

Bilaga 1.

Modellförutsättningar

Dagvatten- och översvämningsutredning
Solbräcke 1:7 m.fl.

2026-07-03

GRANSKNINGSHANDLING

Ramboll
Vädursgatan 6
Box 5343
402 27 Göteborg

T +46 (0)10 615 60 00
<https://se.ramboll.com>

Bohusläns Kommunala Exploaterings AB

Dokumenttitel: Bilaga 1. Modellförutsättningar

Underrubrik: Dagvatten- och översvämningsutredning Solbräcke 1:7
m.fl.

Datum: 2026-07-03

Beställare: Bohusläns Kommunala Exploaterings AB

Konsult: Ramboll Sweden AB

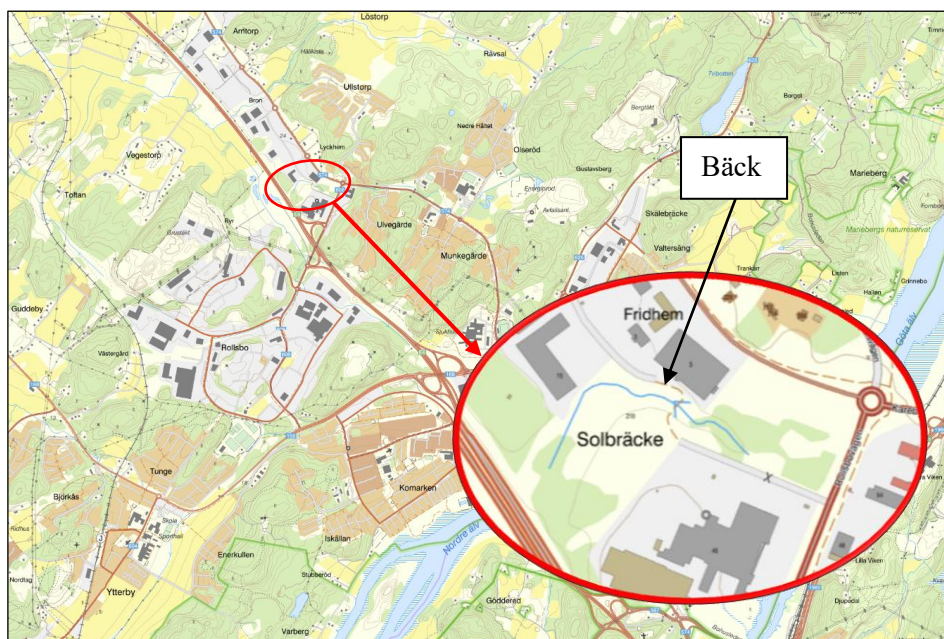
Uppdragsledare: Mikaela Rudling

Handläggare: Fanny Karlsson, Anton Sandberg, Biswakalyani Panda,
Navaneeth G

Granskare: Carl Edström, Robert Elfving

1 Introduktion

En detaljplan är under framtagande för fastigheten Solbräcke 1:7 m.fl. i Kungälv kommun. Detaljplanen ska möjliggöra ny verksamhetsmark samt byggnation av ett häkte. Ramboll har fått i uppdrag av Bohusläns kommunala exploateringsaktiebolag (Bokab) att ta fram en dagvatten- och översvämningsutredning för planområdet. Syftet med utredningen är att klargöra förutsättningar för dagvatten- och översvämningshantering med hänsyn till planerad byggnation. I Figur 1 redovisas planområdets lokalisering. Planområdet korsas av en bäck.



Figur 1. Planområdets läge i Kungälv, markerat med röd linje (Lantmäteriet).

Inom föreliggande dagvatten- och översvämningsutredning har hydrodynamiska modeller byggts upp i syfte att analysera planområdet avseende skyfall och höga flöden i bäcken. Därtill har befintlig dagvattenmodell (erhållen från WSP 2026-03-17) nyttjats. I följande avsnitt beskrivs respektive modell samt dess syfte kort.

1.1 Befintlig dagvattenmodell

Befintlig dagvattenmodell (erhållen från WSP 2026-03-17) har nyttjats för att fastställa flöden från de delar av ledningsnätet som avrinner till diket/bäcken (och därmed via planområdet) vid dimensionerande regnhändelse. Dimensionerande regnhändelse för ledningssystemet har satts till ett 2-årsregn med klimatfaktor 1,25 (enligt rekommendationer i P110 (Svenskt Vatten, 2016)). Erhållna flöden har använts som underlag till den vattendragsmodell som har tagits fram inom ramen för föreliggande utredning.

Mindre justeringar av befintlig dagvattenmodell har utförts. Justeringarna har endast utförts i syfte att göra modellen körbar och innefattar exempelvis att vissa diken har ändrats till ledning med samma dimension som närmst liggande trumma nedströms. Samtliga justeringar har gjorts för områden som ej påverkar utredningsområdet för föreliggande utredning.

