

Skyfallsanalys för Vara kommun

Översiktlig översvämningsskartering vid skyfall



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

ISO 9001
Management System Certification
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Vara Kommun

Rapport

Oktober 2015

Skyfallsanalys för Vara kommun

Översiktlig översvämningsskartering vid skyfall

Framtagen för Vara Kommun
Kontaktperson Robert Isberg VA-Chef



Figurtext

Arial 7 pt kursiv RGB 0-65-101

Projektledare	Lars-Göran Gustafsson
Kvalitetsansvarig	Erik Mårtensson
Handläggare	Aida Reyhani Masouleh

Uppdragsnummer	12803052
Godkänt datum	2015-10-12
Version	Koncept 0.1
Klassificering	Öppen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

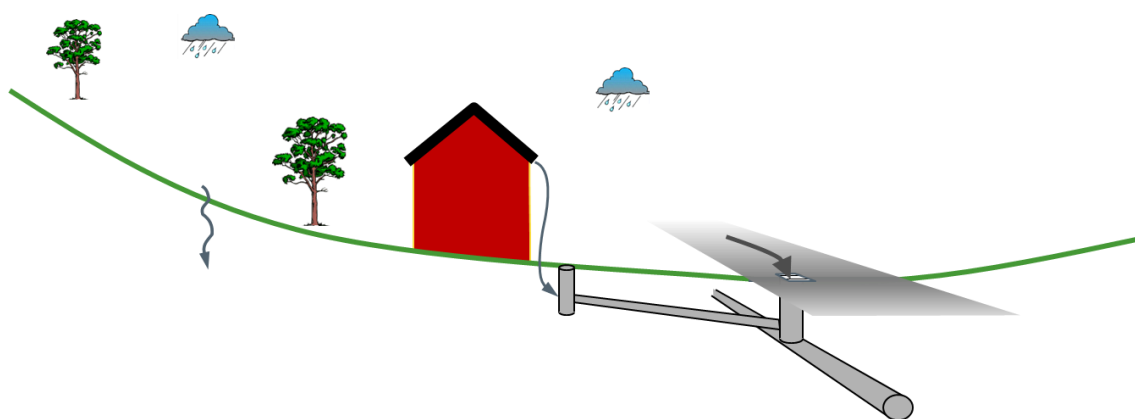
1	Inledning	2
2	Beräkningsförutsättningar	4
2.1	Markavrinningsmodellen	4
2.2	Dagvattensystemets kapacitet	4
2.3	Markens infiltrationsförmåga	5
2.4	Regnbelastning	6
2.4.1	Typregn	6
2.4.2	Skyfallet den 20 augusti 2014	7
2.5	Översvämning från vattendrag	9
2.6	Osäkerhet i antaganden	11
3	Resultat	13
3.1	Översvämning vid kortvariga lokala skyfall	13
3.2	Översvämning i Kvänum den 20 augusti 2014	15
4	Slutsatser och rekommendationer	20
4.1	Metod för konsekvensbedömning	21
5	Kartbilagor och GIS-skikt	22

1 Inledning

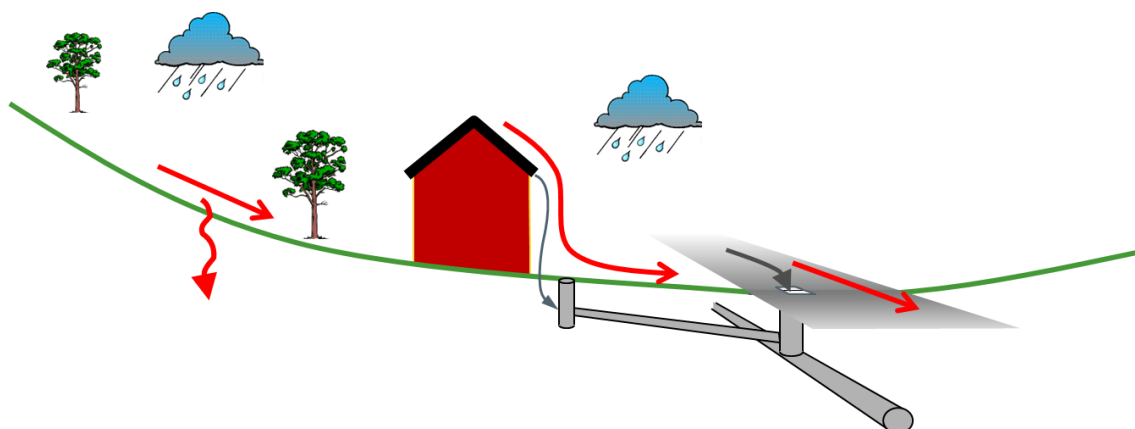
Vara kommun drabbades av ett extremt skyfall sommaren 2014, med flera drabbade fastigheter inom kommunen. För att förstå de bakomliggande orsakerna till detta och samtidigt ha ett bättre underlag för att planera förebyggande arbete, har en översiktlig översvämningskartering för de större tätorterna i kommunen beställts av DHI Sverige AB.

Utredningen innefattar kartering för tätorterna Vara, Stora Levene, Arentorp, Emtunga, Vedum, Tråvad, Jung, Kvänum och Larv.

Vid normala regn hanteras regnvolymen antingen genom avledning till samhällets dagvattensystem eller genom infiltration på permeabla, gröna ytor (Figur 1-1). Vid extrema regn överskrider dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker en avrinning på markytan som skapar en marköversvämning (Figur 1-2).



Figur 1-1 Principbild över vattnets transportvägar vid normala regn.



Figur 1-2 Principbild över vattnets transportvägar vid extrema regn.

Avrinnings- och översvämningsberäkningar har genomförts med hjälp av en 2D hydraulisk markavrinningsmodell. Ett 100-årsregn och ett 200-årsregn i dagens klimat har analyserats. Dessutom har det verkliga skyfallet som inträffade 2014-08-20 analyserats för tätorten Kvänum. Utifrån dessa modellberäkningar har översvämningsutbredning, vattendjup och flödesriktningar kartlagts. Metodiken följer den metod vilken utvecklats i det MSB-finansierade projektet

"Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå" (Mårtensson och Gustafsson, 2014).

I föreliggande rapport redovisas beräkningsförutsättningar (kapitel 2), resultat (kapitel 3) samt slutsatser och rekommendationer (kapitel 4). Resultat i form av beräknade maximala vattendjup och utbredning, samt vattenhastigheter, har även levererats som GIS-skikt i raster ASCII-format, samt som kartbilagor i PNG- och PDF-format (se översikt i kapitel 5).

2 Beräkningsförutsättningar

2.1 Markavrinningsmodellen

Utifrån den nationella höjdmodellen (RH 2000, SWEREF 99 12 00) från Lantmäteriet har en tvådimensionell hydraulisk markavrinningsmodell etablerats för respektive tätort i programvaran MIKE 21. Respektive modellområde täcker med god marginal in avrinningsområdena för respektive tätort. Den horisontella upplösningen i modellerna har satts till 4 m. Valet av upplösning har gjorts med hänsyn till att kunna beskriva urbana strukturer tillräckligt detaljerat och samtidigt få rimliga beräkningstider.

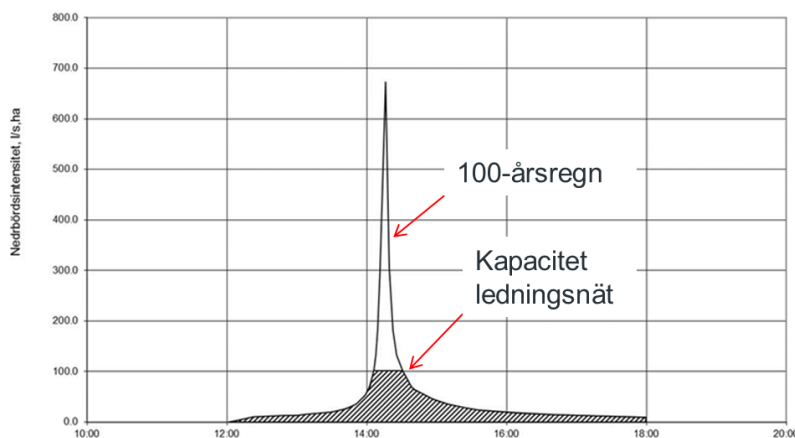
Terrängmodellen har modifierats för att möjliggöra transport av vatten runt husen genom att nivån för alla hus och byggnader höjts upp jämfört med omkringliggande områden. Nivåer i viadukter har sänkts för att representera nivån i viadukten och inte nivån på vägen över.

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, vägar och ett antal större områden för industrimark, parkeringsytor och dylikt.

