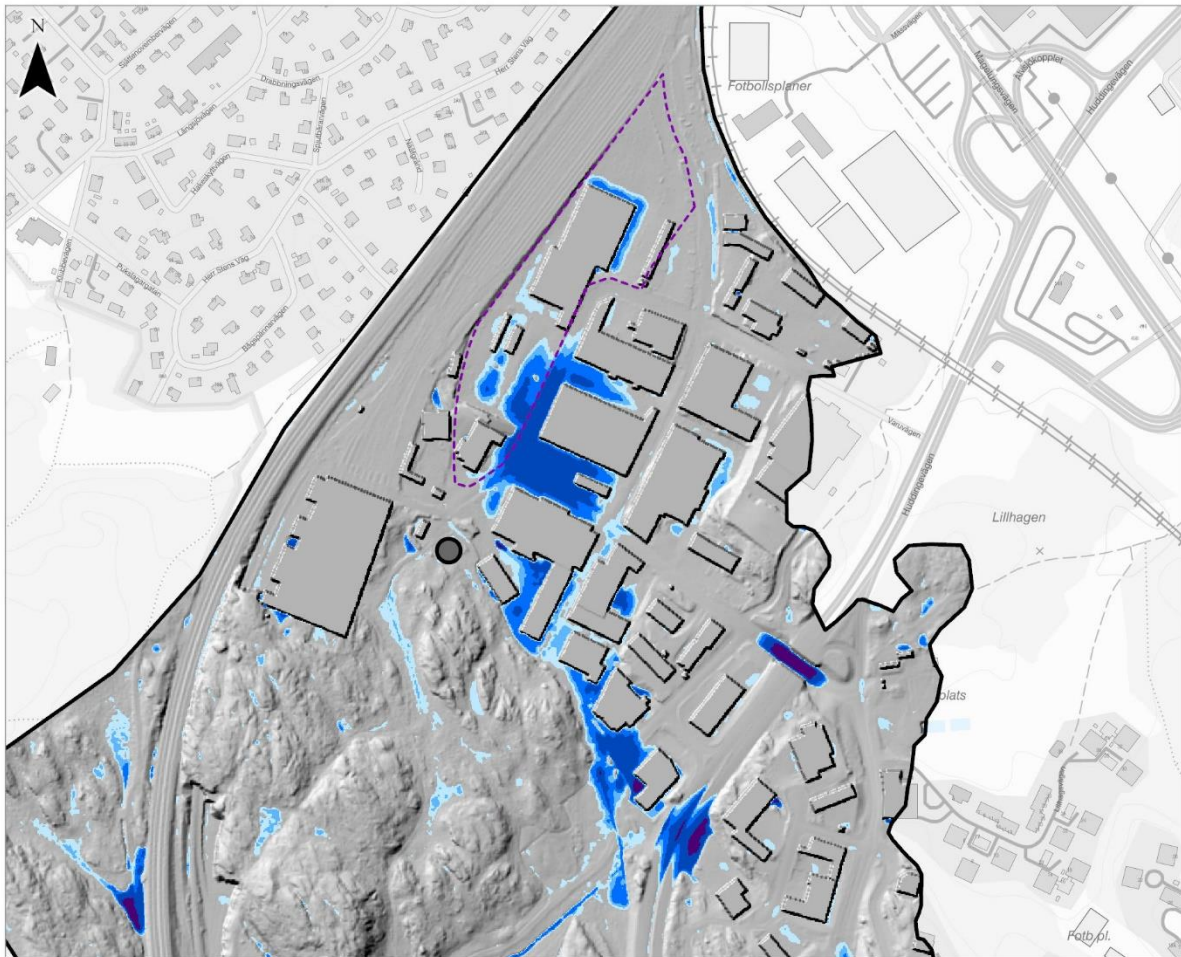


PM Skyfall och översvämning

Underlags-PM till MKB Tunnelbana till Älvsjö –
Järnvägsplan depå



Titel: PM Skyfall och översvämning Underlags-PM till MKB Tunnelbana till Älvsjö –
Järnvägsplan depå

Uppdragsledare: Per Reiland, Sweco

Projektledare: Kajsa Nilsson, förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT)

Bilder & illustrationer: Förvaltning för utbyggd tunnelbana

Dokumentid: 7100-C72-22-00021

Diarienummer: FUT 2024-0985

Utgivningsdatum: 2024-11-22

Distributör: Region Stockholm, förvaltning för utbyggd tunnelbana

Box 454 36, 104 31 Stockholm. Tel: 08 123 100 00.

E-post: registrator.fut@regionstockholm.se

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Utredningens syfte.....	4
1.3	Avgränsningar	4
1.4	Underlag	5
2	Förutsättningar.....	6
2.1	Lagkrav och allmänna riktlinjer	6
2.2	Klimatscenarier för Stockholms län	6
2.3	Förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav för anläggningen	7
3	Metod skyfallsmodell.....	8
3.1	Modellområde.....	8
3.2	Höjdmodell	9
3.3	Regn.....	13
3.3.1	Avdrag dagvattennät	14
3.4	Markdata.....	15
3.5	Scenarier.....	18
3.6	Förenklingar och andra tillägg i modellen.....	18
3.7	Osäkerheter i modellen.....	18
3.8	Tolkning av modellresultat	19
4	Resultat.....	20
4.1	Befintlig situation	20
4.2	Framtid situation efter utbyggnad av depån	23
4.3	Känslighetsanalys	27
4.4	Jämförelseanalys	29
4.5	Framkomlighet	32
4.5.1	Varaktighet.....	33
4.6	Påverkansanalys	34
4.7	Förslag till skyddsåtgärd.....	35
5	Diskussion	36
6	Slutsatser	38
7	Vidare rekommendationer	40
	Referenser.....	41

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sverigeförhandlingen är ett initiativ från Sveriges regering för att få bättre kollektivtrafik och fler bostäder i storstäderna. Det är ett avtal mellan staten, Region Stockholm och Stockholms stad där en ny tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö är en av satsningarna.

En helt ny tunnelbanelinje mellan Fridhemsplan och Älvsjö binder ihop centrala och södra Stockholm. Det gör att 48 500 nya bostäder med hållbara kommunikationer kan byggas. Linjen ger nya resmöjligheter med smidiga bytespunkter till annan kollektivtrafik samtidigt som T-Centralen och röd linje avlastas.

Den nya tunnelbanan är i behov av att en ny depå byggs för att underhålla och förvara tunnelbanetågen på den nya linjen. Den nya depån för tunnelbana mellan Fridhemsplan och Älvsjö planeras inom Älvsjö industriområde. Området där depån planeras utgörs i nuläget av framför allt hårdgjorda ytor och verksamheter samt kuperad skogsmiljö. Området där depån planeras gränsar till Västra stambanan i väst, Hagsätraskogens naturreservat i söder, befintliga verksamheter i öst och Nynäsbanan i nordost. Depåbyggnaderna planeras inom de delar av området som idag utgörs av hårdgjorda ytor. I söder kommer ett vändspår att anläggas i betong- och bergtunnel in under Hagsätraskogen och delar av Hagsätraskogens naturreservat.

För att bedöma konsekvenserna av den nya depån har skyfallssimuleringar utförts som resulterat i innevarande PM. Detta dokument beskriver förutsättningarna och de resultat som gjorts inom ett avgränsat utredningsområde. PM:et syftar till att beskriva översvämningsrisken i befintlig situation samt framtida situation efter att depån byggts. Detta för att kunna analysera översvämningsrisken inom depån samt om byggnationen av depån förvärrar för omkringliggande område. Dokumentet syftar även till att säkra anläggningen från översvämning till följd av ett skyfall utifrån förvaltning för tunnelbanas krav, se kapitel 2.

1.2 Utredningens syfte

Syftet med rapporten är att analysera depån under kraftiga skyfall. Den framtida depån ligger i en instängd lågpunkt som översvämmas vid skyfall i dagsläget. Inom depån kommer en tunnelmynning att utformas så att tågagnarna kan köra mellan depåbyggnaden och spåret under marken. Tunnelmynningen är en känslig punkt vid en översvämning, och risken är stor att vatten kan ta sig ner i tunnelbanesystemet via tunnelmynningen.

Syftet med utredningen är att analysera var vattnet hamnar inom depån, om vatten rinner ner i tunneln samt om viktiga byggnader översvämmas i samband med ett 100-årsregn. Utöver detta analyseras om den framtida utformningen av depån orsakar försämring för det omkringliggande området samt tillgängligheten till depån. Syftet är även att undersöka att anläggningen inte tar skada eller orsakar skada vid ett 100-årsregn i enlighet med de krav som finns för depån, se kapitel 2 för detaljer kring kraven.