1.2 Hydrodynamisk skyfallsmodell

Inom ramen för föreliggande utredning har en hydrodynamisk skyfallsmodell för befintlig och framtida situation byggts upp av Ramboll (våren 2026). Skyfallsmodellerna har belastats med ett 100- respektive 200-årsregn (båda med klimatkfaktor 1,4 enligt rekommendationer för RCP 8,5 i MSB (2023)). Därtill har modellerna belastats med ett konstant flöde till bäcken från naturmarksområden i form av MHQ (vilket motsvarar medelvärde av varje års högsta uppmätta dygnsflöde).

1.3 Hydrodynamisk vattendragsmodell

Inom ramen för föreliggande utredning har en hydrodynamisk vattendragsmodell för befintlig och framtida situation byggts upp av Ramboll (våren 2026). Vattendragsmodellen har belastats med karaktäristiska flöden i form av MHQ och klimatanpassat HQ100 (100-års flöde med klimatkfaktor 1,2 enligt rekommendationer för RCP 8,5 i SMHIs klimatscenariotjänst (2026)). Därtill belastas modellerna med flöden från hårdgjorda områden med ledningsnät vid ett 2-årsregn (klimatkfaktor 1,25). I modellen representeras bäcken av markmodell från inmätning med hög upplösning.

1.4 Modellerade scenarier

Sammanfattningsvis har följande scenarier modellerats:

- **100-årsregn med klimatkfaktor 1,4** för befintlig situation, framtida situation utan åtgärder samt framtida situation inklusive föreslagna åtgärder. Inkluderar belastning från naturmarksområden i form av MHQ. Har modellerats för att säkerställa en acceptabel översvämningssituation inom planområdet samt att situationen för omkringliggande områden ej förvärras i och med exploatering.
- **200-årsregn med klimatkfaktor 1,4** för befintlig situation och framtida situation utan åtgärder. Inkluderar belastning från naturmarksområden i form av MHQ. Har modellerats för att säkerställa häktets funktion vid en mer extrem regnhändelse än ett 100-årsregn. Detta i och med att häktet, som en del av Kriminalvården, kan klassas som en viktig samhällsfunktion.
- **MHQ utan klimatkfaktor** för befintlig situation. Inkluderar belastning från hårdgjorda områden med ledningsnät i form av 2-årsregn med klimatkfaktor 1,25. Har modellerats för att ta fram förutsättningar för dagvattenanläggningar i form av vattennivåer i bäcken.

- **HQ100 med klimatfaktor 1,2** för befintlig situation och framtida situation utan åtgärder. Inkluderar belastning från hårdgjorda områden med ledningsnät i form av 2-årsregn med klimatfaktor 1,25. Har modellerats för att säkerställa en acceptabel översvämningssituation inom planområdet samt att situationen för omkringliggande områden ej förvärras i och med exploatering.

Ovan scenarier har fastställts utifrån rekommendationer i P110, från Länsstyrelserna i Stockholms och Västra Götalands län samt från Myndigheten för civilt försvar (MCF, 2026; Länsstyrelserna, 2018; Svenskt Vatten, 2016). Kombinationshändelser där en skyfallshändelse inträffar samtidigt som högvattenflöden i bäcken har inte studerats.

2 Modellförutsättningar

I följande kapitel beskrivs förutsättningar för, och uppbyggnad av, skyfalls- och vattendragsmodeller.

2.1 Modelltyp

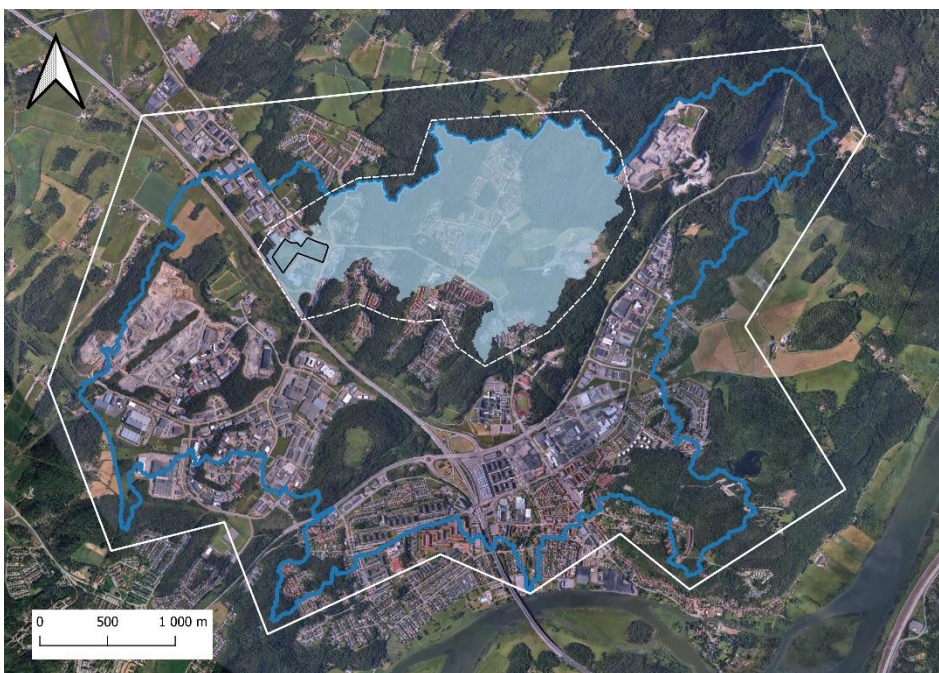
Modellerna är kopplade hydrodynamiska 1D/2D-modeller som beskriver yttlig markavrinning samt avrinning via ett antal trummor och ledningar inom planområdet och inom uppströms liggande avrinningsområde. Modellen är uppbyggd av Ramboll i programvaran MIKE+ (version 2025 update 1), utvecklad av DHI.

