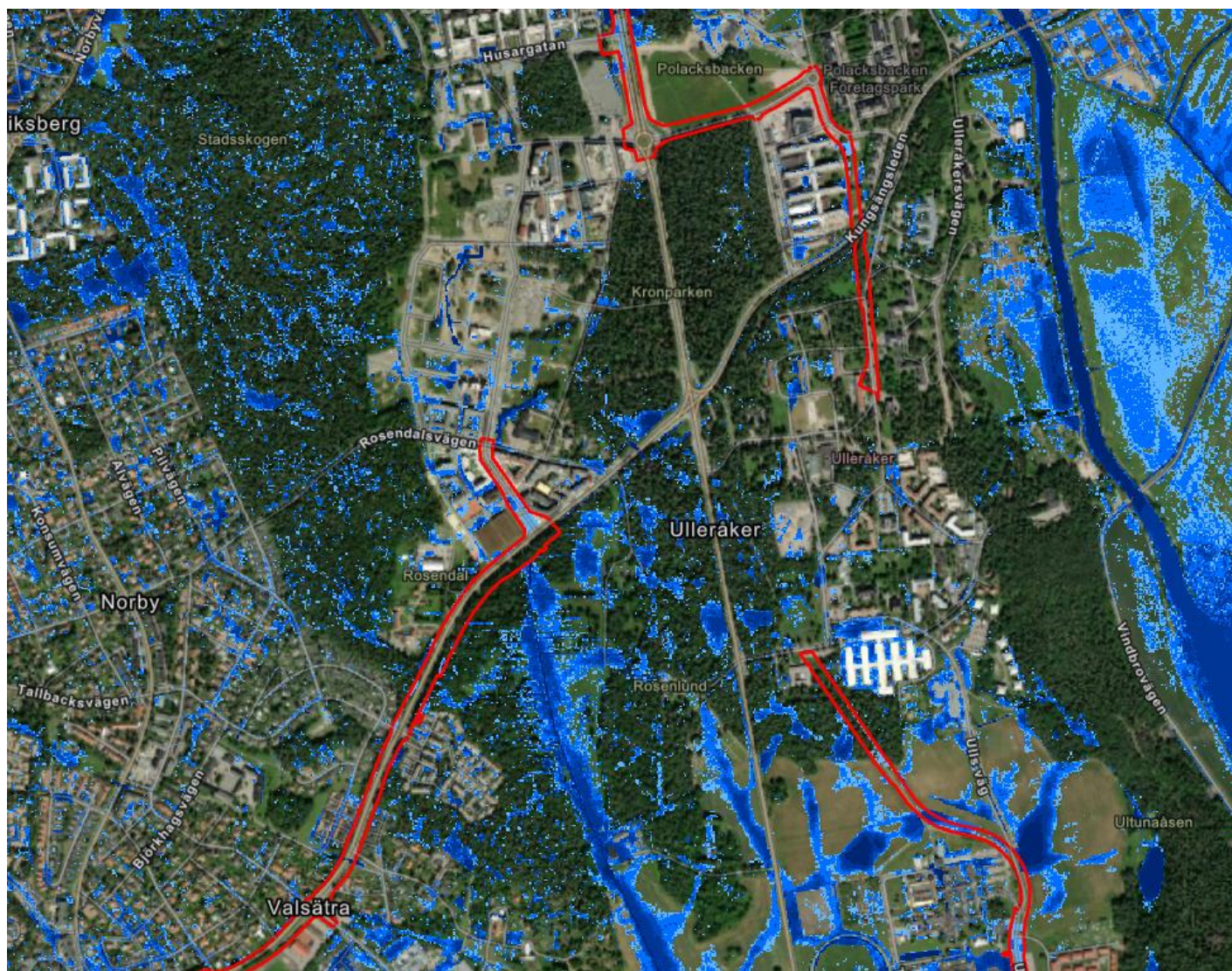


Uppsala kommun

Uppsala spårväg Skyfallsanalys

Uppdragsnr: 108 25 76 Version: 0.1 Datum: 2022-11-18



Uppdragsgivare: Uppsala kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Alva Herdevall
Konsult: Norconsult AB
Uppdragsledare: Martin Rosén
Handläggare: Martin Rosén
Biträdande handläggare: Carl Edström

Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
0,1	2022-11-18	SH	M. R, C. E	E. N. K	M. R
0,1	2022-10-07	GH	M. R, C. E	E. N. K	M. R

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål

► Sammanfattning

Norconsult har på uppdrag av Uppsala kommun upprättat denna skyfallsutredning för detaljplan sträcka A-C för ett nytt kollektivtrafikstråk i syfte att möjliggöra spårväg alternativt snabbuss (BRT) från Uppsala centralstation till nytt stationsläge i Bergsbrunna, kallad Uppsala södra (ingår i sträcka D). Syftet med utredningen är att utreda översvämningsrisk på spårvägen och föreslå åtgärder för hantering av denna. Som underlag till denna utredning har en kopplad skyfallsmodell över Uppsala, framtagen 2021 erhållits. Modellen har uppdaterats med förprojekterad höjdsättning av spårvägen.

Merparten av den planerade spårvägen översvämmas inte vid ett 100-årsregn. 8 platser som översvämmas under upp till några timmar har identifierats. Lösningförslag i form av kulvertar eller bortledning har föreslagits. Med dessa föreslagna lösningar så motverkas översvämningsrisken inom området.

Område 1 – Bäverns gränd

- Ett område i centrala Uppsala översvämmas under en längre tid.
- På grund av att höjdsättningen i centrala Uppsala ej går att ändra föreslås det att spårvägen vänder vid en tidigare hållplats för att undvika ett helt stopp i trafiken.

Område 2 – Sjukhusvägen N

- Spårvägens planerade höjdsättning ger upphov till stående vatten väster om spårvägen mot Akademiska sjukhuset där ett vattendjup upp mot ca 1 m beräknas. På spårvägen beräknas ett maximalt vattendjup mellan 0,06–0,1 m på ett fåtal ställen.
- Förslag på lösning: En kulvert anläggs som leder vatten väster om spårvägen mot ost så att det kan rinna enligt befintlig rinnväg. Längs med Sjukhusvägen föreslås även att en mindre mur/gatukant anläggs för att undvika att vatten från Sjukhusvägen rinner ner i lågpunkten. På grund av modellens upplösning på 4x4 m bör detaljer som kantstenars upphöjning tolkas med försiktighet.

Område 3 – Sjukhusvägen S

- På den södra delen av Sjukhusvägen beräknas det ansamlas stående vatten både norr och söder om Sjukhusvägen
- Förslag på lösning: En kulvert läggs från området till det befintliga diket österut.

Område 4 – Ångströmlaboratoriet

- Maximala vattendjup på ca 0,4 m beräknas just väster om spårvägen mot Ångströmlaboratoriet. Inom planområdet beräknas ett vattendjup mellan 0,06–0,1 m med fläckvisa punkter med vattendjup mellan 0,1–0,2 m.
- Förslag på lösning: Vatten föreslås ledas genom spårvägen med kulvert

Område 5 – Hugo Alfvéns väg N

- I den nordvästra delen av Hugo Alfvéns väg finns en lågpunkt där det beräknas samlas stående vatten med maximala vattendjup upp mot ca 0,3 m.
- Området är en lågpunkt idag. Väg och spårväg föreslås skevas så att vatten kan rinna enligt befintlig rinnväg.

Område 6 – Hugo Alfvéns väg S

- I den södra delen av Hugo Alfvéns väg beräknas stående vatten upp mot 0,3 m i den sydvästra delen av planområdet. Norr om planområdet, likt för befintlig situation, beräknas det ansamlas stående vatten med maximala djup över 0,5 m.
- Översvämning sker endast under regntoppen. Därför rekommenderas ingen åtgärd

Område 7 – Åkermark

- Spårvägens upphöjning skapar en barriär för befintliga flödesvägar.
- Vatten föreslås ledas i kulvertar under spåren för att bevara befintliga flödesvägar. Befintliga lågpunkter i området föreslås ses över för att förbättra befintlig situation.

Område 8 – Ulls väg

- I Ulls väg beräknas maximala vattendjup på upp mot 0,3 m i en lågpunkt. Väster om Ulls väg beräknas det likt för befintlig situation att stående vatten ansamlas med ett vattendjup upp mot 0,5 m.
- Ändrad höjdsättning eller dränering behöver anläggas om inte detta finns

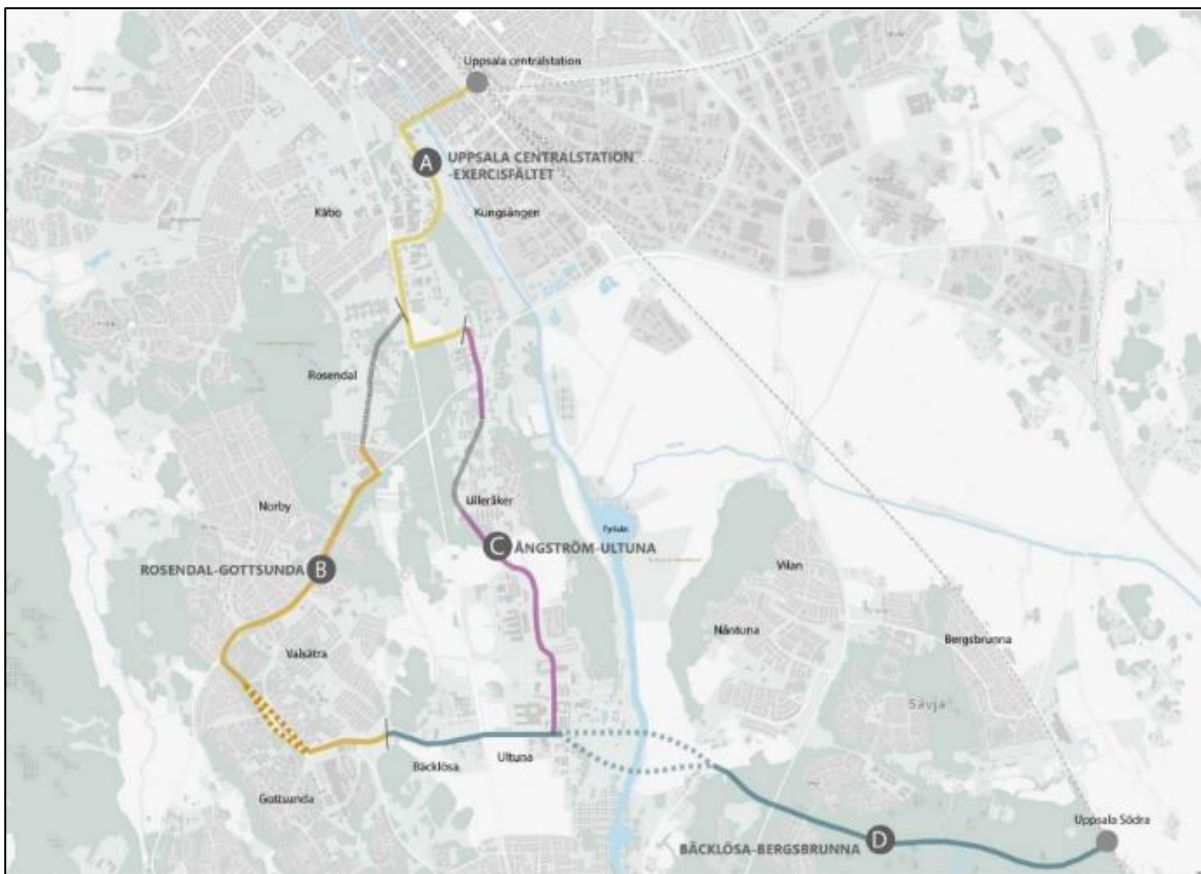
► Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Syfte	8
1.2	Förutsättningar och underlag	9
2	Områdesförutsättningar och befintlig skyfallsmodell (DHI, 2021)	10
3	Skyfall	12
3.1	Skyfall i urbana miljöer	12
3.2	Skyfall och klimatförändringar	12
3.3	Skyfall i Sverige	12
3.3.1	<i>Skyfallsjuridik</i>	12
3.3.2	<i>100-årsnivån vid planering av ny bebyggelse</i>	13
4	Skyfallsmodellering Uppsala spårväg	14
4.1	Modellområden	14
4.2	Modellerade scenarier	15
5	Resultat	16
5.1	Befintliga förhållanden	17
5.1.1	<i>Område 1 – Bäverns gränd</i>	17
5.1.2	<i>Område 2 – Sjukhusvägen N</i>	18
5.1.3	<i>Område 3 – Sjukhusvägen S</i>	19
5.1.4	<i>Område 4 – Ångströmlaboratoriet</i>	20
5.1.5	<i>Område 5 – Hugo Alfvéns väg N</i>	21
5.1.6	<i>Område 6 – Hugo Alfvéns väg S</i>	22
5.1.7	<i>Område 7 – Åkermark</i>	23
5.1.8	<i>Område 8 – Ulls väg</i>	24
5.2	Framtida förhållanden	25
5.2.1	<i>Område 1 – Bäverns gränd</i>	25
5.2.2	<i>Område 2 – Sjukhusvägen N</i>	27
5.2.3	<i>Område 3 – Sjukhusvägen S</i>	29
5.2.4	<i>Område 4 – Ångströmlaboratoriet</i>	31
5.2.5	<i>Område 5 – Hugo Alfvéns väg N</i>	33
5.2.6	<i>Område 6 – Hugo Alfvéns väg S</i>	35
5.2.7	<i>Område 7 – Åkermark</i>	37
5.2.8	<i>Område 8 – Ulls väg</i>	39
5.3	Tid med stående vatten på spår	41
5.4	Åtgärdsförslag	44
5.4.1	<i>Område 1 – Bäverns gränd</i>	44
5.4.2	<i>Område 2 – Sjukhusvägen N</i>	44

5.4.3	<i>Område 3 – Sjukhusvägen S</i>	44
5.4.4	<i>Område 4 – Ångströmlaboratoriet</i>	44
5.4.5	<i>Område 5 – Hugo Alfvéns väg N</i>	44
5.4.6	<i>Område 6 – Hugo Alfvéns väg S</i>	44
5.4.7	<i>Område 7 – Åkermark</i>	45
5.4.8	<i>Område 8 – Ulls Väg</i>	45
6	Slutsatser	46
7	Referenser	47
	Bilaga A1 - Maximala vattendjup vid befintlig situation.pdf	
	Bilaga A2 - Maximala vattendjup vid framtida situation.pdf	
	Bilaga A3 - Vattendjup vid simuleringens slut.pdf	
	Bilaga A4 - Skillnad maximala djup.pdf	
	Bilaga A5 - Maximala vattenhastigheter vid framtida situation.pdf	
	Bilaga B1 - Maximala vattendjup vid befintlig situation.pdf	
	Bilaga B2 - Maximala vattendjup vid framtida situation.pdf	
	Bilaga B3 - Vattendjup vid simuleringens slut.pdf	
	Bilaga B4 - Skillnad maximala djup.pdf	
	Bilaga B5 - Maximala vattenhastigheter vid framtida situation.pdf	
	Bilaga C1 - Maximala vattendjup vid befintlig situation.pdf	
	Bilaga C2 - Maximala vattendjup vid framtida situation.pdf	
	Bilaga C3 - Vattendjup vid simuleringens slut.pdf	
	Bilaga C4 - Skillnad maximala djup.pdf	
	Bilaga C5 - Maximala vattenhastigheter vid framtida situation.pdf	

1 Inledning

Norconsult har på uppdrag av Uppsala kommun upprättat denna skyfallsutredning för detaljplan sträcka A-C för ett nytt kollektivtrafikstråk i syfte att möjliggöra spårväg alternativt snabbuss (BRT) från Uppsala centralstation till nytt stationsläge i Bergsbrunna, kallad Uppsala södra (ingår i sträcka D).



