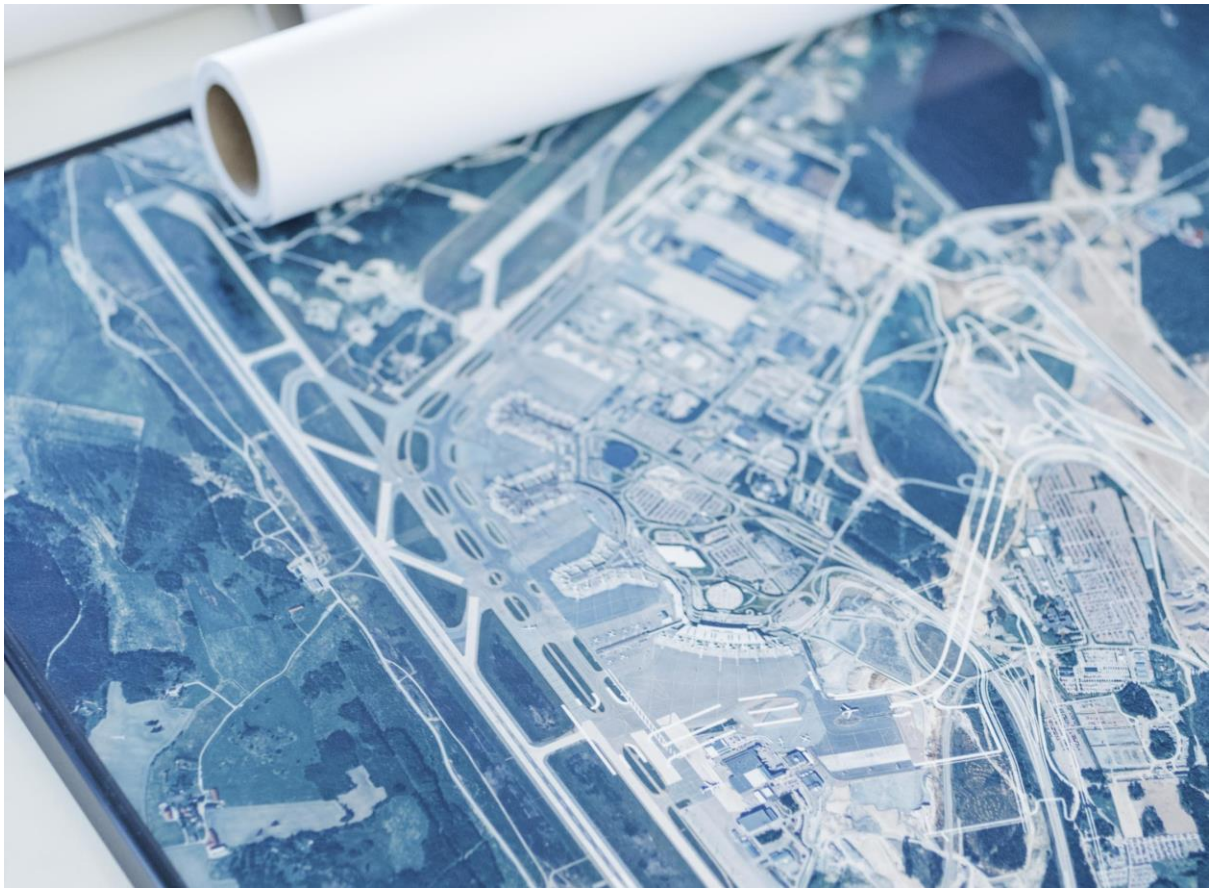
ROSERSBERG

SKYFALLSMODELLERING OCH HYDRAULISK MODELLERING AV BÄCK

2018-06-26



ROSERSBERG

Skyfallsmodellering och hydraulisk modellering av bäck

KUND

Sigtuna kommun

KONSULT

WSP Bro & Vattenbyggnad

WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000

wsp.com

KONTAKTPERSONER

UPPDRAGSNAMN
Generalkonsult Rosersberg

UPPDRAGSNUMMER
10264422

FÖRFATTARE
Gunilla Kaiser, Marco Alicera

DATUM
2018-08-15

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av
Anna Risberg, Maria Näslund

Godkänd av

INNEHÅLL

1 INLEDNING 4

2 SYFTE 4

3 AVRINNINGSOMRÅDET 4

4 SKYFALLSMODELLERING 5

4.1 UNDERLAG 5

4.2 LEVERERAT MATERIAL 5

4.3 METOD 5

4.4 TERRÄNGMODELL 5

4.5 REGN 6

4.6 MARKANVÄNDNING 7

4.7 INFILTRATION 7

4.8 MARKENS RÅHET 9

4.9 KALIBRERING 10

4.10 RESULTAT 10

5 BÄCKEN 15

5.1 UNDERLAG 15

5.2 METOD 15

5.2.1 Allmänt 15

5.2.2 Inflöden 15

5.2.3 Hydraulisk modell 16

5.3 GENOMFÖRANDE 17

5.3.1 Inflöden 17

5.4 HYDRAULISK MODELL ÖVER BÄCKEN 18

5.5 RESULTAT 21

5.5.1 Beräknade vattennivåer för nuläge 21

6 SLUTSATSER OCH KOMMENTARER TILL RESULTATEN 24

7 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE 25

7.1 SKYFALLSANALYS 25

7.2 ANALYS AV BÄCKEN 26

8 REFERENSER 26

1 INLEDNING

I framtiden förväntas antalet dagar med kraftig nederbörd och även extremt korttidsregn att öka i frekvens och intensitet (IPCC 2013). I takt med att klimatet förändras kommer översvämningar till följd av skyfall att öka. Dessutom ökar riskerna med skyfall i och med urbaniseringen, att befintliga områden förtätas så att mer hårdgjorda ytor skapas där vattnet inte kan infiltrera. Klimatförändringarna och förtätningen ökar således översvämningsrisken till följd av skyfall i våra städer.

Enligt Boverkets riktlinjer (Boverket, 2018) behöver översvämningsrisken till följd av skyfall beaktas vid planläggning. Ny sammanhållen bebyggelse och bebyggelse med samhällsviktig verksamhet bör planläggas så att den årliga sannolikheten för översvämning är mindre än 1/100. Vid planläggning av verksamheter av större samhällsviktig betydelse eller verksamheter där översvämning leder till särskilt stora konsekvenser, såsom räddningstjänst och större sjukhus bör betydligt kraftigare skyfall med längre återkomsttider kunna hanteras. Dessutom behöver effekten av ett framtida klimat under bebyggelsens förväntade livslängd beaktas.

Länsstyrelserna Stockholms län och Göteborgs län (2018) rekommenderar att ny bebyggelse bör planeras så att den inte tar skada eller orsakar skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn och att samhällsviktig verksamhet ges en högre säkerhetsnivå. En klimatfaktor ska inkluderas för att bedöma översvämningsrisken i ett förändrat klimat. På detaljplannivå sker hantering av risken genom konsekvensutredning och redovisning av riskreducerande åtgärder.

Med hjälp av en skyfallsmodellering är det möjligt att kartlägga potentiella översvämningar och identifiera riskområden för skyfall. Skyfallsmodelleringen kan därutöver tjäna som underlag för konsekvensanalyser samt åtgärds- och beredskapsplanering.

2 SYFTE

WSP har fått i uppdrag att ta fram en översvämningsutredning för planområdet. Utredningen syftar till att utreda dagens förhållanden avseende skyfall samt flöden i bäcken vid planområdet i Rosersberg. För att beskriva risken för översvämning i området har WSP har utfört skyfallsmodellering samt hydraulisk modellering av bäcken i området. Att utredningen görs med hjälp av två olika modeller är för att de två olika översvämningssituationerna har olika tidförlopp och dynamik och därför beskrivs bäst med olika modellverktyg. De hydrauliska modellerna har förberetts för att även kunna studera framtida förhållanden. Syftet med skyfallskarteringen är att visa vilka områden som kan riskera att översvämmas vid ett klimatanpassat 100-årsregn och syftet med modellen över bäcken är att utreda översvämningsrisken kring bäcken för en högflödessituaton.

3 AVRINNINGSOMRÅDET

Det avrinningsområde som bidrar med inflöden till planområdet vid översvämningstillfällen såsom höga flöden i bäcken och skyfall, är framförallt det ”naturliga” avrinningsområdet, det vill säga den markyta som på grund av terrängens lutning bidrar med avrinning till analysområdet. Detta har tagits fram genom att studera höjdmodellen. Det avrinningsområde som använts överensstämmer huvudsakligen med den del av SMHIs avrinningsområde (Delavrinningsområdets AROID: 661114-161384 Mynnar i Mälaren-Skarven) som omfattar analysområdet.

4 SKYFALLSMODELLERING

4.1 UNDERLAG

Följande underlag har använts vid framtagandet av skyfallsmodellen för planområdet i Rosersberg:

- Terrängmodell, GSD-Höjddata, grid 2+ format, Lantmäteriet
- GSD-Fastighetskarta, Lantmäteriet
- Jordartskarta, SGU

Beräkningar gjordes i SWEREF99 1800 och höjdsystem RH 2000.