1.3 Avgränsningar

Skyfallsutredningen avgränsas till påverkan på anläggningen inom depåområdet samt omgivning under drifttid. Modellområdet avgränsas till avrinningsområdet för det vatten som rinner till

vattenansamlingen vid depån upp till ett 500-årsregn. Analysen avser regnhändelser fram till slutet av seklet.

1.4 Underlag

Följande underlag har använts för att kunna bygga den framtida terrängmodellen vid depån. Samtliga underlag kommer från fördjupad lokalisering depå.

- Tråg - KB11-X900-40-A8230-Wo-0001.dwg (2024-03-01)
- Toppyta vid uppställning- och verkstadsbyggnad - TB1-X900-31-A8230-Wo-S131.dwg (2024-05-22)
- Nya byggnader inom Depån - AB1-X900-40-B0000-Wo-0001.dwg (2024-08-30)
- Depåyta för alternativ S303 - TB1-X900-31-A8230-Wo-S341.dwg (2024-08-27)
- Ballast - Underlag markanvändning med ny placering depåbyggnad_240515 (2024-05-22)

2 Förutsättningar

2.1 Lagkrav och allmänna riktlinjer

Direktiv för hur kommuner kan hantera de klimatförändringar samhällen står inför formuleras genom ett aktivt klimatanpassningsarbete. Direktiv kommer från EU som går vidare till nationell nivå, regional nivå och slutligen till lokal nivå där kommunerna har ett stort ansvar. Flertalet myndigheter i Sverige arbetar aktivt med klimatanpassningsfrågor och det är länsstyrelsens ansvar att förmedla nya planeringsunderlag och kunskapsunderlag till kommunen som har till uppgift att säkra upp för framtida klimat. De lagar som finns att tillgå är miljöbalken (MB) samt plan- och bygglagen (PBL).

I det dokument som Länsstyrelserna i Stockholms län och Västra Götalands län har tagit fram som stöd för hantering av skyfall vid ny bebyggelse rekommenderas att nya byggnader inte tar eller orsakar skada vid minst ett 100-årsregn (Länsstyrelserna, 2018). Länsstyrelsen pekar på att risker och eventuella skyddsåtgärder ska säkerställas i detaljplan. Dokumentet beskriver även att framkomlighet till och från planområdet ska bedömas och vid behov säkerställas. Stockholms stad har tagit fram ett handläggarstöd som benämns "Skyfallshantering i plan- och exploateringsprocessen samt vid ombyggnation". Enligt dokumentet kan räddningstjänstens ambulans-, polis- och ledningsfordon köra igenom maximalt 20 centimeter under en kortare sträcka vilket är det djup som beaktas i analysen. Brandbilar kan klara av större djup, upp till 50 centimeter men det kan vara svårt att uppskatta så stora djup och dolda hinder kan gömma sig under vattnet (Stockholms stad, 2024).

För att säkra upp för framtida klimat, vilket förutspås innebära mer regn i framtiden, ska även en klimatfaktor på regnet inkluderas. Enligt förvaltning för utbyggd tunnelbana finns ett krav på att använda klimatfaktor 1,2 vilket innebär en nederbördsökning om 20 procent. Länsstyrelsen kan överpröva en detaljplan om de anser att inte tillräcklig hänsyn tagits till översvämningssrisk, risk för skada på byggnader eller fara för människors liv och hälsa. För samhällsviktig verksamhet rekommenderas en högre säkerhetsnivå och planeras så att funktionerna kan upprätthållas vid en översvämning.

2.2 Klimatscenarier för Stockholms län

Stockholms tunnelbanesystem utökas och förväntas vara i bruk under en lång tid framöver. Detta medför att framtida klimatförändringar måste vägas. FN:n klimatpanel Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sammanställer forskningsrapporter. Med hjälp av forskningen har de tagit fram olika framtidsscenario beroende på hur mycket växthusgaser som släpps ut i atmosfären. De olika framtidsscenarierna bygger på hur mycket växthuseffekten kommer att öka i framtiden på grund av ökade utsläpp och kallas för Representative Concentration Pathways (RCP). I Klimatologi nr 21 från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) har två av dessa scenarier använts för att beräkna på framtida klimat; RCP4,5 och RCP8,5. Kortfattat innebär RCP4,5 begränsade utsläpp och RCP8,5 innebär fortsatt höga utsläpp (SMHI, 2015).

Enligt SMHI kommer årsmedeltemperaturen i Stockholms län att öka med upp till fem grader, varav den största ökningen kommer ske höst och vintertid. Årsmedelnederbörden (den totala nederbörden som uppmäts under ett år, både regn och snö) förväntas öka med 20 till 30 procent i slutet av seklet och den största ökningen förväntas ske under vinter och vår med upp till 40 procent. Även kraftig nederbörd förväntas öka, både maximal dygnsnederbörd med 20 till 30 procent och en-timmesnederbörd med upp till 30 procent. Antal dagar med nederbörd som

överstiger 10 millimeter kommer att öka i slutet av seklet med upp till åtta dagar. Även detta är ett mått på ökad översvämningrisk då marken blir mättad varpå ett ihållande regn kan orsaka översvämning. I föreliggande rapport belyses inte temperaturförändringar utan effekten av ökad temperatur vilket leder till förändringar i nederbördsmönster.

2.3 Förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav för anläggningen

Anläggningen har ett antal krav som måste uppfyllas för att säkras inför framtida klimatförändringar. Enligt förvaltning för utbyggd tunnelbanas kravlista (Förvaltning för utbyggd tunnelbana, 2023) ska anläggningen höjdsättas eller dimensioneras så att följande krav uppfylls:

- Inga störningar på tunnelbanans normaldrift vid ett 10-årsregn. (FUTKrav2-4882)
- Anläggningen får inte ta skada av ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,2. (FUTKrav2-4796)
- Anläggningen ska säkras för en nivå på Mälaren på +2,7 meter (RH2000). (FUTKrav2-4797)
- Anläggningen ska säkras för en nivå på Östersjön på +2,7 meter (RH2000). (FUTKrav2-6884)
- Vatten från utanförliggande mark och markytor ska vara förhindrat att rinna in i tunnlar. (FUTKrav2-6415)

Påverkan på normaldrift vid ett 10-årsregn utvärderas i separat i PM Dagvattenutredning för depå – Tunnelbana till Älvsjö. Denna analys har fokus på extremhändelser.

Ett 100-årsregn motsvarar den regnintensitet som i genomsnitt inträffar en gång på hundra år. Sannolikheten att regnet inträffar är en procent varje enskilt år, varpå sannolikheten ackumuleras och ökar för varje år regnet uteblir. Den ackumulerade återkomsttiden för ett 100-årsregn är 63 procent på hundra år (MSB, 2017). Den framtida årsmedelnederbörden bedöms öka med upp till 40 procent tills slutet av seklet (SMHI, 2015). Enligt Länsstyrelsen i Stockholm är en lämplig klimatkfaktor mellan 1,2 och 1,4 (Länsstyrelserna, 2018). Förvaltning för utbyggd tunnelbana har som krav att använda klimatkfaktorn 1,2, vilket innebär en nederbördsökning om 20 procent.

Vidare har förvaltning för utbyggd tunnelbana begärt en känslighetsanalys inom samma krav som för 100-årsregnet (FUTKrav2-4796) för att få en riskbild över påföljden av mer extrema förhållanden vid ett 200-årsregn och ett 500-årsregn. Även känslighetsanalysen fokuserar enbart på drifttiden.

I föreliggande rapport utreds inte kravet om förhöjda nivåer från Mälaren och Östersjön eftersom området inte ligger i närheten och översvämning till följd av förhöjd vattennivå inte utgör någon risk.

3 Metod skyfallsmodell

Skyfallsmodellen som använts i uppdraget tillhandahölls av Stockholms stads trafikkontor 2024. Modellen är en detaljerad modell med högupplöst data och har bearbetats för att specifikt passa området i befintlig situation och framtida situation med utbyggd depån.