Figur 1:1. Översiktsskarta med schematisk redovisning av kollektivtrafikstråkets sträckning för delsträcka A-D (Uppsala centralstation-Uppsala Södra). Denna skyfallsutredning avser DP A-C.

1.1 Syfte

Utifrån befintlig skyfallshantering för Uppsala samt planerad höjdsättning av gata och spår ska skyfallssituationen utredas längs med spårsträckningen. Utifrån detta ska slutsatser dras om intelligande fastigheter påverkas på grund av spårvägens höjdsättning samt om spåret riskerar att översvämmas och eventuella åtgärder kopplat till detta.

1.2 Förutsättningar och underlag

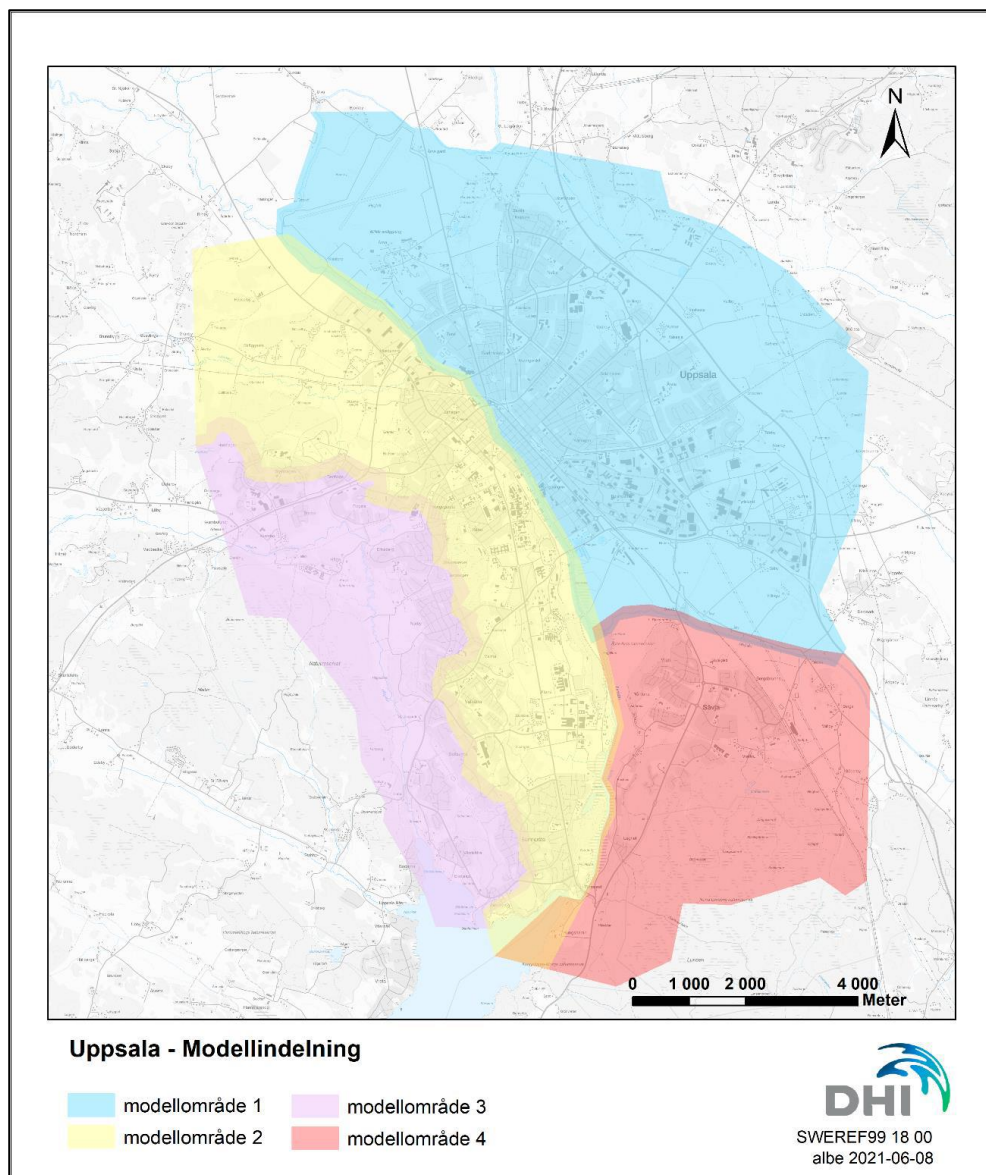
Följande underlag har erhållits från Uppsala kommun (om inte annat anges) och använts i utredningen:

- Kopplad modell i MIKE+, framtagen av DHI, med tillhörande filer, upplösning 4x4 meter, erhållen 2022-06-16
- PM Översiktlig vattenutredning, daterad 2022-02-22
- Höjdmodell Spårväg i dwg, Systra, daterad 2022-02-26

Enligt uppgifter från Uppsala kommun resulterar stående vatten med ett djup på 6 cm över rälsöverkant (RÖK) att trafiken saktar ner och 20 cm stående vatten över RÖK(räls överkant) innebär totalstopp. Påverkan av trafiken ska i största mån undvikas.

2 Områdesförutsättningar och befintlig skyfallsmodell (DHI, 2021)

Vid uppdragets start erhöles en befintlig skyfallsmodell för Uppsala tätort med omnejd från Uppsala kommun. Modellen är en kopplad markavrinnings- och ledningsnätsmodell som upprättades av DHI i programvaran MIKE+ (DHI, 2021). I en kopplad modell kan vatten både tränga upp ur, eller rinna ner i ledningsnätet, beroende på om det finns outnyttjad kapacitet i ledningssystemet eller ej. Detta ger en korrekt bild över hela översvämningförloppet och tar samtidigt hänsyn till de lokala skillnaderna som finns runt om i ett dagvattensystem. Utifrån topografiska och tekniska (dagvattenledningsnätet) avrinningsområden har modellen delats upp i fyra delmodellområden som med marginal täcker in Uppsala tätort. Delmodellernas utbredning redovisas i Figur 2:1 nedan.



Figur 2:1. Utbredning för samtliga delområden (DHI, 2021).

För att simulera markavrinning används faktorer som terräng/höjder, markens råhet, infiltration samt typ av nederbördstillfälle som ska belasta modellen vid skyfallssimulering.

Skyfallsmodellens höjdmodell för markavrinning har en upplösning på 4x4 meter och har etablerats utifrån laserskannat höjddata från 2020. En bearbetning av höjdmodellen har gjorts för att beskriva de verkliga vattentransportförhållandena vilket innebär att samtliga byggnader har inkluderats i höjdmodellen så att transport av vatten inte sker över/igenom en byggnad. Vidare har terrängmodellen justerats för viadukter i syfte att beskriva nivån på vägbanan i viadukten och inte nivån på vägen över.

Ytans råhet, vilken styr vattnets hastighet på markytan och således påverkar översvämnings-förloppet, har differentierats mellan hårdgjorda ytor och övriga permeabla ytor. Hårdgjorda ytor samt vattenytor har beskrivits med en lägre råhet (mindre motstånd), motsvarande Mannings tal M på 50 för asfalterade ytor, M på 30 för hustak och M på 40 för vattenytor såsom dammar och åar. Övriga ytor har beskrivits med en högre råhet (större motstånd), motsvarande Mannings tal M på 2.

Till terrängmodellen har kopplats en infiltrationsmodul som låter delar av vattnet infiltrera i stället för att rinna av på ytan. På alla ytor som inte antas vara hårdgjorda har infiltrationsmodulen aktiverats.

Infiltrationshastigheten har ansatts utgående från SGU:s jordartskarta. Beroende på de lokala jordartsförhållandena varierar den ansatta infiltrationshastigheten i modellen mellan 0 och 180 mm/h, se Tabell 1. Infiltrationslagrets mäktighet har satts till 0,3 m med en total porositet på 0,4. Detta innebär en total magasin kapacitet i marken på 120 mm (0,4 x 0,3 m). I områden där jordartskartan visar urberg har det antagits ett överlagrande jordlager utifrån kompletterande ytskiktlager från SGU. Överlagrande jordart har antagits en mäktighet på 0,1 m och med porositet på 0,4.

Genom Uppsala löper en järnväg från söder till norr. Järnvägsbankar är uppbyggda av djupa konstruktioner av kraftigt dränerande makadam och underballast med stor magasinering kapacitet vid kraftiga regn. I infiltrationsmodulen har beskrivning av järnvägsbankar inkluderats med total magasin kapacitet för på 800 mm (0,4 x 2 m) och med en infiltrationshastighet på 360 mm. Läckagehastighet ansätts utifrån lokala jordartsförhållanden.

Tabell 1. Ansatta infiltrations- och läckagehastigheter (mm/h) för olika jordarter

Parameter	Hårdgjorda ytor	Urberg	Sand/ isälvs material	Morän	Organisk jordart (torv)	Lera
Infiltrationshastighet (mm/h)	0	Varierande	180	36	18	3,6
Läckagehastighet (mm/h)	0	0,036	18	3,6	1,8	0,36

Brunnar och utlopp i dagvattenmodellen har kopplats till markavrinningsmodellen. Kopplingen innebär att dagvatten både kan tränga upp ur eller rinna ner i ledningsnätet beroende på om det finns outnyttjad kapacitet i ledningssystemet eller ej. Ledningsnätmodellen innehåller främst nedstigningsbrunnar. Utifrån erfarenheter av både rännstensbrunnars kapacitet samt vilka maximala utflöden som kan genereras från ledningsnät till markyta i anslutning till nedstigningsbrunnar har ett maximalt brunnsutbyte på 0.5 m³/s ansatts vid koppling av dagvattenbrunnar. För dagvattenutlopp samt utbyte mellan markyta och vattendrag styrs flödesutbyte av strukturernas geometrier.

3 Skyfall

3.1 Skyfall i urbana miljöer

Skyfall innebär att stora mängder nederbörd faller under en kort tid. Enligt SMHI ska intensiteten för ett regn överstiga 50 mm/timme eller 1 mm/minut för att regntillfället ska definieras som skyfall (MSB, 2017). Svenskt Vatten (2018) menar dock att en sådan definition inte är helt tillämplig för skyfall i urbana miljöer där det i stället är den totala tiden under vilket ett regn med en viss intensitet faller, den så kallade regnvaraktigheten, som är avgörande för markavrinningen. En viktig orsak till detta är den stora andelen hårdgjorda ytor som ej medger infiltration samt att lågpunkter i terrängen ofta redan är vattenmättade vid regnets start eller består av exempelvis lera med låg infiltration

Sambanden kan åskådliggöras med så kallade intensitets-varaktighetskurvor och volym-varaktighetskurvor som visar att regnintensiteten minskar med en längre regnvaraktighet samtidigt som regnvolymen ökar på motsvarande sätt för längre varaktigheter. Sambanden mellan regnintensitet, regnvaraktighet och volym visar att det inte finns ett entydigt "100-årsregn" eller "10-årsregn". Konsekvenserna av ett regn med 100 års återkomsttid i en stadsmiljö kan således variera kraftigt beroende på om regnet varar i 10 minuter eller 2 timmar även om regnet vid båda tillfällena teoretiskt kan definieras som ett "100-årsregn".

3.2 Skyfall och klimatförändringar

Klimatförändringar kommer att påverka nederbördsmönster i världen och i Sverige. Om regnintensiteten exempelvis ökar med 25 % till slutet av seklet, vilket är ett vanligt antagande i dagvatten- och skyfallsutredningar genom att inkludera en klimatkofaktor i beräkningarna, skulle det innebära att sannolikheten för ett befintligt 100-årsregn fördubblas (MSB, 2017).

3.3 Skyfall i Sverige

Skyfall i Sverige inträffar nästan uteslutande under juli och augusti då grundvattennivåerna generellt är lägre än andra tider på året. Det kan då finnas en betydande magasineringskapacitet i jordens översta jordlager. En jord med friktionsmaterial, sand eller grus, kan släppa genom stora mängder vatten utan att mättas, mer än 100mm/timme, medan lerhaltiga jordar har mycket begränsad infiltrationskapacitet. I sådana jordar kommer det allra mesta av regnet avrinna ytledes oavsett om jorden är torr eller blöt vid regntillfället (MSB, 2017). Den övergripande jordsammansättningen varierar regionalt med mer lera i exempelvis Uppsala och större andel berg i dagen och sand i närheten av sjöar och hav.

3.3.1 Skyfallsjuridik

Enligt 2 kap 5 § i plan- och bygglagen 2010:900 (PBL) ska kommunen beakta översvämningrisker och risker för människors hälsa och säkerhet vid kommunal och fysisk planering. Det är inte preciserat vilken risk, återkomsttid, som anses vara acceptabel i lagrummet (Malmö stad, 2017). I stället har flera länsstyrelser, däribland Stockholms, tagit fram egna rekommendationer (Länsstyrelserna, 2018) för hantering av översvämning till följd av skyfall. Där rekommenderas att ny bebyggelse ska byggas för att inte ta eller orsaka skada till följd av ett skyfall med minst 100 års återkomsttid.

Verksamheter som anses vara av samhällsviktig karaktär rekommenderas få en högre säkerhetsnivå så att funktionen kan upprätthållas även vid en större översvämning. Samhällsviktig verksamhet kan exempelvis definieras som en verksamhet som vid en störning orsakar en större negativ påverkan på samhället (Länsstyrelserna, 2018).