2.2 Koordinat- och höjdsystem

Koordinatsystem SWEREF99 12 00 och höjdsystem RH2000 används i utredningen.

2.3 Modellområde

Modellområdet inkluderar både det naturliga och det tekniska avrinningsområde inom vilket planområdet ligger, se Figur 2. Den totala ytan för avrinningsområdena är inräknad för att säkerställa att tillrinningen till planområdet inte underskattas. Därtill inkluderas Komarksbäckens naturliga och tekniska avrinningsområden hela vägen ner till Nordre Älv i modellområdet. (Detta för att möjliggöra för framtida användning av modellen för andra områden.) Gräns för naturliga avrinningsområden har analyserats i SCALGO Live (2026) och gräns för tekniska avrinningsområden har inhämtats från befintlig ledningsnätsmodell (WSP, 2021).



Figur 2. Modellområde redovisas med vit linje, naturligt avrinningsområde för Komarksbäcken med blå linje och naturligt avrinningsområde för planområdet med ljusblå polygon. Därtill redovisas utredningsområdet för föreliggande utredning med vit streckad linje och planområdesgränsen med svart linje.

2.4 Höjdmodell

Till uppbyggnad av framtidsmodellens höjdmodell har följande indata använts:

1. *Höjdmodell för befintlig situation* är baserad på dels höjdmodell från inmätning (a) utförd inom ramen för föreliggande utredning, dels SCALGO Lives höjdmodell *Terrain* (b).
 - a) För att skapa ett tillförlitligt underlag till vattendragsmodellen genomfördes en inmätning av bäcken i mars/april 2026. Inmätningen omfattade tvärsektioner längs bäcken samt inmätning av befintliga trummor och kulvertar. Inmätningens område utgick från den punkt där bäcken leds in i en kulvert vid Munkegårdsskolan tills utloppet vid vägtrumman under E6. Baserat på de inmätta tvärsektionerna togs en detaljerad höjdmodell fram som beskriver

bäckens geometri. För höjdmodell från inmätning, se Figur 4 i *Dagvatten- och översvämningssutredning Solbräcke 1:7 m.fl.*

- b) SCALGO Lives höjdmodell bygger på Lantmäteriets LIDAR-data "Laserdata Nedladdning, skog" och har upplösning på 1x1 m i horisontalplanet. Ramboll har kontrollerat att inga nedsänkningar och/eller eventuella broar/passager där vatten i verkligheten kan rinna under/genom har missats i höjdmodellen. Vidare har samtliga byggnader inom avrinningsområdet höjts upp 2 meter.
2. *Höjdmodell för framtida situation* uppbyggd från föreslagen höjdsättning för planområdet. Höjdsättningen har tagits fram/uppdaterats inom ramen för föreliggande utredning och baseras på planförslag framtaget mars 2026, se Figur 3.
3. *Uppdaterad höjdmodell för framtida situation* där parkeringsytor inom planområdets östra delar har sänkts av.