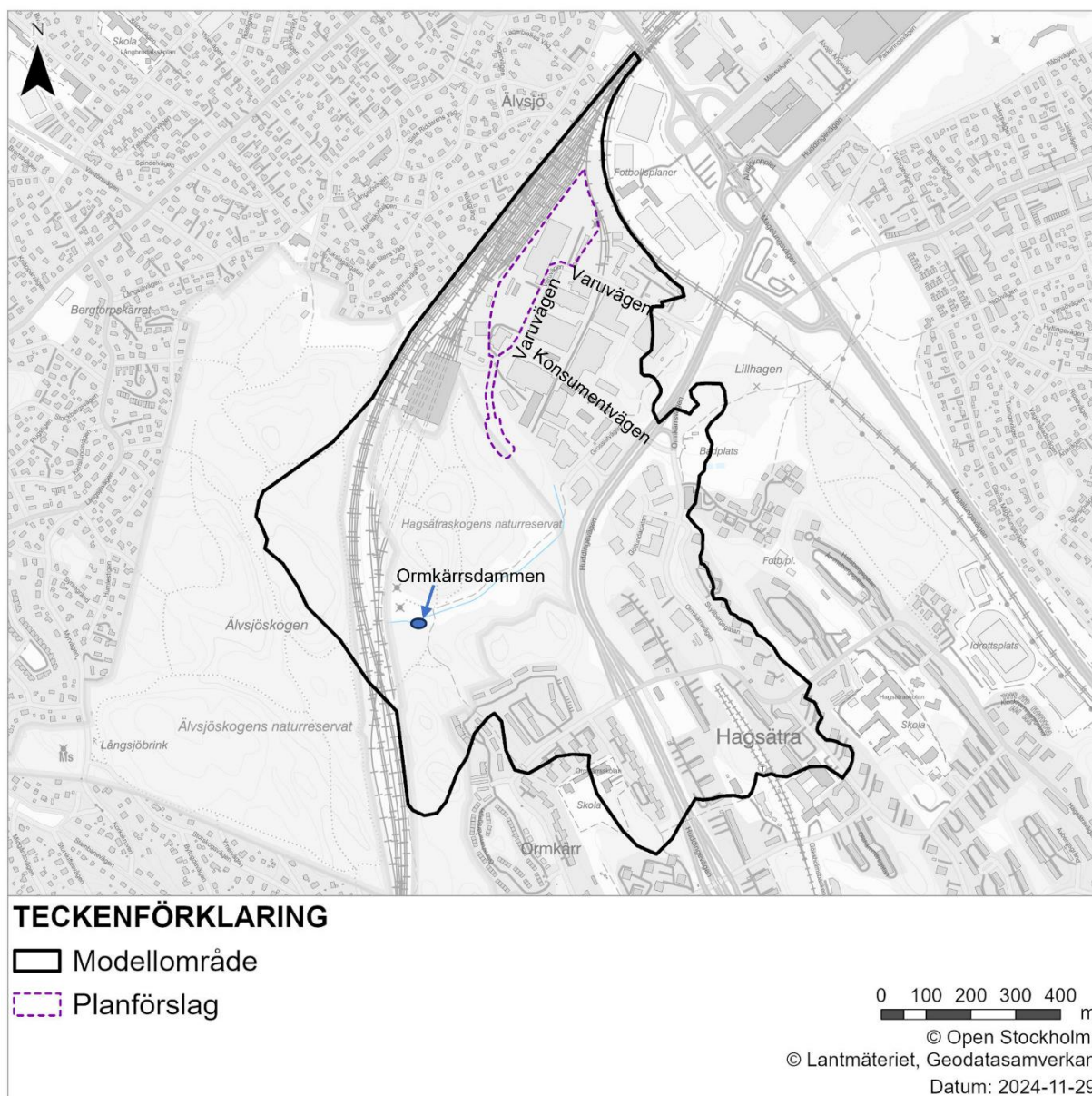
Skyfallskarteringen har genomförts med en hydrodynamisk tvådimensionell markavrinningsmodell. Metoden som används faller inom kategori "Detaljerad analys" enligt Metod för skyfallskartering av tätorter (MSB, 2023). Programvaran som används är MIKE+ (version 2024) utvecklad av Danish Hydraulic Institute (DHI). Programmet beräknar vattennivå- och flödesförhållanden till följd av nederbörd som faller på marken.

3.1 Modellområde

Modellområdet har bestämts utifrån avrinningsområdet för depån, se Figur 1. Området begränsas av höjdryggar i terrängen. Modellområdet har en area på cirka en kvadratkilometer. Planförslaget som syns i Figur 1 visar anläggningen ovan och under mark, vilket förutom depån även inkluderar vändspåret. Vändspåret kommer att byggas som betongtunnel och bergtunnel under mark, men under byggtiden kommer ett schakt att uppstå som återställs efter byggnation. Eftersom rapporten endast berör vattenavrinning ovan mark kommer resterande kartor endast att visa depån och inte hela planförslaget.

Modellområdet är uppbyggt i ett triangulärt beräkningsnät vars upplösning bestäms av triangelarnas storlek. I modellen har beräkningsnätet 1 meters upplösning.

Stora delar av avrinningen kommer från Hagsätraskogens naturreservat i söder, men även från Älvsjö industriområde öster om depån, som till största del är hårdgjort. I Hagsätraskogens naturreservat går även ett dike från Ormkärnsdammen som leder vatten från naturreservatet mot industriområdet. Terrängen sluttar från söder till norr och öst till väst, med depån och intilliggande Varuvägen/Konsumentvägen som lägsta punkt, varpå allt vatten rinner dit och ansamlas. Höjdskillnaderna inom avrinningsområdet resulterar i att lågpunkten vid Varuvägen/Konsumentvägen är ett instängt område och avtappning sker endast via dagvattennätet.



Figur 1. Modellområdet (cirka en kvadratkilometer) baseras på depåns avrinningsområde som begränsas av omgivande höjdryggar. Hela planförslaget tillhörande depån visas som lila streckad linje.

3.2 Höjdmodell

Höjdmodellen är en avgörande komponent vid en skyfallskartering. Den ger viktig information om avrinningsområden, rinnvägar och lågpunkter där vatten kan ansamlas. Höjdmodellen är baserad på Lantmäteriets *Markhöjdmodell* med upplösning 1 x 1 meter som bygger på en laserskanning från 2020–2021 (hämtad från SCALGO, 2023-07-24).

Samtliga höjder presenteras i RH2000, och koordinatsystemet är Sweref99 18 00.

Höjdmodellen har genomgått följande bearbetningar (Trafikkontoret, Stockholms Stad, 2024):

- **Upphöjning av byggnader.** Alla byggnader representeras med platta tak och har höjts med 2 meter utifrån högsta höjdvärde inom respektive byggnadspolygon. Byggnadsunderlaget för befintliga byggnader är daterat juni 2023.
- **Nedbränning av passager.** Nedbränningar avser representera passager under viadukter eller tak för att fånga rinnvägarna igenom dem. Exempel på sådana passager kan vara en portik (utan

tät dörr) som kopplar samman en innergård med gatumarken eller underfarter såsom gång- och cykeltunnlar/väg/spår under en viadukt eller byggnad som inte finns med i Lantmäteriets bearbetning. Identifiering av dessa passager är baserad på SCALGO Lives Konservative Hydrological Correctors och kartlagt skolvägsnät av Stockholms stad från 2023.

- **Återskapande av viadukter.** I vissa fall har höjder av viadukter (vägar över en passage), som har bränts ner av Lantmäteriet, återskapats. Detta motiverades där avrinningen på själva viadukten bedöms som betydande för skyfallssituationen, till exempel när relativt stora flöden rinner på en viadukt och belastar ett annat område än avrinningen via passagen under. Observera att där viadukter har återskapats har den underliggande passagen beskrivits i skyfallsmodellen 2D kulvert, se 2.3.2.
- **Interpolation.** I vissa områden där Lantmäteriet har gjort nedbränningar, har grova interpolationer gjorts som skapar felaktig avrinning. Vissa sådana områden har identifierats och en mer realistisk interpolation har gjorts.