4.2 LEVERERAT MATERIAL

Tillsammans med rapporten levererar WSP följande material:

För ett klimatanpassat 100-årsregn:

- GIS - skikt med beräknade maximala vattendjup
- GIS - skikt med beräknade maximala flöden
- GIS - skikt med beräknade vattendjup vid simuleringsslut efter 6h

4.3 METOD

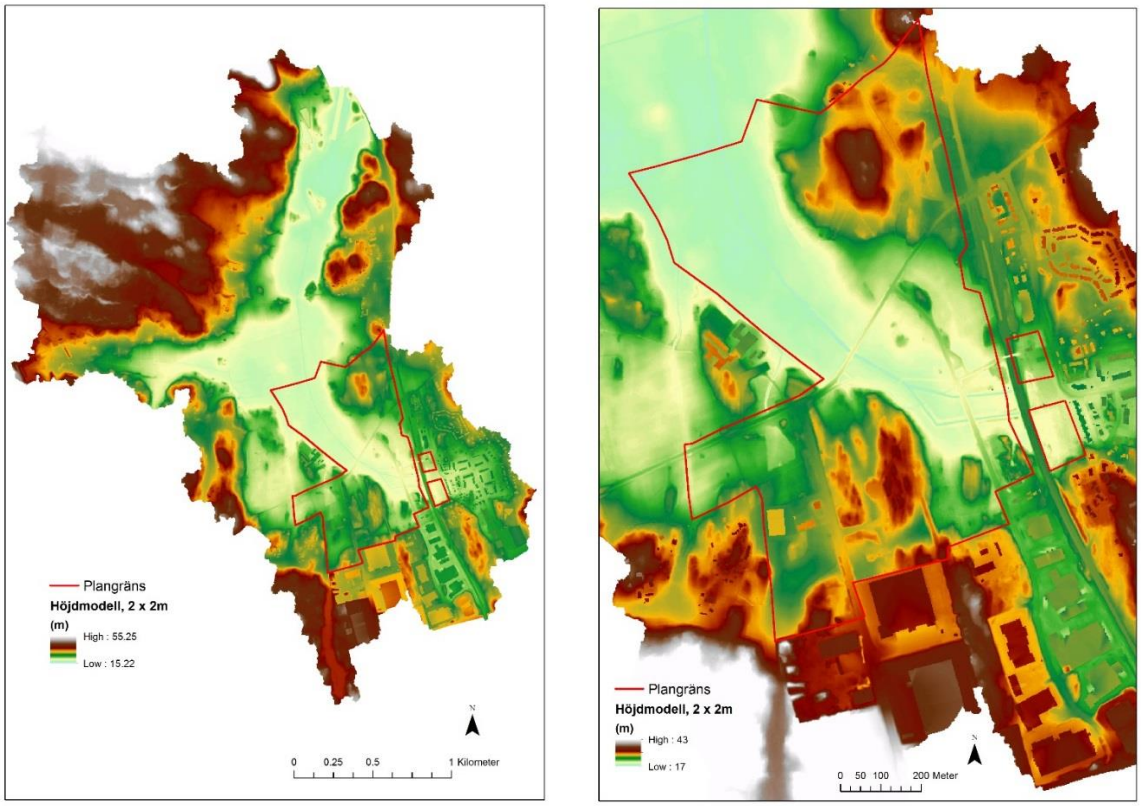
För skyfallsberäkningen användes det tvådimensionella hydrauliska beräkningsprogrammet MIKE 21 (Danish Hydraulic Institute). Modellen beräknar nivå- och flödesförhållanden till följd av exempelvis nederbörd och flöden. Beräkningarna baseras på numerisk lösning av Navier Stoke's ekvationer.

Metoden för markavrinning som tillämpats följer Vägledning för Skyfallskartering (MSB 2017). Med metodiken görs förenklingar bland annat avseende beskrivning av ledningssystemets kapacitet och hur vattnet transporteras i vattendrag.

Modellens indata består av en terrängmodell som beskriver modellområdets topografi, regnbelastningen över olika ytor beroende på markanvändning, markens infiltrationskapacitet samt beskrivning av markens råhet för olika ytor.

4.4 TERRÄNGMODELL

Höjddata med gridstorlek 2x2 m har använts i modelleringen. Höjdmodellen har bearbetats för att beskriva de verkliga vattentransportförhållandena, dvs byggnader har höjts upp med två meter och broar har sänkts ner så att höjdmodellen visar nivån på vägbanan eller vattendraget. Terrängmodellen omfattar hela avrinningsområdet och har korrigerats för kulvertar i bäcken. För sjöar och vattendrag har inga korrigeringar gjorts i höjdmodellen eftersom nivåerna i vattendragen och sjöarna ska spegla vattenståndet en normal sommardag när det är rimligt att ett skyfall inträffar. Den slutliga höjdmodellen med en gridstorlek av 2x2 m visas i Figur 1.



Figur 1: Höjdmodell med gridstorlek 2x2 m som har använts i modelleringen.

4.5 REGN

Enligt MSB:s rekommendationer har ett CDS regn använts för modellering av ett 100-årsregn (MSB, 2017). Ett CDS-regn består av flera blockregn med olika intensitet och varaktigheter för en viss återkomsttid.

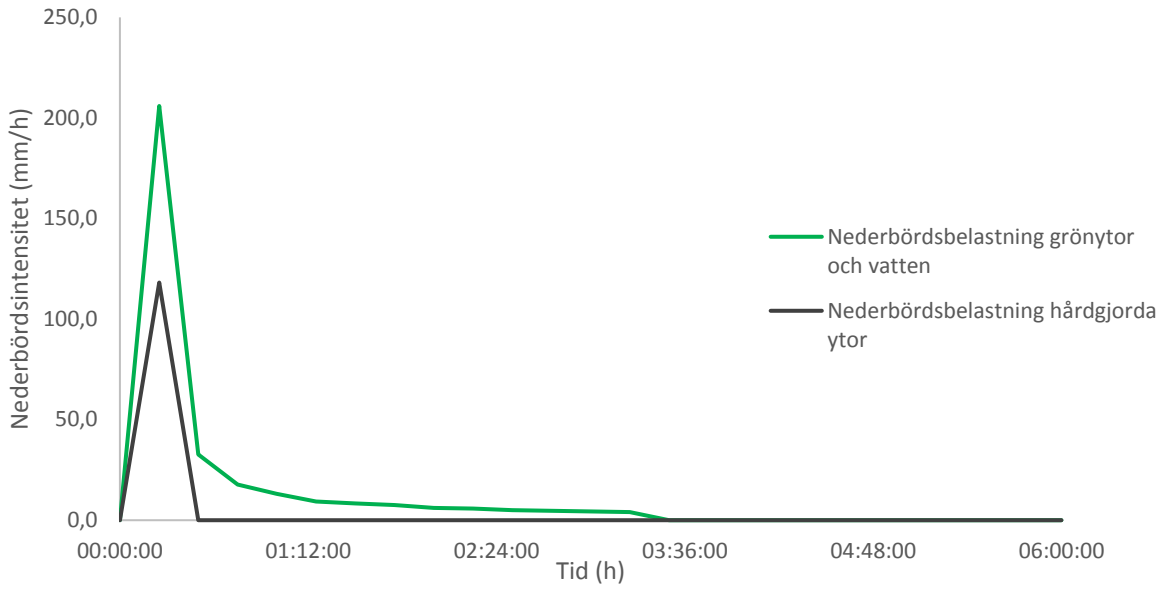
För skyfallsmodelleringen i Rosersberg har WSP valt att simulera ett CDS-regn med 6 h varaktighet med en klimatfaktor på 1,25. Total volym är 105,7 mm. Regnet bör ses som ett dimensionerande regn.

Det 6 h långa CDS-regnet delas upp i 3 delar, förregn, topp (peak) och efterregn. Under förregnet faller totalt 25 mm. Under förregnet antas ledningsnätet har tillräcklig kapacitet för att avleda nederbördsvolymen från de hårdgjorda ytorna. För grönytorna antas att nederbördsvolymen infiltrera i marken och fyller upp vattenmättnaden i marken. Med detta följer att ingen avrinning antas uppkomma under förregnet. Toppen på regnet pågår i 30 minuter och då faller totalt 55,6 mm. Under toppen antas ledningsnätet kunna avleda volymen av ett 10-årsregn med en klimatfaktor på 1,25, således belastas de hårdgjorda ytorna under peaken på regnet med en volym av 29,5 mm. Under efterregnet faller totalt 25 mm. Under efterregnet antas att ledningsnätet har tillräcklig kapacitet för att avleda nederbördsvolymen från de hårdgjorda ytorna medan infiltrationen på grönytorna kan fortgå som under toppen på regnet.

För att ta hänsyn till ledningsnätets kapacitet har ett schablonavdrag gjorts på nederbörden motsvarande att ledningsnätet har kapacitet att avleda ett 10-årsregn med klimatfaktor på 1,25.

I skyfallsmodelleringen i MIKE 21 tas endast toppen och efterregnet med eftersom ledningsnätet antas ha kapacitet att avleda förregnet och infiltrationen i marken bedöms tillräcklig för att infiltrera nederbörden. För att få med avrinningen från hela avrinningsområdet är det viktigt att låta beräkningen pågå även ett antal timmar efter det att det slutat regna. Totalt simuleras 6 h där de första 30 min

utgörs av toppen på regnet. Regnet simuleras med ett tidssteg på 15 min. I Figur 2 redovisas hur nederbördsbelastningen för hårdgjorda ytor, grönytor och vattenytor har beskrivits i skyfallsmodellen.



Figur 2: Nederbördsbelastning i skyfallsmodelleringen för hårdgjorda ytor (svart), grönytor och vattenytor (grön).

4.6 MARKANVÄNDNING

För differentiering av markanvändningen har ett markanvändningsraster tagits fram utifrån Lantmäteriets fastighetskarta. I markanvändningsrastret delas markanvändningen upp i följande kategorier:

- Byggnader
- Vägar/Järnväg/hårdgjorda ytor
- Grönytor
- Vatten

Markanvändningen ligger till grund för beskrivningen av infiltrationshastigheten på grönytorna (4.7) samt beskrivningen av markens råhet (4.8).

4.7 INFILTRATION

Infiltrationen i marken beskrivs med hjälp av en infiltrationsmodul som beräknar infiltrationen i marken baserat på ett antal parametrar i beräkningsprogrammet MIKE 21. Infiltrationsmodulen beräknar hur stor del av nederbörden som infiltrerar i marken respektive rinner av på markytan. Genom att använda infiltrationsmodulen istället för att göra ett schablonavdrag direkt på nederbördsvolymen för infiltrationen i marken beroende på markanvändning erhålls en bättre beskrivning av infiltrationsförloppet under hela simuleringstiden. Det är dock stora osäkerheter i de infiltrationsparametrar som anges då dessa är baserade på generaliseringar.

