helsingborgs närområde.

I figur 8 visualiseras översvämningsrisken i Husensjö i norra Helsingborg för simulerat "Köpenhamnsregn". I jämförelse med figur 6 syns en tydlig ökning i både utbredning och vattendjup.



Figur 8 Översvämningsrisk vid simulerat "Köpenhamnsregn" i området Husensjö i norra Helsingborg.

Figur 9 visar översvämningsrisken längs med Landskronavägen i nedre delen av Lussebäckens avrinningsområde. Likt för Husensjö innebär "Köpenhamnsregnet" större utbredning och större hastigheter i jämförelse med resultaten från simulerat 100-årsregn, se figur 7.



Figur 9 Översvämningsrisk längs med landskronavägen kring nedre delen av Lussebäcken vid simulerat "Köpenhamns-regn".

5 Ramverk

Det saknas idag ett utpekat ansvar för att på nationell nivå driva på planeringen av översvänningsfrågan i Sverige, särskilt när det gäller översvämning orsakad av skyfall (Sweco, 2016). För Helsingborg har på kommunal nivå ett dokument kring hantering av dagvatten tagits fram och antagits av kommunfullmäktige (Helsingborgs stad & NSVA, 2015). Detta dokument behandlar inte skyfallsfrågan specifikt men belyser vikten av genomtänkt höjdsättning samt ger en generell bild av den kommunala ansvarsfördelningen när det gäller dagvatten.

Det finns flera aktörer som producerar samt har hand om information relaterad till översvänningsproblematik, men det finns få exempel på konkreta direktiv och tydlig styrning. I följande avsnitt presenteras de ramverk som på olika nivåer identifierats som relevanta ur en kommunal synvinkel.

5.1 Lagar och förordningar

Lagen om skydd mot olyckor (2003:778) reglerar att en kommun ska ha ett handlingsprogram för förebyggande verksamhet. I programmet ska målet för kommunens verksamhet samt de risker för olyckor som finns i kommunen och som kan leda till räddningsinsatser anges.

Lagen om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap (2006:544) reglerar att kommuner ska analysera vilka extraordinära händelser i fredstid som kan inträffa i kommunen och hur dessa händelser kan påverka den egna verksamheten. Resultatet av arbetet ska värderas och sammanställas i en risk- och sårbarhetsanalys. Kommuner ska vidare, med beaktande av risk- och sårbarhetsanalysen, för varje ny mandatperiod fastställa en plan för hur de skall hantera extraordinära händelser.

Plan- och bygglagen (PBL) (2010:900) reglerar planering av mark- och vattenområden i kommunen. Enligt PBL ska kommunens planläggning syfta till att mark- och vattenområden används för det ändamål som områdena är mest lämpade för med hänsyn till beskaffenhet, läge och behov. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk även lokaliseras till mark som är lämpad till ändamålet med avseende på risken för översvämningar.

Lagen om allmänna vattentjänster (2006:412) syftar till att säkerställa att vattenförsörjning och avlopp ordnas i ett större sammanhang. VA-huvudmannen har ansvar för att avleda dagvatten från fastighetsgräns. Dock ansvarar fastighetsägare eller markavvattningsföretag för att först avvattna själva fastigheten (Sweco, 2016). Som huvudregel gäller VA-huvudmannens skyldighet oavsett kvantitet men i praktiken är skyldigheten inte helt obegränsad. I situationer då fastighetsägare fått sina källare översvämmade, exempelvis vid kraftiga regn, måste det avvattnande systemet idag vara dimensionerat för ett 10-årsregn (Boverket, 2015).

Enligt **skadeståndslagen (1972:207)** är kommunen skyldig att ersätta personskada, sakskada eller ren förmögenhetsskada som vållas genom fel eller försummelse vid

myndighetsutövning. Kommunen ansvarar som tidigare nämnts för planering av mark, och kan krävas på skadestånd om fel eller försummelse vid planläggning eller bygglovsgivning leder till skada. Exempel på försummelse skulle kunna vara att kommunen genom detaljplan eller bygglov möjliggör bebyggelse på mark som är olämplig för ändamålet.