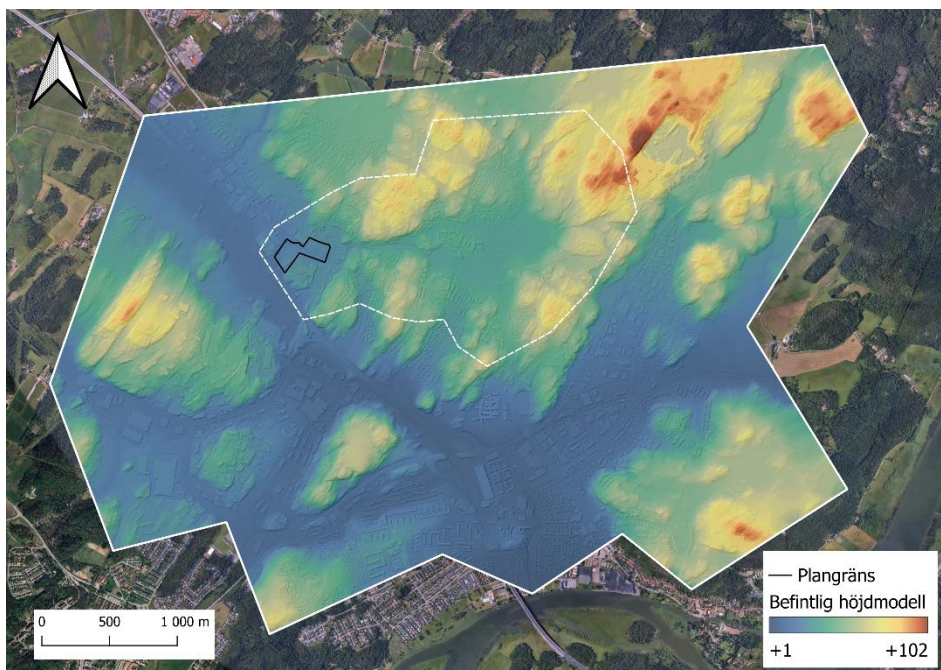


Figur 3. Framtida planförslag för Solbräcke, framtagen mars 2026.

Höjdmodellerna har bearbetats och sammanfogats till en höjdmodell för respektive scenario i GIS. Framtida höjdmodell för planområdet har applicerats på och ersatt höjdmodellen från SCALGO Live inom planområdet.

Marknivån i höjdmodellen har vidare justerats vid trummors in- och utlopp för att möjliggöra en stabil modell.

Befintlig höjdmodell redovisas i Figur 4. Slutlig höjdmodell för framtida situation inom planområdet redovisas i Figur 24 och Figur 41 i *Dagvatten- och översvämningsutredning Solbräcke 1:7 m.fl.*

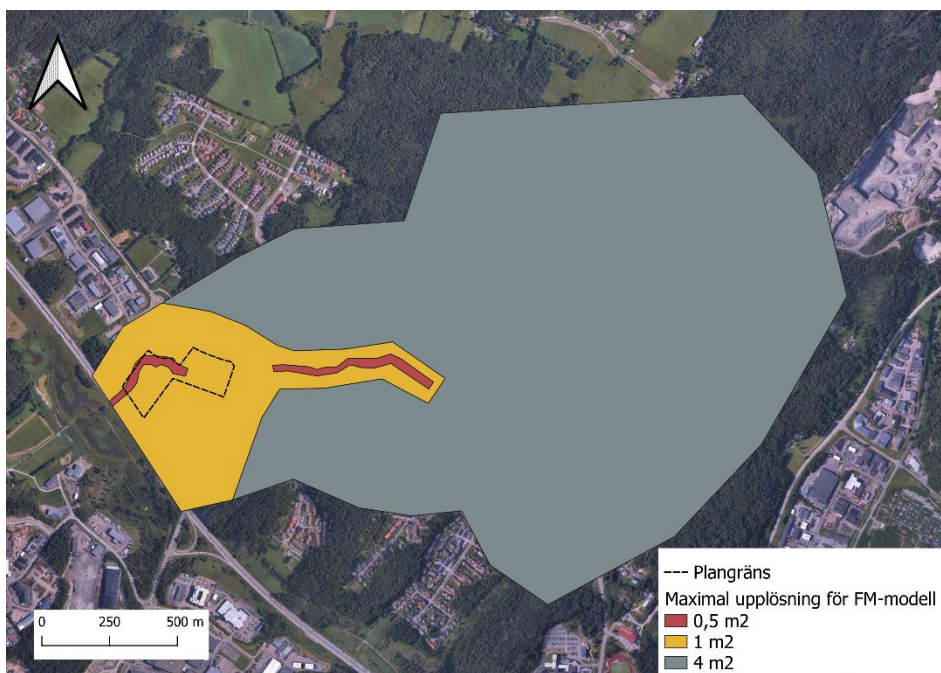


Figur 4. Höjdmodell för befintlig situation för hela modellområdet. Utredningsområdet redovisas med vit streckad linje.

2.4.1 Flexible mesh

För att beskriva höjdmodellen inom modellområdet har en flexible mesh-modell (FM-modell) använts. En FM-modell använder trianglar i varierande storlekar för att beskriva höjdmodellen och möjliggör för differentiering av höjdmodellens upplösning i olika delar av modellområdet. Fördelen med att ha olika upplösning är att simuleringstiden kan minskas genom att ha en låg upplösning inom områden där resultatet är av mindre intresse, medan en högre upplösning kan utnyttjas inom områden där en högre detaljeringsgrad önskas.

Inom föreliggande utredning har en FM-modell tagits fram för utredningsområdet. Detta medför att det endast är utredningsområdet som har modellerats. Samma FM-modell har använts för samtliga modellerade scenarier. I den aktuella modellen har tre olika upplösningar använts där trianglarna inom respektive område har maximal area om 0,5, 1 eller 4 m². Trianglarnas medelarea inom respektive område är dock generellt mindre än så. Områden inom vilka respektive upplösning har använts visualiseras i Figur 5.



Figur 5. Områdesindelning med maximal upplösning för flexible mesh-modell.