Infiltrationsmodulen har i skyfallsmodellen kopplats till alla genomsläppliga ytor, dvs de ytor som kategoriserats som grönytor. I modulen beskrivs följande parametrar redovisade i Tabell 1:

- Jordlagrets infiltrationshastighet (mm/h)
- Jordlagrets mäktighet (m)
- Jordlagrets porositet
- Jordlagrets vertikala läckagehastighet till underliggande jordarter (mm/h)

- Initialt vatteninnehåll (%)

WSP har valt att göra följande generaliseringar för beskrivningen av infiltrationen på grönytor:

- Alla grönytor antas ha ett lika tjockt övre jordlager som kommer att stå för majoriteten av infiltrationen vid ett skyfall, därmed sätts
  - Markens mäktighet till 0,3 m
  - Markens porositet till 40 %
- Det översta jordlagret består inom bebyggda områden ofta av någon typ av fyllnadsmaterial. Det är stora skillnader i hur det översta jordlagret är påverkad av kompaktering samt hur påverkat det är av underliggande jordarter vilket medför att det är stora skillnader i infiltrationshastighet. Eftersom det är så stora osäkerheter i infiltrationshastigheten har ingen uppdelning av grönytorna baserat på ex kompakteringsgrad gjorts.
- Läckagehastigheten i jordlagret beror av kapaciteten djupare ner i jordprofilen vilket medför att jordarterna som anges i jordartskartan kan användas. Jordarterna har delats upp i kategorierna:
  - Grus, sand och åsmaterial
  - Morän
  - Organisk jord
  - Silt och lera
  - Berg i dagen
- Det initiala vatteninnehållet i jordlagret speglar både den hydrologiska situationen, dvs en torr sommardag, och hur mycket jordlagret fyllts upp under förregnet (totalt 25 mm regn).

Tabell 1: Parametervärden ansatta i infiltrationsmodulen uppdelat i markanvändning samt underliggande jordart.

	Grönytor	**Vatten**	**Hårdgjordaytor**		
Infiltrationshastighet (mm/h)	36	0	0		
Porositet (%)	40	0	0		
Mäktighet (m)	0,3	0	0		
	Grus, sand, åsmaterial	Morän	Organisk jord	Silt och lera	Berg i dagen
Läckagehastighet (mm/h)	360	36	3,6	0,36	0
Initialt vatteninnehåll, solig dag (%)	20	30	40	45	30
Initialt vatteninnehåll korrigerat för förregn (%)	41	51	61	66	50

I skyfallsmodellen för planområdet Rosersberg används markanvändningsrastret för beskrivning av infiltrationshastigheten samt jordartskartan som erhållits från SGU för jordlagrets vertikala läckagehastighet och initiala vatteninnehåll.

Klassningen av jordartskartan i utredningsområdet i de kategorier som används i skyfallsmodellen har gjorts i enlighet med Tabell 2.

Tabell 2: Klassning av kategorier från jordartskartan för läckagehastighet och initialt vatteninnehåll i utredningsområdet.

Kategori i jordartskarta	**Klassning för läckagehastighet och initialt vatteninnehåll för skyfallsmodelleringen**
Glacial lera	Silt/Lera
Mosstorv	Organisk Jord
Postglacial finsand	Grus/Sand/Åsmaterial
Postglacial lera	Silt/Lera
Postglacial sand	Grus/Sand/Åsmaterial
Sandig morän	Morän
Urberg	Berg i dagen

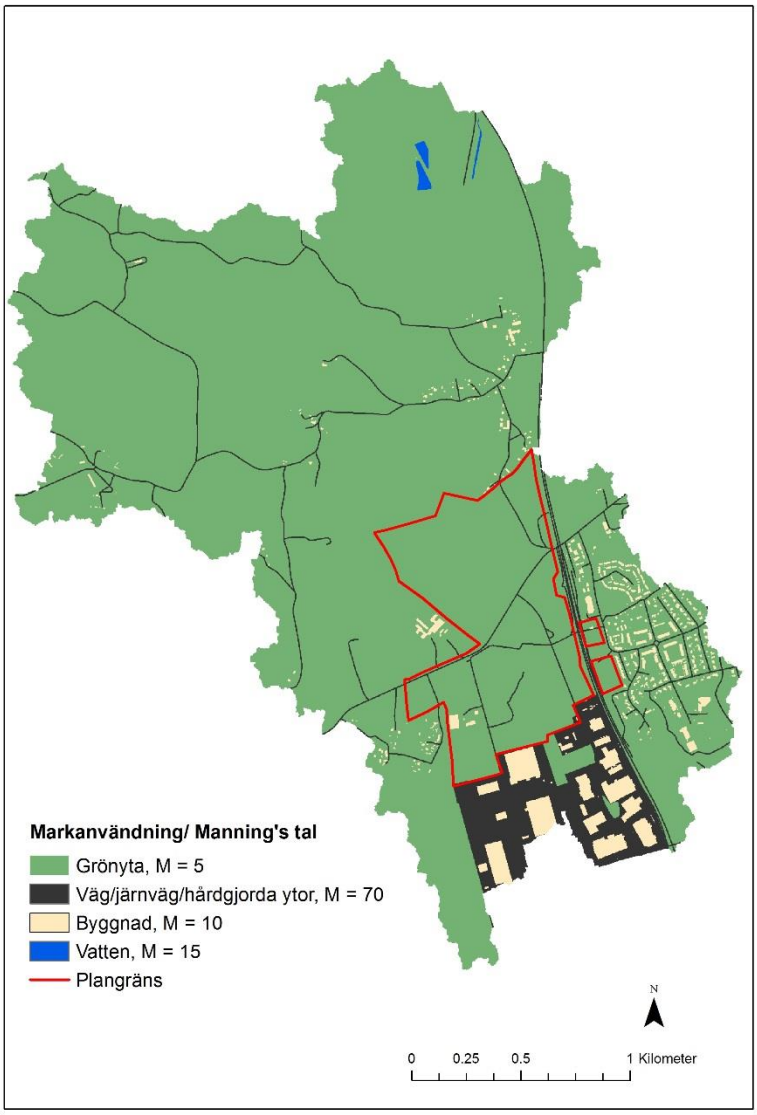
4.8 MARKENS RÅHET

Markens råhet beskrivs i skyfallsmodellen med hjälp av Mannings tal. Markens råhet styr vattnets hastighet och påverkar därmed översvämningsförloppet. Generellt kan det sägas att hårdgjorda ytor har ett högt Mannings tal eftersom vattnet rinner snabbt på ytan. Mer genomsläppliga material, exempelvis grönytor, har ett lägre Mannings tal vilket betyder att vattnet rinner långsammare. För att minska risken för instabiliteter i modellen har taken på byggnader i modellen givits ett lågt värde, Mannings tal 10. Att korrigera Mannings tal för tak bedöms inte påverka översvämningsförloppet nämnvärt då vattnet oavsett kommer rinna av taken. Konsekvensen av att minska Mannings tal ger ett lokalt ökat vattendjup, men försumbar effekt på beräknad flödestransport. Dessa förändringar är i områden med mycket höga vattenhastigheter och har därmed inte någon praktisk betydelse eftersom vattendjupen oavsett kommer vara mycket små.

I skyfallsmodellen har markanvändningen för markens råhet differentierats efter markanvändningsrastret (Tabell 3 och Figur 3).

Tabell 3: Mannings tal fördelat på markanvändningsklasser.

Markanvändning	**Mannings tal**
Tak	10
Vägar/hårdgjorda ytor	70
Grönytor	5
Vatten	15



Figur 3: Markanvändningsrastret med Mannings tal som har använts i modelleringen.

4.9 KALIBRERING

Skyfallsmodellen för Rosersberg har inte kalibrerats eftersom kalibreringsdata saknas. Extrema väderhändelser som skyfall uppträder mycket sällan och ofta saknas observationer och mätningar från de regnevent som faktiskt har förekommit.

Med detta följer att modellens trovärdighet baseras på att de processer som styr avrinningsförloppet på markytan vid ett skyfall är inkluderade i modellen. De största osäkerheterna i skyfallsmodelleringar är ansatt infiltrationskapacitet och ledningsnätets kapacitet.

4.10 RESULTAT

Resultaten från skyfallsmodellen redovisas som GIS-skikt. För de två beräkningsscenarierna har följande GIS-skikt tagits fram:

- Maximala vattendjup
- Maximalt flöde
- Vattendjup vid simuleringslut

Med maximalt vattendjup respektive maximalt flöde menas maximalt vattendjup/flöde för varje beräkningsruta över hela beräkningen, det finns alltså ingen tid kopplad till maximalt vattendjup.

Utöver detta har resultat från simuleringen sparats i dfs-2 format. Dessa kan transformeras till ascii filer för vidare analys, t.ex. i GIS. Följande resultat har sparats varannan minut under simuleringstiden:

- Vattendjup
- Vattenhastigheter i två riktningar
- Vattenhastighet
- Hastighetsriktning
- Vattennivå
- Frodes tal
- Vattenmättnad i marken
- Infiltrerad volym

Dessutom finns följande resultat:

- Tid för maximalt vattendjup
- Tid för maximalt flöde
- Maximal vattenhastighet
- Hastighetsriktning vid maximal vattenhastighet
- Tid för maximal vattenhastighet
- Tid med ett vattendjup över 0,3 m