En skyfallstålign stad behöver därför skapas i samråd mellan både offentliga och privata aktörer då ingen part har egen rådighet över det skyfallsförebyggande arbetet (VA SYD, 2018).

3.3.2 100-årsnivån vid planering av ny bebyggelse

100-årsnivån för skyfall kommer från Boverket som i sin tillsynsvägledning för översvämningar beskriver det som en lämplig utgångspunkt i samhällsplaneringen. Kommunen kan själv bestämma om en högre säkerhetsnivå ska åberopas (Länsstyrelserna, 2018). I väntan på att en nationell standard tydliggörs genom lagstiftning har flera städer, däribland Malmö stad, valt att planera framtida bebyggelse utifrån 100-årsnivån som miniminivå. Malmö har motiverat valet med följande punkter:

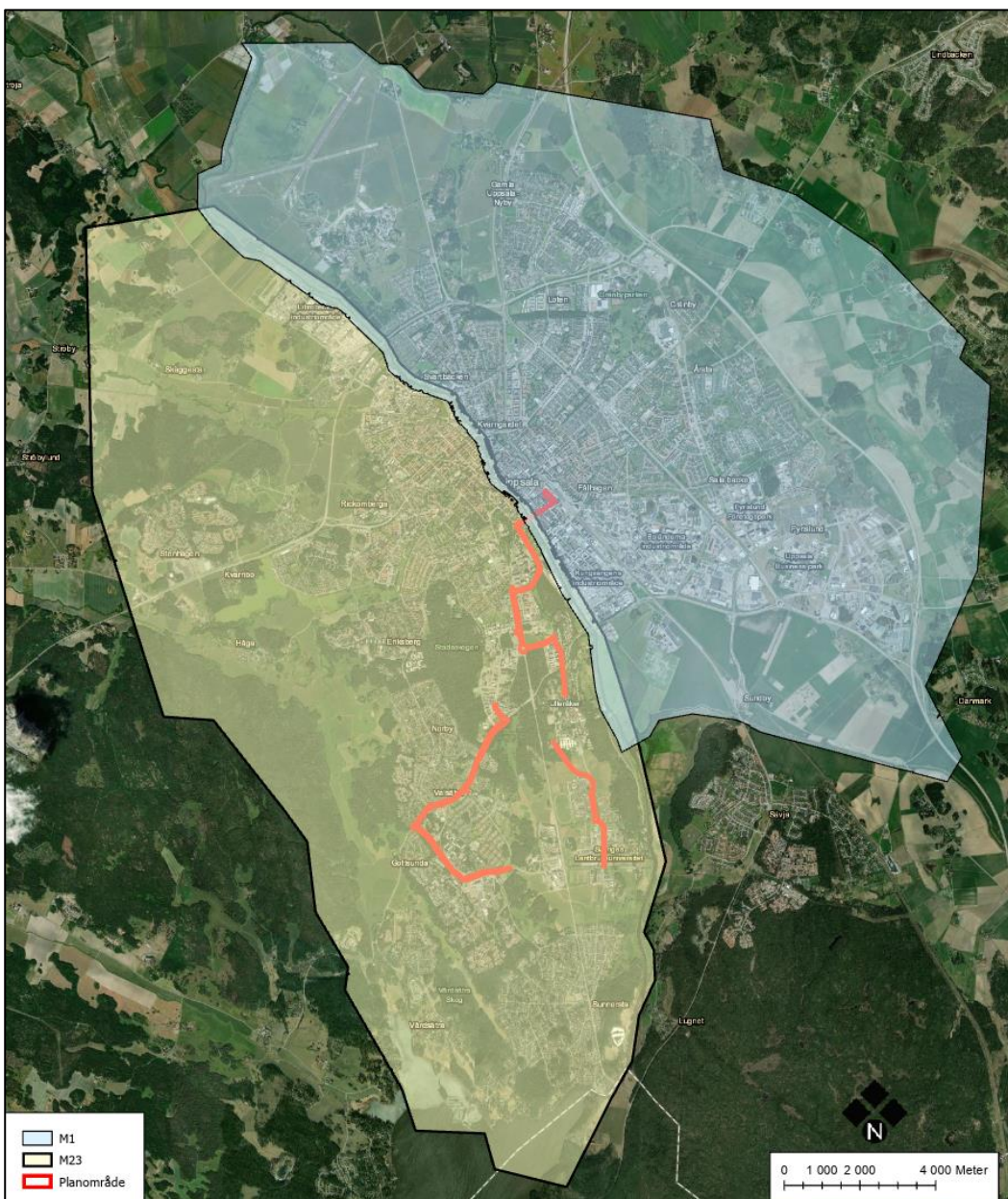
- 100-årsnivån är en påbörjad praxis i många städer i Sverige.
- Flera länsstyrelser, bland annat Skånes, Stockholms och Västra Götalands, rekommenderar att samhällsviktig verksamhet ska ges en högre säkerhetsnivå och planeras så att funktionen kan upprätthållas vid en översvämning.
- Svenskt vatten rekommenderar i P110 att ny bebyggelse planeras för att klara minst ett 100-årsregn.
- Områden som planeras för att klara ett 100-årsregn utan översvämningar kommer kunna hantera även större regnmängder utan katastrofala följder genom en genomtänkt strategi för höjdsättning.

I de fall där åtgärder utöver 100-årsnivån kan ge stora mervärden för andra områden samt är ekonomiskt och tekniskt möjligt, bör sådana åtgärder övervägas.

4 Skyfallsmodellering Uppsala spårväg

4.1 Modellområden

Den erhållna kopplade markavrinnings- och ledningsnätsmodellen över Uppsala är uppdelad i fyra delmodeller, M1-M4. Då sträckorna för B och C går ut till gränsen mellan delmodellerna M2 och M3 slogs dessa två delmodeller samman till en ny delmodell kallad M23 för att undvika eventuella randeffekter. Resultaten från simulering av M2 och M3 jämfördes med resultat från M23 för att verifiera att sammanslagningen av de två modellerna blivit korrekt. Modellområdenas utbredning ses i Figur 4:1.



Figur 4:1. Utbredningen för modellområdena M1 och M23. Planområdet är preliminärt.

Den erhållna höjdmodellen har en upplösning på 4x4 m, vilket också har använts för denna utredning. Med en upplösning på 4x4 m kan de större modellområdena utredas utan att simuleringstiden blir allt för lång och med tillräcklig noggrannhet för att kunna bedöma var översvämningsproblematik kan uppstå vid skyfall. Dock innebär det också att detaljeringsgraden inte blir lika hög och att till exempelvis upphöjningar av trottoarkanter, som kan påverka lokala flödesriktningar, inte tas hänsyn till.

Projekterad höjdsättning av den planerade spårsträckningen erhöles från Systra och bearbetades in i höjdmodellen. Likt för grundmodellen justerades höjdmodellen därefter för att ta hänsyn till viadukter under spårvägen. Övriga ändringar av höjder med exempelvis nya byggnader sedan laserskanningen från 2020 har inte lagts till i höjdmodellen och tas därmed inte hänsyn till i simuleringarna.

Inga ändringar på ledningsnätet har gjorts för de framtida scenarierna förutom i en punkt där den planerade höjdsättningen breder sig ut över utloppet från en kulvert till ett dike vid korsningen Vårdsåtravägen-Tony Segerstedts allé. Där har utloppet flyttats längre söderut mot diket för att hamna utanför spårvägens utbredning.

4.2 Modellerade scenarier

Skyfallskarteringen över Uppsala spårväg har genomförts med ett 100-årsregn med sex timmars varaktighet för att utreda hur den planerade spårvägen beräknas påverka planområdet och närliggande områden vid skyfall. Regnets varaktighet på sex timmar valdes enligt den erhållna grundmodellen från Uppsala kommun som togs fram av DHI.

För att utreda hur ofta och länge som vatten i samband med nederbörd kan förväntas stå på spåren med stopp i trafiken som konsekvens har regnscenarier för 10-, 30- och 100-årsregn analyserats. Samtliga regn har en varaktighet på sex timmar samt en klimatfaktor på 1,3, vilket är samma varaktighet som i den erhållna skyfallsmodellen. Åtgärdsförslag har simulerats för ett 100-årsregn eftersom detta innebär att de även fungerar för vanligare regn

Regnen som har använts är så kallade "designregn" av CDS-typ vilket består av flera blockregn med olika varaktigheter och intensiteter för den valda återkomsttiden (Svenskt Vatten, 2011). Vid simulering med 10- och 30-årsregn har hela nederbördsvolymen belastat ledningsnätet för att vid kapacitetsbrist tränga upp på ytan för markavrinning medan 100-årsregnet har belastat både mark- och ledningsnätsmodellen.

5 Resultat

I följande avsnitt presenteras resultat från skyfallskarteringen både före och efter planerad exploatering med spårvägen. 8 fokusområden har tagits fram där planerad höjdsättning bedöms ge upphov till stående vatten på antingen spåret eller närliggande områden. Fokusområdenas placering kan ses i Figur 5:1. För respektive fokusområde presenteras maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn (både för befintligt och framtida scenario), skillnad i maximalt vattendjup vid befintlig/framtida situation samt hur länge vatten beräknas stå på spåren med ett vattendjup över 6 cm (och därmed påverka trafiken) vid ett 10-, 30-, samt 100-årsregn.

Övergripande resultat för befintlig situation visas i bilaga 1A-1C och för framtida situation i bilaga 2A-5C. Bilagorna visar maximalt vattendjup, skillnad i maximala vattendjup (framtida-befintlig), vattendjup vid simuleringens slut, vattenflöde och vattenhastighet under hela simuleringens period, det vill säga inte förhållandet vid en viss tidpunkt. Detta eftersom maximala värden inträffar vid olika tidpunkter beroende på topografi och friktion (Mannings M).



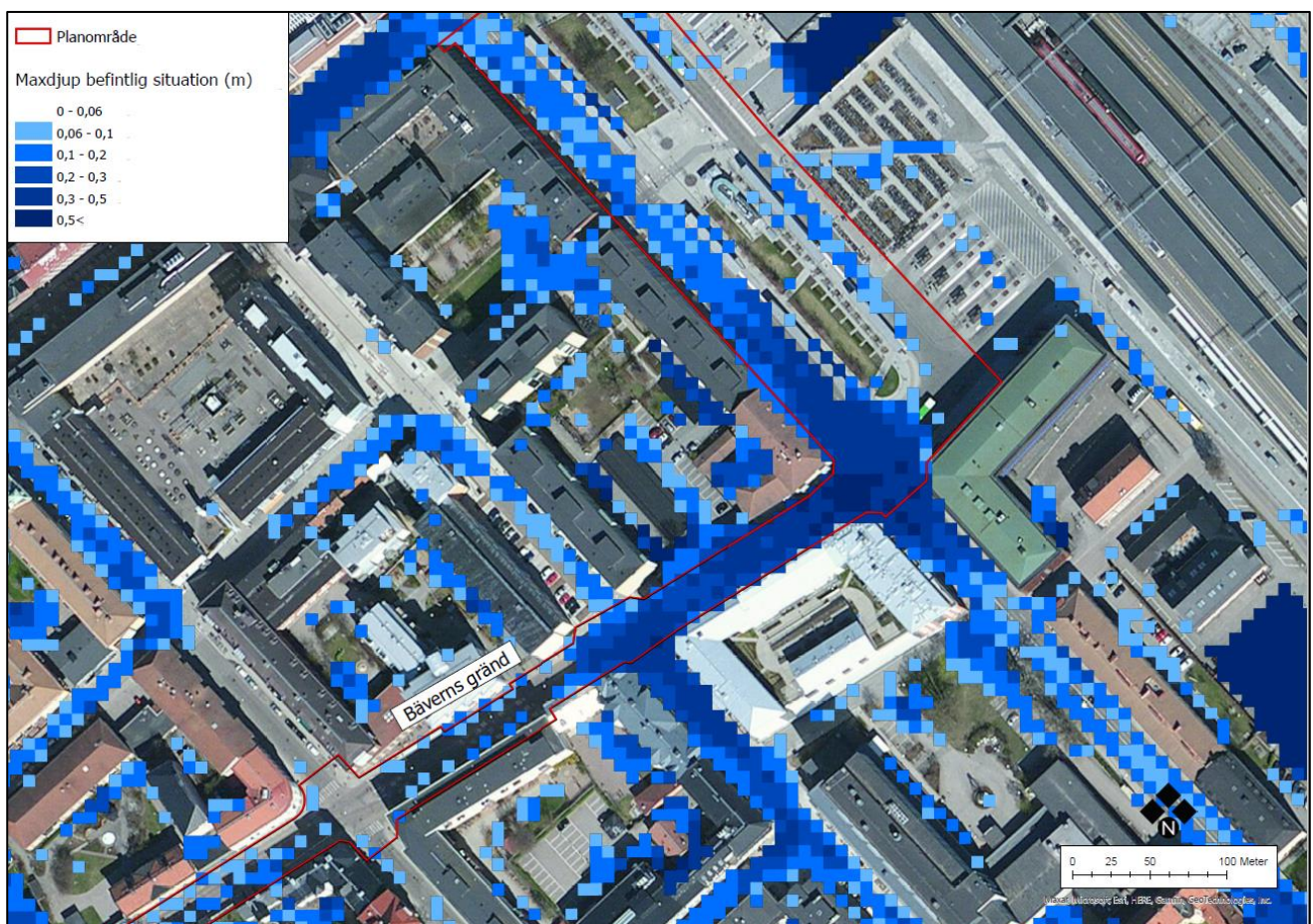
Figur 5:1. Översiktsbild med fokusområden markerat i gult där resultat från simuleringar redovisas mer utförligt. Preliminär planområdesgräns är markerad i rött.

5.1 Befintliga förhållanden

I detta avsnitt redovisas maximala vattendjup inom de 8 fokusområdena från simulering av befintliga förhållanden med studerat 100-årsregn. Maximala vattendjup är inte en ögonblicksbild utan visar det maximala vattendjupet som uppstår i varje enskild cell under hela simuleringen.

5.1.1 Område 1 – Bäverns gränd

Figur 5:2 visar att det idag finns en befintlig översvämningsproblematik på Bäverns gränd och Kungsgatan. Simulering med 100-årsregnet ger upphov till stående vatten med ett maximalt vattendjup just över 0,5 m vid korsningen Bäverns gränd-Kungsgatan.