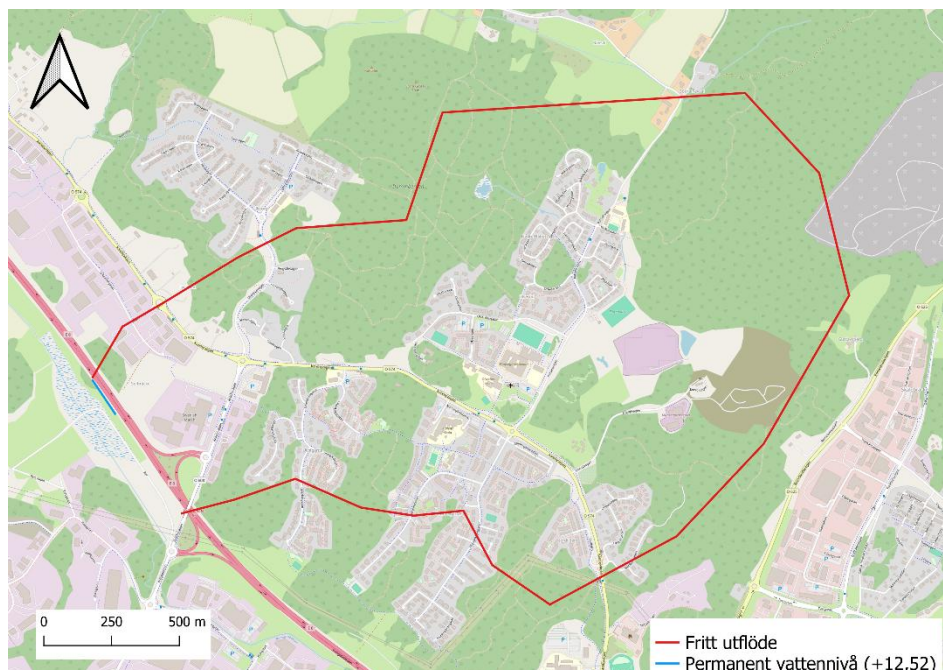
2.5 Randvillkor

I modellerna har flera olika randvillkor nyttjats. Dels för 2D-modellens gränser för att säkerställa att vatten kan lämna utredningsområdet, dels för belastning från hårdgjorda ytor med ledningsnät och naturmarksområden till bäck. Därtill återfinns randvillkor i utloppet för trumman under E6:an till vilken planområdet avleds. Randvillkoren beskrivs i följande avsnitt.

2.5.1 Randvillkor 2D-modell

Då den totala ytan för både det naturliga och det tekniska avrinningsområdet har inkluderats i 2D-modellen har randvillkor i form av fritt utflöde applicerats längs de gränser där vatten bör kunna lämna utredningsområdet. Detta för att möjliggöra för avledning av vatten från modellen från områden som naturligt avrinner åt annat håll. Undantag görs dock för gränsen mot E6:an i sydväst där ett randvillkor i form av en stående vattennivå har applicerats. Den stående vattenytan representerar maximal vattennivå (dämningsnivå) i den våtmark som är lokaliserad på den sydvästra sidan av E6:an. Våtmarkens dämningsnivå har fastställts till +12,52 utifrån information i befintlig dagvattenmodell (WSP, 2021).

I Figur 6 redovisas de randvillkor som nyttjats för 2D-modellen. För de delar där inget randvillkor återfinns har gränsen antagits vara stängd då inga flödesstråk ses lämna utredningsområdet.



Figur 6. 2D-modellens randvillkor.

Ovan beskrivna randvillkor för 2D-modellen appliceras i både skyfalls- och vattendragsmodellen.

2.5.2 Randvillkor ledningsnät

För att beakta påverkan från uppströms liggande hårdgjorda ytor (med ledningsnät som avleds till bäcken) i vattendragsmodellen har randvillkor i form av punktblastningar med inflöde till modellen använts. Lokalisering av punkter där dagvattennätet släpper vatten till bäcken till har fastställts m.h.a. befintlig dagvattenmodell (erhållen från WSP 2026-03-17). Inflödena består av en flödesgraf för respektive punkt (totalt 13 st) och har erhållits genom simulering av ett 2-årsregn (med klimatfaktor 1,25) i befintlig dagvattenmodell. Punktblastningarna är kopplade antingen till ledningsnätet i modellen alternativt direkt till 2D-modellen för de områden där aktuellt ledningsnät ej har inkluderats. Punktblastningar med inflöde från dagvattennätet har endast applicerats på vattendragsmodellen.

För att beakta våtmarkens dämningnivå har randvillkor i form av permanent vattennivå applicerats på utloppet för trumman under E6:an (till vilken bäck och planområde avleds). Permanent vattennivå i utloppet har ansatts till +12,52 likt som för 2D-modellen och applicerats i både skyfalls- och vattendragsmodell.

I Figur 7 redovisas både randvillkor för belastning från hårdgjorda ytor samt för permanent vattennivå i utlopp.