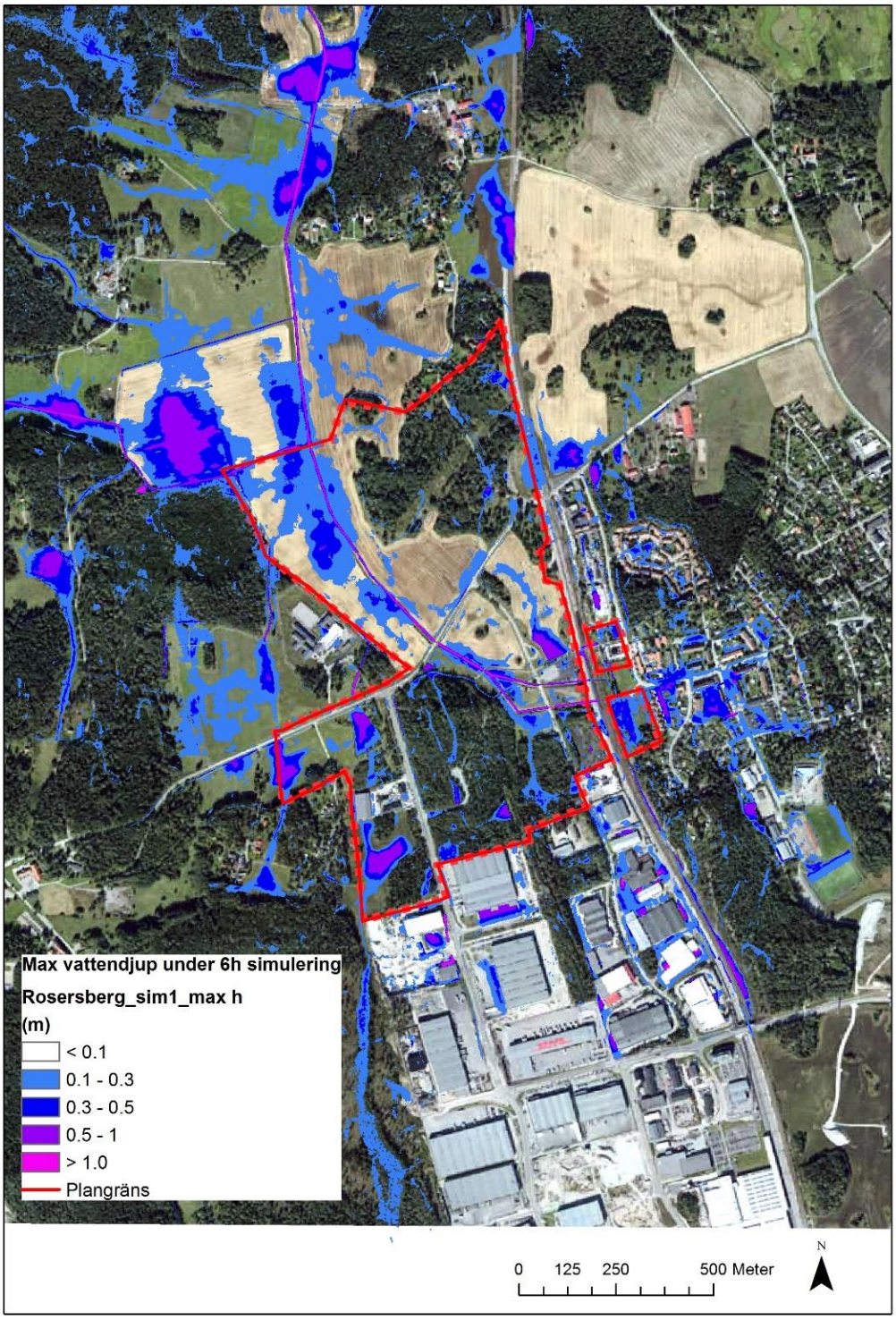
Skyfallskarteringen är en översiktlig modell som ska användas för att identifiera områden med risk för översvämning vid skyfall. Resultaten i form av beräknade vattendjup bör inte användas vid projektering. Det är dessutom stora osäkerheter i de infiltrationsparametrar som anges då dessa är baserade på generaliseringar. Det är också viktigt att poängtera att resultaten från skyfallsmodelleringen bara redovisar marköversvämningar till följd av skyfall och inte de översvämningar som sannolikt skulle uppkomma i källare och liknande utrymmen till följd av överbelastade avloppssystem. Resultaten redovisar inte heller översvämningar till följd av höga vattennivåer i vattendrag eller grundvattennivåer.

Resultaten från simuleringen av ett klimatanpassat 100-årsregn i nuläget med befintlig terräng och markanvändning visas i Figur 4, Figur 5 samt Figur 6.

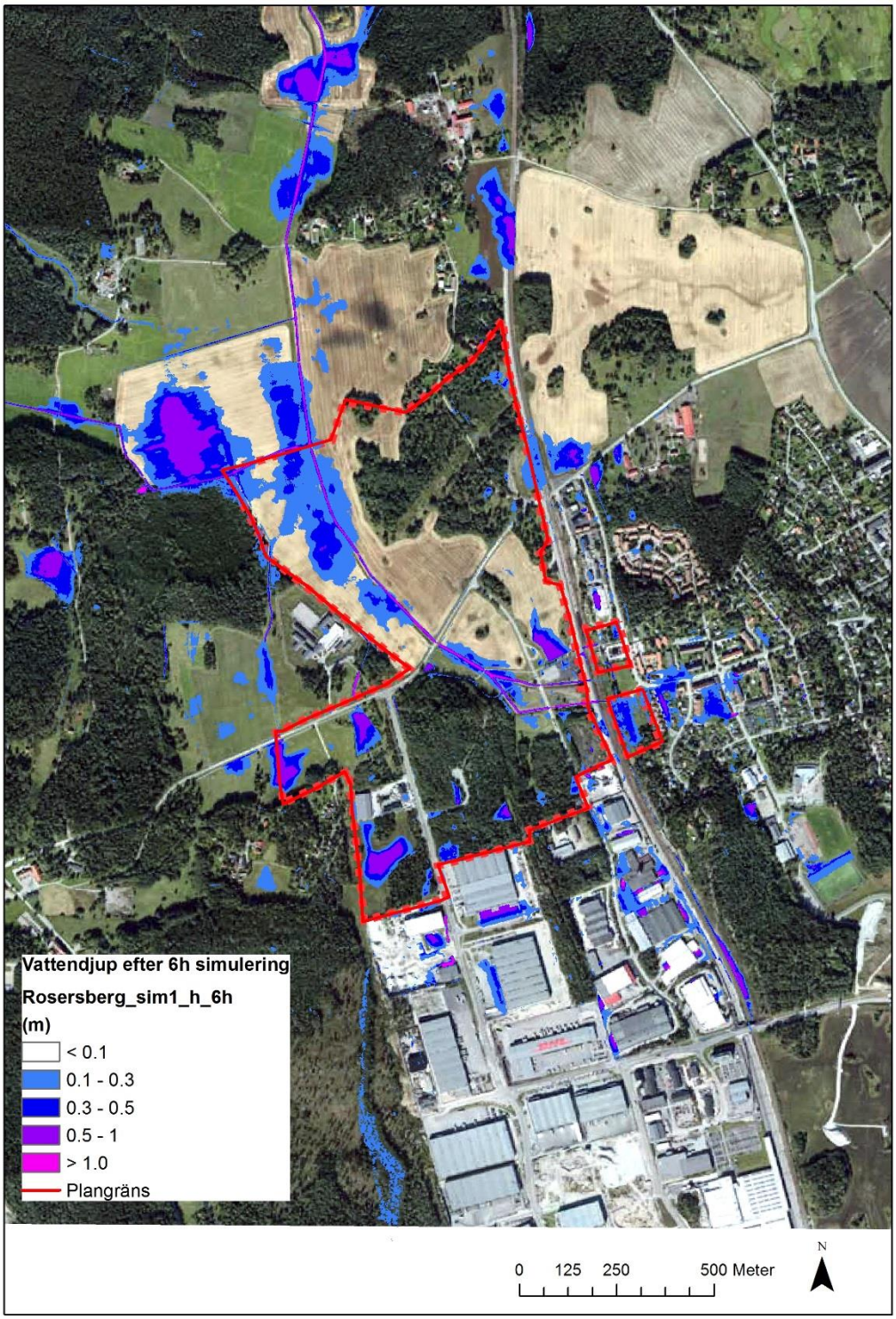
Vattnet i planområdet breder främst ut sig i lokala lågpunkter i dalgången längs bäcken. Vattendjupet på de flesta översvämmade ytor är ca 10-40 cm och 60-80 cm i enstaka lågpunkter (Figur 4). I bäcken som är en naturlig lågpunkt i terrängen i modellen samlas > 1 m vatten.

En jämförelse av det maximalt beräknade vattendjupet under hela beräkningstiden med vattendjupet vid simuleringens slut efter 6 h beräkningstid visar att en del vatten har infiltrerat på de ytor där infiltration är möjligt (Figur 5).

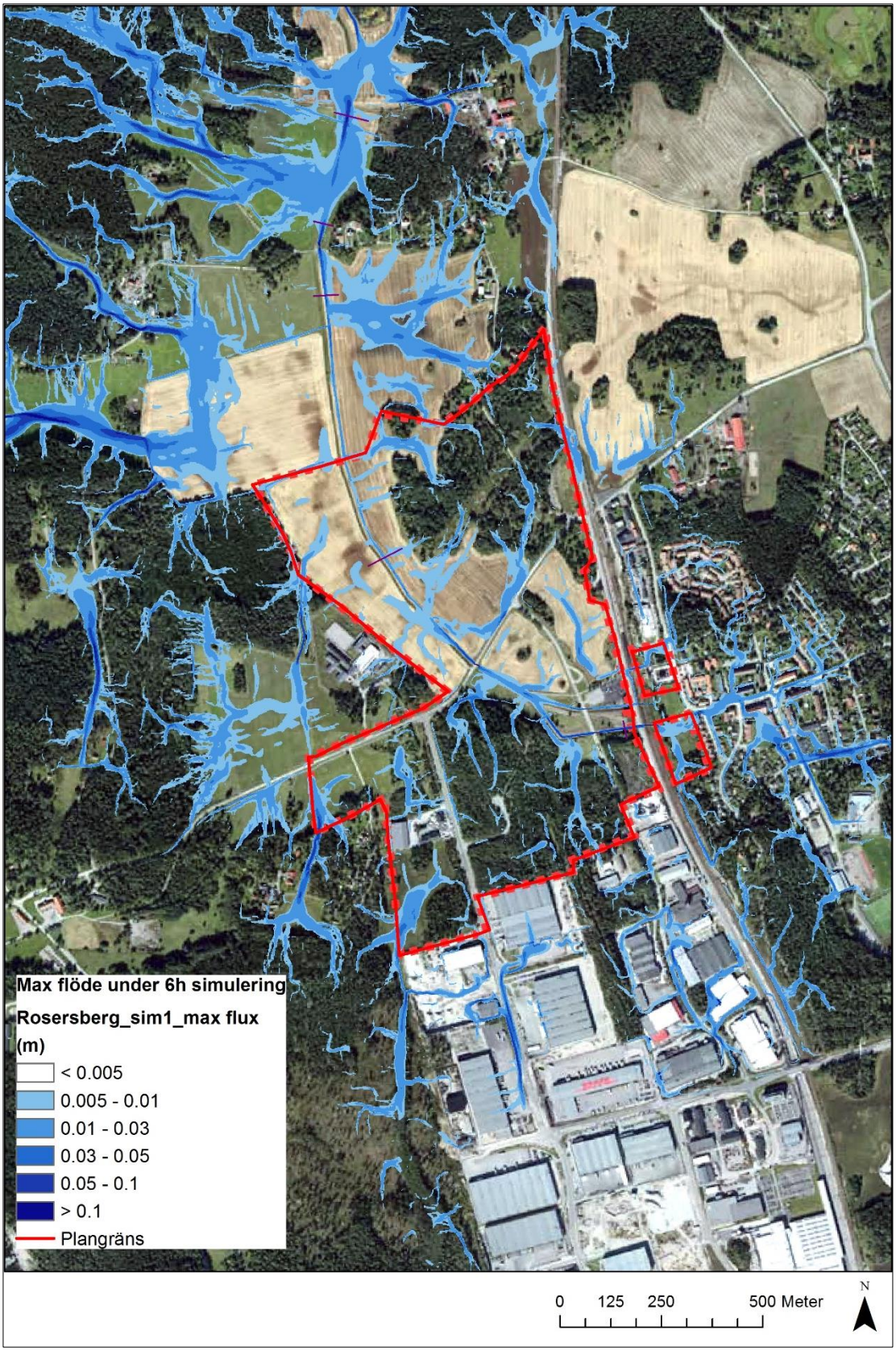
En analys av flödesvägar och maximala flödet under beräkningstiden (Figur 6) visar att avrinningen sker framförallt från de högre belägna områdena till den centrala lågpunkten längs bäcken.