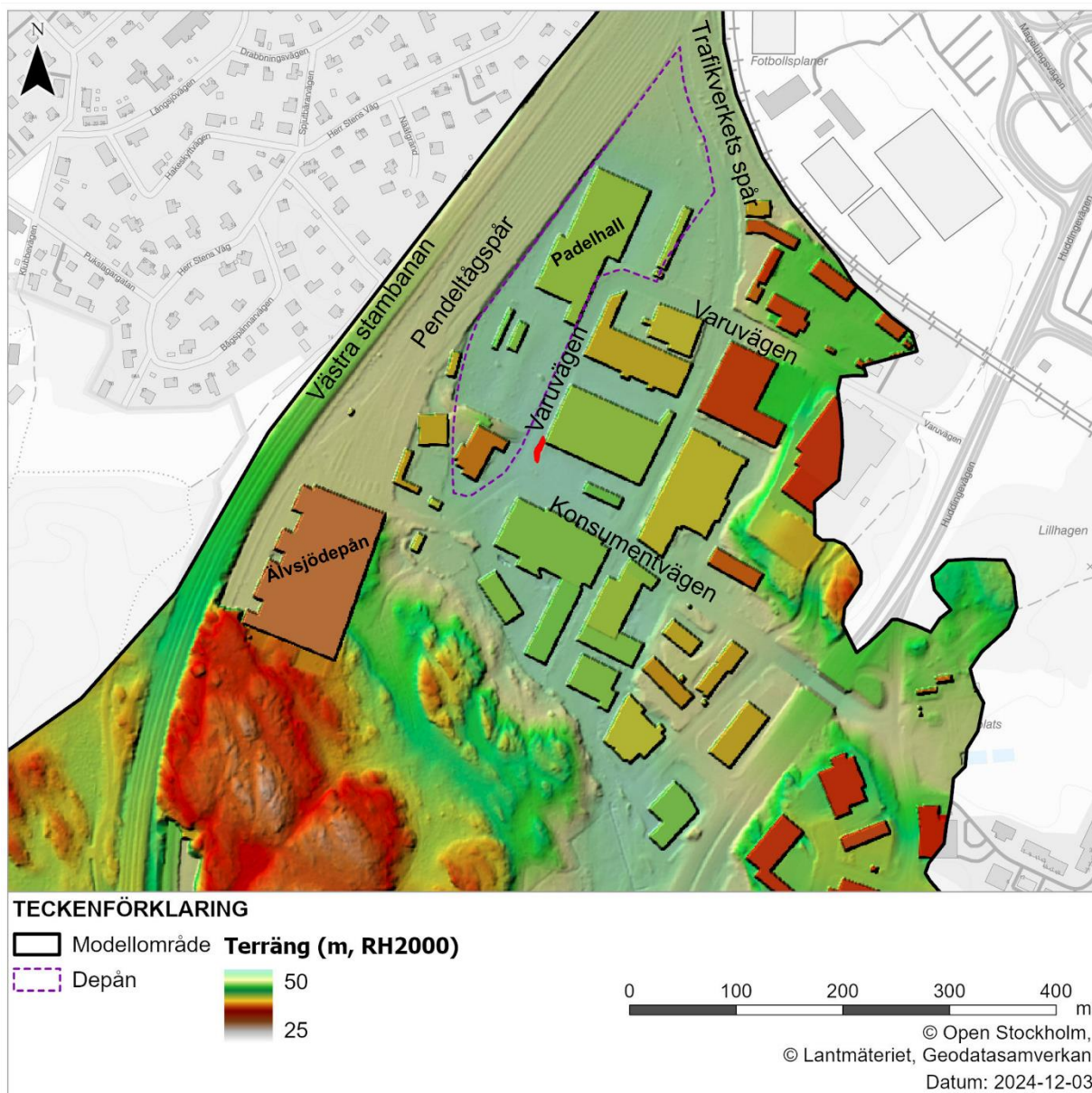
Den levererade höjdmodellen från Stockholms stad (2024) har beskrivits för att endast inkludera depåns utredningsområde samt dess avrinningsområde. Detta utfördes för att minska beräkningstiden.

3.2.1 Befintlig höjdmodell

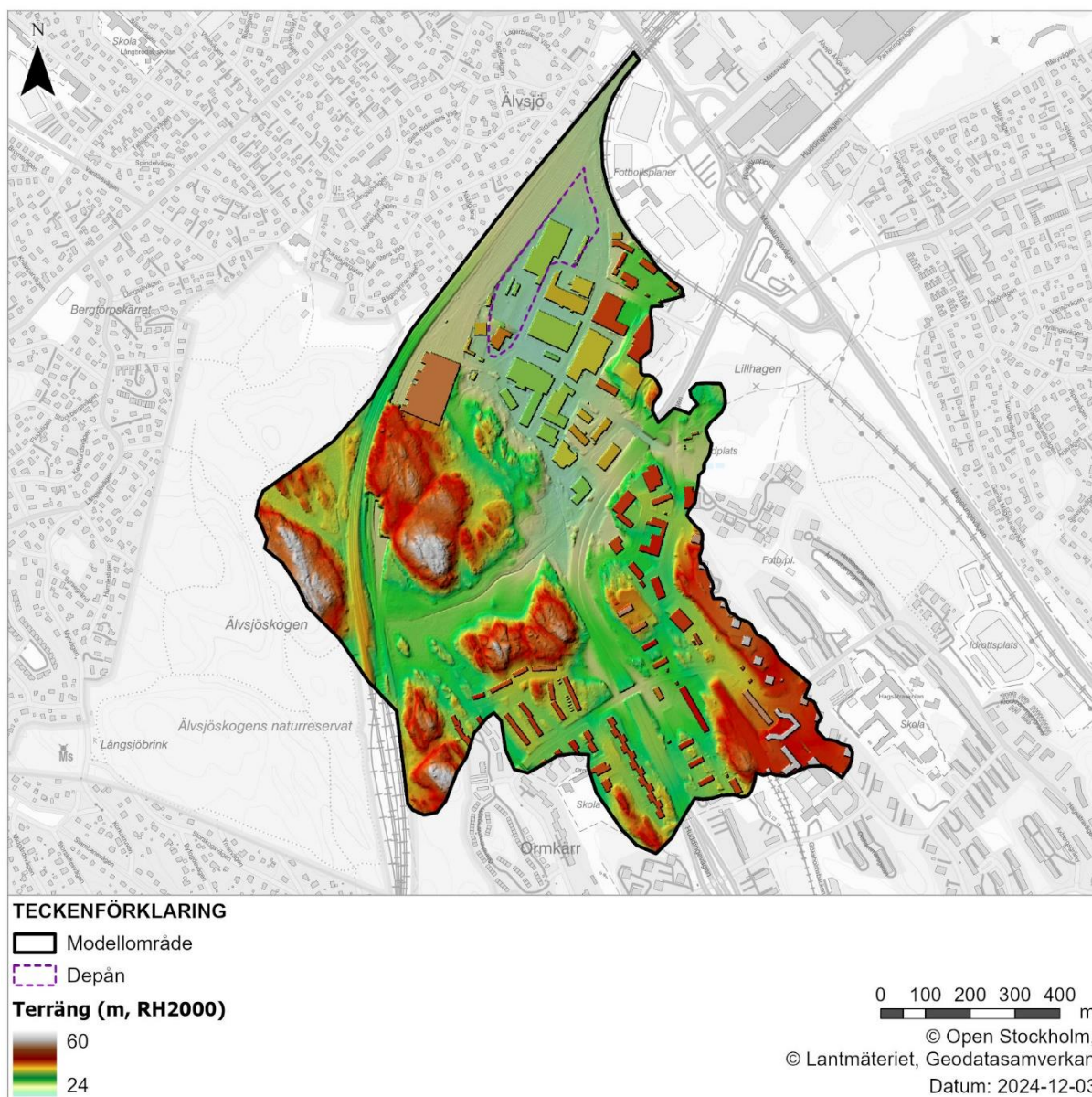
Figur 2 visar den befintliga höjdmodellen för depån och Figur 3 visar den befintliga höjdmodellen för hela modellområdet. Den lila streckade linjen markerar markanspråket som görs i och med exploateringen av depån.

I dagsläget finns flera byggnader på området där depån ska byggas, varav en byggnad är en padelhall, och marknivån varierar mellan +25,1 meter och +26,0 meter. Vid Varuvägen, precis utanför den södra delen av depån, påträffas den lägsta punkten i avrinningsområdet på +24,8 meter, se Figur 2.

Väster om den framtida depån går pendeltågspåret samt Västra stambanan. Sydväst om den framtida depån ligger Älvsjödepån för pendeltåg och i nordost går Trafikverkets spår, se Figur 2.