Figur 5:2. Beräknade maximala vattendjup i centrala Uppsala vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimattfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.2 Område 2 – Sjukhusvägen N

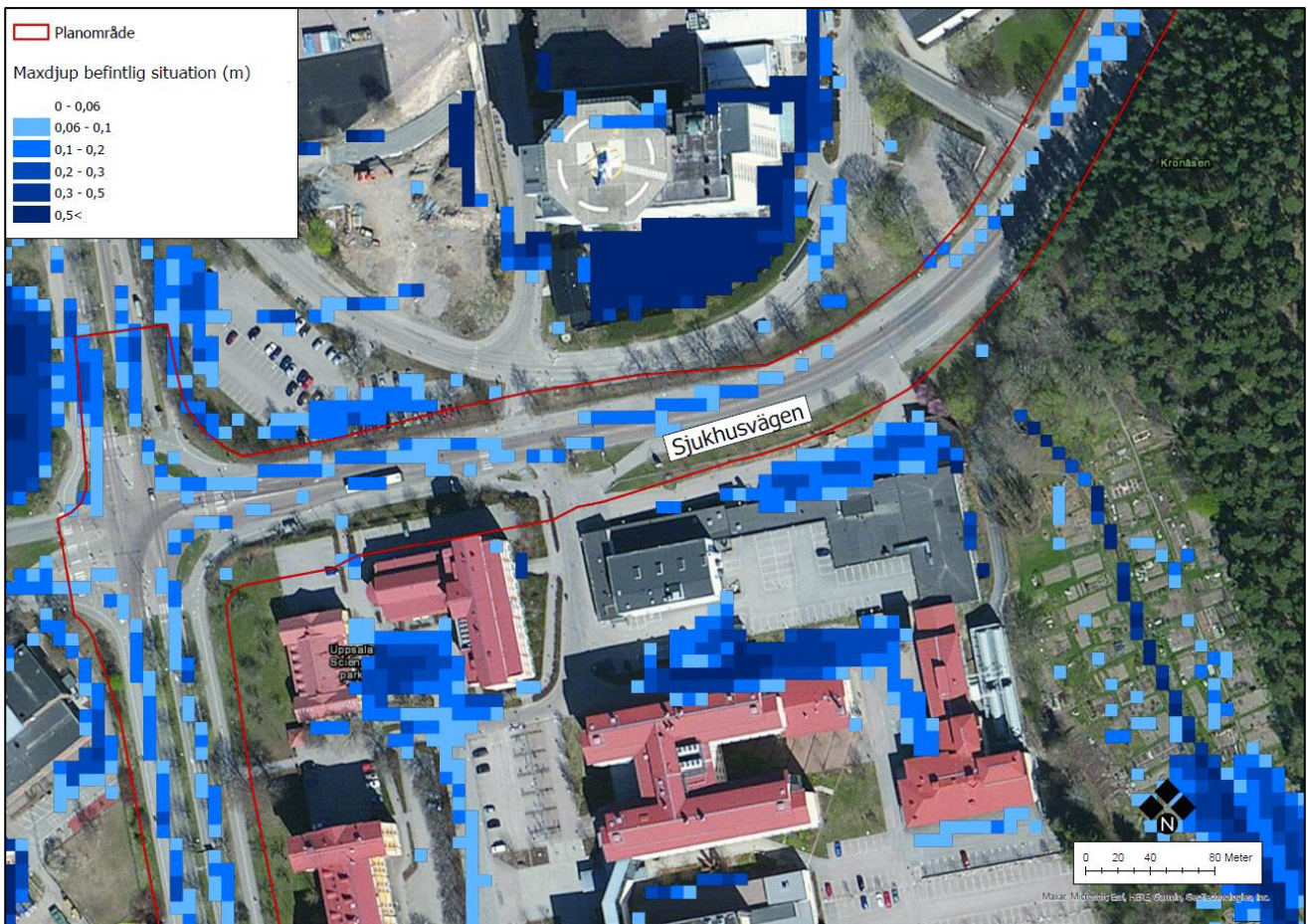
Delar av den norra delen av Sjukhusvägen översvämmas med ett vattendjup upp till 0,3 m, se Figur 5:3.



Figur 5:3. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.3 Område 3 – Sjukhusvägen S

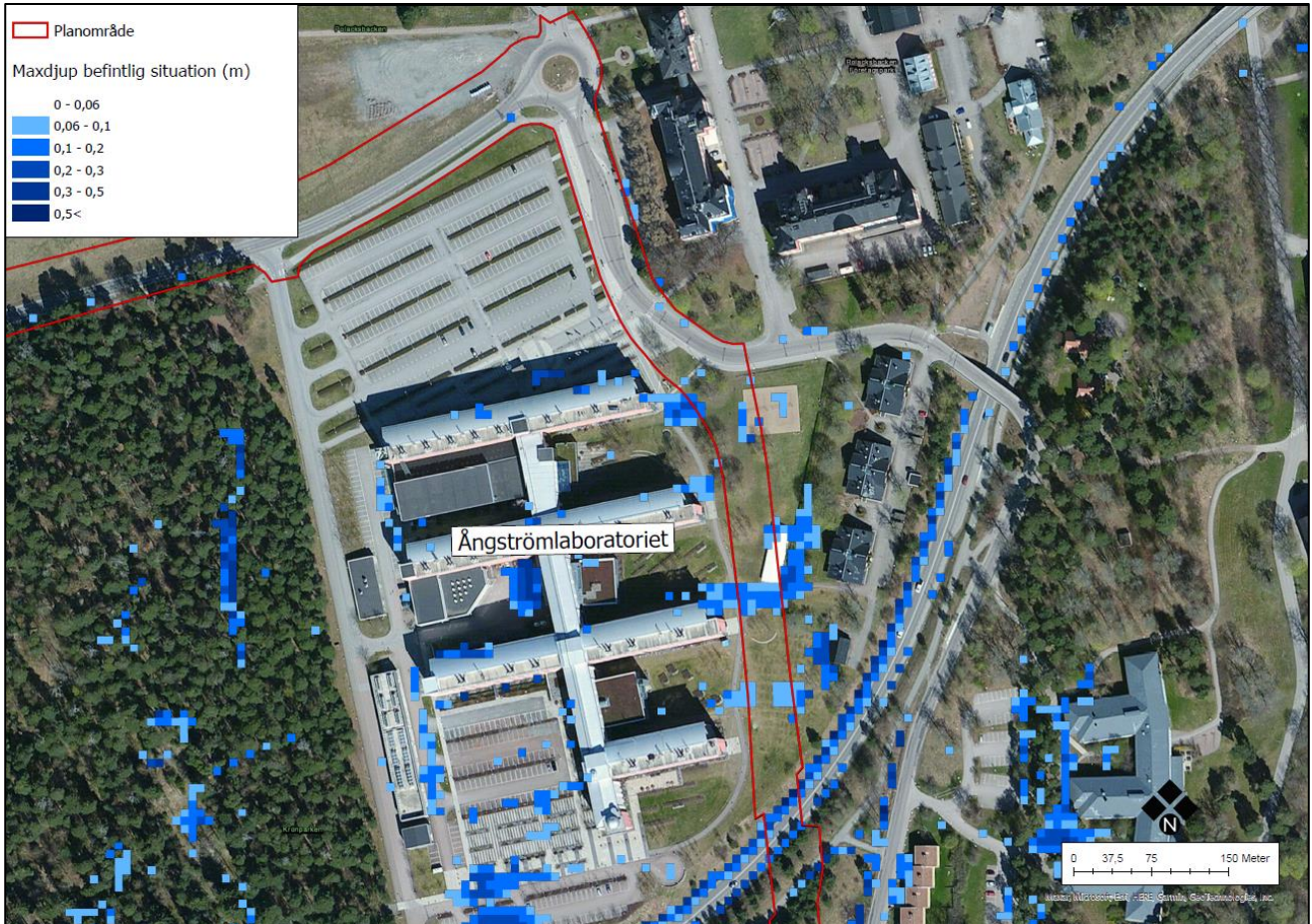
Mindre delar av den södra delen av Sjukhusvägen översvämmas med ett vattendjup upp till 0,2 m, se Figur 5:4.



Figur 5:4. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatafaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.4 Område 4 – Ångströmlaboratoriet

Öster om Ångströmlaboratoriet, där spårvägen planeras, ansamlas vatten på ett antal platser, se Figur 5:5



Figur 5:5. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.5 Område 5 – Hugo Alfvéns väg N

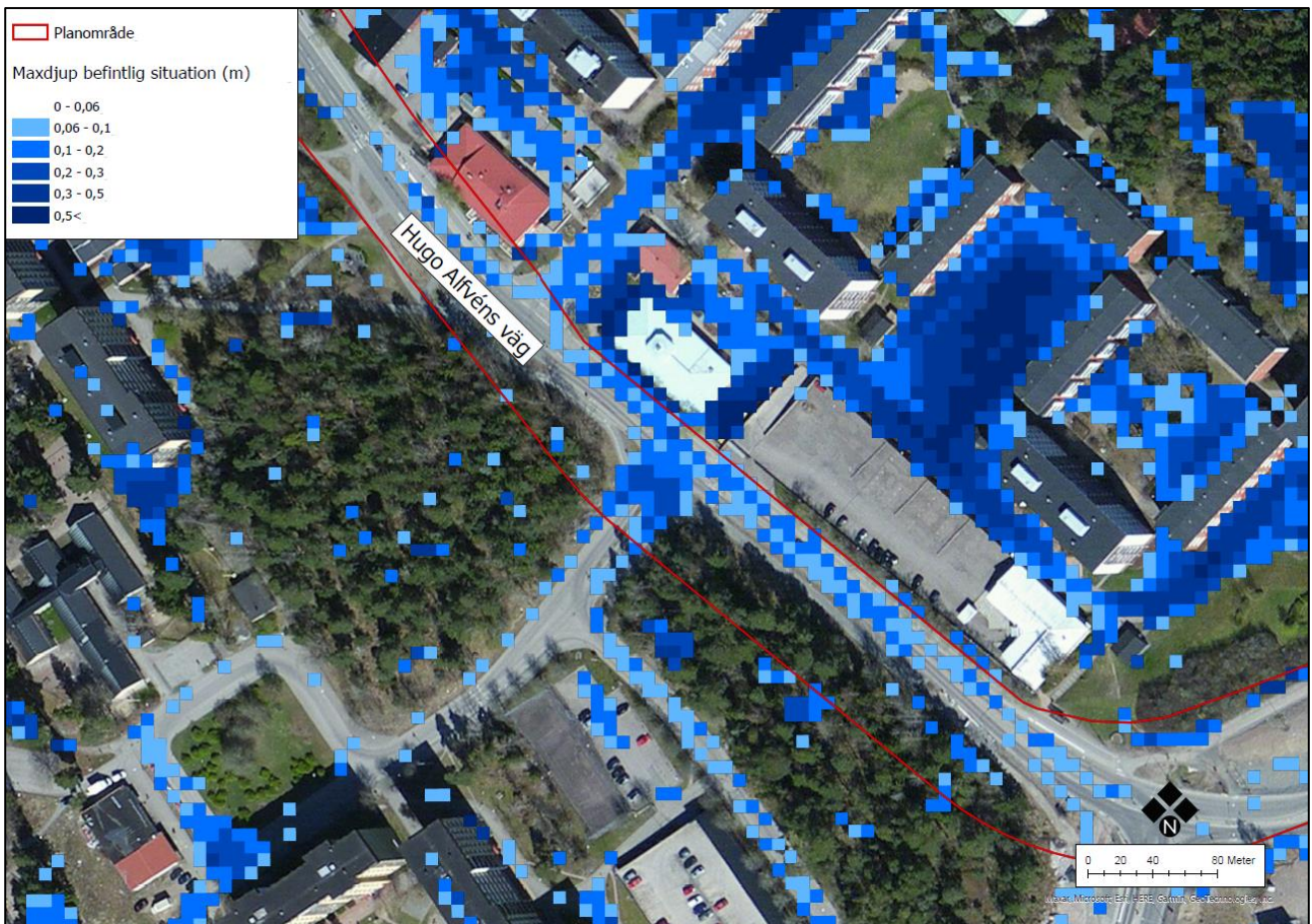
Norr och söder om Hugo Alfvéns väg ansamlas vatten där spårvägen planeras, se Figur 5:6.



Figur 5:6. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.6 Område 6 – Hugo Alfvéns väg S

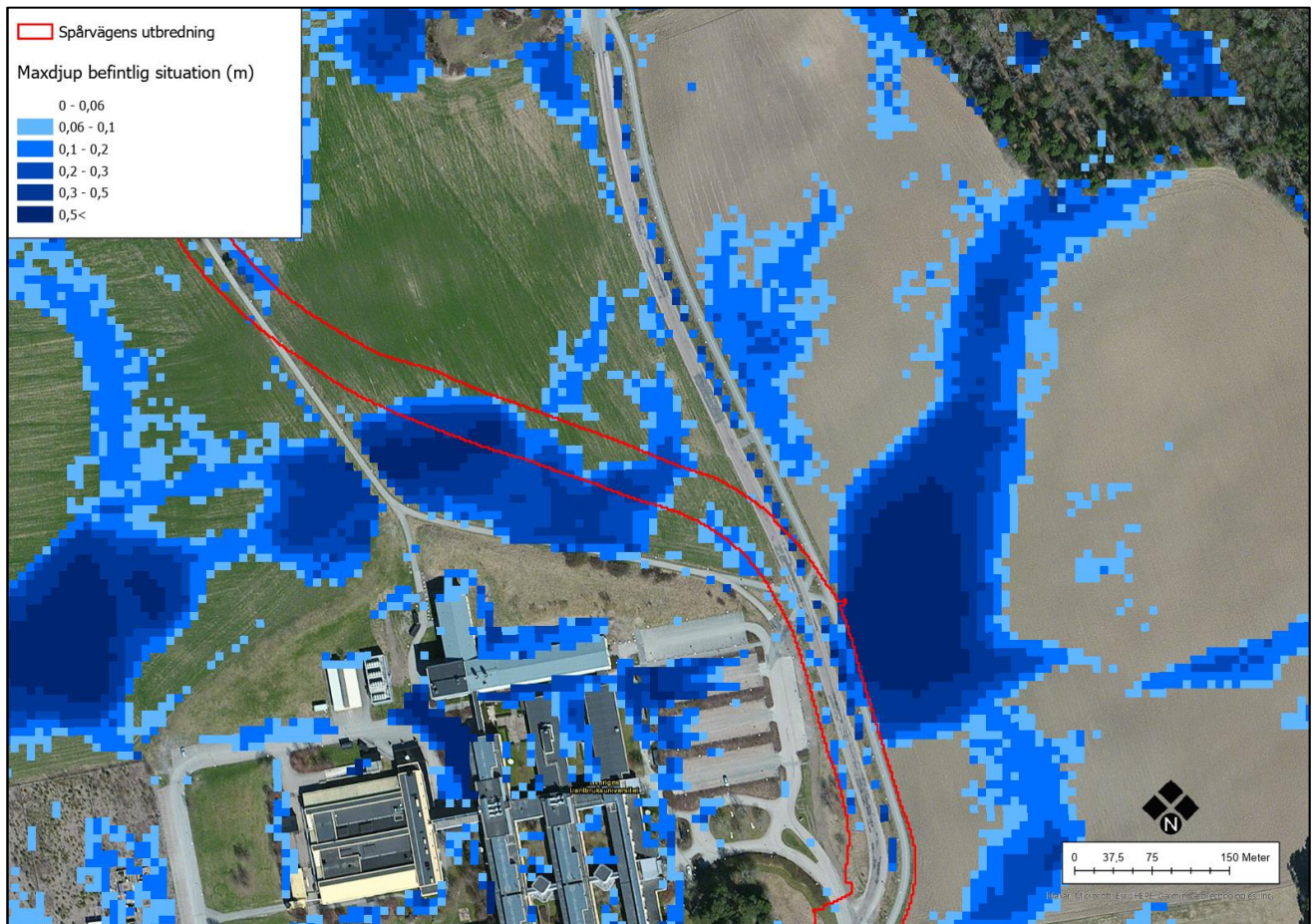
I korsningen mellan Hugo Alfvéns vägen och Stenhammars väg finns ett område som översvämmas för befintlig situation, se Figur 5:7.