5.2 Myndighetsföreskrifter

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, är en viktig aktör i frågor som gäller samhällets skydd mot extrema händelser, exempelvis översvämningar. **MSBFS 2015:5** innehåller föreskrifter om kommuners risk- och sårbarhetsanalyser. Kommunen ska under varje mandatperiod sammanställa och rapportera resultatet av sitt arbete med risk- och sårbarhetsanalys till länsstyrelsen. Kommunens ansvar omfattar alla händelser som får konsekvenser inom kommunens geografiska område, oavsett vilka aktörer och verksamheter som i första hand berörs.

5.3 Allmänna råd

Under denna kategori faller de förslag och riktlinjer som Svenskt Vatten tillhandahåller genom sina publikationer. Den nya publikationen P110 (Svenskt vatten, 2016) lyfter, i större utsträckning än tidigare, förslag och riktlinjer kring hur kommunala förvaltningar, myndigheter och andra aktörer kan arbeta med funktionskrav kopplade till avvattnings av samhället vid kraftiga regn. P110 föreslår att nya områden utformas på ett sådant sätt att sannolikheten för skador på byggnader vid marköversvämning inte överstiger 1 % under ett givet år, motsvarande dimensionering för en 100-årshändelse. Ansvar för att säkerställa skydd av anläggningar och byggnader när de allmänna avloppssystemen går fulla ligger hos kommunledningen och vidare hos lämplig enhet på kommunen. För att utforma de bästa lösningarna krävs ett gränsöverskridande samarbete mellan kompetensområdena samhällsplanering, bygglovshantering, VA, gata, park och miljö (Svenskt Vatten, 2016).

6 Övergripande åtgärdsstrategier

6.1 Ledningsnät

Skyfall innebär avsevärt mycket mer vatten än vad ledningsnät rimligen kan dimensioneras för. Att dimensionera ledningsnätet för regn med återkomsttider upp mot och över 100 år är i de allra flesta fall varken ekonomiskt eller tekniskt möjligt. Ett mycket översiktligt räkneexempel utan hänsyn till avrinningstid och övrig flödesdynamik nedan illustrerar detta.

Ledningsnätet i Helsingborg har en uppskattad volym om ca 143 000 m³. Denna volym motsvarar Olympiastadion i Helsingborg fylld till en höjd om ca 15 m. Ett 100-årsregn över Helsingborg med varaktigheten 6 h motsvarar ungefär volymen av 30 stycken Olympiastadion, se figur 10. Under simulering med 100-årsregnet och "Köpenhamnsregnet" avbördade ledningsnätet ca 25 % respektive 10 % av den volym som föll över området.



Figur 10 Olympiastadion i Helsingborg.

Att huvudsakligen omhänderta vattnet vid ett skyfall med hjälp av ledningsnätet är inte ett alternativ. Trots att ledningsnätet inte kan omhänderta hela vattenvolymen vid skyfall är det fortfarande en betydande komponent då det på grund av sin goda vattenförande förmåga även kan generera problem, exempelvis i form av källaröversvämningar. Det är således viktigt att ha en god kunskap om ledningsnätet för att i problem- och riskområden avgöra om ledningsnätet utgör en stor potentiell risk vid kraftiga regn. Detta kan bland annat innebära områden med kombinerat nät, felkopplingar och stora inläckage i områden med duplikatsystem samt dämningar från det kombinerade systemet upp i det duplikata systemet. För att exemplifiera denna komplexitet kan marköversvämningar exempelvis fylla dagvattenssystemet som sedan kan läcka till spillvattenssystemet genom ledningsgravar, källare, golvbrunnar eller spygatter vilket kan orsaka problem i områden där marköversvämningen i sig inte är särskilt allvarlig.

Sammanfattningsvis är ledningsnätet en viktig komponent i stadens förmåga att omhänderta skyfall, men ledningsnätet kan inte själv omhänderta allt vatten.