Figur 4: Maximala vattendjup vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.



Figur 5: Vattendjupet vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 vid simuleringens slut efter 6 h beräkningstid.



Figur 6: Maximalt flöde i varje cell vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 under 6 h beräkningstid.

5 BÄCKEN

5.1 UNDERLAG

Som underlag till uppbyggandet av vattendragsmodellen och beräkningarna har följande material använts:

- Inmätningar av bäcken i juni 2018 (WSP)
- Fotografier vid mättillfällena (WSP)
- Kartunderlag Lantmäteriet (GSD-Höjddata, grid 2+, GSD Fastighetskartan, Ortofoto WMS, Topografisk webbkarta WMS), samt avrinningsområdesgränser från SMHI.

I utredningen har RH2000, samt SWEREF 99 18 00 använts vid beräkningar och redovisning av beräknade vattennivåer.

5.2 METOD

5.2.1 Allmänt

För att bedöma vilka maximal vattennivåer som kan uppkomma längs bäcken i en översvämningssituation har en digital hydraulisk modell byggts upp. Modellen har konstruerats för att ta hänsyn till de inflöden som kan förväntas längs bäcken från olika delavrinningsområden, och hur dessa dämpas ut längs bäcken.

Modellen har två huvudkomponenter:

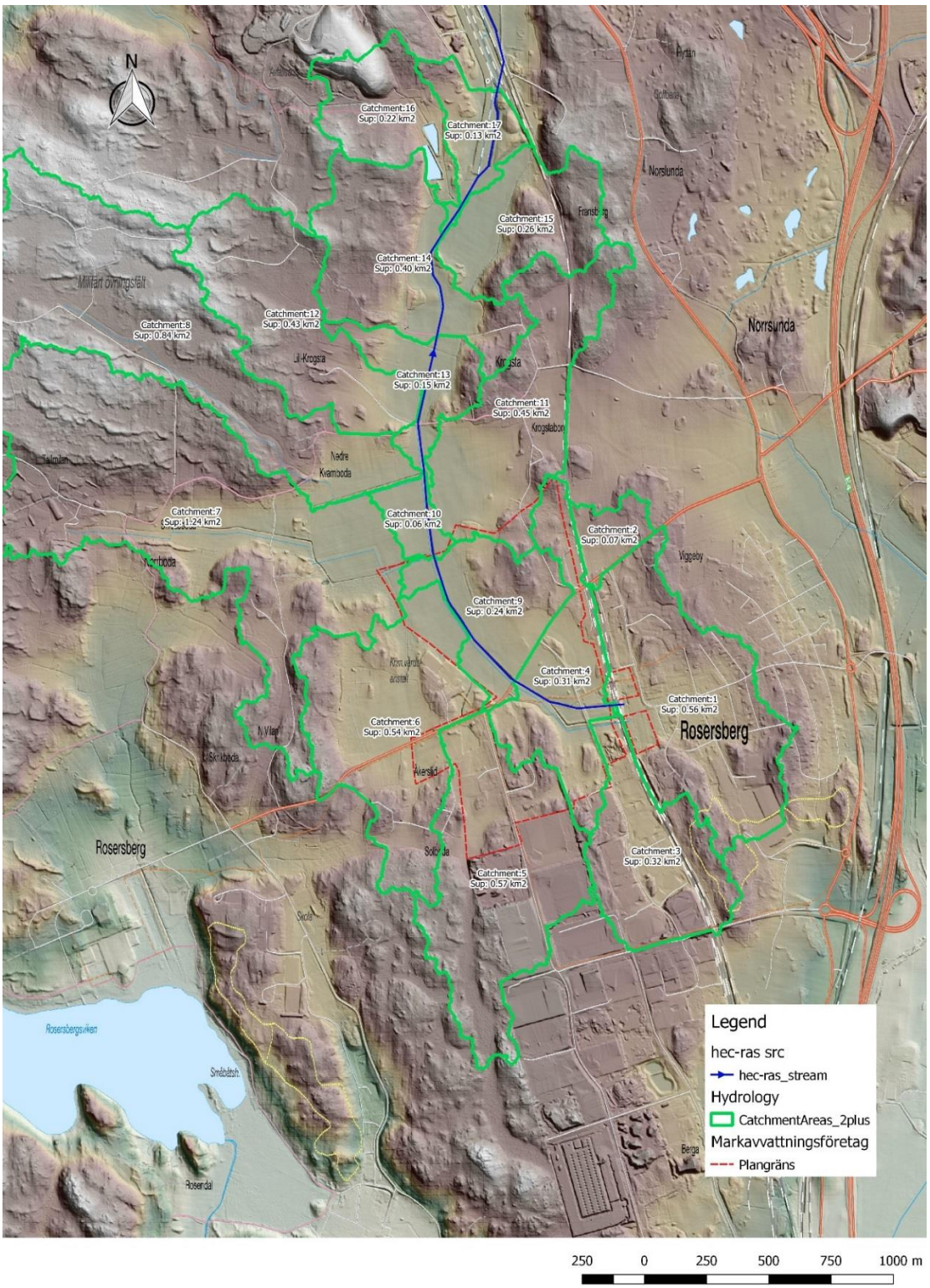
- Inflöden, dvs avrinning från olika avrinningsområden längs bäcken
- Bäckens geometri och hydrauliska parametrar som beskriver flöden och vattennivåer i beräkningarna

5.2.2 Inflöden

Två flödessituationer har beräknats för bäcken, ett normalflöde (MQ) och ett 100-årsflöde. Normalflödet har hämtats från SMHIs vattenweb (Delavrinningsområdets AROID: 661114-161384 Mynnar i Mälaren-Skarven) och simulerats som stationär situation med konstant flöde i bäcken.

För att hitta det flöde som orsakar de högsta vattennivåerna i bäcken vid en 100-årssituation, simulerades olika nederbördssituationer. För att uppskatta inflödeshydrograferna som är förknippade med specifika regnhändelser vid 100-årsflöde, delades hela avrinningsområdet upp i 17 delavrinningsområden (se Figur 7 nedan). För varje avrinningsområde byggdes en triangulär hydrograf upp, baserat på morfologiska egenskaper (lutning, uppgifter om diken mm) och markanvändning. Morfologiska egenskaper användes för att beräkna koncentrationstiden för varje delavrinningsområde och markanvändningen för att beräkna avrinningskoefficienten.

Den slutliga avrinningen, och inflödet till bäcken från respektive delavrinningsområde, beräknades genom att man tillämpade olika regnblock för 100-års återkomsttid med en klimatfaktor på 1,25.



Figur 7 Delavrinningsområden (CatchmentAreas_2plus, gröna linjer) till bäcken.

5.2.3 Hydraulisk modell

Den digitala hydrauliska modellen upprättades i HEC-RAS 5.0.5 som är ett program utvecklat av US Department of Defense, Army Corps of Engineers och tillhandahållet till allmänheten för nyttjande sedan 1995.

Vattendragets geometri beskrevs med hjälp av RiverGIS 1.0, ett tillägg till mjukvaran QGIS som används för att skapa geometriska indata till HEC-RAS från höjddata. Funktionen i RiverGIS 1.0 liknar

HEC-GeoRAS. QGIS är ett användarvänligt Open-Source geografiskt informationssystem (GIS) som är licensierat genom General Public License (GNU). I denna utredning användes QGIS 2.18.14.

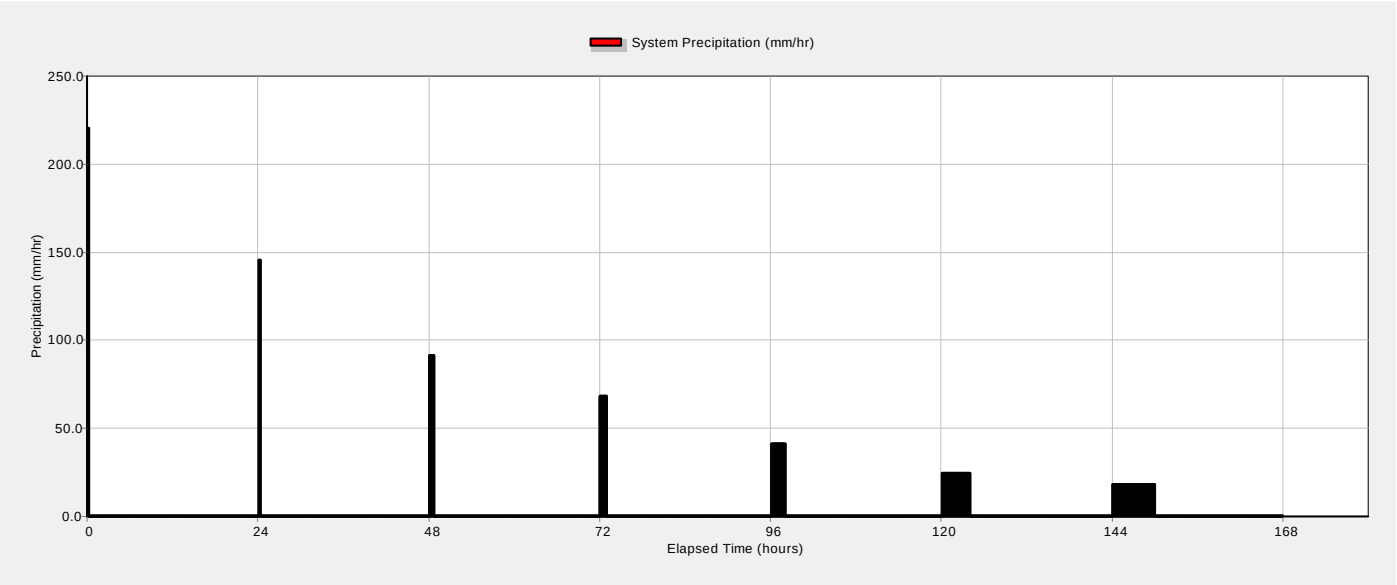
5.3 GENOMFÖRANDE

5.3.1 Inflöden

För att beräkna inflödet från de olika delavrinningsområdena vid ett 100-årsflöde användes 7 olika regntillfällen (block). Regnblocken motsvarar en återkomsttid på 100 år med en klimatfaktor på 1,25. De regnblock som användes redovisas i Tabell 4 och Figur 8 nedan.