Figur 2. Befintlig höjdmodell över depån. Den röda markeringen på Varuvägen visar den lägsta punkten i lågpunkten. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

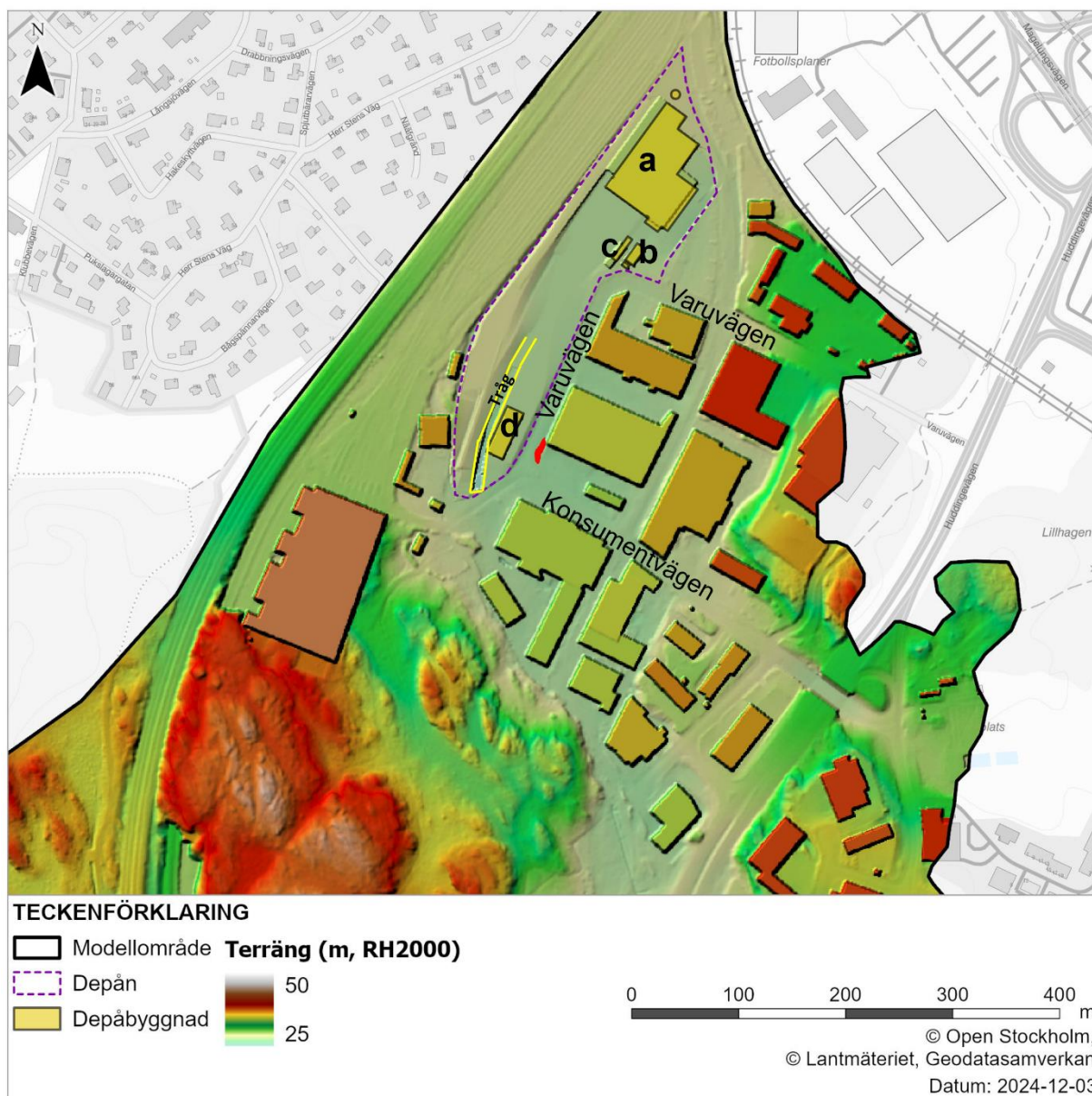


Figur 3. Befintlig höjdmodell över hela modellområdet inklusive depån. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

3.2.2 Framtida höjdmodell

De projekterade höjderna har inkluderats i terrängen och på så vis har en framtida höjdmodell tagits fram, se Figur 4. Denna terräng har använts i skyfallsmodellen för framtida situation. Underlaget är av stor vikt då det är terrängen som avgör hur vattnet rör sig och var vatten ansamlas.

Depån har höjts jämfört med den befintliga terrängen från mellan +25,1 meter och +26,0 meter till generellt +26,2 meter. De byggnader som i dagsläget finns inom depån kommer att rivas. I stället kommer en uppställning- och verkstadsbyggnad (a) samt två teknikbyggnader (b och c) att byggas i norra delen av depån. Från mellersta delen av depån börjar tråget som lutar söderut och som övergår till tunnel när den möter Varuvägen. Öster om tråget kommer även en verkstad för arbetsfordon (d) att byggas.



Figur 4. Framtida höjdmodell över depån. Den röda markeringen på Varuvägen visar den lägsta punkten i lågpunkten. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

3.3 Regn

Vid detaljerade skyfallssimuleringar används ett typregn. Det beskriver regnets intensitet över tid när det inte finns uppmätta tidsserier att använda (MSB, 2023). Typregnet i skyfallsmodellen är ett CDS-regn (Chicago Design Storm) som delar upp regnet i olika block med varierande intensitet. Regnet startar med ett mindre intensivt förregn, följt av den mest intensiva delen av regnet, som sedan avslutas med ett mindre intensivt efterregn. Regnet som använts i modellen är ett 100-årsregn med sex timmars varaktighet från SMHI (SMHI, 2017). SMHI har delat upp Sverige i fyra olika regioner baserat på statistik, där Stockholm är beläget i den sydöstra delen, eftersom det finns distinkta skillnader mellan sydöstra och sydvästra, samt mellersta och norra delen av landet.

För att ta hänsyn till framtida klimatförändringar med ökad nederbörd har regnmängden multiplicerats med en klimatkfaktor på 1,2 enligt förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav. Den totala nederbördsmängden för 100-årsregnet som används i simuleringen är 78,3 millimeter.

Känslighetsanalysen har använt samma typregn (CDS) och använder SMHI:s statistik både för 200-årsregnet och 500-årsregnet. Klimatfaktor 1,2 har tillämpats även på dessa regn för att inkludera det förändrade klimatet i framtiden. De totala nederbördsmängderna för 200-årsregnet och 500-årsregnet uppgår till 91,2 millimeter respektive 111,4 millimeter.

Skyfallsmodellen fortsätter att simulera i två timmar efter att regnet har upphört. Därefter anses det inte vara rimligt att fortsätta simuleringen, eftersom det är ett instängt område och avtappning sker via dagvattennätet. Avtappningen inkluderas inte i modellen, utan kapaciteten på dagvattennätet inkluderas som ett avdrag på regnet. Det vatten som rinner vidare i dagvattensystemet efter avslutat regn går inte att simulera i denna typ av modell (detaljerad modell).

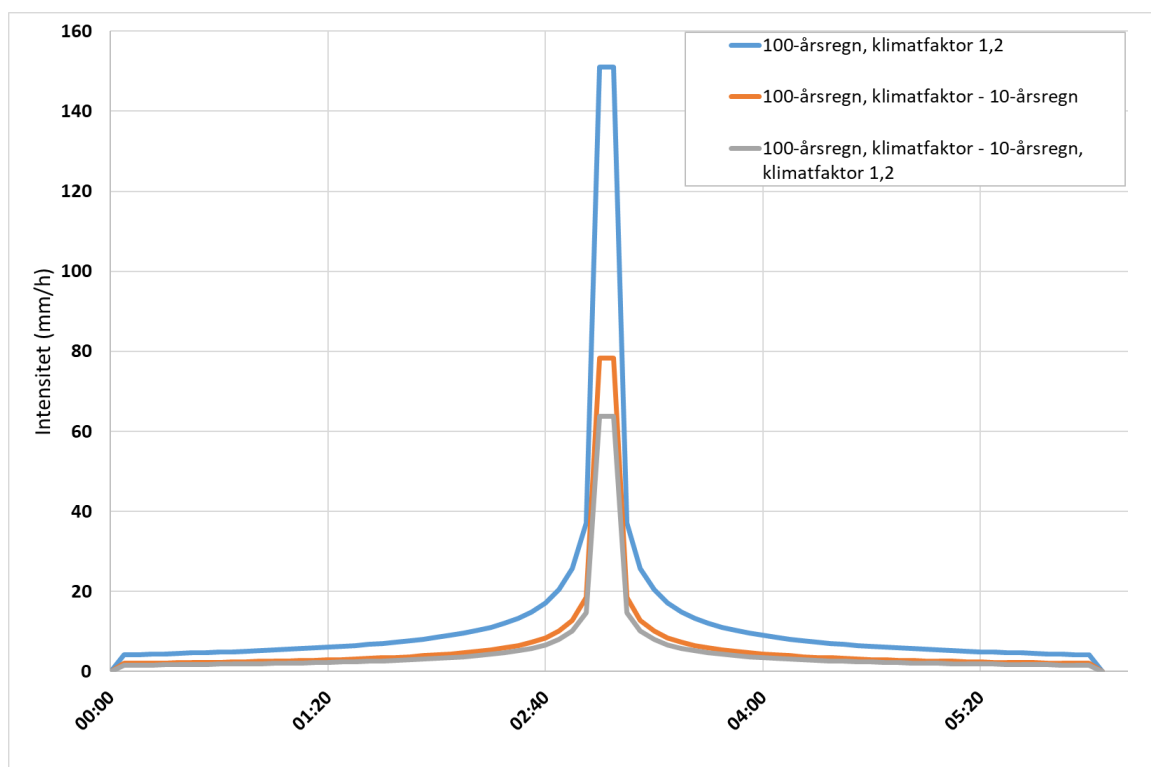
3.3.1 Avdrag dagvattennät

Dagvattennätets kapacitet inkluderas som ett avdrag på regnet på de hårdgjorda ytor som antas vara kopplade till dagvattennätet. I modellen har dagvattennätet delats upp i två områden; äldre ledningar utanför depån och nytt dagvattennät inom depån för framtida situation. Avdraget görs baserat på ledningarnas kapacitet. De äldre ledningarna antas kunna hantera ett 10-årsregn utan klimatfaktor, medan de nya ledningarna inom depån är projekterade att klara ett 10-årsregn med klimatfaktor 1,2.