6.2 Lokalt omhändertagande av dagvatten

Lokalt omhändertagande av dagvatten innebär huvudsakligen att vattnet infiltreras, upptas eller omhändertas på ett sådant sätt att det inte belastar ledningsnätet. Möjligheten till infiltration beror på markens förutsättningar, främst relaterat till markens karaktär och mätnadsgrad. I förtätade stadsmiljöer innebär ökad andel hårdgjorda ytor även att infiltrationsmöjligheten minskar. Till lösningar inom denna kategori hör bland annat gröna tak och permeabla markytor. Lokalt omhändertagande av dagvatten kan utgöra lösningar i områden med mycket fördelaktiga eller arrangerade markförhållanden alternativt för mindre regn men generellt kan dessa lösningar inte i närheten omhänderta den volym vatten ett skyfall innebär.

Helsingborg utgörs huvudsakligen av leriga jordarter, lokalt förekommer dock områden med mer grovkorniga fraktioner. Att i Helsingborg använda lokalt omhändertagande av dagvatten som huvudsaklig strategi vid skyfall är inte möjligt. Lokalt kan det dock finnas anledning att undersöka möjligheten att utnyttja fördelaktiga markförhållanden för infiltration.

6.3 Ytlig avledning

Syftet med ytlig avledning är att, ur riskperspektiv, erbjuda vattnet en fördelaktig väg genom kvarteret, stadsdelen eller staden. Fokus blir att hitta evakueringsvägar för vattnet där det gör minst skada. Beroende på vilka objekt som bör prioriteras kan valet av avledningsväg variera. Strukturer som kan användas för ytlig avledning är exempelvis kanaler, diken och vägar. Exempel på ytlig avledning via kanaler visas i figur 11.



Figur 11 Exempel på kanaler i varierande storlek, integrerade i stadsbilden i Freiburg, Tyskland.

Figur 12 visar exempel på utformning av en stor kanal i Seoul, Sydkorea, där fler funktioner än avbördning av vatten har inkluderats.



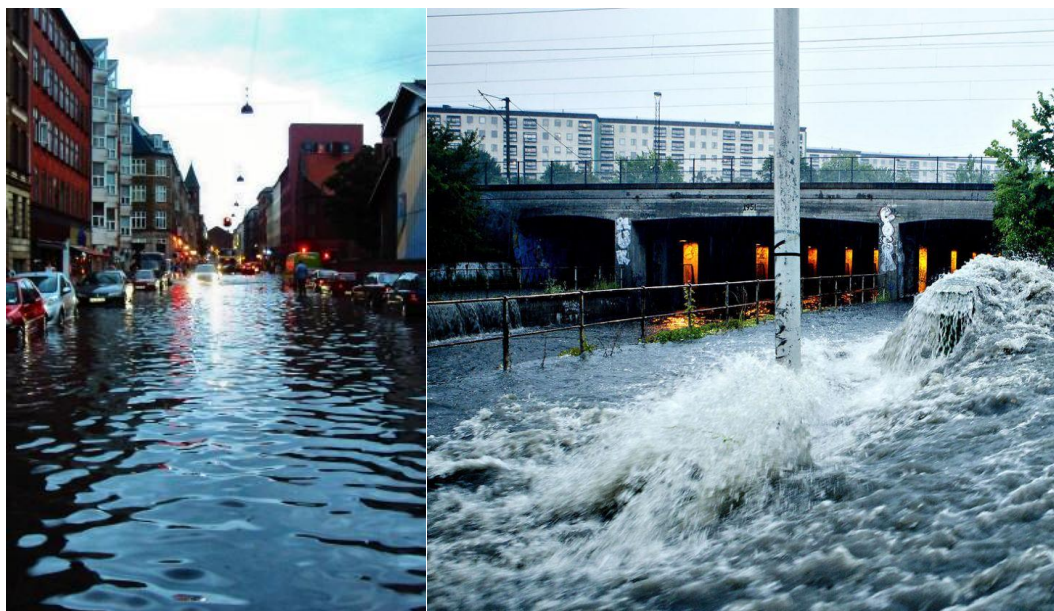
Figur 12 Exempel på utformning av större kanal i Seoul, Sydkorea (www.wikipedia.com).