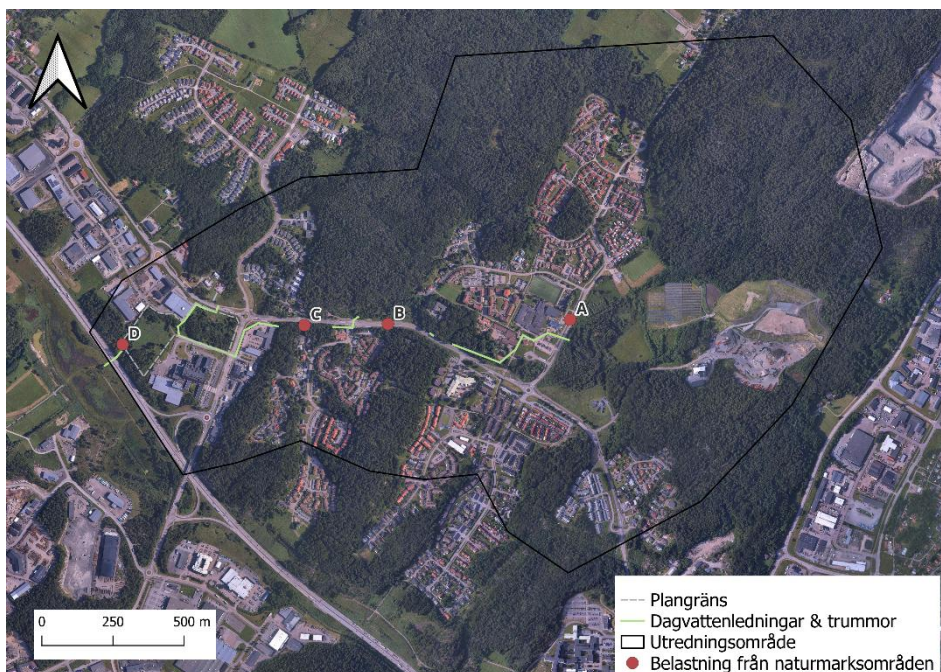


Figur 7. Lokalisering av randvillkor, i form av punktbelastningar med inflöde, för belastning från uppströms liggande ledningsnät med utlopp i bäcken. Dessutom randvillkor lokalisering av randvillkor med permanent vattennivå (röd ring).

2.5.3 Randvillkor bäck

För bäcken har randvillkor i form av punktbelastningar med inflöde till modellen applicerats för att beakta påverkan från uppströms liggande naturmarksområden. Lokalisering av punkter för inkludering av naturmarksavrinning har fastställts m.h.a. befintlig dagvattenmodell (erhållen från WSP 2026-03-17) samt analys av marktäckedata i Scalgo Live (2026). Naturmarksavrinningen representeras av ett konstant värde för respektive punkt (totalt 4 st, se Figur 8) och har beräknats enligt metodik beskriven i Trafikverkets styrdokument TRVINFRA-00231 (Trafikverket, 2024). Både MHQ och HQ100 har beräknats. För HQ100 har en klimatkfaktor om 1,2 tillämpats, baserad på SMHI klimatscenariotjänst för framtida klimatscenarion vid RCP 8,5 (SMHI, 2026).

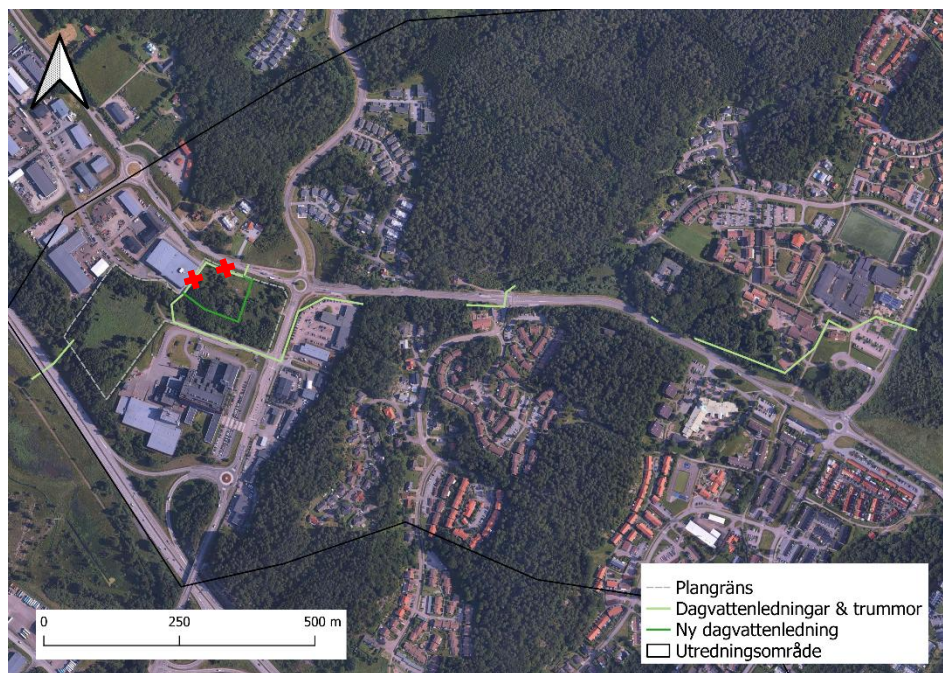
Randvillkor för bäcken har applicerats för samtliga analyserade scenarier. För skyfallsmodellen har MHQ applicerats. I vattendragsmodellen har både MHQ och HQ100 applicerats och simulerats.