Avdraget för ett 10-årsregn (sex timmar) utan klimatfaktor motsvarar en nederbördsmängd på 39,3 millimeter. Det innebär att den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor vid ett 100-årsregn är 39 millimeter ($78,3 \text{ millimeter} - 39,3 \text{ millimeter} = 39 \text{ millimeter}$), vilket är 50 procent av den totala nederbördsmängden vid ett 100-årsregn.

I den framtida modellen har ett 10-årsregn (sex timmar) med klimatfaktor 1,2 antagits som dagvattennätets kapacitet inom depån. Den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor inom depån i framtida situation vid ett 100-årsregn är 31,1 millimeter ($78,3 \text{ millimeter} - 47,2 \text{ millimeter} = 31,1 \text{ millimeter}$), vilket är 38 procent av 100-årsregnet.

Figur 5 visar hur nederbörden varierar över hela regnförloppet vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2, samt avdrag som gjorts för ett 10-årsregn med och utan klimatfaktor.



Figur 5. Nederbördsintensitet (millimeter per timme) vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 samt avdrag som gjorts på regnet beroende på dagvattennätets kapacitet (10-årsregn med och utan klimatfaktor).

För 200- och 500-årsregnet görs samma avdrag för det äldre dagvattennätet (10-årsregn utan klimatfaktor). Det innebär att den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor vid ett 200-årsregn är 51,9 millimeter (91,2 millimeter – 39,3 millimeter = 51,9 millimeter), vilket motsvarar 57 procent av 200-årsregnet. Vid ett 500-årsregn belastar skyfallsmodellen de hårdgjorda ytorna med 72,1 millimeter (111,4 millimeter – 39,3 millimeter = 72,1 millimeter), motsvarande 65 procent av 500-årsregnet.

I den framtida modellen har ett 10-årsregn med klimatfaktor 1,2 antagits som ledningsnätets kapacitet inom depån. Den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor inom depån vid ett 200-årsregn i framtida situation är 44 millimeter (91,2 millimeter – 47,2 millimeter = 44 millimeter), vilket ger 48 procent av 200-årsregnet. Vid ett 500-årsregn belastar skyfallsmodellen de hårdgjorda ytorna inom depån med 64,2 millimeter (111,4 millimeter – 47,2 millimeter = 64,2 millimeter), motsvarande 58 procent av 500-årsregnet.

3.4 Markdata

Markdata är den information som används för att beskriva hur vattnet rör sig genom marken (infiltration) samt hur vattnet rör sig på yta beroende på strömningsmotstånd (markens råhet).

Stockholms stads modell från 2024 har använt följande underlag i prioritetsordning (högst till lägst) för att beskriva dessa parametrar:

- 1 **Stockholms stads underlag för kommunala gator (Skötselytor) samt parker och torg (Parkdata).** Underlaget innehåller högdetaljerade polygoner för kommunala gators utbredning samt typer av beläggningar, planteringar och gräsytor i parker och torg.
- 2 **SCALGO Live's marktäckedata (Land Cover).** Endast kategorier för asfalterade vägar (Paved road) och berg i dagen (Bare rock) har använts. Berg i dagen underskattas oftast i denna kartering och har därmed buffrats med 7,5 meters radie.

- 3 **Kommunikationslinjer från Lantmäteriets Topografi 10.** Linjer för vägar och rälstrafik har buffrats beroende på deras kategori.
- 4 **Markanvändning från Lantmäteriets Topografi 10.**

3.4.1 Infiltration

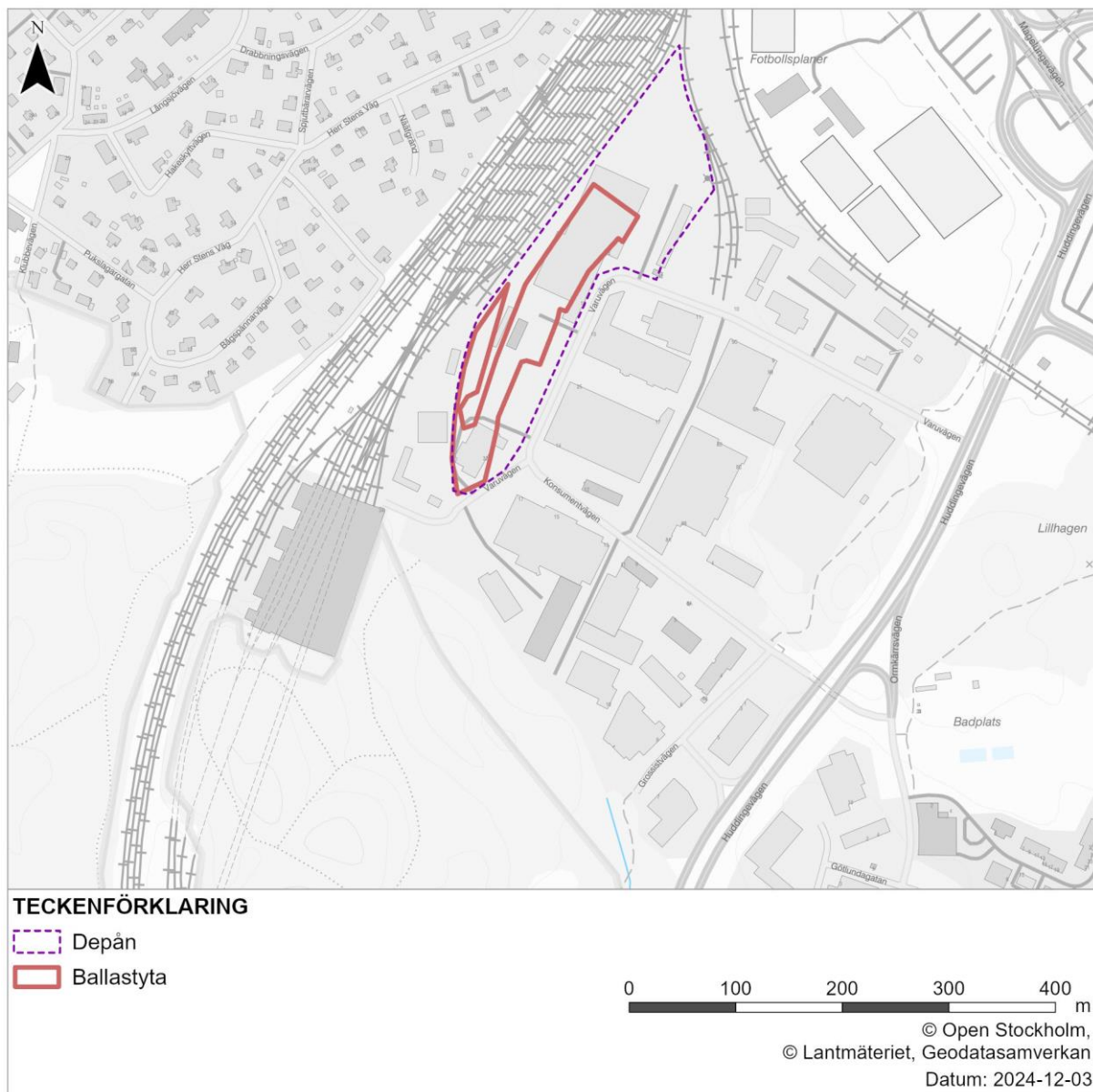
Det vatten som infiltrerar i marken beskrivs med hjälp av en infiltrationsmodul, som är en förenklad representation av de naturliga processerna. Modulen använder ett antal parametrar för att beskriva infiltrationen:

- Infiltrationshastighet (kubikmeter/timme): Hastigheten som vatten kan tränga ner i marken.
- Infiltrationszonens mäktighet (meter): Djupet på den del av marken där infiltration sker.
- Effektiv porositet (procent): Andelen av infiltrationszonen som består av porer som kan fyllas med vatten.
- Initial vattenhalt (procent): Mängden vatten i marken vid starten av simuleringen.
- Läckagehastighet (kubikmeter/timme): Hastigheten som vatten läcker ut från infiltrationszonen.