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 systemen och kan vara både högre och lägre. Vid skyfall, dvs. regn med mycket hög återkomsttid och intensitet, är ledningssystemets kapacitet begränsad i förhållande till regnvolymen. Vid skyfall kommer stora mängder regn på kort tid och ledningsnätet kan inte klara av att avleda hela regnvolymen.

Hänsyn till ledningsnätets kapacitet har tagits genom att i modellen reducera regnintensiteten över hårdgjorda ytor med den del som motsvaras av antagen kapacitet, medan regnet över genomsläppliga ytor bibehålls enligt vald regndefinition (se avsnitt 2.4). Principen illustreras av Figur 2-1. Vid de här genomförda beräkningarna har det antagits att ledningsnäten i samtliga studerade tätorter har en kapacitet motsvarande ett 10-årsregn.



Figur 2-1 Illustration av hur studerat regn reduceras över hårdgjorda ytor med hänsyn till ledningsnätets bedömda kapacitet.

2.3 Markens infiltrationsförmåga

Till terrängmodellen har en infiltrationsmodul kopplats som låter delar av vattnet infiltrera istället för att rinna av på ytan. På alla genomsläppliga ytor (gräs etc.) används infiltrationsmodulen. I modulen beskrivs jordlagrets mäktighet, jordlagrets porositet, jordlagrets infiltrationsförmåga, jordlagrets vertikala läckage till grundvattenytan i underliggande jordlager samt initial mätnadsgrad.

Jordartskartan ger information om jordlagerföljden från ca 0.5 m under markytan. I urban miljö är det rimligt att anta att det översta jordlagret i huvudsak utgörs av matjord och i rural miljö av humus. Matjord och humus kan i dessa fall antas ha en infiltrationshastighet på i storleksordningen 20 - 40 mm/h. Dessa ytliga jordlager kan dock antas vara påverkade av underliggande jordarter, dvs. med inblandning av jordarter enligt jordartskartan. Vid bedömning av infiltrationshastigheter har därför hänsyn tagits till underliggande jord (enligt jordartskartan). Det vertikala läckaget i infiltrationsmodulen utgörs av kapaciteten djupare ner i jordprofilen och är därför i större omfattning påverkad av jordarna enligt jordartskartan. Antagna infiltrations- och läckagehastigheter, samt initial vattenhalt anges i Tabell 2-1.

Jordlagret i infiltrationsmodulen har givits en mäktighet på 0.3 m och en porositet på 40 %. Detta innebär att lagrets totala magasinskapacitet är 120 mm (300 mm gånger 0.4). Undantag från detta är klass 1 (tunt jordlager på berg) som getts en magasineringskapacitet på 40 mm. Initial vattenmängd i det övre jordlagret varierar dels beroende på årstid och hur mycket det regnat under den senaste veckan, dels beroende på jordart (som har varierande portryck). Vid de studerade beräkningsfallen antas att skyfallen sker sommartid och att de föregåtts av en veckas torrväder.

Tabell 2-1 Infiltrations- och läckagehastigheter samt initial vattenmängd och tillgänglig magasineringskapacitet vid regnstart för de olika jordartsklasserna.

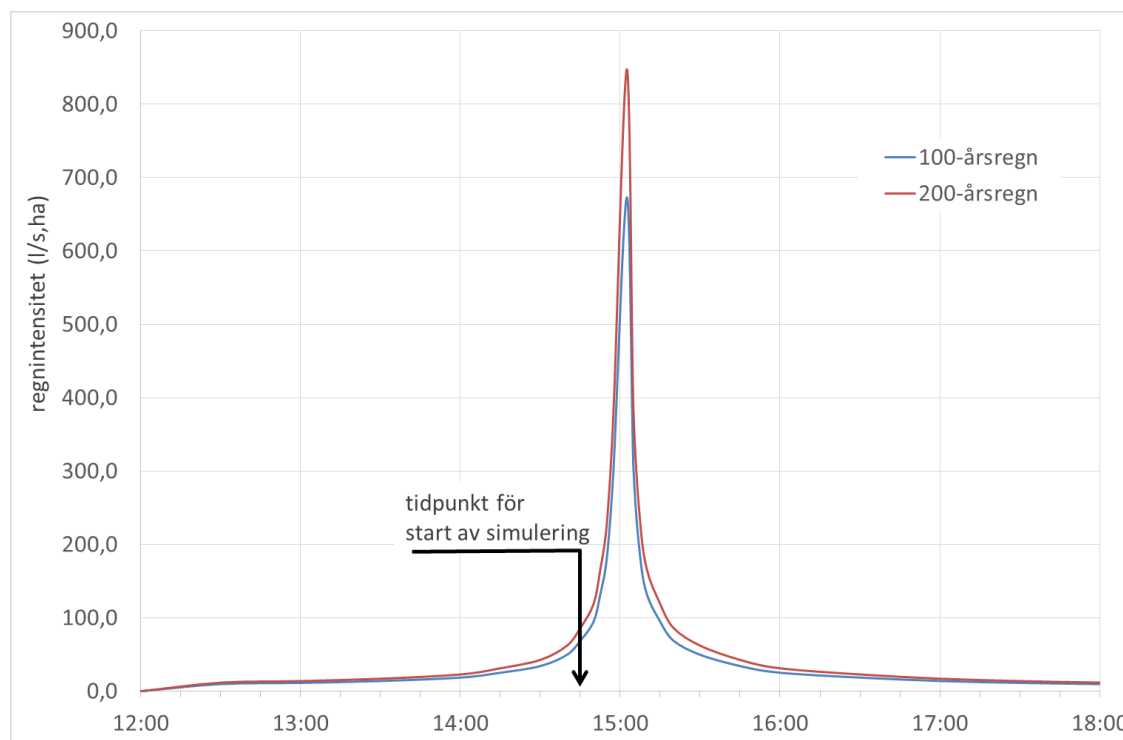
Jordart	Infiltrations-hastighet (mm/h)	Läckage-hastighet (mm/h)	Initialt vid regnstart (%)	Tillgänglig magasineringskapacitet (mm)
Klass 1 - Tunt jordlager på berg	36	0,04	20	32
Klass 2 - Sand och grus	180	180	10	108
Klass 3 - Inslag av sand och grus	72	36	20	96
Klass 4 - Morän	36	4	30	84
Klass 5 - Inslag av silt, lera och torv	18	2	40	72
Klass 6 - Silt och lera	4	0,4	45	66

2.4 Regnbelastning

En förutsättning för att det skall vara rimligt att förenkla ledningssystemets inverkan till ett schablonmässigt avdrag från regnet 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 närmre det valda regnet ligger i förhållande till ledningssystemets kapacitet, ju större blir osäkerheten i denna förenkling. Syftet med föreliggande utredning har varit att bedöma konsekvenserna vid extrema regn, d.v.s. skyfall med intensitet och volym som vida överstiger ledningssystemets kapacitet.

2.4.1 Typregn

Två typregn med olika intensitet har studerats: ett regn med 100-års återkomsttid och ett med 200 års återkomsttid, båda baserat på dagens klimat. Värt att notera är att ett 200-årsregn i dagens klimat ungefär motsvarar dagens 100-årsregn med en klimatkfaktor på 1,25. De valda regnen är av typen CDS med central regntopp och en total varaktighet på 6 timmar. Regnintensiteter för respektive återkomsttid har ansatts enligt Svenskt Vatten P104 (Dahlström 2010), se Figur 2-2. Enbart den mest intensiva 30-minutersperioden och efterföljande efterregn har studerats med modellen, då intensiteten för förregnet är lägre än bedömd kapacitet för både ledningsnät och markens infiltrationsförmåga. Vid 100-årsregnet faller totalt ca 44 mm regn under den intensivaste 30 minutersperioden. Motsvarande volym för ett 10-årsregn är ca 21 mm, vilket i denna studie antagits motsvara ledningsnätets kapacitet. 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, samt efterföljande efterregn som har en volym på ca 20 mm. För 200-årsregnet är den totala nederbördsvolymen ca 56 mm under de intensivaste 30 minuterna, varför hårdgjorda ytor vid detta regn belastas med regnvolymen 35 mm (ledningssystemets bedömda kapacitet för de intensivaste 30 minuterna är 21 mm).