Figur 13 visar hur diken kan utformas för både ytlig avledning och fördröjning.



Figur 13 Diken med fördröjande sektioner integrerade i stadsmiljön med exempel från England (www.pinterest.com).

Figur 14 visar hur vatten ofta blir stående och bildar ytliga avrinningsstråk vid kraftiga regn. I Köpenhamn diskuteras strategier som innebär att aktivt och på ett strategiskt sätt utforma lämpliga vägar för ytlig avledning av stora mängder vatten till recipient.



Figur 14 Exempel på hur vägar blir huvudsakliga flödesvägar under skyfallet i Köpenhamn den 2 juli 2011 (www.klimatilpasning.dk, www.bt.dk).

För Helsingborg kan ytlig avledning exempelvis komma att behöva användas i områden där stor risk för skada på viktiga objekt föreligger och där vattnet således behöver evakueras till lämplig fördröjningsyta alternativt direkt till recipient. Att hitta åtgärder i form av avledning direkt till recipient bedöms som mest rimligt längre ner i avrinningsområdena, det vill säga nedan landborgen, närmare havet. Om en väg avses användas för ytlig avledning av stora vattenvolymer är det av intresse att hitta ett sätt att kommunicera detta med allmänheten.

6.4 Fördröjning

Syftet med fördröjning är minska toppen av ett flöde och således ge avvattningsystemet rimliga vattenmängder att hantera genom det begränsade utflödet. Målet med fördröjning i stadsmiljö är att förvara vatten på ett sätt som innebär minst påverkan eller skada på närliggande samhällsstrukturer. Ett nyckelord gällande fördröjning är topografi. Vatten rinner till lågpunkter och dessa ytor kan således planeras genom strategisk höjdsättning.

Ytor som kan användas i fördröjningssyfte är exempelvis magasin, dammar, grönytor, vägar, parkeringsplatser, lekplatser och torg. I den förtätade staden bör fokus vara att kombinera fördröjningsytor med andra funktioner, vilket bildar så kallade mångfunktionella ytor. Det som är viktigt att ha i åtanke när ytor för fördröjning planeras är att skapa stor tillgänglig volym. Viktigt är också att säkerställa att fördröjningsytan skapas på en strategisk plats, dit vatten kan rinna och förvaras i väntan på avledning. En viktig

aspekt att ha med sig i planeringen av dessa ytor är också att undersöka var vattnet rinner när det når tröskelnivån för fördröjningsytan. I figur 15 visualiseras en mindre sjö där fördröjande kapacitet för vatten planeras genom avsänkning av vattennivån i kombination med en typ av svämplan i parkstruktur som skapar ytterligare kapacitet vid höga vattennivåer. Vid planering av ytor för kontrollerad översvämning från befintlig vattenyta är det viktigt att tröskelnivån till översvämningssytan är satt till en sådan nivå att problem inte uppstår på annan plats innan den tillgängliga ytan svämmas över.



Figur 15 Visualisering av vattenfylld damm eller mindre sjö (Sankt Jørgens Sø i Köpenhamn) med konstruerad yta för kontrollerad översvämning (www.danva.dk).

Att fördröja dagvatten i magasin under mark är platseffektivt men dessvärre ofta en dyr lösning. Figur 16 visar anläggning av ett stort fördröjningsmagasin under mark.