Figur 5:7. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.1.7 Område 7 – Åkermark

På delsträcka C, norr om Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) finns det ett område med åkermark som beräknas översvämmas vid befintlig situation. Figur 5:8 visar utbredningen av de översvämmade områdena och spårvägens placering.



Figur 5:8. Beräknade maximala vattendjup vid åkermarken vid delsträcka C vid befintlig situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimattfaktor 1,3. Spårvägens utbredning är preliminär.

5.1.8 Område 8 – Ulls väg

Väst om den planerade spårvägen finns ett större översvämningsområde, se Figur 5:9. Ulls väg översvämmas dock ej.



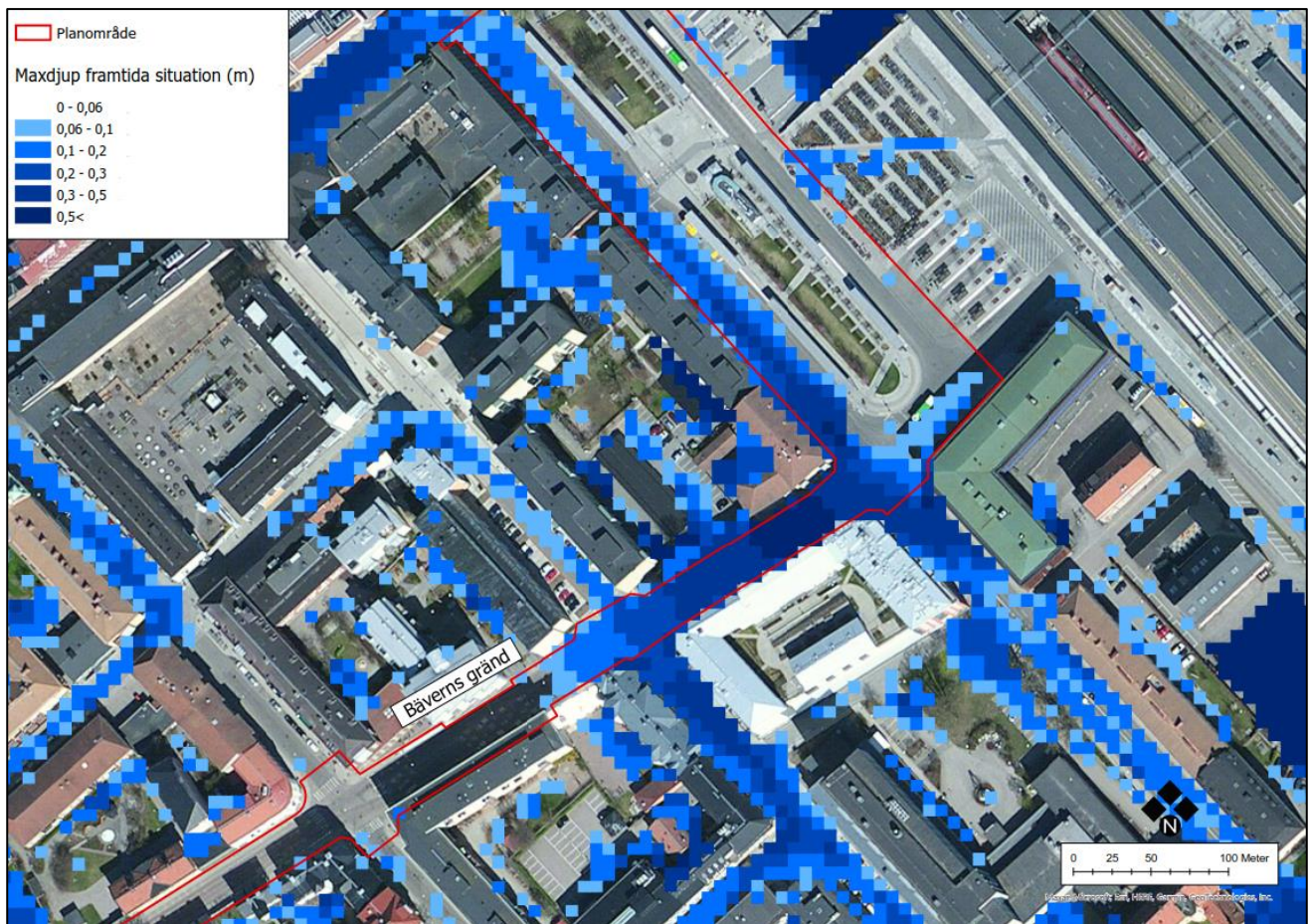
Figur 5:9. Beräknade maximala vattendjup vid befintlig situation och ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

5.2 Framtida förhållanden

Nedan följer en presentation av resultatet av simuleringarna med planerad höjdsättning av spårvägen.

5.2.1 Område 1 – Bäverns gränd

Likt vid befintlig situation visar Figur 5:10 att det finns en översvämningssituation vid Bäverns gränd samt Kungsgatan med maximala vattendjup som överstiger 0,5 m vid ett 100-årsregn.



Figur 5:10. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

Figur 5:11 visar att planerad höjdsättning av spårvägen ger upphov till en förflyttning av vattenmängder där det maximala vattendjupet i Bäverns gränd just söder om korsningen beräknas öka vid framtida situation jämfört med befintlig. I korsningen beräknas däremot det maximala vattendjupet att minska med planerad höjdsättning.



Figur 5:11. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

5.2.2 Område 2 – Sjukhusvägen N

Figur 5:12 visar att spårvägens planerade höjdsättning ger upphov till stående vatten väster om spårvägen mot Akademiska sjukhuset där ett vattendjup upp mot ca 1 m beräknas. På spårvägen beräknas ett maximalt vattendjup mellan 0,06–0,1 m på ett fåtal ställen.



Figur 5:12. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatafaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

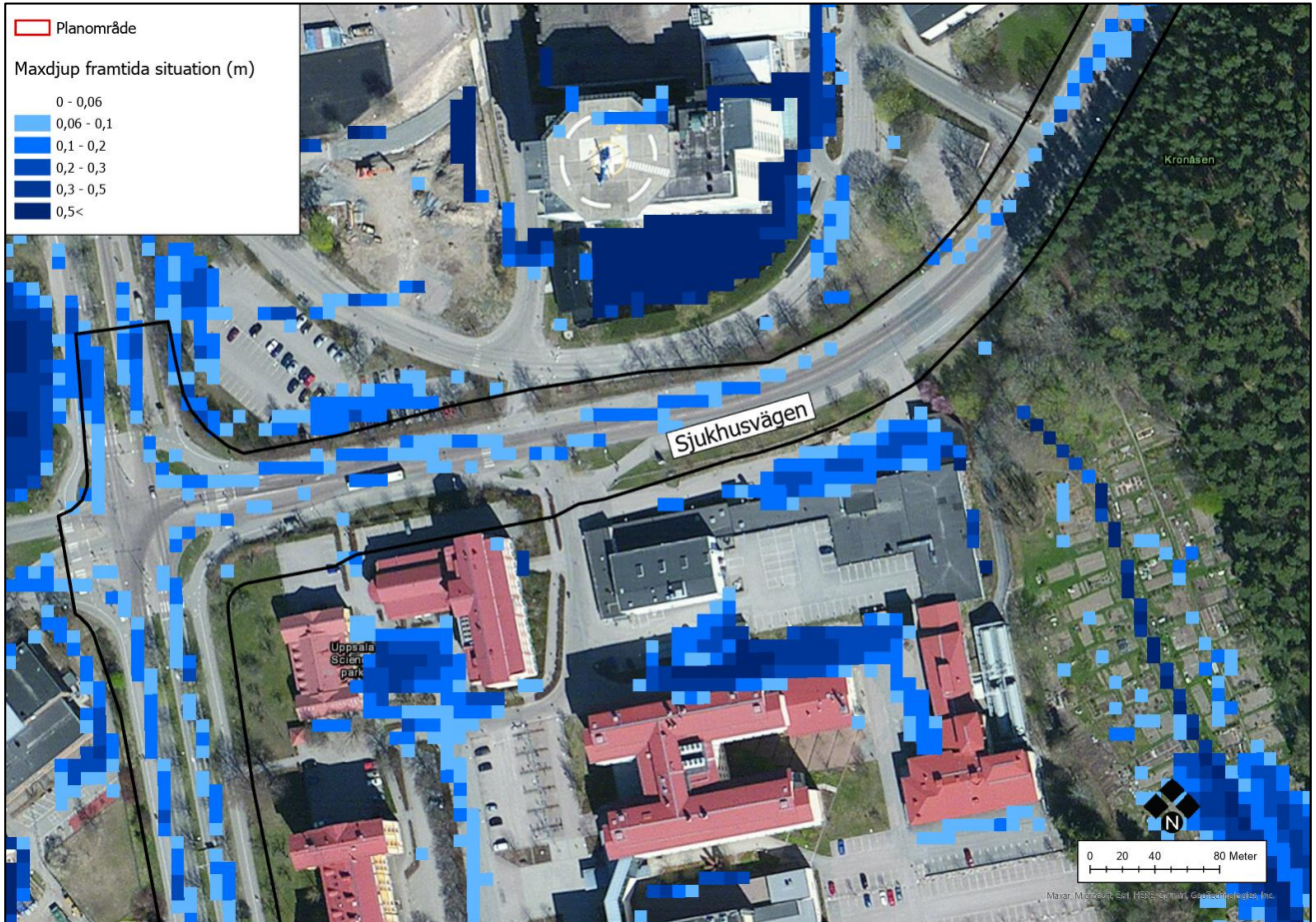
I Figur 5:13 ses att spårvägens höjdsättning ger ett ökat vattendjup på de redan lägre områdena väster om spårvägen mot Akademiska sjukhuset. Öster om spårvägen vid Studenternas IP beräknas det maximala vattendjupet att minska vilket bedöms bero på att vatten stängs in väster om spårvägen med dess nya höjdsättning och utbredning.



Figur 5:13. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

5.2.3 Område 3 – Sjukhusvägen S

Längre söderut på Sjukhusvägen beräknas det ansamlas stående vatten både norr och söder om Sjukhusvägen, vilket kan ses i Figur 5:14.



Figur 5:14. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

Figur 5:15 visar att ett djupare maximalt vattendjup beräknas söder om Sjukhusvägen vid planerad situation medan vattendjupet norr om spårvägen vid Akademiska sjukhuset beräknas minska. Inom spårvägens utbredning bedöms skillnaden för det maximala vattendjupet vara relativt liten.



Figur 5:15. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimattfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

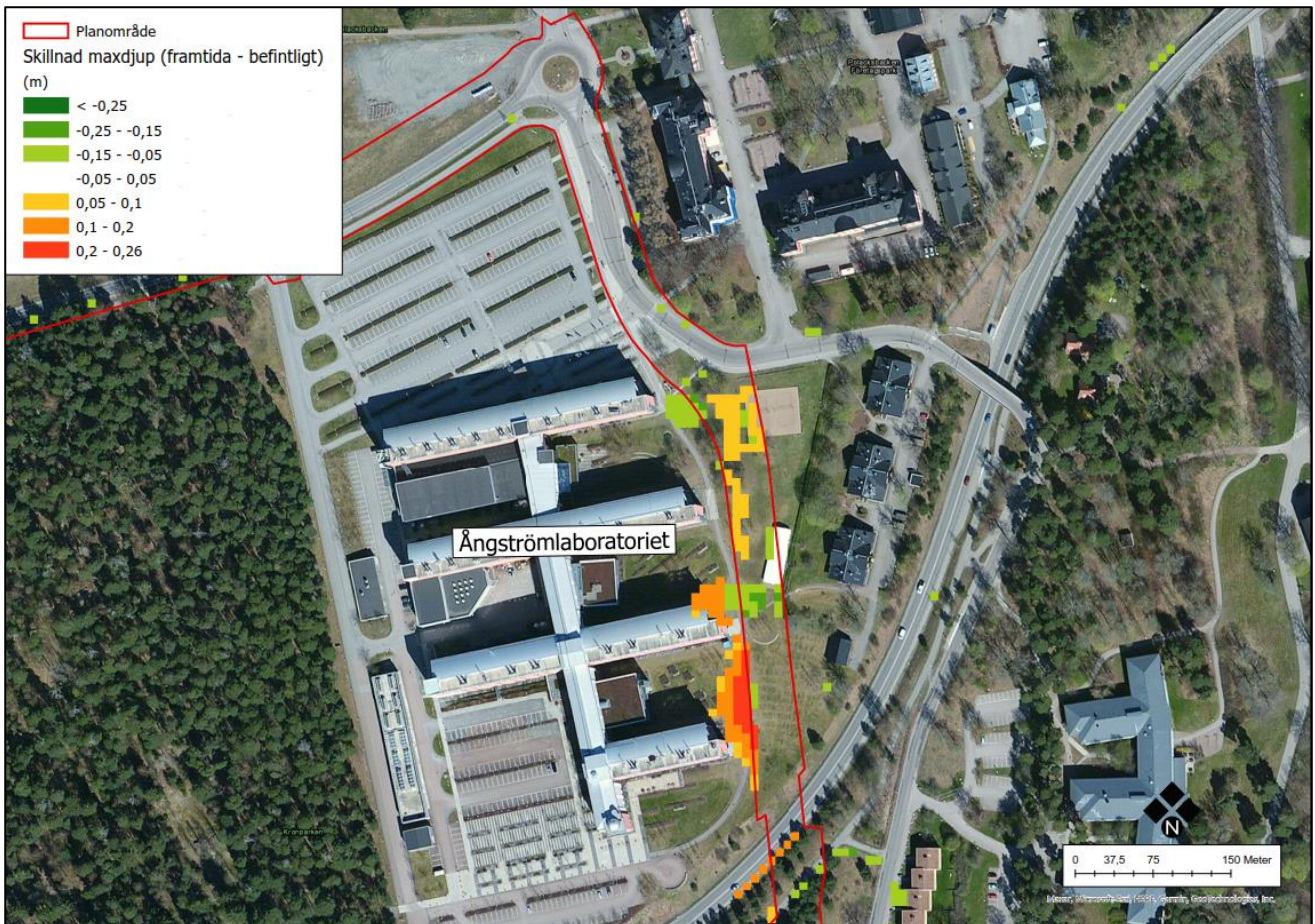
5.2.4 Område 4 – Ångströmlaboratoriet

I Figur 5:16 ses att maximala vattendjup på ca 0,4 m beräknas just väster om spårvägen mot Ångströmlaboratoriet. Inom planområdet beräknas ett vattendjup mellan 0,06–0,1 m med fläckvisa punkter med vattendjup mellan 0,1–0,2 m.