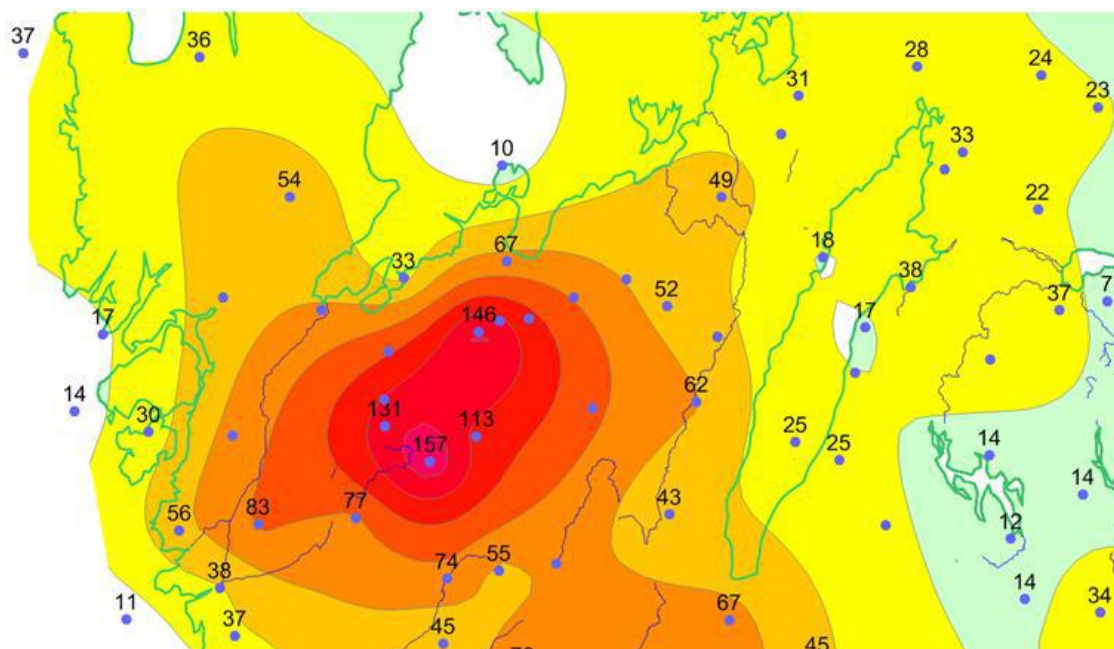


Figur 2-2 Regnintensitet för studerade regn av typen CDS med återkomsttid 100 och 200 år. Simuleringen startas kl.14:45 enligt markering.

Den initiala markvattenhalten vid respektive beräkning har anpassats efter regnvolymen i förregnet, dvs. den regnvolym som faller innan den intensiva regntoppen inträffar (före markerad starttid för beräkning i Figur 2-2). Regnvolymen i förregnet är ca 20 mm vid 100-årsregnet och ca 25 mm vid 200-årsregnet. Vid beräkningarna reduceras därför det tillgängliga magasinet i marken enligt Tabell 2-1 med 20 mm vid 100-årsregnet och 25 mm vid 200-årsregnet. Översvämning från vattendrag

2.4.2 Skyfallet den 20 augusti 2014

På morgonen den 20 augusti 2014 drabbades västra Götaland av ett kraftigt skyfall. I Figur 2-3 visas regnets utbredning med total uppmätt regnvolym den 19-20 augusti enligt SMHIs stationsnät. I mätstationen i Hällum, mellan Stora Levene och Jung, föll 146 mm under dessa dygn, varav 134 mm under en period på 24 timmar och 83 mm mellan kl. 4 och 8 den 20 augusti.



Uppmätta regnvolymen enligt SMHI den 19-20 augusti 2014. Blå prickar visar SMHIs mätstationer. Den vita pilen pekar på mätstationen i Hällum, varifrån data hämtats

Modellberäkningar med skyfallet den 20 augusti 2014 har genomförts för tätorten Kvänum. Regnets volym och intensitetsvariation har hämtats från närmaste automatiska mätare inom SMHIs stationsnät ("Hällum A"), där 15-minutersvärden lagras. Mätstationen ligger ca 9 km väster om Kvänum. Regnets intensitetsvariation visas i Figur 2-4 (endast den avslutande mer högintensiva delen visas). Som jämförelse visas även det typregn med 100-års återkomsttid som studerats (se beskrivning under 2.4.1).

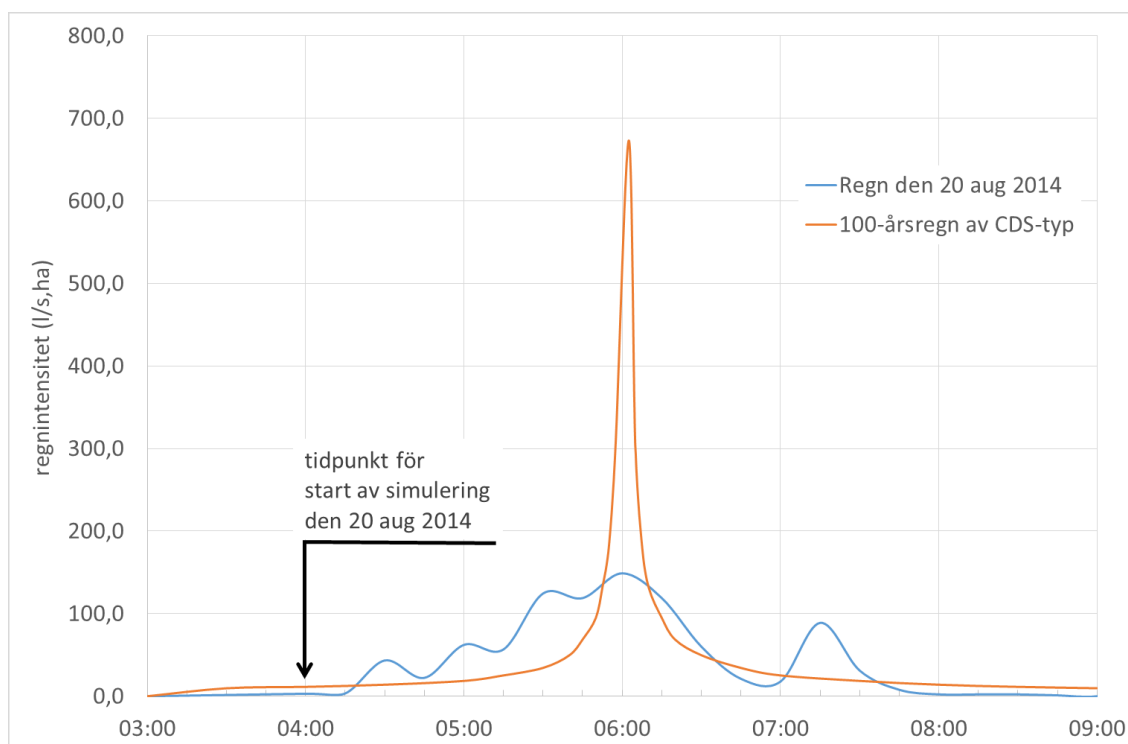
Regnet den 20 augusti är mindre intensivt och lite mer utdraget i tiden jämfört med studerat typregn. Enligt den strikta definitionen av ett skyfall, >50 mm/h eller >1 mm/min, var det faktiskt heller inget skyfall enligt mätdata i Hällum (men benämns ändå som skyfall här). I Tabell 2-2 visas maximal regnvolym och återkomsttid för olika varaktigheter under regnet. Den totala volymen under 24 timmar ger en återkomsttid på ca 150 år och de intensivaste 4 timmarna ger en återkomsttid på ca 130 år, medan den mest intensiva 15-minuterstoppen endast hamnar på 6 års återkomsttid.

Regnvolymen under de kortare varaktigheterna är mest kritiska för ledningsnätets kapacitet. Exakt vilken beror på rinntiden i ledningsnätet, men för ett samhälle som Kvånum bedöms den kritiska varaktigheten ligga inom 15-20 minuter för ledningarna längst nedströms.

Under antagande att ledningsnätet klarar ett 10-årsregn kommer därmed avrinningen från anslutna hårdgjorda ytor kunna hanteras av ledningsnätet. Vid ett av de studerade scenarierna med markavrinningsmodellen belastas därför inte de hårdgjorda ytorna med något regn, utan antas kunna avledas via ledningsnätet. I praktiken kan det dock finnas lokala kapacitetsbegränsningar och det kan också bli dämning från höga nivåer i vattendraget (Jungån) som begränsar kapaciteten i ledningsnätet. Vid ett alternativt scenario med modellen har därför ledningsnätets kapacitet räknats bort i modellberäkningen. Vid denna beräkning har således samtliga ytor belastats med hela regnet den 20 augusti 2014, dvs ett alternativt scenario där det antas att det inte finns något ledningsnät alls.