Figur 8. Lokalisering av randvillkor, i form av punktbelastningar med inflöde, för belastning från uppströms liggande naturmarksområden.

2.6 Trummor och ledningssystem

För befintlig situation inkluderas de trummor och dagvattenledningar som redovisas i Figur 8. I samband med planerad exploatering krävs omläggning av en dagvattenledning, vilken inkluderas i framtidsmodellerna (se Figur 9). Vattengångar och dimensioner har mätts in inom ramen för föreliggande utredning (under mars/april 2026).



Figur 9. Dagvatten-ledningar och trummor i modellen. Röda kryss redovisar dagvattenledning som utgår i framtidsmodellerna.

För samtliga brunnar (nodes) används *Weighted Inlet Energy* för *Head loss*. Trummor och ledningssystem kopplas till ytmodellen med 1D/2D-kopplingar.

2.7 Catchments

Catchments inkluderas ej. För båda skyfallshändelser antas således hela regnet belasta 2D-modellen.

2.8 Regn

Skyfallsmodellen har belastats med ett 100- och ett 200-årsregn med klimatfaktor 1,4 i form av ett CDS-regn (Chicago Design Storm). Ett CDS-regn är uppbyggt av ett antal blockregn med samma återkomsttid som har varierande varaktighet (intensitet). Regnet är symmetriskt fördelat kring ett intensitetsmaximum som antas inträffa i den tidigare delen eller mitten av regnet. Fördelen med att använda ett CDS-regn i modelleringsarbetet är att regnet statistiskt sett innehåller intensitetsblock med alla varaktigheter upp till den tid som krävs för att alla delområden skall hinna rinna av och bidra med flödet i varje punkt i modellen. Därmed säkerställer man att rätt varaktighet på

regnet använts för att få maximal avrinning i varje sträcka i modellen (Svenskt Vatten, 2011).

Det regn som belastat modellen har en total varaktighet på 6 timmar med ett centralblock på 10 minuter. Efter de 6 timmarna med regn har simuleringen pågått ytterligare 6 timmar för att säkerställa att större vattenrörelser avstannat och maximala översvämningsdjup uppnåtts inom modellområdet. Den totala simuleringstiden är således 12 h. Regnens intensitet är beräknade enligt SMHI (2025) och är baserad på regional statistik.

Klimatfaktor 1,4 har valts utifrån rekommendationer för RCP 8,5 i MSB:s *Metod för skyfallskartering av tätorter* (2023).

2.9 Infiltration

Infiltration i marken har tagits hänsyn till i modellerna genom en infiltrationsmodul som dynamiskt under simuleringen beräknar hur stor del av nederbörden som infiltrerar ner i marken. Infiltrationsmodulen har kopplats till samtliga genomsläppliga ytor i modellen. Använda parametervärden har inhämtats från (MSB, 2023) och redovisas i Tabell 1. Samtliga jordlager har antagits ha en mäktighet om 0,3 m.

Tabell 1. Parametervärden i infiltrationsmodulen för olika jordarter.

Parameter	Infiltrationshastighet (mm/h)	Porositet (%)	Läckagehastighet (mm/h)	Initialt vatteninnehåll (%)
Grus	360 000	40	36 000	15
Sand	360	37,5	36	10
Morän	3,6	20	0,36	20
Silt	0,36	45	0,036	30
Lera	0,36	60	0,036	35
Gyttja	1,8	90	0,18	20
Torv	1,8	88	0,18	20
Matjord	3,6	50	0,36	20
Berg	0	0	0	100
Vatten	0	0	0	100
Fyllning	4	50	0,4	20
Hårdgjorda ytor	0	0	0	100

2.10 Markytans råhet

Markytans råhet, dvs den tröghet som marken utövar på vattnet, påverkar flödes hastigheter och översvämningsutbredningen och beskrivs i modellen med hjälp av Manningstal ($m^{1/3}/s$). Det kan generellt sägas att hårdgjorda, släta ytor ger ett lågt flödesmotstånd och förknippas med höga Manningstal. Skrovligare ytor så som naturmark leder till ett större flödesmotstånd och förknippas med lägre Manningstal. I verkligheten är variationen i råhet mycket större vilket dock bedöms ha försumbar påverkan på resultaten på en översiktlig nivå.

Använda parametervärden har inhämtats från (MSB, 2023) och redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Antagna Mannings M för olika typer av markanvändning.