Infiltrationen aktiveras endast på ytor som inte är hårdgjorda eller permanent vattenfyllda. Markens förmåga att magasinera vatten definieras av infiltrationszonens mäktighet, effektiv porositet och initial vattenhalt vid simuleringsstart. Infiltrationszonen fylls med vatten med en konstant hastighet som beroende på olika beläggningar, typ av grönska eller markanvändning ansätts med olika djup. Samtidigt töms infiltrationszonen med en konstant läckagehastighet som beror på jordarterna. Det är viktigt att notera att alla dessa infiltrationsparametrar är förenklade och innehåller osäkerheter och generaliseringar.

3.4.1.1 Ballast

Stora delar av depån kommer att vara täckt med ballast som har en porositet på 30 procent och en tjocklek på 0,5 meter. Under ett extremt skyfall kan ballasten bidra till att magasinera skyfallsvatten, med en maximal kapacitet om cirka 2 000 kubikmeter. Resterande markyta inom depån kommer att hårdgöras. Figur 6 visar det område som planeras att utgöras av ballast inom depån. I modellen är ballasten ansatt med infiltrationsegenskaper vilket medför att vatten kan infiltrera i ballasten. Det är dock viktigt att notera att modellen inte kan beräkna vertikala vattenrörelser. Denna begränsning skapar en osäkerhet i resultaten, eftersom vattennivån i ballasten i verkligheten kan vara högre än vad modellen visar.



Figur 6. Ytan som kommer utgöras av ballast inom depån. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

3.4.2 Markens råhet

Markens råhet, eller strömningsmotstånd, spelar viktig roll för hur vatten rör sig inom ett område. Olika typer av ytor har olika strömningsmotstånd; till exempel har åkrar och skog högre strömningsmotstånd än asfalterade ytor eller gräsmattor. För att beskriva markens strömningsmotstånd i skyfallsmodeller används parametern Mannings tal, meter. Genom att analysera markanvändningen kan man tilldela olika värden på Mannings tal för olika områden.

3.5 Scenarier

Följande scenarier har simulerats med skyfallsmodellen:

- befintlig situation
- framtida situation efter ny byggnation av depån

De två scenarierna har belastats med följande regn:

- 100-årsregn med klimatfaktor 1,2
- 200-årsregn med klimatfaktor 1,2
- 500-årsregn med klimatfaktor 1,2

3.6 Förenklingar och andra tillägg i modellen

Eftersom höjdmodellens upplösning är 1 meter kan mindre strukturer missas i modellen. I den hydrodynamiska modellen läggs dessa strukturer in manuellt, såsom murar längs vägar som inte släpper igenom vatten.

Detsamma gäller tråget som skapar en höjdskillnad mellan omgivning och spår som inte finns med i höjdmodellen. Tråget är en tät betongkonstruktion som höjs upp ovanför markytan och förhindrar vatten från ett skyfall att tränga ner i tråget och vidare ner till spårtunneln. I modellen har ett fiktivt ogenomsläppligt upphöjt tråg lagts in för att förhindra att vatten rinner ner i tråget. Den fiktiva upphöjningen runt tråget i modellen täcker alla sidor förutom öppningen, precis som det kommer göra i verkligheten. Trågets öppning kommer att vara en ogenomsläpplig betongkonstruktion under marken så att inte vatten rinner via ballasten och vidare ner i tråget. I modellen finns inget vertikalt flöde under marken vilket gör att vatten i modellen inte kan rinna ner i tråget via ballasten, precis som i verkligheten.

3.7 Osäkerheter i modellen

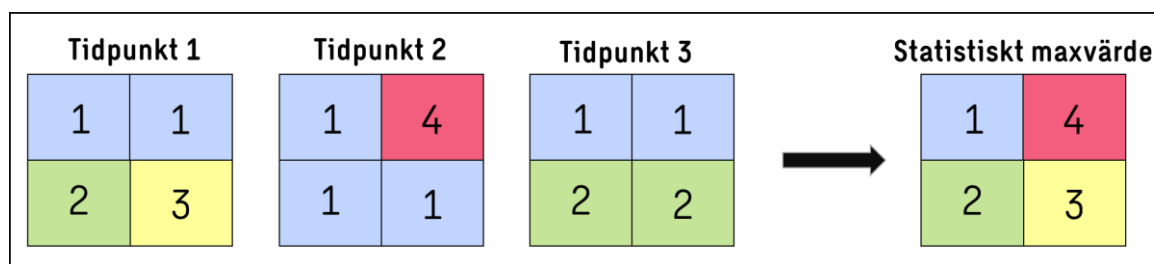
Dagvattennätets kapacitet är en osäkerhet i alla hydrodynamiska modeller. I modellen har ett avdrag gjorts på regnet, motsvarande det regn dagvattennätet förväntas kunna leda bort. Enligt VA-huvudmannens (SVOA) modell kan det befintliga dagvattensystemet inte hantera ett 10-årsregn i nuläget utan orsakar marköversvämningar. Detta beaktas inte i skyfallsmodellen, eftersom ingen annan återkomsttid har delgivits, och dagvattennätet antas därför kunna hantera ett 10-årsregn i samtliga scenarier. Om dagvattennätet överskattas, kan modellen underskatta översvänningsutbredningen, vilket resulterar i att mer vatten samlas inom depån än vad simuleringen visar. Dock gäller överskattningen för båda scenarier, både den befintliga och den framtida situationen, vilket innebär att den generella översvänningsnivån höjs, men skillnaden förblir i samma storleksordning.

3.8 Tolkning av modellresultat

Skyfallskarteringen ger information om flöden och vattendjup längs avrinningsstråk och vattenansamlingar i lågpunkter, och hur dessa varierar i tid.

3.8.1 Maximalt vattendjup

Under skyfallsmodellens beräkningsperiod uppstår naturligt olika stora vattendjup vid olika tillfällen. Det resultat som beskriver maximalt vattendjup avser statistiskt maximalt vattendjup under hela beräkningsperioden. Detta betyder att resultatet visar en sammanslagning av de maximala vattendjup som uppstår i alla individuella beräkningspunkter, oavsett tidpunkt. Det är alltså inte en ögonblicksbild utan en statistisk analys av vattendjupet under hela modellperioden. Detta visualiseras förenklat i Figur 7. För att förenkla visualiseringen av översvämningsrisk har alla vattendjup som understiger 0,1 meter filtrerats bort från kartorna som visar maximalt vattendjup.



Figur 7. Visualisering över hur statistiskt maximalt vattendjup beräknas.

3.8.2 Maximalt flöde

Precis som för resultatet som beskriver maximalt vattendjup, avser resultatet som beskriver maximalt flöde det statistiskt maximala flödet som uppstår under modellperioden. Maximalt flöde visar de dominerande rinnvägarna.

4 Resultat

I detta kapitel redovisas resultaten från skyfallskarteringen av ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 för följande scenarier:

- 1 Befintlig situation
- 2 Framtida situation efter byggnation av depån

Utöver 100-årsregnet redovisas även känslighetsanalysen som utförts med ett 200- och 500-årsregn med klimatfaktor 1,2.