Tabell 2-2 Maximal regnvolym och återkomsttid för olika varaktigheter under regnet den 20 augusti 2014. Vid den längre varaktigheten (1440 min = 24 timmar) innefattas även regnvolym som föll den 19 augusti).

Varaktighet (min)	Volym (mm)	Återkomsttid (år)
15	13,4	6
30	24,1	16
60	46,0	60
120	64,1	95
240	83,5	129
1440	134,4	150



Figur 2-4 Regnintensitet under skyfallet den 20 augusti 2014 enligt data från SMHIs mätstation i Hällum. Simuleringen startas kl. 4:00 enligt markering. Som jämförelse visas även studerat typregn med 100 års återkomsttid.

Enligt beskrivningen ovan föregicks skyfallet den 20 augusti 2014 av ett regnrikt dygn. Totalt föll 54 mm under den 19 augusti fram till kl. 4 den 20 augusti. Vid modellberäkningarna reduceras därför den tillgängliga magasin kapaciteten i marken enligt Tabell 2-1 med 54 mm vid modellering av detta regn.

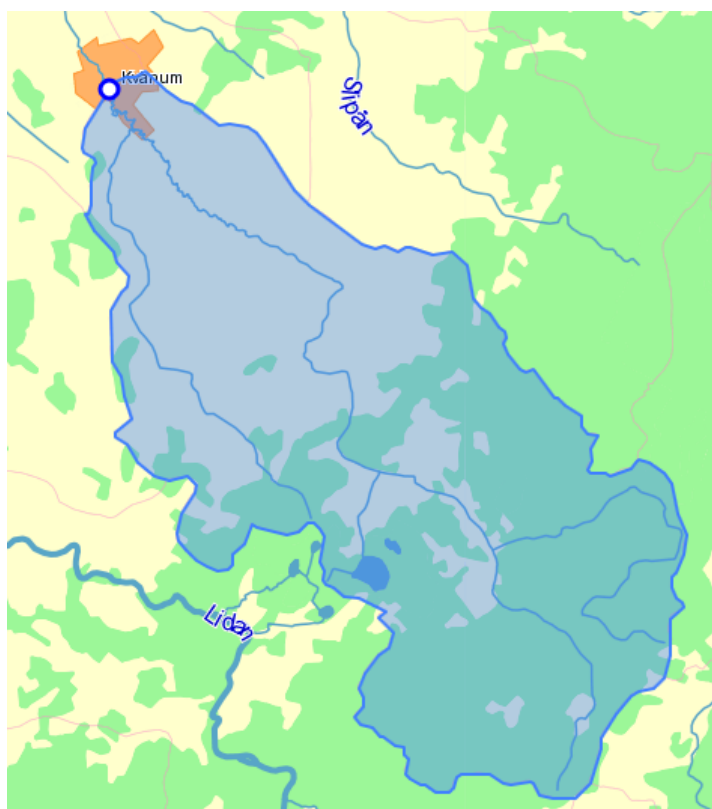
2.5 Översvämning från vattendrag

Flöden i vattendrag påverkas ofta mindre av kortvariga intensiva skyfall. Anledningen är att rinntiden i ett vattendrags avrinningsområde ofta är mycket längre än varaktigheten för ett typiskt skyfall och det är därför helt andra hydrologiska situationer och regnhändelser som är kritiska för vattendrag, jämfört med avrinning i urbana miljöer. Det kan röra sig om ett snösmältningsförlopp eller ihållande regn under en längre tid över ett eller flera dygn, snarare än ett kort och intensivt skyfall som analyserats i denna studie.

Flertalet av de vattendrag som ligger inom Vara kommun har också ett större uppströms liggande avrinningsområde som inte innefattas av nuvarande modellområden, där det vid beräkning med typregnen (avsnitt 2.4.1) antagits att skyfallet är lokalt över respektive tätort och inte innefattar uppströms liggande avrinningsområden för respektive vattendrag. Eventuella inflöden från dessa delar har därmed inte beaktats i här redovisade beräkningar.

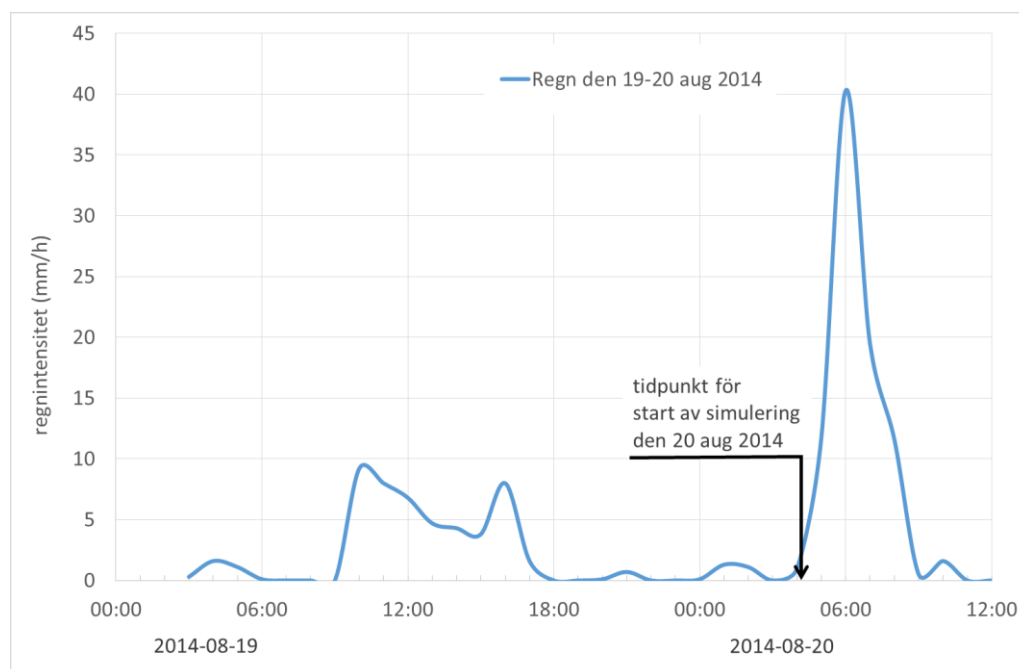
Ett undantag från denna avgränsning har dock gjorts för tätorten Kvänum vid analys av översvämningar i samband med det verkliga regnet från den 20 augusti 2014 (se avsnitt 2.4.2). Detta regn var speciellt i den bemärkelsen att det både var långvarigt och volymsrikt samtidigt som det innefattade en mer högintensiv skyfallsdel som avslutning (se Figur 2-6). Regnet var därmed ogynnsamt genom att det både orsakade kraftig flödesökning i vattendraget (Jungån) och översvämningar i tätorten till följd av den mer intensiva avslutande delen av regnet. Vid denna modellering har därför flödet i Jungån beräknats med en hydrologisk modell (MIKE11 NAM) utgående från avrinningsområdesdata tagna från SMHI Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>).

Avrinningsområdet uppströms Kvänum är ca 73 km² och innefattar Prästabäcken och Glättestorpsbäcken, se Figur 2-5. Avrinningsområdet består till ca 40 % av jordbruksmark och i övrigt främst skogsmark. Till övervägande del består området av finkorniga jordarter (lera, torv och finkornig morän) med begränsad infiltrationsförmåga. Sjöarealen är mindre än 1 %. Sammantaget innebär detta att avrinningen inom området är förhållandevis snabb, med kraftig respons vid intensiv nederbörd.



Figur 2-5 Avrinningsområde för Jungån som passerar Kvånum.

I Figur 2-6 visas beräknat flöde i Jungån genom Kvånum. Beräkningen baseras på uppmätt regndata i SMHIs mätstation "Hällum A" för perioden 2014-01-01 till och med 2014-08-20. Skälet till att så lång period studerats är för att kunna beräkna initial markvattenhalt då skyfallet föll. Då uppmätta data från Jungån saknas, har de hydrologiska modellparametrarna som beskriver rinntid och regnrespons baserats på erfarna värden från tidigare kalibrerade områden med liknande topografi och hydrogeologi. Beräkningarna har också stämts av mot modelldata med dygnsupplösning enligt SMHI Vattenwebb för Jungån.



Figur 2-6 Beräknat flöde i Jungån genom Kvänum. Även regnintensiteten under perioden visas i diagrammet.