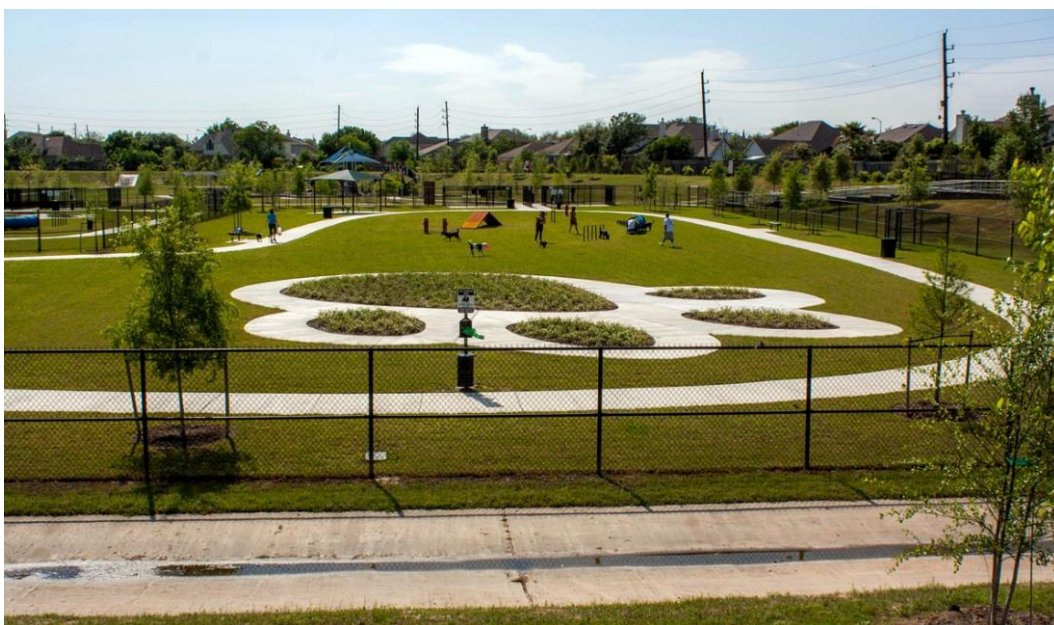
Figur 16 Anläggning av stort fördröjningsmagasin under mark (www.externalworksindex.co.uk).

I figur 17 visas en mindre fördröjningsyta integrerad i stadsbilden i Freiburg, Tyskland.



Figur 17 Exempel på liten fördröjningsyta integrerad i stadsbilden i Freiburg, Tyskland.

Figur 18 och figur 19 visar hur en fördröjningsyta i Houston samtidigt utformats till en attraktiv parkmiljö med lekplats och promenadstråk.



Figur 18 Stor mångfunktionell fördröjningsyta med lekplats och promenadstråk i Houston, USA. (<http://landscapeartinc.com/blog/dual-purpose-landscape-a-water-detention-area-becomes-a-playground-too>)



Figur 19 Mångfunktionell yta som både kan användas för lek och fördröjning av vatten (<http://landscapeartinc.com/blog/dual-purpose-landscape-a-water-detention-area-becomes-a-playground-too>).

Viadukter, cykelunderfarter och andra lågt liggande strukturer fungerar ofta som fördröjningsytor vid kraftiga regn. Att ha vatten stående i dessa områden tolkas av gemene man ofta som ett stort problem, vilket i vissa fall också stämmer, speciellt om det föreligger fara för mänskligt liv likt i figur 20. Värt att diskutera är således huruvida vissa av dessa ytor skulle kunna fungera som goda fördröjningsytor, då det i många fall är mer fördelaktigt att ha vatten stående i viadukter eller på vägar än i källare eller nära andra känsliga anläggningar. Möjliga lösningar är effektiva varningssystem och omdirigering av trafik vid händelse av höga vattennivåer.

Ytterligare en vanlig ambition gällande vägar och viadukter är att försöka återställa dessa till körbart skick så fort som möjligt efter en översvämning. Det kan dock vara lämpligt att säkerställa att det finns tillräcklig kapacitet i det avvattnande systemet så att problemet inte förflyttas och skapar översvämning på en mer kritisk plats nedströms (Sweco, 2016).



Figur 20 Översvämmad viadukt i Malmö den 31 augusti 2014 (www.svt.se).

I Helsingborg kan en övergripande strategi gällande fördröjning vara att utifrån identifierade riskområden hitta, planera och skapa ytor för fördröjning där det inte finns möjlighet till direkt avledning, generellt i de övre delarna av avrinningsområdena.