Figur 5:16. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

Figur 5:17 visar att spårvägens planerade upphöjning vid Ångströmlaboratoriet beräknas ge ökade maximala vattendjup väster om planområdet. Eftersom Ångströmlaboratoriet enligt uppgifter från beställare bedöms vara ett extra känsligt område bör de ökade maximala vattendjupen åtgärdas.



Figur 5:17. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

5.2.5 Område 5 – Hugo Alfvéns väg N

I den nordvästra delen av Hugo Alfvéns väg finns en lågpunkt där det beräknas samlas stående vatten med maximala vattendjup upp mot ca 0,3 m. I Figur 5:18 ses lågpunktens utbredning med stående vatten.



Figur 5:18. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

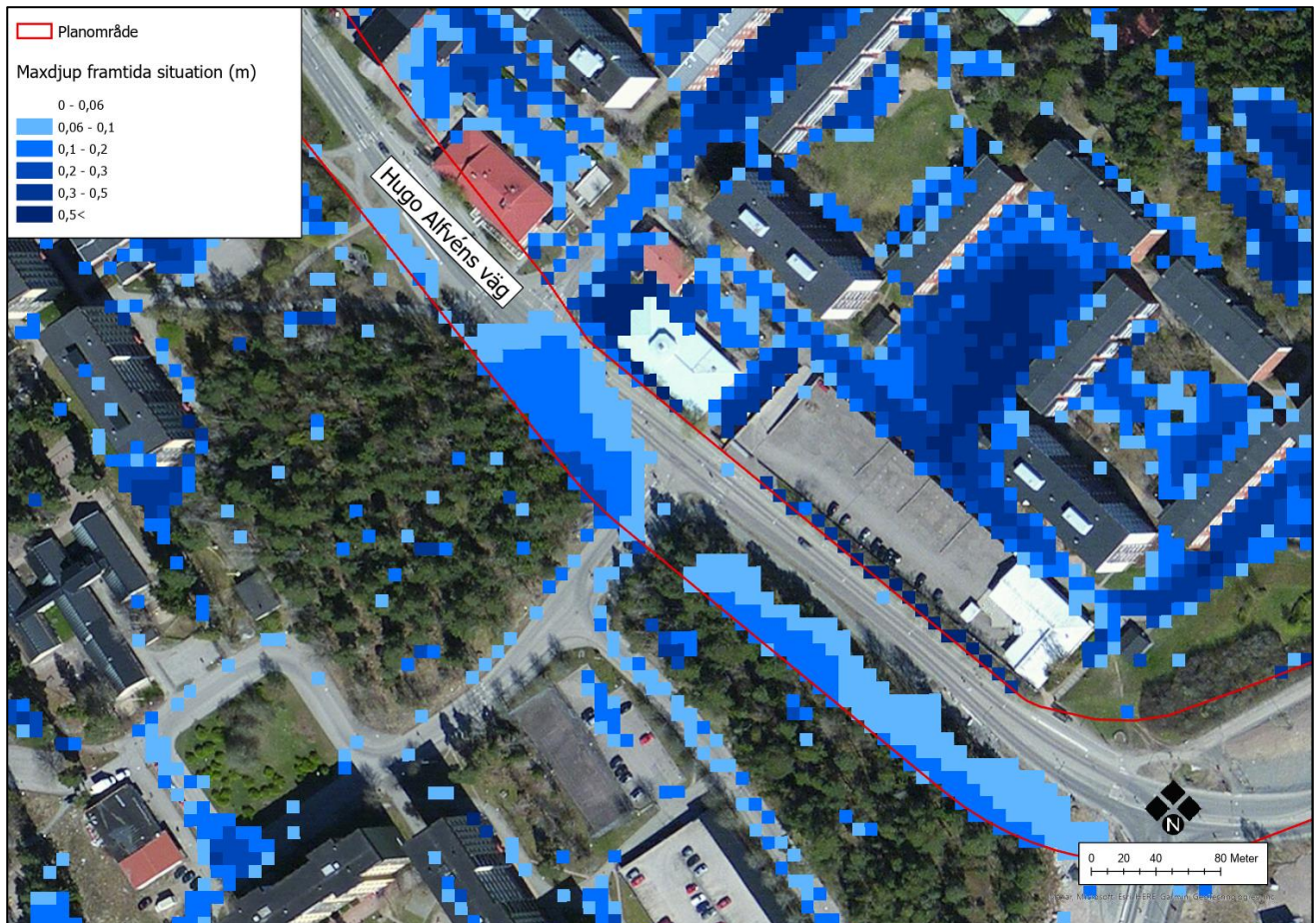
I Figur 5:19 ses att maximala vattendjup beräknas öka i den centrala delen av lågpunkten medan vattenmängderna i befintliga diken vid sidan av vägen beräknas minska vid planerad situation.



Figur 5:19. Skilnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

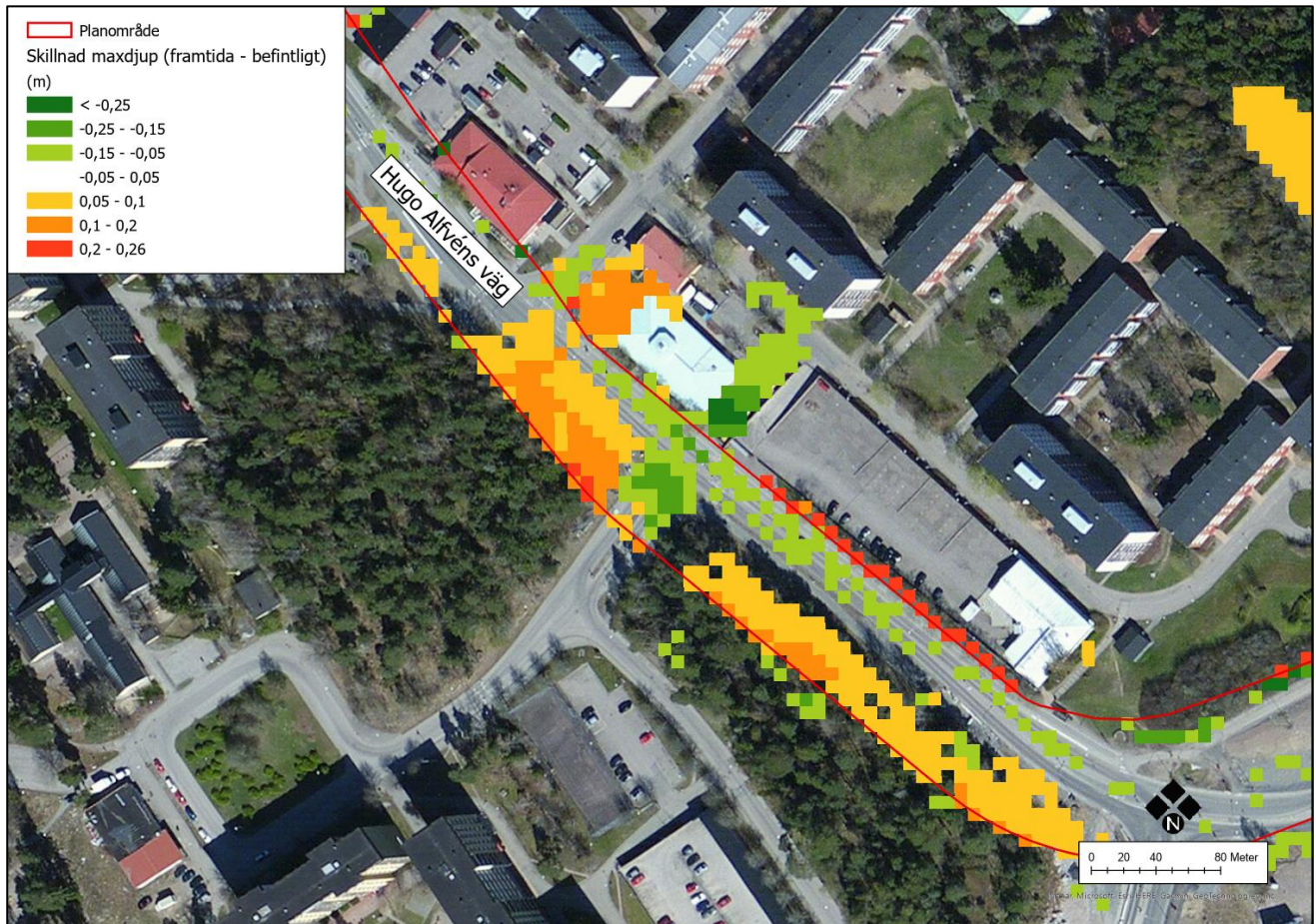
5.2.6 Område 6 – Hugo Alfvéns väg S

I Figur 5:20 ses att det i den södra delen av Hugo Alfvéns väg beräknas bli stående vatten upp mot 0,3 m i den sydvästra delen av planområdet. Norr om planområdet, likt för befintlig situation, beräknas det ansamlas stående vatten med maximala djup över 0,5 m.



Figur 5:20. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

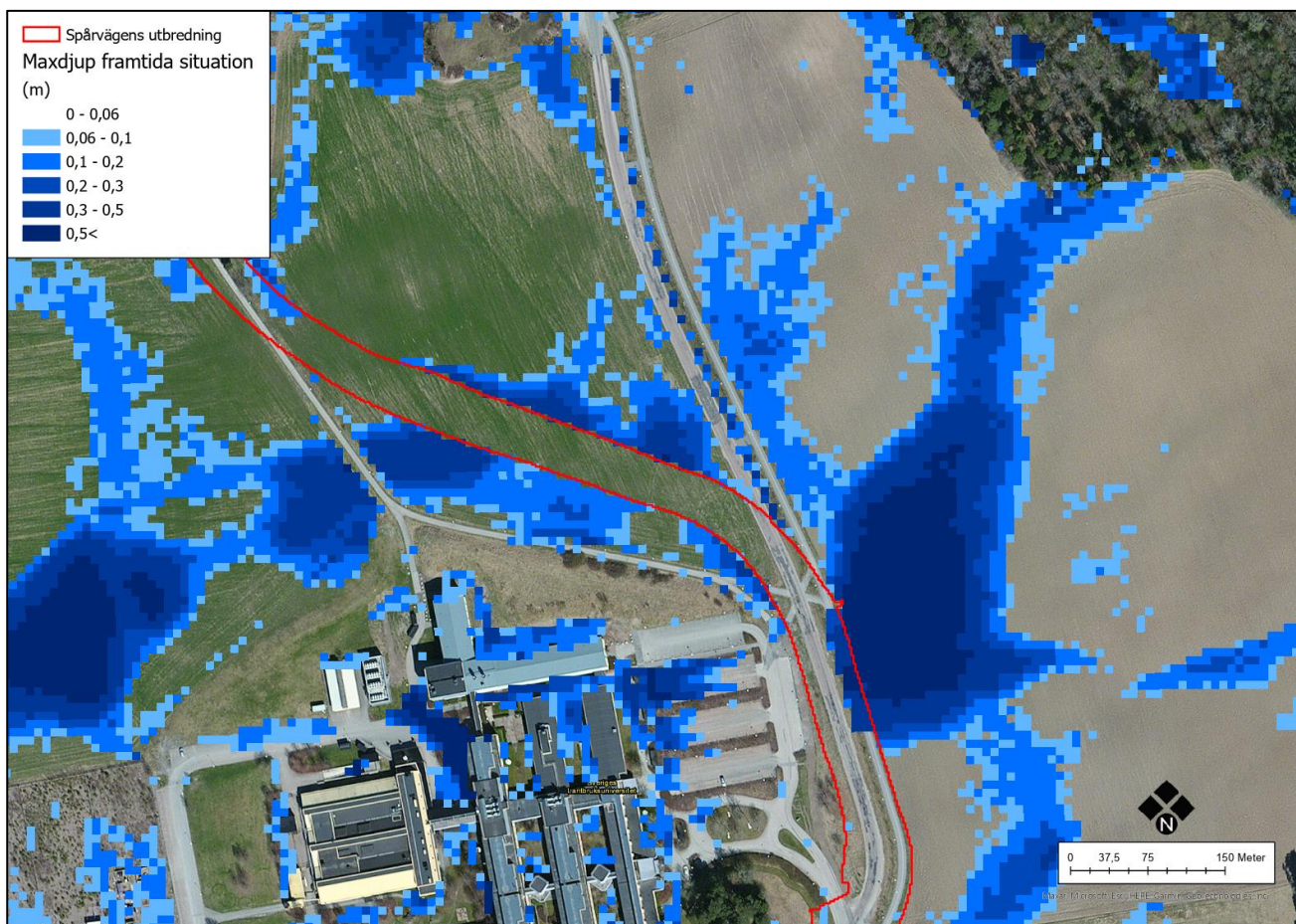
Figur 5:21 visar att maximala vattendjup beräknas öka i den sydvästra delen av planområdet där den planerade spårvägens och Hugo Alfvéns vägs utbredning sträcker sig utöver den befintliga skogsmarken. Vattendjupet på den befintliga vägen beräknas vid planerad situation att minska vilket bedöms bero på att mer vatten rinner åt sydväst med spårvägens nya utbredning och höjdsättning.