2.6 Osäkerhet i antaganden

Beräkningarna har gjorts med en 2D markavrinningsmodell. Ledningssystemets kapacitet hanteras med schablonmässiga avdrag motsvarande regn med olika återkomsttid. Infiltration på permeabla ytor har hanterats med en infiltrationsmodul. Denna modul beskriver infiltrations- och magasinkapacitet i det översta jordlagret. Regnen har antagits inträffa under en hydrologiskt torr sommarperiod. Detta innebär att det översta jordlagret antagits vara relativt torrt vid regnets början. Förregnet har fyllt magasinet ytterligare vid beräkningens start, enligt avsnitt 2.2 och 2.3. Nämda förutsättningar och antaganden har gjorts för att så långt som möjligt beskriva en trolig situation då ett skyfall inträffar. En situation där en del av vattnet hanteras via ledningssystemet eller infiltrerar. Desto större regn som studeras, desto mindre är dessa osäkerheter.

Det faktum att studerade regn antas falla under en torrare period kan i det generella fallet innebära gynnsamma förhållanden jämfört med om motsvarande regn skulle falla t ex senare på hösten, eller efter att det regnat ansevärliga mängder dagarna före sommartid. Det kan därför förefalla naturligt att dessa antaganden bidrar till stora osäkerheter i resultaten. Detta gäller dock främst inom områden med en relativt god infiltrationskapacitet, ca 30 mm/h eller högre (t ex morän och grövre friktionsjordar). I det aktuella fallet utgörs dock stora delar av de studerade områdena av mindre genomsläppliga jordlager med silt och lera. I detta fall kommer inte magasineringsförmågan vara avgörande, då den ändå inte hinner utnyttjas under de snabba regnförlopp som studerats, utan snarare ansatt infiltrationskapacitet i markytan. De största osäkerheterna ligger därför i bedömd infiltrationsförmåga i marken och bedömd kapacitet för ledningsnätet.

En felaktig bedömning av kapaciteten av ledningsnätet innebär i praktiken en förändrad översvämningsvolym på ca 15 % vid ett 100-årsregn. Detta om kapaciteten i verkligheten skulle motsvara ett 5-årsregn och inte ett 10-årsregn. Detta i sin tur ger en förändrad utbredningsyta och vattendjup för översvämnningarna på ca 5-10 %, räknat som ett medel över ett större område. Det faktum att ledningsnätet inte beskrivs explicit, kan dock ge större avvikelser lokalt. Ett exempel på detta kan vara att vatten från uppströms områden förflyttas nedströms genom ledningsnätet, men när det når en förträngning i ledningsnätet svämmas dagvattenbrunnar över och ger marköversvämnung.

Osäkerheterna i bedömd infiltrationsförmåga i marken kan lokalt vara ganska stora. I områden med stora arealer med genomsläppliga ytor är därför resultaten mer osäkra än inom bebyggelse med stor andel hårdgjord yta (se även längre ner i detta avsnitt).

Avdunstningen är en viktig faktor för hur snabbt vatteninnehållet minskar i de övre jordlagren mellan olika regn, framförallt kopplat till växternas transpiration. Hänsyn har tagits till detta vid bedömning av initialt vatteninnehåll i marken vid regnets start. Under ett kortvarigt skyfall kan dock inte avdunstningsprocesserna ha någon avgörande betydelse. Under sommaren ligger avdunstningen i genomsnitt på ca 3-4 mm/dygn. Under ett översvämningsförlopp på ett fåtal timmar, likt de som studerats här, kommer därmed avdunstningen att vara helt försumbar, och under regnets varaktighet mycket nära noll. Avdunstningen är därför inte medtagen i genomförda modellberäkningar av översvämningsförloppen.

Ytterligare antaganden som gjorts vilka bedöms kunna påverka resultaten, om än i mindre utsträckning, är:

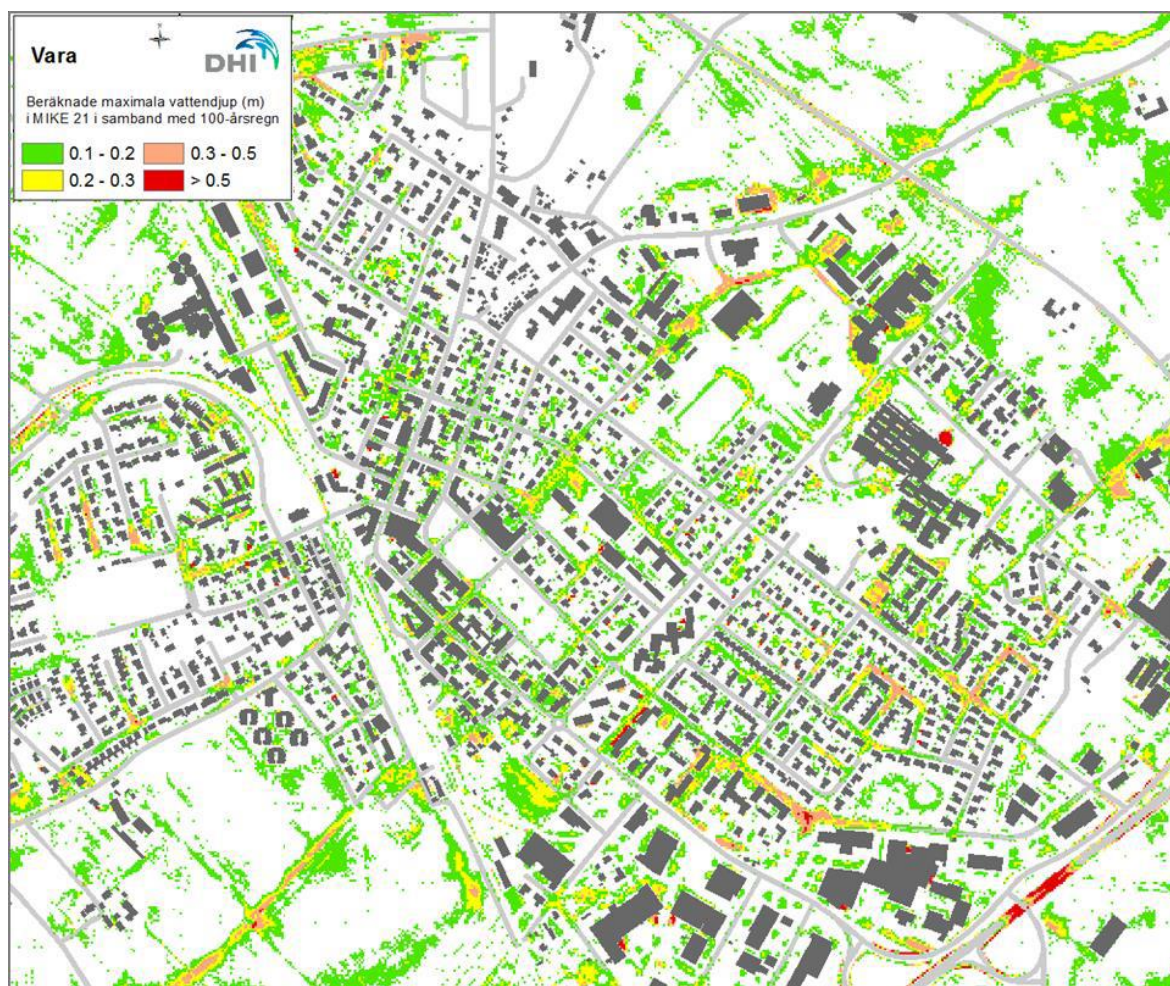
- Brister i höjddata.
- Detaljerade urbana strukturer såsom kantstenar, murar och andra "smala" avgränsningar kan ej hanteras av höjdmodellen. Även med en förbättrad upplösning (1-2 meter) är denna typ av strukturer svåra att få med.
- Portaler i byggnader till innergårdar, som inte finns medtaget i modellen, kan ha lokal inverkan på beräknade vattendjup.
- Andelen hårdgjorda ytor är sannolikt underskattat i vissa delar och överskattad i vissa delar av modellen. Detta styr vilket Mannings tal som ansätts samt huruvida infiltration i marken är möjlig. Å andra sidan är dagvattennätets kapacitet i samma storleksordning som infiltrationskapaciteten. Detta medför att man får liknande översvämning vid hårdgjorda ytor som har ledningsnät som vid genomsläppliga ytor utan ledningsnät.
- Råheten (Mannings tal) på permeabla ytor har satts till $M=2$. Det skulle, beroende på lokala förhållanden, kunna vara både högre och lägre ($M=1$ till 5). Sannolikt i de flesta fall högre. Detta påverkar huvudsakligen själva översvämningsförloppet och därmed de intermediära maxdjupen. Det påverkar även i viss mån beräknad infiltration (snabbare transport ger mindre tid för infiltration).