6.5 Anpassning

Ofta handlar anpassad design av byggnader och samhällen utifrån översvämningsperspektiv om att minska nedanstående:

- Skador på byggnader och anläggningar
- Effekterna av vattnets intrång (exempelvis fuktskador och mögel)
- Behovet av reparation och sanering (Jha, Bloch, & Lamond, 2012)

För ny bebyggelse är det möjligt att minska risken för framtida skador genom att ta hänsyn till översvämningsrisker i planeringsskedet. Lösningen ligger då ofta i en klok höjdsättning. Det är således viktigt att kommunen har god insikt i vilka områden samt delar av områden som lämpar sig bra respektive mindre bra för bebyggelse ur ett översvämningsperspektiv. Denna skyfallskartering utgör en bra grund för Helsingborgs stad i detta arbete.

Ytterligare ett steg är att även utreda hur exploatering, både i form av utbyggnadsområden samt i form av förtätning, påverkar upp- och nedströms liggande områden. Intressant är då att utreda om exploateringen innebär en försämring, ett nollsummespel eller, mindre sannolikt, en förbättring. Att vid nybyggnation inkludera ett tankesätt som innefattar möjligheten till att förbättra situationen för nedströms liggande områden är skulle vara att se problemet ur ett hållbart helhetsperspektiv.

Viss nybyggnation kan samtidigt även behöva anpassas om en ökad riskbild anses finnas. Anpassning av specifika byggnader kan exempelvis handla om att inte inkludera källarplan eller att inte placera känslig utrustning i detta plan.

Att översvämningsanpassa befintliga områden utgör oftast en större utmaning i jämförelse med ny bebyggelse. Förutom att ta hänsyn till befintliga områden i planeringen av nya områden kan en strategi, som tidigare nämnts, vara att skydda bebyggelse eller andra samhällsstrukturer genom ytlig avledning eller fördröjning på "säker" plats. En anpassning som kan göras i befintliga områden är dock att se över de komponenter som kan bidra till att vatten kommer in i byggnader, det vill säga ledningsnätet samt ytliga flödesvägar som garagenedfarter och källartrappor. För översvämningsproblem via ledningsnätet kan exempelvis backventiler eller pumpar vara en lösning för den enskilda fastighetsägaren medan markhöjning, eller anläggning av andra strukturer för att skapa en högre tröskelnivå, kan hjälpa mot vatten som kommer ytledes. Det ska dock förtydligas att backventiler och pumpar endast minskar översvämningsproblematiken lokalt men kan förflytta samt förvärra problemen för närliggande fastigheter och områden.

6.6 Information

Information till allmänheten är en viktig del i det översvämningsstrategiska arbetet. Information kan innebära att upplysa allmänheten om tillfälliga översvämningszoner och vilket förhållningssätt som är lämplig vid dessa. Det kan samtidigt innebära kampanjer för att upplysa fastighetsägare om skyldigheter och möjligheter för översvämningskydd av den enskilda fastigheten, exempelvis med avseende på backventiler eller lämpligt användningsområde för källare i utpekade riskområden.

6.7 Beredskapsplanering

Att planera för översvämningsrisker kopplade till regn när det gäller nybyggnation samt att genomföra översvämningsförebyggande åtgärder i befintliga områden kommer inte att eliminera översvämningsproblematiken vid skyfall. Det är därför av stort intresse för kommunen att ha beredskap för en sådan händelse. Beredskapsplanering av detta slag kan exempelvis inkludera identifiering av prioriterade objekt som således behöver skyddas alternativt evakueras i första hand. Det är också av vikt att det finns en tydlighet gällande beslutsfattande, resurser och ansvarsområden inför en krissituation. Sammanfattningsvis bör en beredskapsplan ge en idé gällande hur samt förbättra förutsättningarna för att situationen ska kunna hanteras på ett så bra sätt som möjligt.