Markanvändning	Manningstal, M
Vatten	50
Asfaltsytor	40
Gräsytor	20
Skogsmark	5
Åkermark	20
Asfalterad väg	70
Grusväg	40
Järnväg	5
Berg i dagen	40
Taktytor	50

2.11 Osäkerheter

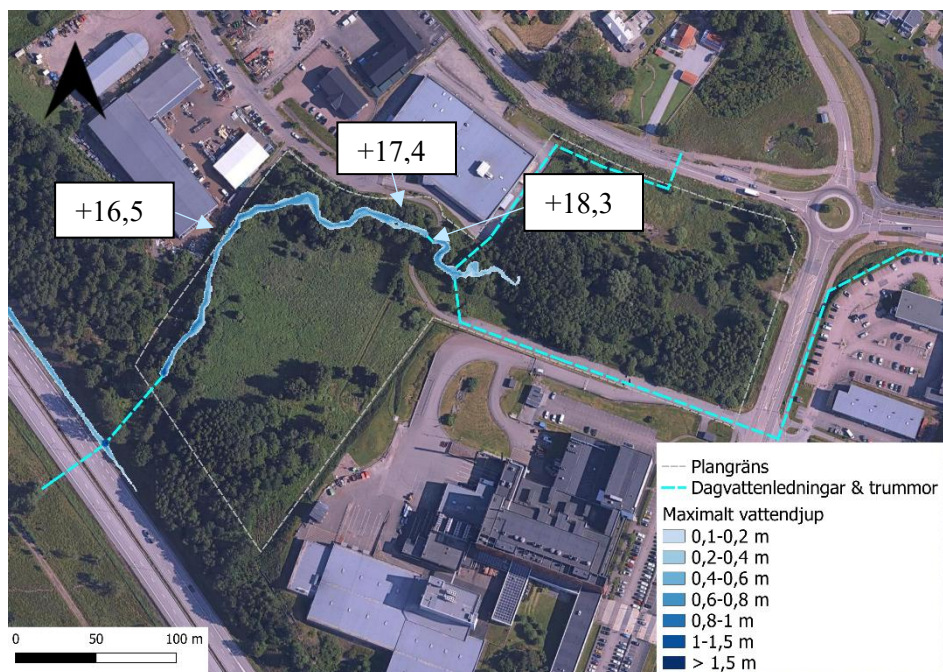
Syftet med en modell är att efterlikna de verkliga förhållandena, men modellen kan aldrig fullständigt återspegla den verkliga situationen då ett stort antal komplexa parametrar påverkar situationen. I föreliggande modell finns bl.a. osäkerheter kopplat till:

- Påverkan från befintligt ledningssystem och huruvida det finns ytterligare privata ledningssystem vars belastning ej inkluderas i modellen.
- Påverkan från naturmarksavrinning.
- Eventuella fyllningsmassor inom planområdet vilket kan bidra till en högre infiltrationskapacitet än vad som uppskattas i befintligt scenario.

Därutöver finns generella osäkerheter kopplat till de förenklingar och antagande som gjorts i och med modelluppbyggnaden, exempelvis kopplat till infiltrationsmodul och markytans råhet.

3 Resultat för MHQ

MHQ har modellerats för att ta fram förutsättningar för dagvattenanläggningar i form av vattennivåer i bäcken i befintlig situation. Resultat med maximala vattennivåer vid MHQ i befintlig situation redovisas i



Figur 10. Befintlig översvämningssituation vid MHQ i bäcken. Vattendjup $> 0,1$ m redovisas. I figuren redovisas dessutom resulterande vattennivåer vid tre olika platser längs bäckens sträckning.

4 Referenser

- Länsstyrelserna. (2018). *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall*. Hämtat från lansstyrelsen.se:
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6efd95ae193bb06fa5815955/1734345334051/Rekommendationer%20f%C3%B6r%20hantering%20av%20%C3%B6versv%C3%A4mning%20till%20f%C3%B6lj%20av%20skyfall%202018-5.pdf>
- MCF. (2026). *Lista med de viktigaste samhällsfunktionerna*. Karlstad: Myndigheten för civilt försvar.
- MSB. (2023). *Metod för skyfallskartering av tätorter*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
- Scalgo Live. (2026). Hämtat från scalgo.com/live/sweden:
<https://scalgo.com/live/sweden>
- SMHI. (2026). *Klimatscenariotjänsten*. Hämtat från
[https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenariotjansten/klimatscenariotjansten/met/sverige/medeltemperatur/rcp45/2071-2100/year/anom den 1 april 2026](https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenariotjansten/klimatscenariotjansten/met/sverige/medeltemperatur/rcp45/2071-2100/year/anom%20den%201%20april%202026)
- Svenskt Vatten. (2011). *P105 Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Stockholm: Svenskt Vatten AB.
- Svenskt Vatten. (2016). *P110 Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. Stockholm: Svenskt Vatten AB.
- Trafikverket. (2024). *Avvattning - Dimensionering och utformning*. Hämtat från
<https://puben.trafikverket.se/dpub/visa-dokument/d0d09d03-d87f-4723-8668-4d24c4cb3a50> den 1 april 2026
- WSP. (2021). *Dagvattenmodell med tillhörande dokumentation*.