3 Resultat

3.1 Översvämning vid kortvariga lokala skyfall

De primära resultaten från beräkningarna består av översvämningskartor som visar maximala vattendjup under översvämningsförloppet. Även maximala vattenhastigheter (och riktningar) har beräknats. Kartorna illustrerar en situation då ledningssystemet är fullt och vattendjupen maximala, vilket i praktiken inte sker vid exakt samma tidpunkt. Översvämningskartorna visar de viktigaste avrinningsvägarna och områden där vatten riskerar att bli stående och orsaka en översvämning på ytan i samband med ett skyfall.

Ett exempel på en översvämningskarta visas nedan i Figur 3-1. Översvämningskartor har även tagits fram i PDF-format för respektive tätort (se översikt i kapitel 5). Resultaten är även levererade som ArcGIS-filer. Dessa används lämpligen för att studera och analysera resultaten mer i detalj tillsammans med annan lämplig kartinformation.



Figur 3-1 Beräknade maximala översvämningsdjup i Vara vid ett 100-årsregn.

För att få en uppfattning om olägenheter och skador som regnet riskerar att orsaka kan följande djupintervall användas som riktvärden då översvänningskartorna studeras.

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

I Tabell 3-1 jämförs hur stor del av respektive studerad tätort som översvämmas med olika vattendjup (minst 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m) vid 100-årsregnet. Motsvarande resultat för 200-årsregnet visas i Tabell 3-2.

Viktigt är att samtidigt ha i åtanke att översvämningar, dvs. ansamlingar av vatten på markytan, inte nödvändigtvis utgör ett problem. Problem uppstår när vattnet orsakar en värde förlust, påverkar kommunikation/transport, eller vid risk för hälsa och liv. Exempelvis uppstår sällan en värde förlust då grönytor översvämmas medan stora värden kan gå förlorade då t.ex. ett villaområde eller större trafikled drabbas. Av detta skäl kan det vara av intresse att efterbearbeta översvänningskartorna med avseende på vilka fastigheter, vägar och annan samhällsviktig verksamhet som påverkas och i vilken grad (se vidare kommentarer under kapitel 4).

Tabell 3-1 Översvänningsyta i procent relativt respektive tätorts totala yta, med vattendjup större än 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m i samband med ett 100-årsregn. Angiven total yta för respektive tätort avser av kommunen markerat intresseområde exklusive byggnaders yta.

Tätort	Total yta (ha) för tätorten	Översvänningsyta (%) med vattendjup		
		> 0.1 m	> 0.3 m	> 0.5 m
Stora Levene	70	7.6	0.7	0.1
Jung	100	17.9	2.1	1.2
Kvänum	130	21.7	3.2	1.1
Arentorp	44	3.3	0.2	0.0
Vara	320	20.4	1.9	0.4
Emtunga	28	3.6	0.3	0.0
Tråvad	130	7.2	2.5	1.0
Vedum	120	4.8	1.1	0.4
Larv	15	0.4	0.0	0.0

Tabell 3-2 Översvämningsyta i procent relativt respektive tätorts totala yta, med vattendjup större än 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m i samband med ett 200-årsregn. Angiven total yta för respektive tätort avser av kommunen markerat intresseområde exklusive byggnaders yta.

Tätort	Total yta (ha) för tätorten	Översvämningsyta (%) med vattendjup		
		> 0.1 m	> 0.3 m	> 0.5 m
Stora Levene	70	11.1	1.4	0.1
Jung	100	23.0	2.8	1.5
Kvänum	130	27.8	5.0	1.5
Arentorp	44	4.7	0.3	0.0
Vara	320	27.0	3.3	0.6
Emtunga	28	7.0	0.5	0.1
Tråvad	130	10.0	3.2	1.8
Vedum	120	6.5	1.6	0.6
Larv	15	1.4	0.2	0.0

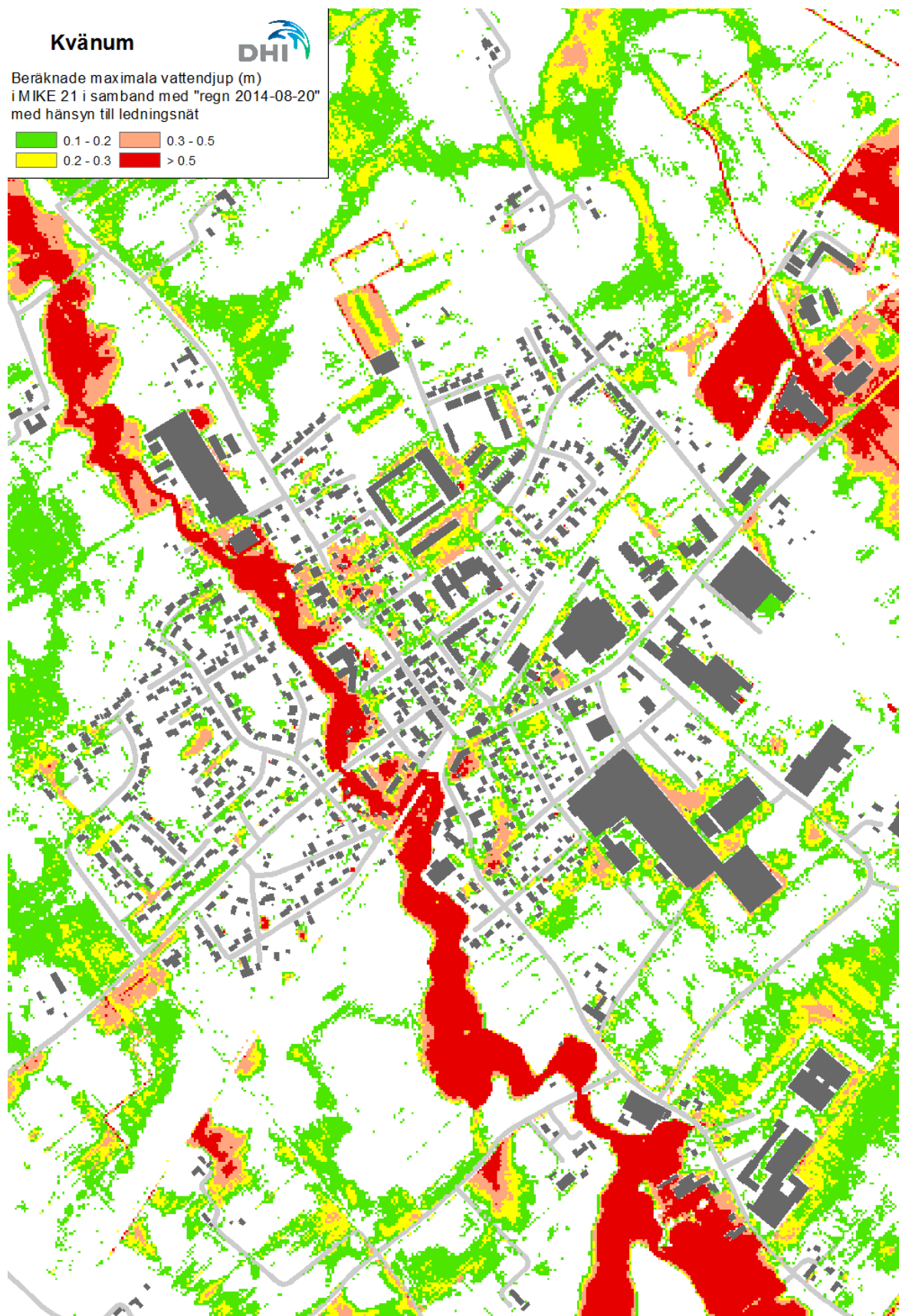
3.2 Översvämning i Kvänum den 20 augusti 2014

Vid simulering av översvämningen i Kvänum den 20 augusti 2014 har även hänsyn tagits till flödet i Jungån och den översvämning som sker från ån (se avsnitt 2.5.1). Simuleringen startades kl.4 (strax innan den intensiva delen av regnet) och pågick fram till kl.22 för att täcka in tidpunkten då flödet i Jungån når sitt max.