7 Slutsats och rekommendation

Resultaten från föreliggande utredning visar att riskbilden för översvämningar i samband med kraftiga regn är stor i delar av Helsingborg. För att driva frågan vidare bör analys av konsekvens- och åtgärdskostnader genomföras för att fastställa vilka skyfallsrelaterade skadekostnader som är acceptabla samt ambitionsnivån för skydd av byggnader, anläggningar och övrig samhällsviktig verksamhet. En sådan ambitionsnivå kan beskrivas i en skyfallsplan som sedan fastställs av kommunfullmäktige (Svenskt vatten, 2016).

I föreliggande rapport har det ramverk som kommunen har att förhålla sig till presenterats i samband med översiktliga åtgärdsstrategier. Användningsområde för resultaten samt förslag till översiktliga strategier för vidare utredning och diskussion sammanfattas i punktform nedan.

- Resultaten från föreliggande modellering ger en översiktlig riskbild för var översvämningar i befintliga områden kan ske i samband med kraftiga regn.
- Resultaten kan användas i ett stadsplaneringsperspektiv med syftet att ge en översiktlig idé om riskbilden för översvämningar i områden för ny bebyggelse samt för identifiering av ytor lämpliga för implementering av fördröjning- och avledningsåtgärder.
- Åtgärdsstrategier för befintliga områden handlar huvudsakligen om att hitta lämpliga fördröjningsytor och avledningsstråk. Högre upp i avrinningsområdena bör fokus ligga på "säker" fördröjning och närmare recipient, generellt längre ner i avrinningsområdena, kan avledande åtgärder i större grad diskuteras.
- För ny bebyggelse kan kommunen arbeta vattenstrategiskt redan i planeringsskedet. Ett första steg är att inkludera översvämningsrisken vid skyfall när det gäller lokalisering av byggnader och anläggningar samt vid höjdsättning av dessa. Ytterligare en nivå är att utreda hur exploatering eller förtätning påverkar områden upp- respektive nedströms. Ett föredömligt perspektiv och ytterligare en nivå skulle vara att i planeringen se staden som helhet och oavsett områdesgränser sträva efter lösningar som skapar en mer resilient stad, i detta fall med avseende på översvämningsproblematik. Exemplifierat skulle detta kunna innebära framtagande av en metodik kring hur översvämningsrisker ska utredas och hanteras i planprocessen.
- Översvämningsfrågan spänner över många kommunala förvaltningar och inkluderar även andra aktörer. Om kommunen kommer överens om en övergripande strategi kring hur översvämningsproblematik (från hav, vattendrag och skyfall) bör hanteras kan det vara en god idé att implementera en arbetsgrupp med representanter från olika delar av organisationen. Arbetsgruppen skulle exempelvis kunna ha ett utpekat ansvar för att säkerställa att översvämningsperspektivet inkluderas i det dagliga arbetet.

8 Referenser

- Boverket. (2015). *Lagen om allmänna vattentjänster*. Hämtat från <http://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/detaljplan/temadelar-detaljplan/dagvatten-i-detaljplan/flera-lagar-reglerar-dagvatten/lagen-om-allmanna-vattentjanster/>
- DMI. (2012). *Drift af Spildevandskomitéens Regnmålersystem Årsnotat 2011*. København: Danmarks Meteorologiske Institut.
- Helsingborgs stad & NSVA. (2015). *Dagvattenprogram Helsingborgs stad, Dagvattenpolicy NSVA*.
- Jha, A. K., Bloch, R., & Lamond, J. (2012). *Cities and Flooding*. The World Bank.
- SMHI. (2016). *Vattenwebb, delavrinningsområde 256*. Hämtat från <http://vattenwebb.smhi.se/>
- Sweco. (2016). *Beredskapsplanering för skyfall*. Svenskt Vatten Utveckling.
- Svenskt vatten. (2016). *P110, Avledning av dag-, drän- och spillvatten, del 1 - Policy och funktionskrav för samhällets avvattnings*. Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten. (den 04 04 2016). *Vattentjänstlagen*. Hämtat från Svenskt Vatten: <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Management/Juridik/Vattentjanstlagen/>