Tabell 4: Regn (mm) för varje blockregn enligt Dahlström 2010, inklusive klimatfaktor 1,25.

tid (min) / T (år)	10	20	40	60	120	240	360
100	36.7 mm	48.5 mm	60.7 mm	68.2 mm	81.6 mm	96.2 mm	105.7 mm



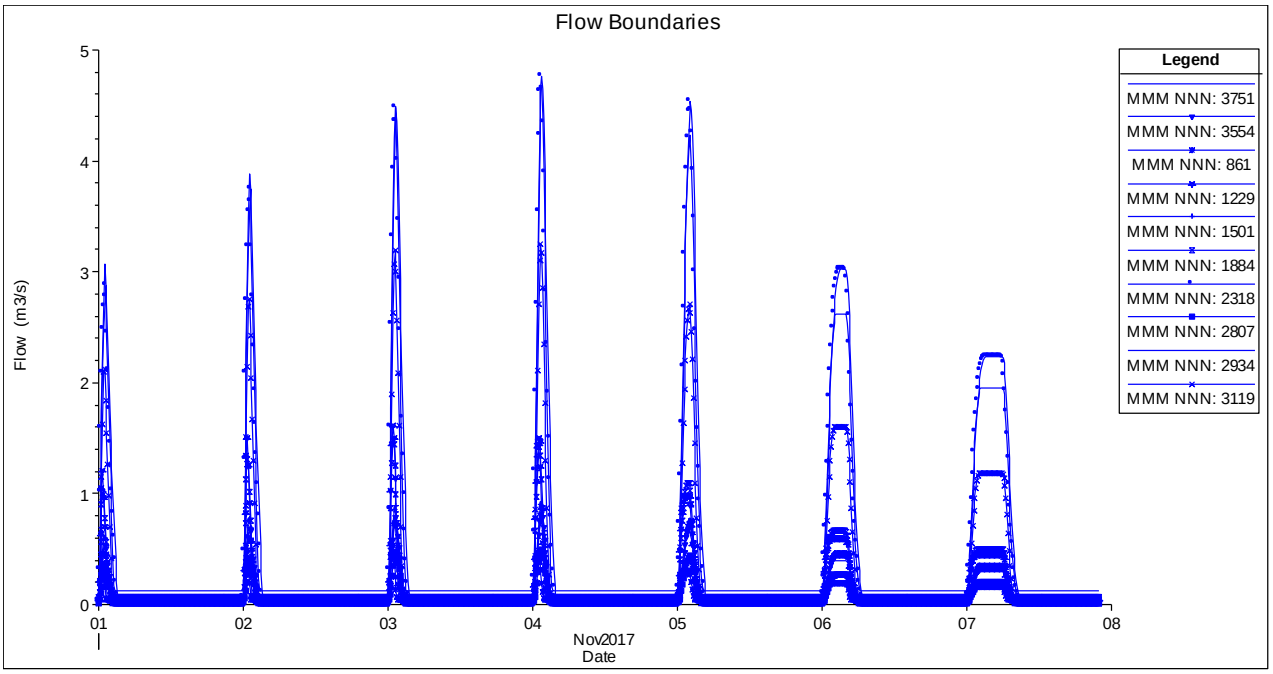
Figur 8 Regnblock (mm/h) med olika varaktighet, samtliga med 100 års återkomsttid.

De 17 delavrinningsområdena som bidrar till flödet i bäcken, samt dess karaktäristika presenteras i Tabell 5 samt Figur 9 nedan. Maximala flöden i respektive tvärsektion i modellen redovisas i Tabell 6.

Tabell 5: Uppgifter om delavrinningsområden

Delavrinningsområde	**Area (ha)**	**C (avrinningskoefficient)**
1	56	0,29
2	7	0,19
3	32	0,62
4	31	0,21
5	57	0,42
6	54	0,18
7	124	0,17
8	84	0,17
9	24	0,16
10	6	0,15
11	45	0,19

Delavrinningsområde	Area (ha)	C (avrinningskoefficient)
12	43	0,16
13	15	0,17
14	40	0,16
15	26	0,16
16	22	0,19
17	13	0,18



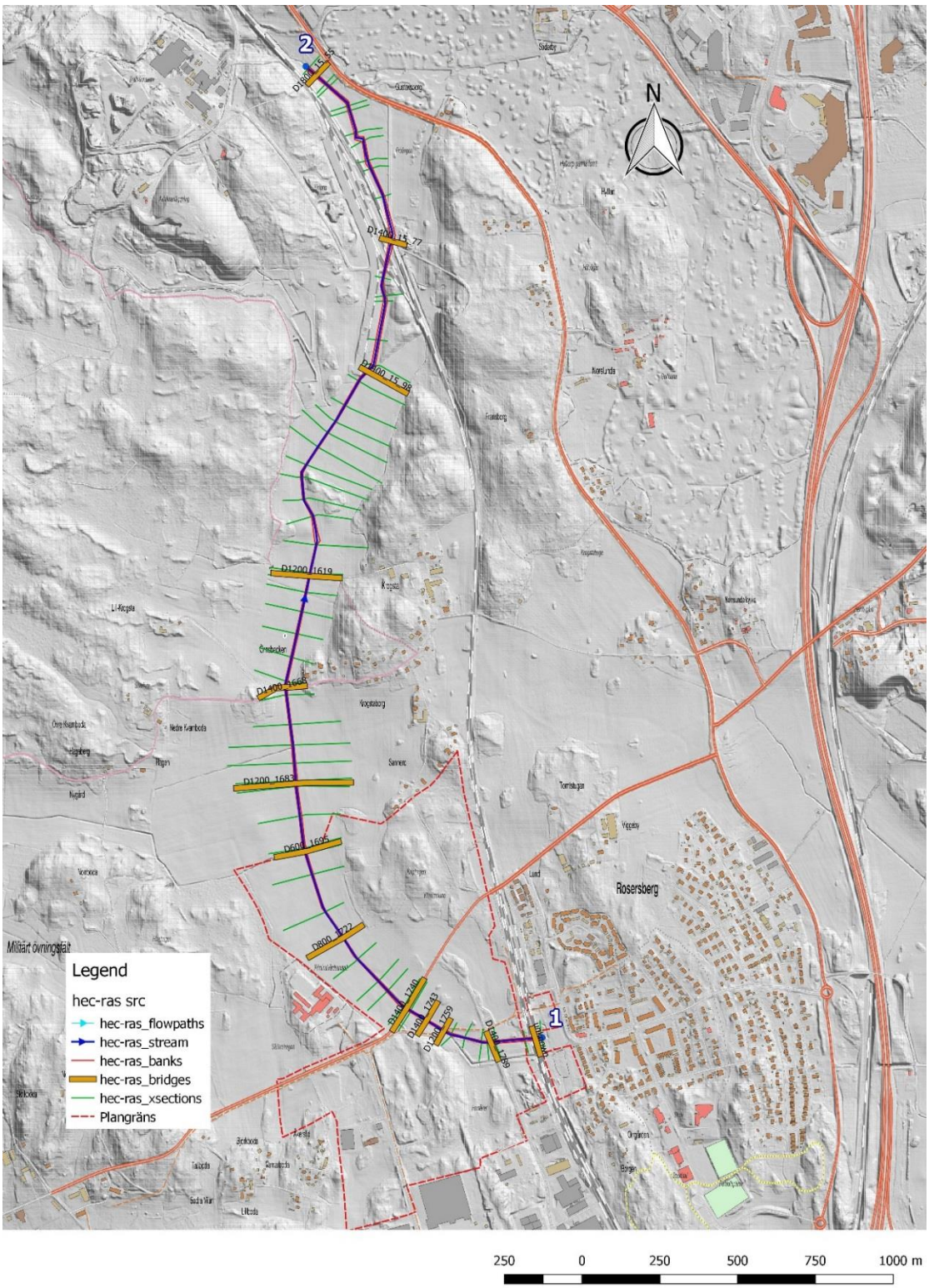
Figur 9 Inflöden längs bäcken. Grafen visar flöde (m^3/s) som funktion av datum/tid (dygn).

Tabell 6 Tabell över maximala inflöden (Q Max) för 100-årsflöde i respektive tvärsektion tillsammans med total volym (Vol).

Tvärsektion i modell	Q Max (m^3/s)	Vol (10^3*m^3)
3751	4.7	258
3554	0.8	74
3119	3.3	126
2934	0.8	37
2807	0.5	28
2318	4.8	242
1884	1.5	68
1501	0.9	55
1229	1.6	65
861	0.5	36

5.4 HYDRAULISK MODELL ÖVER BÄCKEN

Vattendragets geometri definierades med flera tvärsektioner samt broar och kulvertar längs en sträcka på omkring 4 km, från järnvägen (markering 1 i Figur 10) till andra kulverten under järnvägen (se markering 2 i Figur 10). Vardera tvärsektion täcker in hela ån inklusive översvämningsyta även under höga flöden. I Figur 10 visas även vattendragets geometri som modellens gränssnitt i GIS.



Figur 10 Figur över placering av tvärsektioner (betecknas hec-ras_xsections i legenden) och kulvertar (hec-ras_bridges) i den hydrauliska modellen.