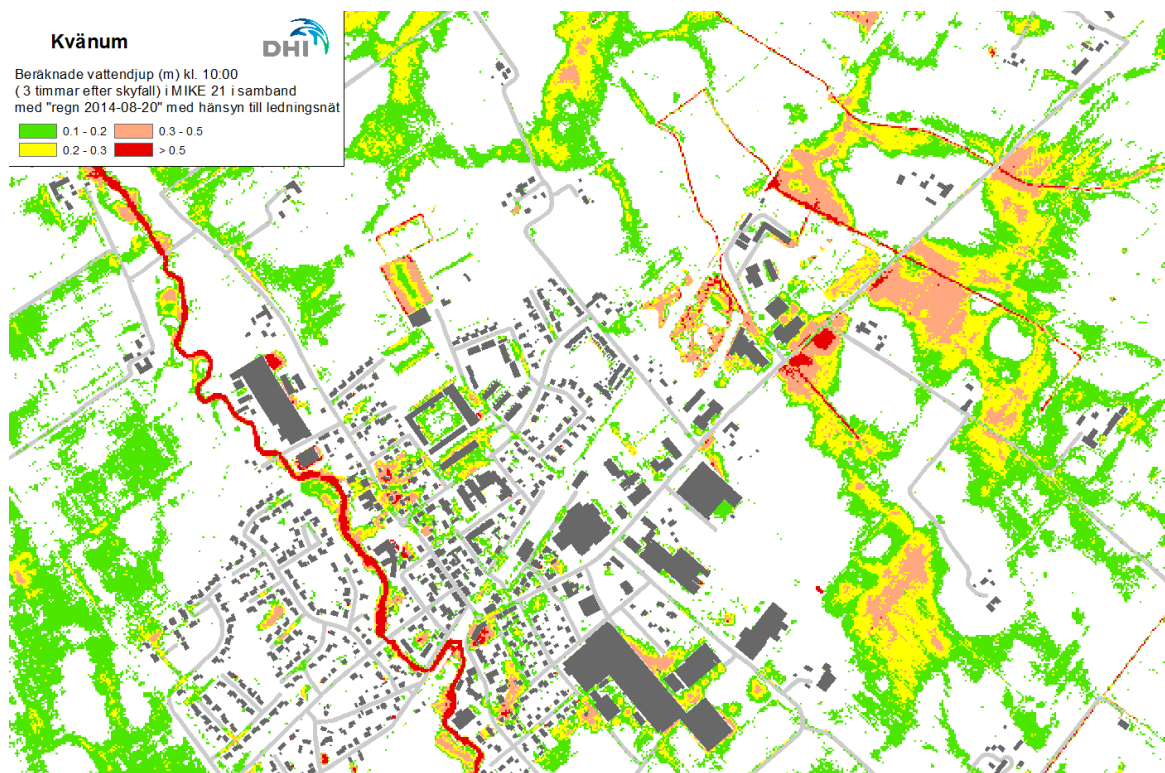
I Figur 3-2 visas beräknat maximalt vattendjup i Kvänum den 20 augusti 2014. Resultaten avser beräkning med hänsyn till ledningsnätets kapacitet (se avsnitt 2.4.2). Notera att kapaciteten och därmed tryckförlusterna vid broarna över Jungån är mycket översiktligt beskrivna genom korrigeringar i höjdmodellen. Det kan därför mycket väl vara så att nivån inom vissa partier av Jungån överskattas och i andra partier underskattas till följd av den förenklade beskrivningen. Under översvämningen gjordes en notering av nivån i Jungån ca kl.19 (se markerad plats i kartan). Enligt denna observation var nivån i denna punkt +78.66. Motsvarande beräknad nivå är +78.75, vilket får anses vara en mycket god överensstämmelse med tanke på anmärkningen ovan samt att inga flödesmätningar fanns att tillgå för att kalibrera modellen.

I Kvänums nordöstra del visar beräkningen ett antal områden med ganska stora maximala vattendjup (> 0.5 m). Dessa områden, som är instängda enligt höjdmodellen, fylls successivt på med långsam naturmarksavrinning från områden österifrån. I beräkningsresultaten för 100- och 200-årsregnen erhålls inte lika stora vattendjup. Detta beror dels på att regnet den 20 augusti är mer volymsrikt med högre vattenmättnad i marken och större markavrinning som följd, dels det faktum att beräkningen för den 20 augusti inkluderar en längre period efter regnet för att även innefatta tidpunkten då maximalt flöde i Jungån inträffar. Vid beräkningen av 100- och 200- årsregnet är beräkningsperioden kortare (3 timmar) och anpassad för avrinningsförloppen i tätorten, vilket gör att allt vatten från de östra delarna inte till fullo hunnit fram till dessa instängda områden då beräkningen stoppades. Detta framgår av visade översvämningskartor i Figur 3-3 och 3-4, som visar beräknat översvämningsdjup kl.10 (ca 3 timmar efter skyfallet) respektive kl.22 (vid beräkningens slut) den 20 augusti. I kartan för situationen kl.10 finns det fortfarande en hel del vatten öster om samhället som långsamt rinner västerut (se pilar i kartan).

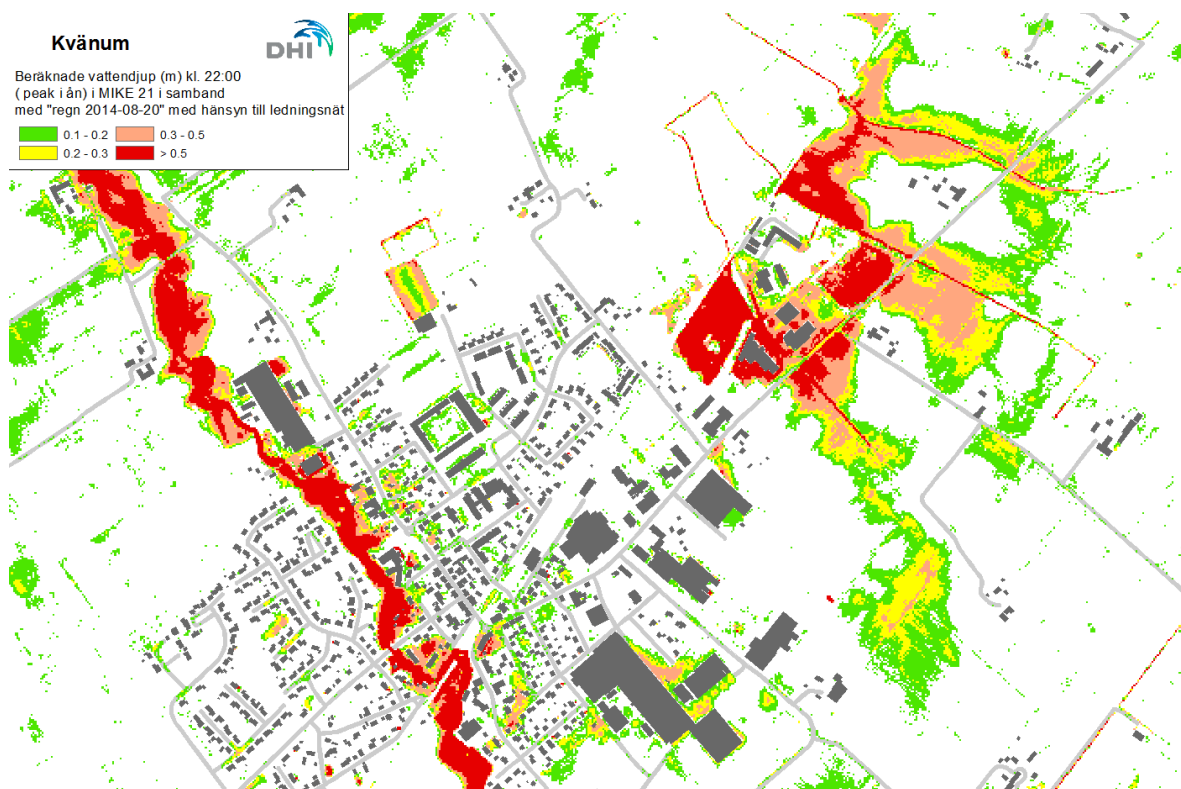
12 timmar senare har huvuddelen av detta vatten istället hamnat i de instängda områdena (inringade i kartan). Det kan mycket väl vara så att dessa instängda områden i den nordvästra delen av Kvänum har kontakt med diken västerut via en eller flera vägtrummor, som inte beskrivs med den förenklade beräkningsmetodiken som använts. För att kunna beskriva detta korrekt krävs koppling till en ledningsnätsmodell. Det kan också vara så att dagvattenledningsnätet i dessa områden har ledig kapacitet flera timmar efter regnet, med möjlighet till avrinning via ledningsnätet, vilket inte heller kan beskrivas med denna beräkningsmetodik. Ovanstående begränsningar i avrinningsfunktion flera timmar efter regnet kan endast beskrivas genom att kombinera markavrinningsmodellen med en ledningsnätsmodell.



Figur 3-2 Beräknade maximala översvåmningsdjup i Kvänum den 20 augusti 2014 (avser beräkning med hänsyn till ledningsnätets kapacitet). Cirkeln i kartan visar ungefärlig plats där nivån i Jungån noterades ca kl.19.