Figur 5:21. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimattfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

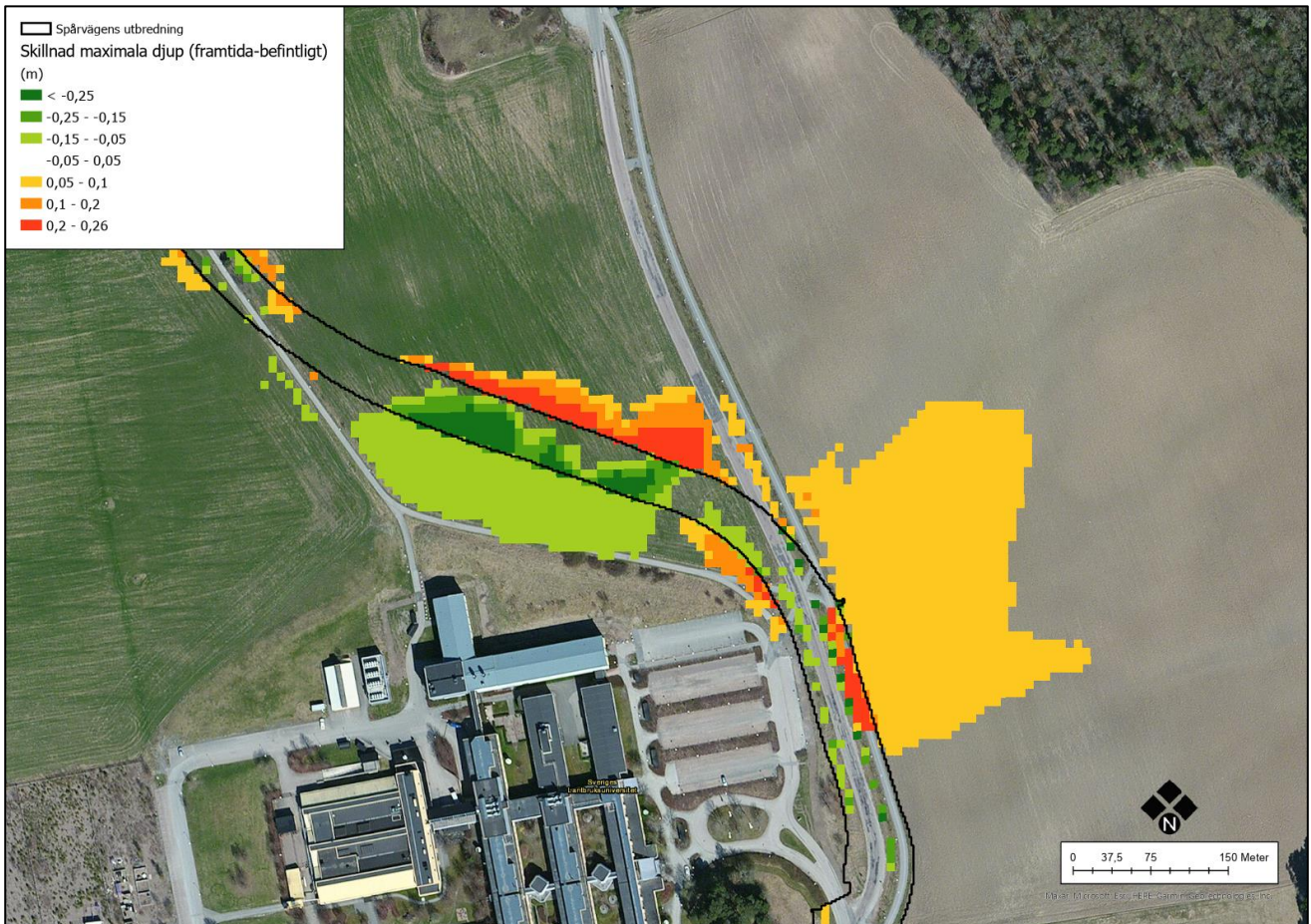
5.2.7 Område 7 – Åkermark

Den planerade spårvägens föreslagna sträckning går genom den befintliga lågpunkten där det vid befintlig situation beräknas ansamlas vatten. Spårvägens planerade dragning gör därmed att vatten beräknas samlas både norr och söder om spåren med ett vattendjup upp mot 0,45 m som mest söder om spåren, vilket kan se i Figur 5:22 nedan. Även öster om spårvägens planerade sträckning finns det en större lågpunkt där det beräknas bli stående vatten med maximala vattendjup på ca 1 m.



Figur 5:22. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatafaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

I Figur 5:23 nedan ses hur den planerade spårvägens utbredning och upphöjning skapar en barriär som gör att de maximala vattendjupen beräknas öka norr om spåren men minska söder om dem då flödesvägar skärs av. Där ses även att den befintliga lågpunkten på åkermarken öster om spåren beräknas öka något vid framtida situation.



Figur 5:23. Skillnad i maximala vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

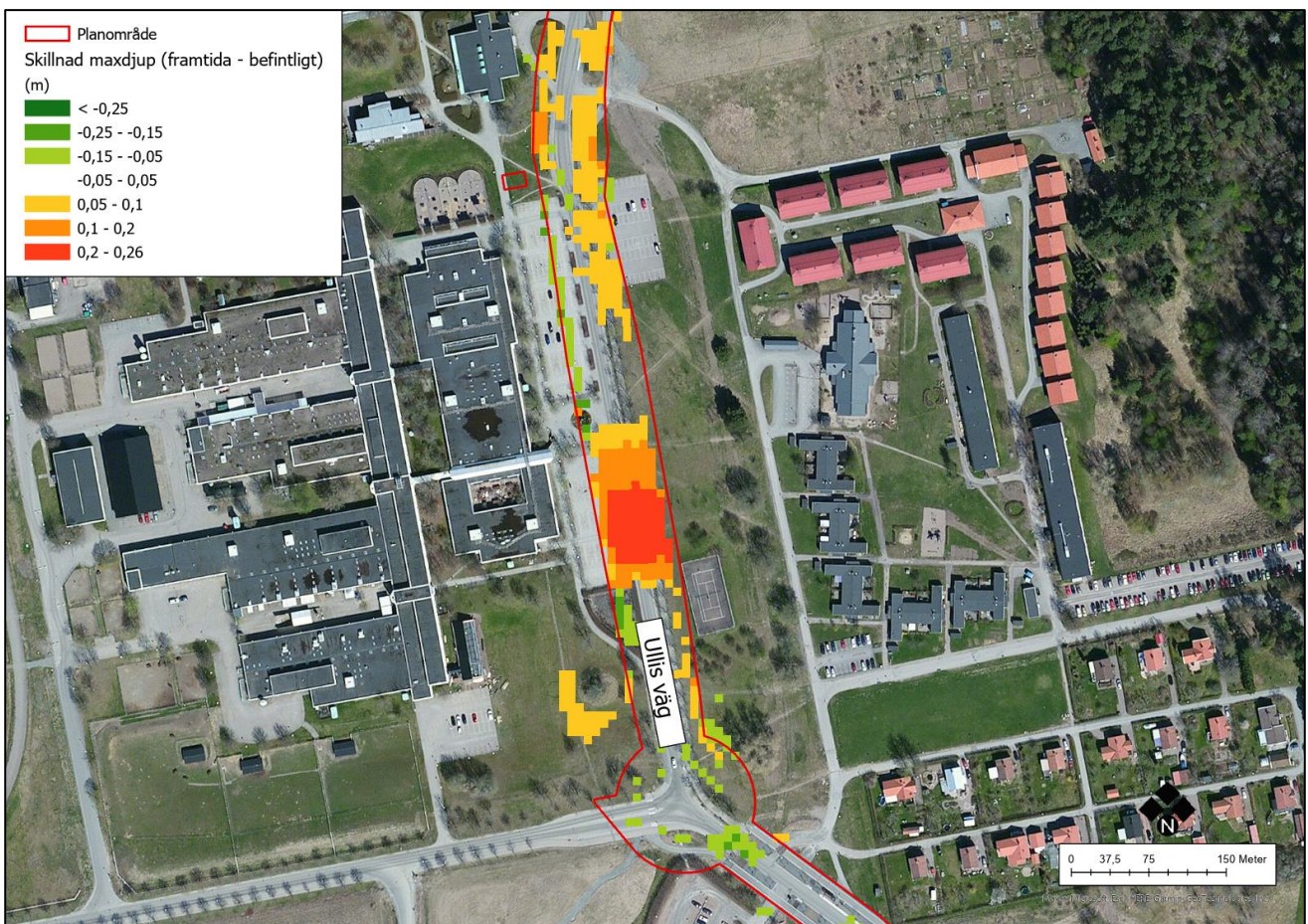
5.2.8 Område 8 – Ulls väg

I Ulls väg beräknas maximala vattendjup på upp mot 0,3 m i en lågpunkt som kan ses i Figur 5:24. Väster om Ulls väg beräknas det likt för befintlig situation att stående vatten ansamlas med ett vattendjup upp mot 0,5 m.



Figur 5:24. Beräknade maximala vattendjup vid planerad situation i samband med ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor 1,3. Planområdet är preliminärt.

Till följd av lågpunkten i spårvägens planerade höjdsättning beräknas de maximala vattendjupen att öka i Ulls väg, vilket kan ses i Figur 5:25.



Figur 5:25. Skillnad i maximalt vattendjup mellan framtida och befintlig situation vid studerat 100-årsregn med klimatfaktor 1.3. Planområdet är preliminärt.

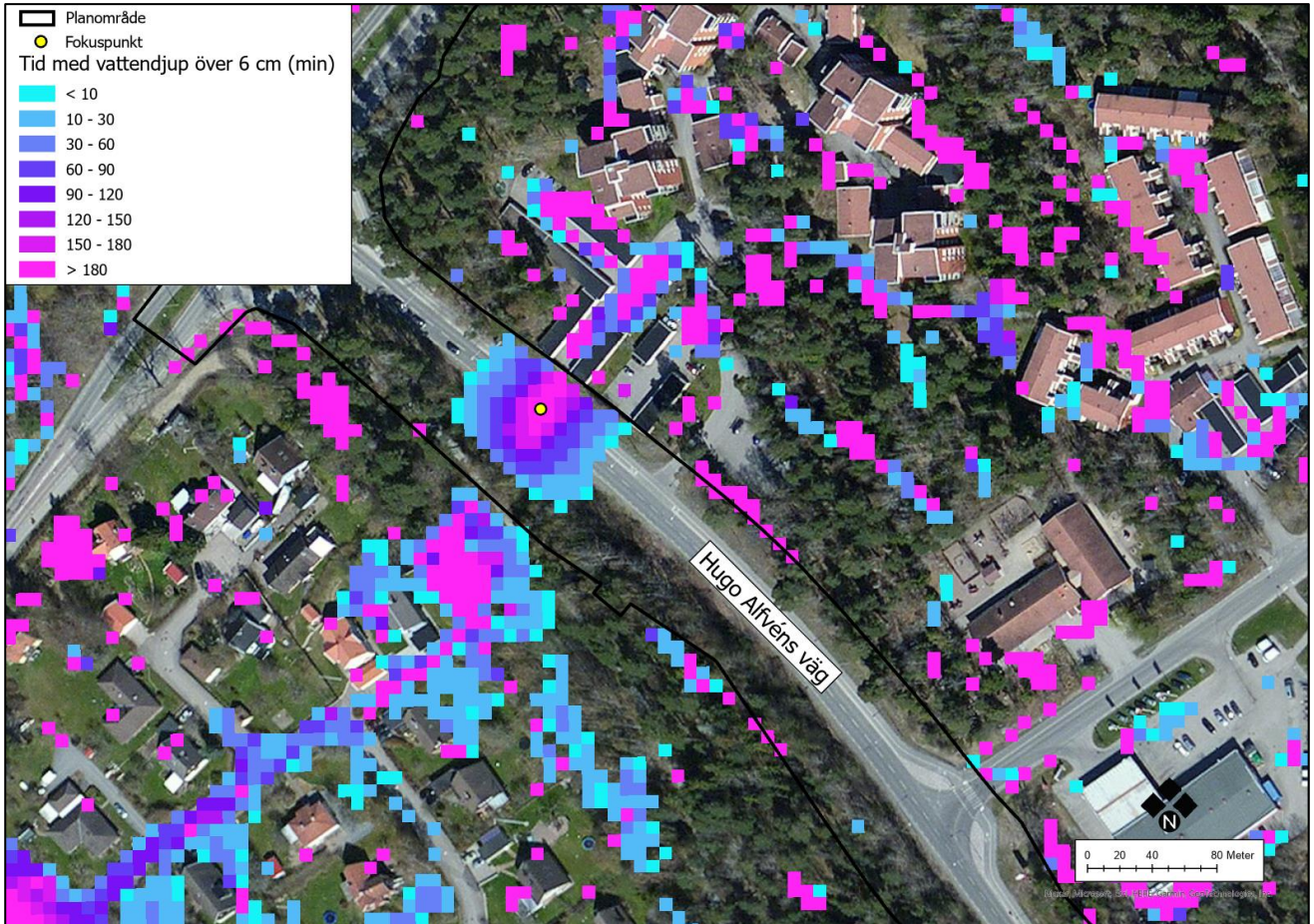
5.3 Tid med stående vatten på spår

Under följande avsnitt presenteras resultat med hur länge ett vattendjup på minst 6 cm beräknas stå på spåren vid simuleringar med 10-, 30- och 100-årsregn. Det bör poängteras att vattendjupet är ovan marknivå på höjdmodellen med upplösning 4x4 m och att inga eventuella lokala upphöjningar av spåret för en högre rälsöverkant har tagits hänsyn till i framtagandet av tiden för vattendjupet. Riktlinjen 6 cm är utifrån uppgifter från Uppsala kommun om att ett vattendjup över 6 cm över rälsöverkant innebär att trafiken måste sakta ner och att trafiken därmed påverkas.