Totalt 12 kulvertar inkluderades i modellen. De olika kulvertarnas egenskaper presenteras i Tabell 7. Den sista kulverten längs vattendraget (Section 44 - DN1800) exkluderades senare ur modellen. Denna förenkling medförde ett mer praktiskt randvillkor vilket gav stabilare resultat.

Tabell 7: Kulvertar längs vattendraget.

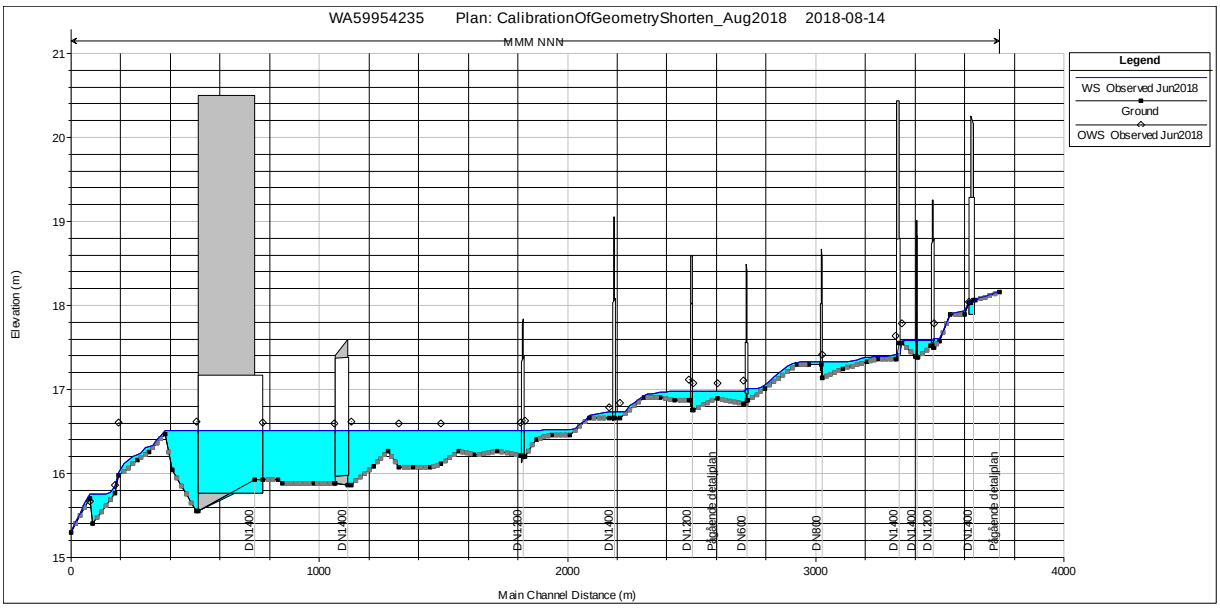
Tvärsektion i modell	*Diameter*	*Längd (m)*
3640	DN1400	22
3482	DN1200	9
3418	DN1400	5
3343	DN1400	14
3036	DN800	7
2730	DN600	8
2509	DN1200	8
2198	DN1400	10
1831	DN1200	8
1097	DN1400	54
662	DN1400	258
44	DN1800	60

Det har inte funnits några data tillgängliga för att kalibrera modellen, endast en kontroll mot uppmätta vattennivåer vid platsbesök och inmätning (2018-08-17) har varit möjlig att göra.

Råheten på botten av bäcken och dikeskrön/svämplan såväl som kontraktions- och expansionskoefficienter, har ansatts utifrån litteraturvärden och erfarenhet.

Mannings tal, n, sattes till 0,030 (M=33) i samtliga tvärsektioner, enligt litteraturen ”raka, uniforma grävda eller muddrade kanaler med kort gräs och få större vattenväxter och 0,040 (M=25) för svämplanen/översvämningsytorna, enligt litteraturen motsvarande svämplan med odlade ytor. Kontraktions- och expansionskoefficienterna (d.v.s. förlusterna p.g.a. att vattendragets geometri förändras i flödesriktningen) sattes till 0,1 respektive 0,3 för alla tvärsektioner.

Figur 11 visar fallprofilen utifrån vattendragets geometri, dess kulvertar och observerade data.



Figur 11 Fallprofil över vattendragets geometri, bäckens sträckning genom planområdet motsvaras av sträckan mellan markeringarna betecknade ”Pågående detaljplan”, mellan avstånd (main channel) 2700 och 3600.

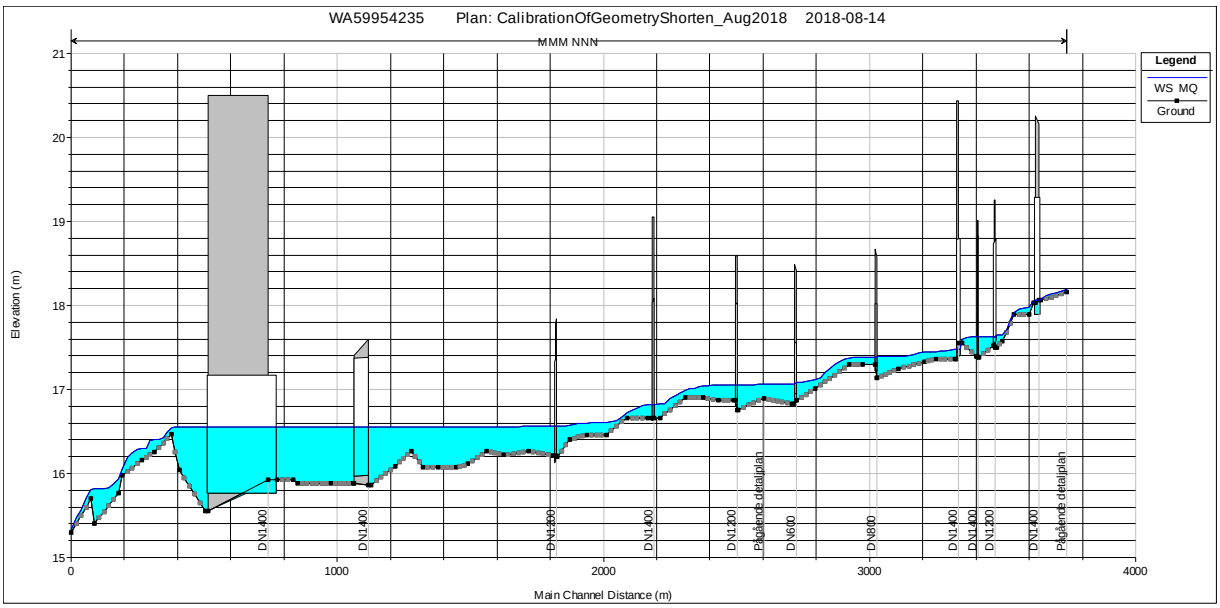
5.5 RESULTAT

5.5.1 Beräknade vattennivåer för nuläge

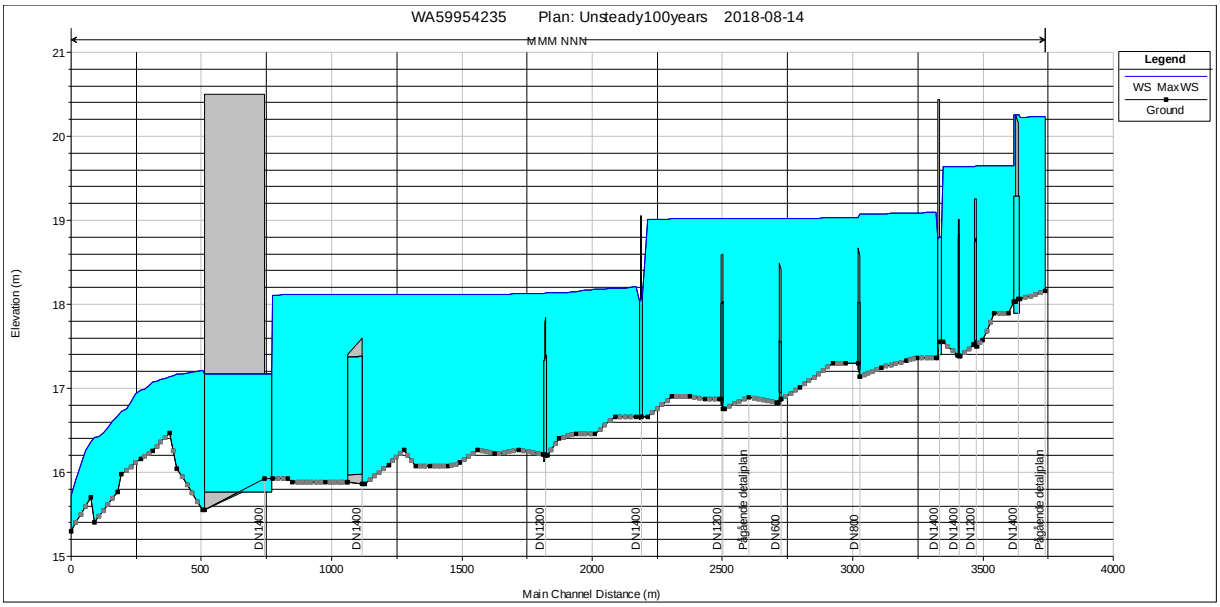
Nuläget beskrivs genom att redovisa vattennivåer längs bäcken för två scenarier:

- Medelflöde (MQ), stationärt, konstant flöde i bäcken
- 100-årsflöde (HQ100), icke stationärt flöde