Figur 3-3 Beräknat översvämningsdjup i Kvänum den 20 augusti 2014 kl.10, ca 3 timmar efter skyfallet (avser beräkning med hänsyn till ledningsnätets kapacitet). Pilarna i kartan visar generell strömningsriktning mot inringade instängda områden.



Figur 3-4 Beräknat översvämningsdjup i Kvänum den 20 augusti 2014 kl.22, vid beräkningens slut strax efter att maximalt flöde i Jungån passerat (avser beräkning med hänsyn till ledningsnätets kapacitet). Pilarna i kartan visar generell strömningsriktning mot inringade instängda områden.

I Tabell 3-3 jämförs hur stor del av Kvänum som översvämmas med olika vattendjup (minst 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m) vid regnet den 20 augusti 2014 jämfört med beräkning av 100-årsregnet respektive 200-årsregnet. Resultaten i tabellen avser beräkning med hänsyn till ledningsnätets kapacitet. Det framgår att den beräknade översvämningen den 20 augusti överträffar konsekvenserna för det beräknade 200-årsregnet, trots att regnets återkomsttid den 20 augusti låg på ca 130 år (mätt på de intensivaste 4 timmarna, kl.4 till kl.8). Förklaringen till detta är dels att regnet föregicks av omfattande nederbörd dygnet innan (dryga 50 mm), vilket gjorde att marken var mer eller mindre vattenmättad när skyfallet föll, dels att intensiv nederbörd föll över ett så stort område att även flödet i Jungån ökade dramatiskt med översvämningar från ån som följde.

I Tabell 3-4 jämförs (på samma sätt som i Tabell 3-3) beräknad översvämningssyta med respektive utan hänsyn till ledningsnätets kapacitet. Det framgår att skillnaden är marginell vid ett så kraftigt regntillfälle som den 20 augusti 2014. Översvämningssytan mätt som områden med vattendjup större än 0.1 m är ca 15 % större vid fallet utan hänsyn till ledningsnätets kapacitet. Vid jämförelse av områden med större vattendjup är den relativa skillnaden ännu mindre.

Tabell 3-3 Översvämningssyta i procent relativt Kvänums totala yta (130 ha*), med vattendjup större än 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m i samband med respektive studerat regn. Hänsyn har tagits till ledningsnätets kapacitet.

(* avser av kommunen markerat intresseområde exklusive byggnaders yta)

Regnsituation	Översvämningssyta (%) med vattendjup		
	> 0.1 m	> 0.3 m	> 0.5 m
20 augusti 2014	31,0	12,4	7,4
100-årsregn	21,7	3,2	1,1
200-årsregn	27,8	5,0	1,5

Tabell 3-4 Jämförelse av beräknad översvämningssyta i Kvänum den 20 augusti 2014, med respektive utan hänsyn till ledningsnätets kapacitet.

	Översvämningssyta (%) med vattendjup		
	> 0.1 m	> 0.3 m	> 0.5 m
Med ledningsnät	31,0	12,4	7,4
Utan ledningsnät	35,6	13,9	7,7

4 Slutsatser och rekommendationer

Konsekvenserna av två extrema regn (100-årsregn och 200-årsregn) har kartlagts med avseende på översvämningsutbredning, vattendjup och flödesvägar. Beräkningarna visar att Vara tätort, Kvänum och Jung är speciellt utsatta för risker i samband med skyfall, medan tätorterna Larv, Emtunga och Arentorp erhåller marginella konsekvenser mätt som andel av ytan med vattendjup större än 0.3 meter. Skillnaderna kan främst förklaras av de topografiska förutsättningarna med ett flertal instängda lågpunkter i Vara, Kvänum och Jung, kombinerat med att de ytliga jordarterna i dessa tätorter främst består av silt och lera med mycket begränsad infiltrationsförmåga.

För Kvänum har även konsekvenserna vid det verkliga skyfallet den 20 augusti 2014 studerats. Detta regn gav upphov till större översvämning än det studerade 200-årsregnet. Förklaringen till detta är att regnet föregicks av omfattande nederbörd dygnet innan samt att även flödet i Jungån ökade dramatiskt med översvämnningar från ån som följd.

Generellt kan beräkningsresultaten användas för:

Generellt kan beräkningsresultaten bland annat användas för:

- Bedömning av påverkan på samhällsviktig verksamhet
- Bedömning av skadekostnader
- Framtagande av beredskapsplaner
- Identifiering av lämpliga modifieringar i terrängen, såsom placering av fördröjande dagvattenmagasin, skyddsvallar och alternativa ytliga avledningsvägar.

I detta sammanhang kan det vara svårt att enbart från översvämningskartorna bedöma påverkan och konsekvenser som underlag för prioritering av beredskapsplaner och åtgärdsplaner. Det rekommenderas därför att en översiktlig konsekvensbedömning genomförs för Vara tätort och Kvänum som är mest utsatta enligt beräkningarna. Ett förslag på en enkel metod ges nedan under avsnitt 4.1.

Även om den använda förenklade beräkningsmetoden kan användas för att peka ut viktiga vattenvägar och resulterande ungefärliga vattendjup, och på så sätt även användas som underlag för att identifiera lämpliga åtgärder i terrängen, rekommenderas att modellerna för Vara tätort och Kvänum kompletteras med en ledningsnätmodell (MIKE URBAN). Denna behöver nödvändigtvis inte innefatta hela dagvattennätet, utan kan begränsas till huvudledningarna samt vägtrummor i anslutning till betydande diken (enligt diskussion och motiv angivna i avsnitt 3.2). En sådan komplettering möjliggör en mer verklighetstrogen beskrivning av hur länge vatten blir stående i instängda områden, bättre beskrivning av kapacitetsförhållanden i ledningsnät, diken och vägtrummor, samt större möjligheter att beskriva alternativa åtgärder. Med en sådan integrerad modell kan även mindre extrema regn studeras med bibehållen tillförlitlighet.

4.1 Metod för konsekvensbedömning

För att bedöma konsekvenserna etableras en värdekarta som utgår från markanvändningsinformation. Värdekartan tas fram genom att ansätta ett relativt värde på varje verksamhets-/markanvändningskategori (sjukvård, skola, olika vägar etc.). Värdekartan kombineras med beräknade översvämningsdjup för respektive scenario där konsekvensen beräknas enligt följande ekvation:

$$\text{Konsekvenspoäng} = h \times h \times V$$

där

V är verksamhetens värdering och

h är beräknat maximalt vattendjup intill verksamheten

Motiven till att ta vattendjupet i kvadrat är flera. Dels anger det en icke linjär ökning av konsekvenserna vid ökat vattendjup, dels inkluderas tidsaspekten indirekt. Vid ett större maximalt vattendjup kommer översvämningen att pågå under längre tid och därmed bara på grund av detta åsamka större skada. Utifrån konsekvenskartan identifieras de mest utsatta områdena och en prioriteringslista tas fram för områden där åtgärder är mest nödvändiga.

I Figur 4-1 ges ett exempel på beräknade konsekvenspoäng där konsekvenserna är som störst inom röda områden och minst inom gröna områden.



Figur 4-1. Exempel på konsekvenskarta (konsekvenserna är som störst inom röda områden och som minst inom gröna områden).

5 Kartbilagor och GIS-skikt

Kartor finns i katalogen P:\Vara\Samverkan\VA-skadestånd\DHI\Kartor Vattendjup.zip

Nedan följer en lista på översvämningskartor i form av PNG- och PDF-filer som ingår som bilagor till rapporten. Namngivningen på filerna följer mönstret:

"tätort" "regn".pdf "tätort" "regn".png

När "100" respektive "200" anges för "regn" avses regnets återkomsttid.

När "regn20140820" anges för "regn" avses datum för verkligt skyfall.

Tillägg "utan_LN" i namnet betyder att ingen hänsyn tagits till ledningsnätets kapacitet vid beräkningen (dvs inget avdrag har gjorts på regnet vid hårdgjorda ytor).

Totalt har 20 kartbilagor producerats enligt nedan:

Vara_100 Vara_200

St-Levene_100 St-Levene_200

Arentorp_100 Arentorp_200

Emtunga_100 Emtunga_200

Vedum_100 Vedum_200

Tråvad_100 Tråvad_200

Jung_100 Jung_200

Larv_100 Larv_200

Kvänum_100 Kvänum_200

Kvänum_regn2014-08-20_med-ledningsnät

Kvänum_regn2014-08-20_utan-ledningsnät

För samtliga beräkningsfall har dessutom maximala vattendjup levererats som GIS-skikt i form av ASCII-filer samt i form av SHAPE-filer (punkt) med beräknad flödes hastighet och flödesriktning. Dessa filer följer samma namngivningsstruktur som beskrivits ovan.