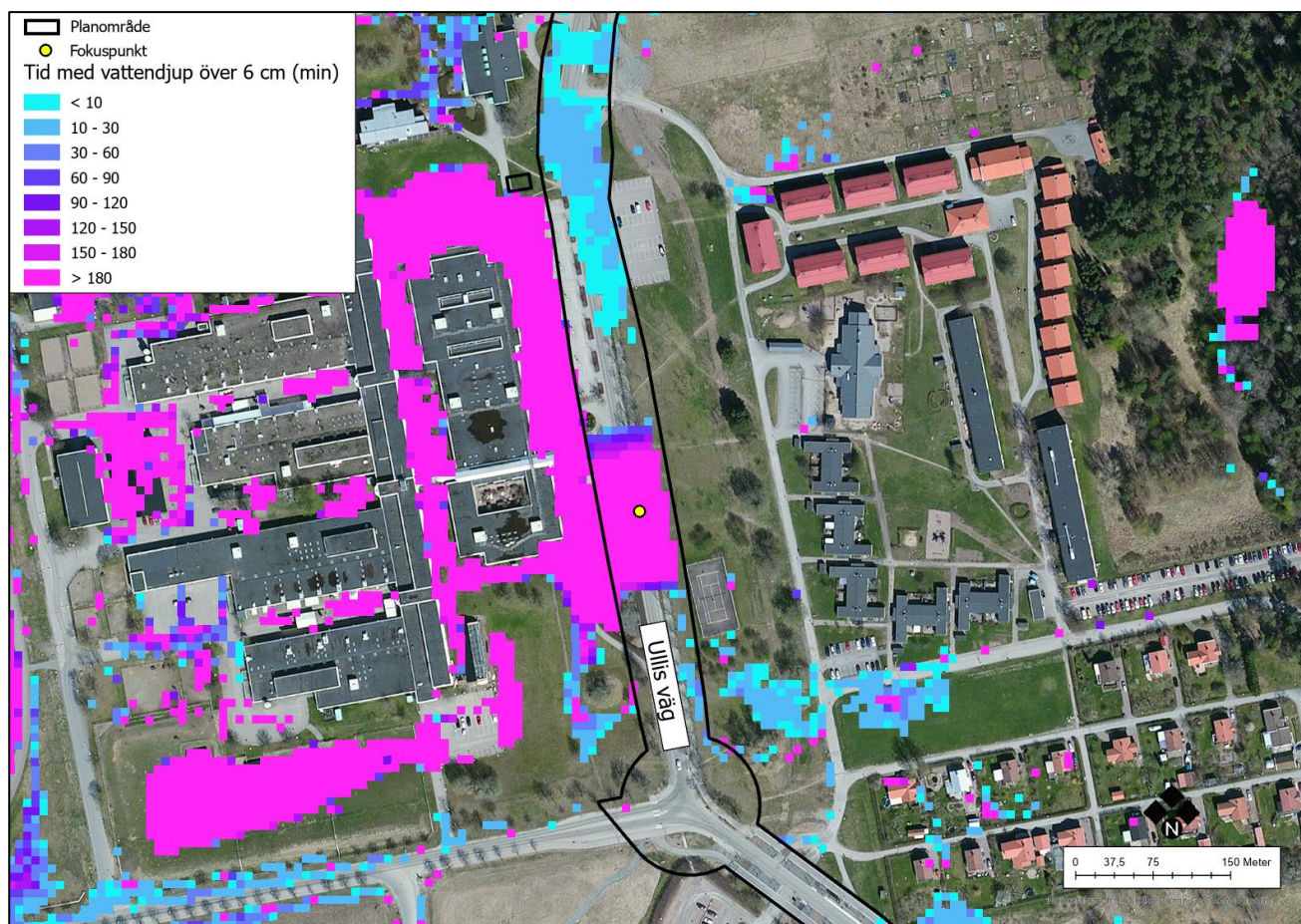
I Figur 5:26-Figur 5:28 redovisas utvalda platser inom planområdet där vatten samlas på spåren med områden utifrån den tid som ett vattendjup över 6 cm beräknas förekomma vid ett 100-årsregn med sex timmars varaktighet och klimatafaktor 1,3. I Tabell 2 redovisas sedan tiden med stående vatten över 6 cm i en punkt inom respektive plats för ett 10-, 30- och 100-årsregn.



Figur 5:26. Tid då det beräknas stå vatten med ett vattendjup på minst 6 cm vid studerat 100-årsregn. Fokuspunkten är belägen i Bäverns gränd. Planområdet är preliminärt.



Figur 5:27. Tid då det beräknas stå vatten med ett vattendjup på minst 6 cm vid studerat 100-årsregn i den norra delen av Hugo Alfvéns väg. Planområdet är preliminärt.



Figur 5:28. Tid då det beräknas stå vatten med ett vattendjup på minst 6 cm i Ulls väg vid studerat 100-årsregn. Planområdet är preliminärt.

Tabell 2 visar hur länge stående vatten med ett vattendjup över 6 cm beräknas i de redovisade fokuspunkterna i samband med ett 10-, 30- och 100-årsregn. Resultatet för lågpunkten i Ulls väg bedöms dock vara osäkert med risk för att vara missvisande. Där beräknas inget stående vatten vid ett 10- eller 30-årsregn men vid ett 100-årsregn beräknas stående vatten över 6 cm under nästan hela simulerings tiden. Orsaken bedöms vara modelltekniskt där det på den redovisade sträckan i Ulls väg inte finns något ledningsnät i modellen. Eftersom 10- och 30-årsregnen enbart belastar ledningsnätet och först belastar markmodellen när trycknivån i brunnarna överstigs, innebär det att inget vatten hamnar på ytan om inte finns en närliggande brunn som kan översvämmas. Motsatt gäller det för 100-årsregnet att det inte finns någon brunn eller möjlig avvattning av lågpunkten i modellen, vilket gör att vattnet förblir stående där.

Tabell 2. Tid med vattendjup över 6 cm i tre fokuspunkter i samband med 10-, 30- och 100-årsregn

Plats	Tid med vattendjup över 6 cm (min)		
	10-årsregn	30-årsregn	100-årsregn
Bäverns gränd	238 (~4h)	268 (~4,5h)	417 (~7h)
Hugo Alfvéns gränd N	10	30	189 (~3,2h)
Ulls väg	0	0	720*

5.4 Åtgärdsförslag

Åtgärder och rekommendationer för att hantera den översvämningsproblematik som har presenterats i avsnitt 5.2 och 5.3 redovisas i följande avsnitt.

5.4.1 Område 1 – Bäverns gränd

Då översvämningsproblematiken i Bäverns gränd redan existerar vid befintliga förhållanden samt att det är en bebyggd miljö, centralt placerad i Uppsala där få möjligheter finns för åtgärder, föreslås ingen åtgärd för att hantera den volym som beräknas uppstå vid skyfall. Vid större regn där vatten blir stående på spåren i Bäverns gränd föreslås dock att spårvägen vänder vid en tidigare hållplats för att undvika ett helt stopp i trafiken.

5.4.2 Område 2 – Sjukhusvägen N

I den norra delen av Sjukhusvägen föreslås att en kulvert anläggs under spårvägen för att avleda vattnet som blir instängt väster om spårvägen mot Akademiska sjukhuset. Vattnet skulle då följa befintliga rinnvägar österut mot och förbi Studenternas IP. Längs med Sjukhusvägen, vid kurvan ovanför lågpunkten vid Akademiska sjukhuset, föreslås även att en mindre mur/gatukant anläggs för att undvika att vatten från Sjukhusvägen rinner ner i lågpunkten. Med modellens upplösning på 4x4 m tas detaljer som kantstenars upphöjning inte hänsyn till, varmed resultat från simuleringarna på denna plats bör tolkas med försiktighet.

5.4.3 Område 3 – Sjukhusvägen S

I den södra delen av Sjukhusvägen ansamlas en större volym vatten väster om vägen till följd av spårvägens planerade utbredning och höjdsättning. För att avleda det instängda vattnet därifrån föreslås att en kulvert läggs från området till det befintliga diket österut.

5.4.4 Område 4 – Ångströmlaboratoriet

För att avleda vattnet som vid studerat 100-årsregn med planerad höjdsättning av spårvägen beräknas ansamlas på den västra sidan av spårvägen föreslås en kulvert under spårvägen som kan avleda vattnet österut.

5.4.5 Område 5 – Hugo Alfvéns väg N

Vid ett 100-årsregn med planerad höjdsättning ansamlas en större volym vatten på spåren jämfört med befintlig situation. Lågpunkten i vägen existerar redan vid befintlig situation. Översvämningsproblematiken som uppstår vid planerad situation bedöms dock bero på att vatten som ansamlas i befintliga diken nu rinner på vägen samt att spårvägens höjdsättning är helt plan i modellen. Höjdsättningen i lågpunkten föreslås därför justeras med en skevning åt sydväst för att avvattna spårvägen och vägen enligt befintlig rinnväg.

5.4.6 Område 6 – Hugo Alfvéns väg S

Vid ett 100-årsregn med planerad höjdsättning flyttas befintligt stående vatten mot vägen sydväst om spåren där ett maxdjup på ca 0,2 m uppnås. Där bedöms ingen åtgärd vara nödvändig för att upprätthålla befintlig skyfallssituation. Stående vatten över 20 cm på gata/spårväg är under mindre än 1h vid ett 100-årsregn och i kanten av gata/spårväg är det strax över 1 timme. Detta inträffar under den absoluta regntoppen och därför rekommenderas ingen åtgärd.

5.4.7 Område 7 – Åkermark

För att bevara den befintliga flödesvägen som bryts med spårvägens planerade upphöjning föreslås att kulvertar anläggs under spårvägen. Om befintliga flödesvägar bibehålls med kulvertar bedöms befintlig skyfallssituation kunna bevaras. De befintliga lågpunkterna föreslås dock att ses över med möjlig avledning av stående vatten med exempelvis diken som kan förbättra befintlig situation.

5.4.8 Område 8 – Ulls Väg

Vid ett 100-årsregn med planerad höjdsättning ansamlas stående vatten i en lågpunkt på spårvägen. Maxdjupet vid ett 100-årsregn är ca 0,3 m. Orsak till lågpunkt bör utredas då befintlig höjdsättning saknar lågpunkt. Omgivande bebyggelse bedöms inte påverkas av spårvägens höjdsättning. Detta gäller även om höjdsättningen på spårvägen skulle ändras så att den blir densamma som befintlig. Om ej höjdsättningen går att ändra föreslås spårvägen att förses med dränering för avvattning som kontrolleras efter ett skyfall.

6 Slutsatser

Merparten av den planerade spårvägen översvämmas inte vid ett 100-årsregn. 8 platser som översvämmas under upp till några timmar har identifierats. Lösningförslag i form av kulvertar eller bortledning har föreslagits. Med dessa föreslagna lösningar bedöms översvämningsrisken inom området kunna motverkas. På grund av modellens upplösning på 4x4 m bör resultat och detaljer som kantstenars upphöjning tolkas med försiktighet. Områden som kräver åtgärder är följande områden:

- Område 1 – Bäverns gränd
 - I Bäverns gränd i centrala Uppsala finns en befintlig lågpunkt som översvämmas under en längre tid.
 - Då det är en befintlig skyfallsproblematik samt att det ej bedöms vara möjligt att justera höjdsättningen i centrala Uppsala föreslås det att spårvägen vänder vid en tidigare hållplats för att undvika ett helt stopp i trafiken.
- Område 2 – Sjukhusvägen N
 - Spårvägens planerade höjdsättning ger upphov till stående vatten väster om spårvägen mot Akademiska sjukhuset där ett vattendjup upp mot ca 1 m beräknas. På spårvägen beräknas ett maximalt vattendjup mellan 0,06–0,1 m på ett fåtal ställen.
 - Förslag på lösning: En kulvert anläggs som leder vatten väster om spårvägen från Akademiska sjukhuset. Längs med Sjukhusvägen föreslås även att en mindre mur/gatukant anläggs för att undvika att vatten från Sjukhusvägen rinner ner i lågpunkten.
- Område 3 – Sjukhusvägen S
 - På den södra delen av Sjukhusvägen beräknas det ansamlas stående vatten både norr och söder om Sjukhusvägen
 - Förslag på lösning: En kulvert läggs från området till det befintliga diket österut.
- Område 4 – Ångströmlaboratoriet
 - Maximala vattendjup på ca 0,4 m beräknas just väster om spårvägen mot Ångströmlaboratoriet. Inom planområdet beräknas ett vattendjup mellan 0,06–0,1 m med fläckvisa punkter med vattendjup mellan 0,1–0,2 m.
 - Förslag på lösning: Vatten föreslås ledas genom spårvägen med kulvert
- Område 5 – Hugo Alfvéns väg N
 - I den nordvästra delen av Hugo Alfvéns väg finns en lågpunkt där det beräknas samlas stående vatten med maximala vattendjup upp mot ca 0,3 m.
 - Området är en lågpunkt idag. Väg och spårväg föreslås skevas så att vatten kan rinna enligt befintlig rinnväg
- Område 6 – Hugo Alfvéns väg S
 - I den södra delen av Hugo Alfvéns väg beräknas stående vatten upp mot 0,3 m i den sydvästra delen av planområdet. Norr om planområdet, likt för befintlig situation, beräknas det ansamlas stående vatten med maximala djup över 0,5 m.
 - Översvämning sker endast under regntoppen. Därför rekommenderas ingen åtgärd
- Område 7 – Åkermark
 - Spårvägens upphöjning skapar en barriär för befintliga flödesvägar.
 - Vatten föreslås ledas i kulvertar under spåren för att bevara befintliga flödesvägar. Befintliga lågpunkter i området föreslås ses över för att förbättra befintlig situation.
- Område 8 – Ulls väg
 - I Ulls väg beräknas maximala vattendjup på upp mot 0,3 m i en lågpunkt. Väster om Ulls väg beräknas det likt för befintlig situation att stående vatten ansamlas med ett vattendjup upp mot 0,5 m.
 - Ändrad höjdsättning eller dränering behöver anläggas om inte detta finns

7 Referenser

DHI. (2021). *Skyfallskartering Uppsala tätort*.

Länsstyrelserna. (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall. Rapport nummer: Fakta 2018:5*.

Malmö stad. (2017). *Skyfallsplan i Malmö*. Tillgänglig:
https://malmo.se/download/18.95a01bd15de660cf0d95e3/1503646540675/Skyfallsplanen_antagen_20170301.pdf#search='skyfallsplan'.

MSB. (2017). *Vägledning för skyfallskartering – tips för genomförande och exempel på användning*. Rapport nummer: MSB1121 – augusti 2017.

Svenskt Vatten. (2011). *Svenskt Vatten publikation P104 - Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*.

Svenskt Vatten. (2018). Skyfallens ABC. . Tillgänglig: https://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/skyfallensabc-sartryck-stadsbyffnad_2_2018.pdf [2019-08-19].

VA SYD. (2018). *Skyfallshantering i Malmö*. Tillgänglig: <https://platsforvattnet.vasyd.se/karta/>.