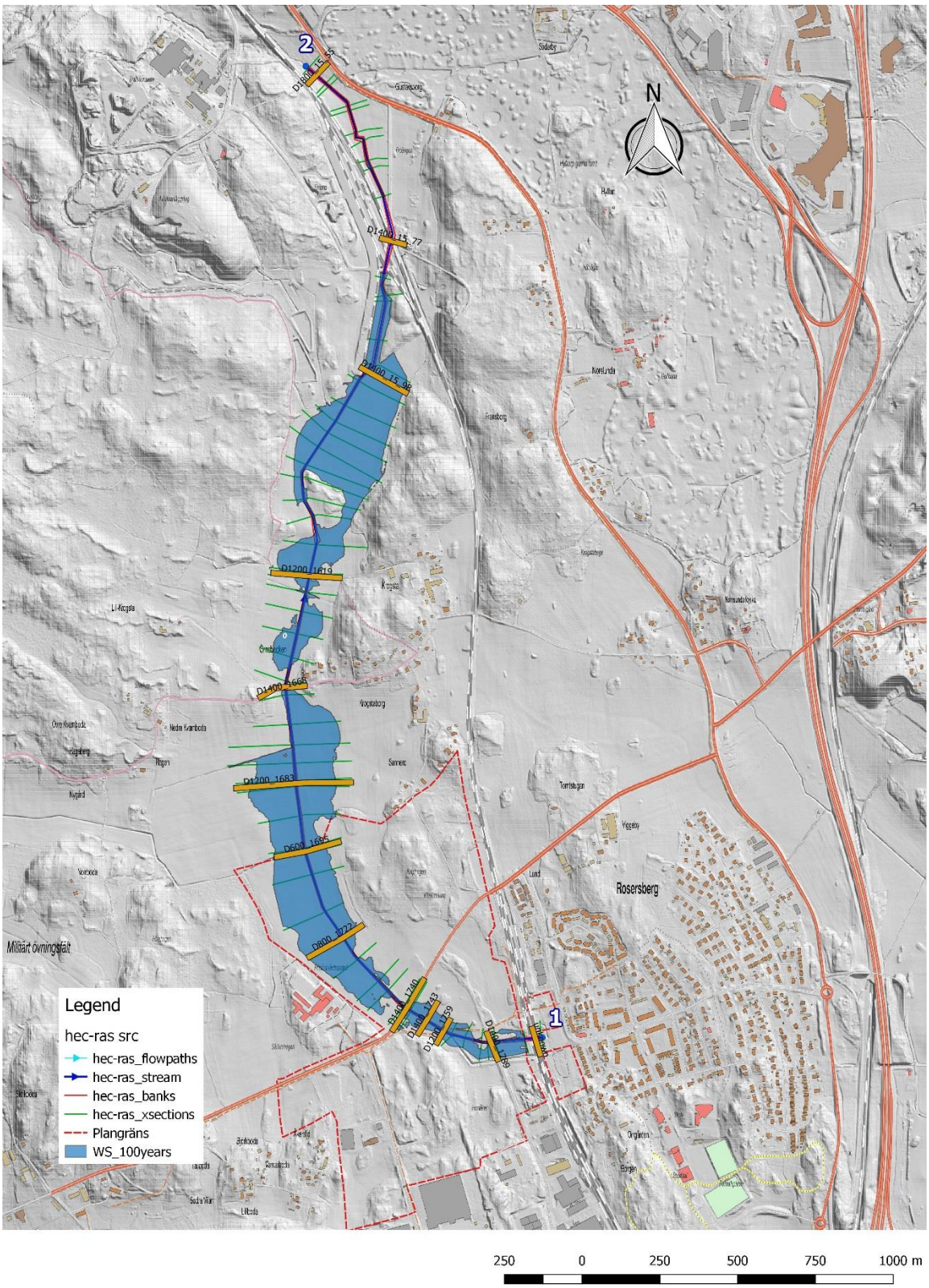
Figur 12 redovisar maximala vattennivåer längs bäcken för medelflödet (MQ). För 100-årsflödet redovisas i Figur 13 de maximala, beräknade vattennivåerna av samtliga studerade regnhändelser i respektive tvärsektion. Figur 14 visar översvämningsutbredningen längs bäcken. Exploateringsområdet ligger mellan avstånden 2700 m och 3600 m längs huvudfårans (main channel) sträckning.



Figur 12 Beräknade maximala vattennivåer (WS MQ) vid medelflöde (MQ).



Figur 13 Beräknade maximala vattennivåer (WS Max WS) längs bäcken vid 100-årsflöde (HQ100).



Figur 14 Beräknad maximal översvämningsutbredning vid 100-årsflöde (WS_100years).

Tabell 8 redovisar beräknade maximala vattennivåer och motsvarande regnblock för 100-årsflöde, dvs vilka regnhändelser som är mest kritiska för olika delar av bäcken.

Tabell 8 Maximala beräknade vattennivåer längs bäcken (Max WS 100 years) samt korresponderade regnvaraktighet.

Tvärsektion		*Vattennivå (m)*	*Regnblock*
3655		20,23	1 h
3640	DN1400		
3628		19,65	1 h
3412		19,64	1 h
3358		19,63	1 h
3343	DN1400		
3331		19,10	2 h
3038		19,07	2 h
3036	DN800		
2987		19,03	2 h
2730	DN600		
2614		19,02	2 h
2509	DN1200		
2384		19,02	2 h
2223		19,01	2 h
2198	DN1400		
2178		18,22	6 h
1948		18,15	6 h
1831	DN1200		
1501		18,12	6 h
1139		18,12	6 h
1097	DN1400		
1069		18,11	6 h
662	DN1400		
515		17,21	6 h
11		15,72	6 h

6 SLUTSATSER OCH KOMMENTARER TILL RESULTATEN

Resultaten av de två modelleringarna visar att det finns risk för översvämningar i planområdet vid Rosersberg. Risker finns både till följd av skyfall såväl som vid höga flöden i bäcken. De största riskerna finns i den norra delen av området, där det är ett relativt stort, flackt parti.

En djupare analys av konsekvenser för planområdet kommer att göras i nästa skede av uppdraget. Det är då även möjligt att ge förslag på åtgärder.

Skyfallsmodelleringen visar att beräknade vattendjup vid ett klimatanpassat 100-årsregn är mellan 10-40 cm i stora delar av lågområdet längs bäcken, i enstaka lågpunkter samlas upp till 80 cm vatten.

Vidare visar resultaten av simuleringen av bäcken att för en 100-årshändelse så fungerar bäcken som en serie utjämningsmagasin som dämpar de maximala flödena nedströms.

De mindre kulvertarna överströmmas, medan de större kulvertarna under de större vägarna och järnvägen klarar av beräknade flöden och vattennivåer vid ett 100-årsflöde. men utgör en begränsning Vatten däms dock uppströms de större kulvertarna, vilket dämpar de maximala flödena nedströms.

Följande fyra kulvertar bestämmer i huvudsak vattennivåerna längs med bäcken:

- Tvärsektion 662, DN1400 (järnvägen)

- Tvärsektion 2198, DN1400
- Tvärsektion 3343, DN1400
- Tvärsektion 3640, DN1400

Nedströms förhållanden vid modellens rand kan möjligen begränsa kapaciteten för kulverten under järnvägen (Tvärsektion 662 och kulvert DN1400). Att bottennivån i bäcken nedströms är högre än tröskelnivån i kulverten indikerar att rensning/muddring och återskapande av det som sannolikt var bäckens ursprungliga geometri kan öka kapaciteten i den specifika kulverten.

Det är värt att notera att det regn som ger maximala vattennivåer i den sista kulverten är längre (6 timmars regnvaraktighet) jämfört med det regn som ger maximala vattennivåer i uppströms liggande kulvertar (1 respektive 2 timmars regnvaraktighet). Detta innebär att om dimensionerande flöden i bäcken ska förändras bör en serie olika regnhändelser studeras snarare än endast en given regnhändelse.

En stor del av den vattenansamling som sker uppströms kulverten i tvärsektion 2198 är inom gränserna för exploateringsområdet. Därmed kan vattennivåerna uppströms denna kulvert öka vid förändrad markanvändning genom exploatering, så till vida att inte kapaciteten i kulverten ökas.

7 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

7.1 SKYFALLSANALYS

Materialet som har tagits fram kan användas på olika sätt. Inom uppdraget har beräknade maximala vattennivåer under simuleringstiden, vattennivån vid simuleringens slut efter 6 h och det maximalt beräknade flödet i varje cell tagits fram. Som komplement till det resultatet är det också möjligt att ta ut tiden för när beräknade maximala vattennivåer uppkommer samt vattenhastigheter från resultatfilerna. Dessa skulle kunna användas för planering och dimensionering av åtgärdsförslag.

Ytterligare analyser som skulle kunna genomföras innefattar:

- **Skyfallsmodellering med ny exploatering i planområdet**
  Exploatering innebär en ökning av hårdgjorda ytor och en ny höjdsättning inom planområdet. Detta kan leda till att vattnet kan samlas i nya instängda områden eller leds bort på nya avrinningsvägar. Ny exploatering kan även påverka flödesvägar så att nya områden riskerar att översvämmas. För att analyserar bland annat om situation förvärras i omgivningen av ett planområde och för att identifiera nya utsatta områden inom planområdet kan en beräkning genomföras med information om plushöjder och ny markanvändning som indata.

- **Konsekvensanalys och riskbedömning**
  Översvämningsrisken bestäms genom sannolikheten för att ett skyfall inträffar och de konsekvenser som förväntas uppstå i form av direkta och indirekta skador. För att analysera om ett 100-årsregn kan leda till skador till exempel igenom inflöde i byggnader och källarutrymmen eller på kritisk infrastruktur och om det kan orsaka trafikstörningar måste en detaljerad konsekvensutredning genomföras.

- **Simulering av extremare regn**
  I utredningen har ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 simulerats. För att analysera konsekvenser vid ett extremare regn, det vill säga ett regn med längre återkomsttid, kan ytterligare beräkningar genomföras, till exempel av ett 500-årsregn eller Köpenhamnsregnet.

7.2 ANALYS AV BÄCKEN

De huvudsakliga underlaget till både den hydrologiska och den hydrauliska modellen är inte baserade på observationer. Därmed rekommenderas att ett mätprogram tas fram för att erhålla bättre underlag.

För att kalibrera modellen behövs mätningar av avrinning tillsammans med nederbördsdata. Data över nederbörd kan erhållas ifrån SMHI, emedan mätningar av avrinning förutsätter kontinuerliga flödesmätningar under en eller flera högflödessituationer.

Vid kalibrering av modellen utgör råheten i bäcken en nyckelparameter under en given högflödessituation. Vid en sådan högflödessituation rekommenderas flödes- respektive vattenståndsmätningar vid ett flertal givna punkter i bäcken.

8 REFERENSER

Boverket (2018): Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker, Rapport 2018:8

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/

Länsstyrelsen i Stockholms län, Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2018, remissversion): Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering, Fakta 2018:x.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2017): Vägledning för Skyfallskartering. Tips för genomförande och exempel på användning.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com