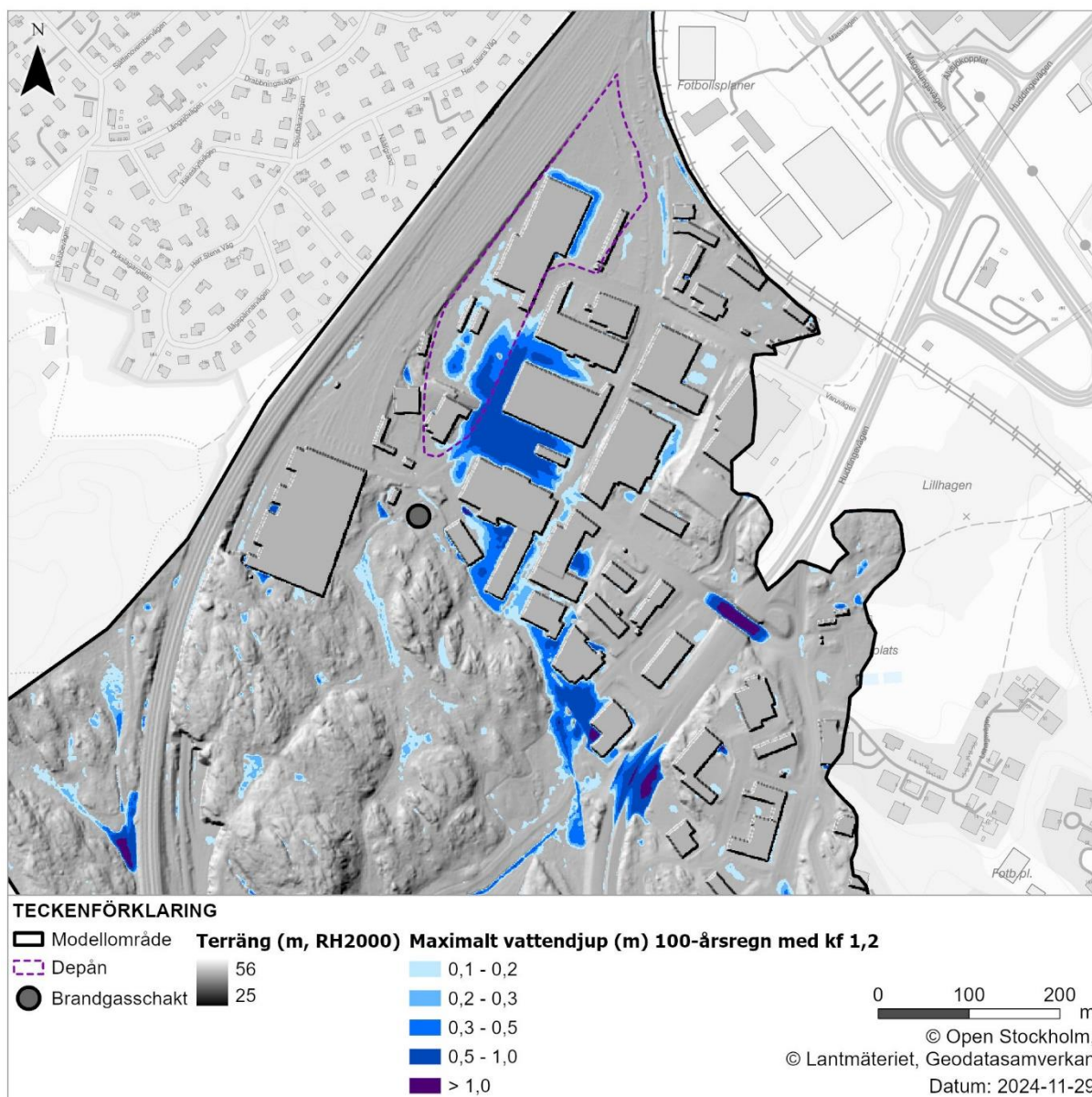
Höjddata och beräkningsnät som ingår i skyfallsmodellen har hög upplösning, 1 x 1 meter. Detta innebär att detaljer i terrängen som påverkar rinnvägarna kan beskrivas med hög noggrannhet. Därmed erhålls en mer korrekt och detaljerad beskrivning av rinnvägarna inom modellområdet.

Samtliga höjder presenteras i RH2000, och koordinatsystemet är Sweref99 18 00.

4.1 Befintlig situation

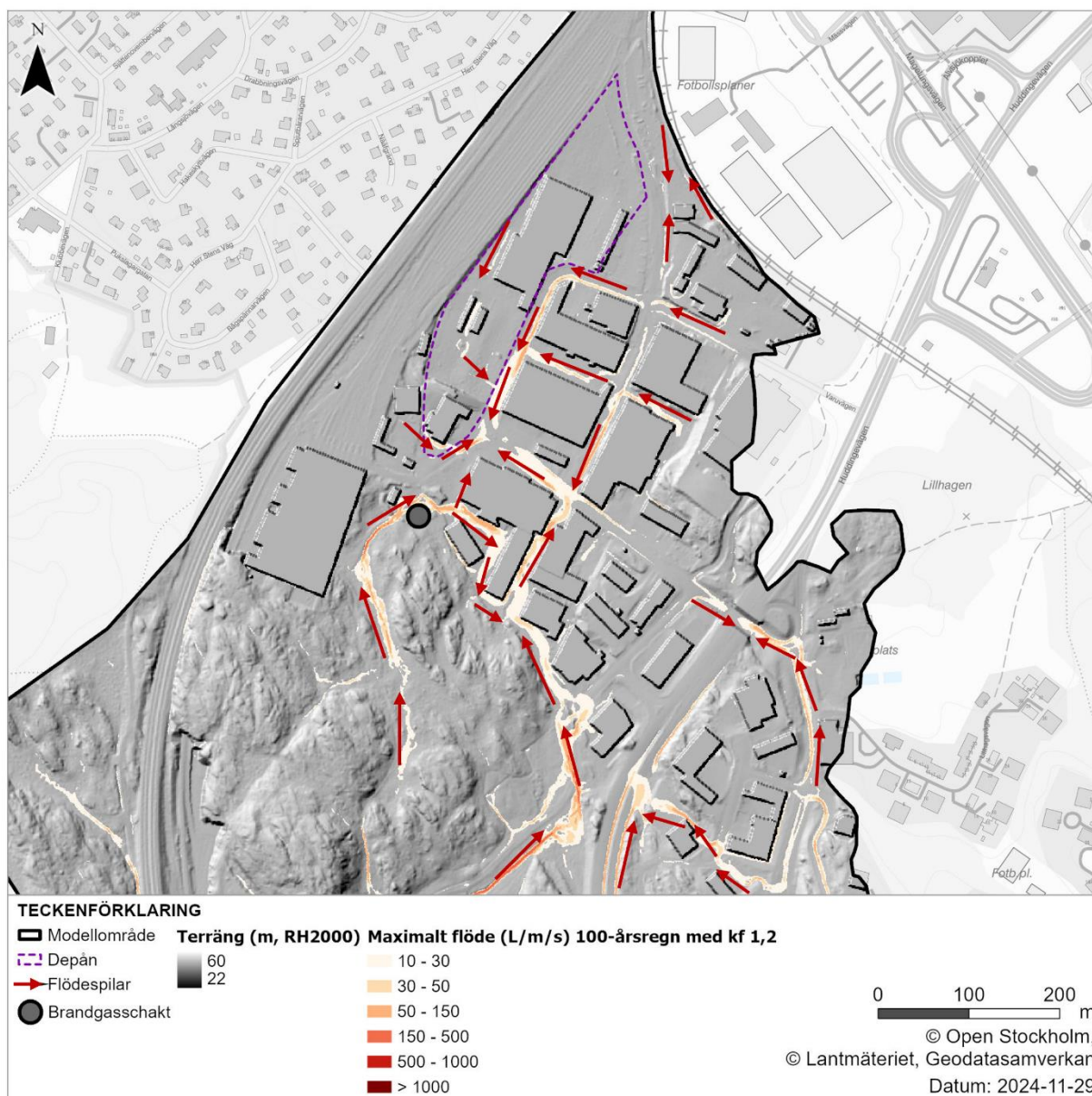
Depån är belägen i en instängd lågpunkt där vatten avleds via dagvattenssystemet, genom infiltration i marken och genom avdunstning. Markytans nivå är cirka +25 meter vid Varuvägen/Konsumentvägen och mellan +25,1 meter och +26 meter inom den framtida depån. Marken är till största del asfalterad.

Simuleringsresultaten för den befintliga situationen redovisas i Figur 8 (maximalt vattendjup) och Figur 9 (maximalt flöde). Vid ett 100-årsregn ansamlas stora mängder vatten i den instängda lågpunkten. Den maximala vattennivån i lågpunkten vid Varuvägen/Konsumentvägen uppgår till strax över +25,8 meter med ett maximalt vattendjup om cirka en meter.



Figur 8. Maximalt vattendjup vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 i befintlig situation. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

Figur 9 visar flödesvägarna som uppstår vid ett 100-årsregn. Pilarna i figuren indikerar att avrinning sker från flera riktningar: dels från Hagsätraskogens naturreservat i söder, dels från industriområdet i öst, samt en mindre del från spårområdet i norr och i väst som rinner genom det framtida området för depån. Lutningen inom depån i befintlig situation är från norr till söder/sydost. Generellt flödar vattnet i avrinningsområdet mot den lägsta terrängen i avrinningsområdet kring Varuvägen/Konsumentvägen.



Figur 9. Maximalt flöde (L/m/s) vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1,2 i befintlig situation. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

Figur 10 visar maximalt flöde i mer detalj. Inom området där den planerade depån föreslås flödar vatten från norra delen, vidare väster om padelhallen och sedan vidare söderut mot lågpunkten i Varuvägen/Konsumentvägen. Utanför området för den framtida depån rinner vatten från Trafikverkets spår i norr, vidare västerut på Varuvägen och sedan söderut mot lågpunkten i Varuvägen/Konsumentvägen.



Figur 10. Inzoomad karta på maximalt flöde (L/m/s) vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 i befintlig situation. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

4.2 Framtid situation efter utbyggnad av depån

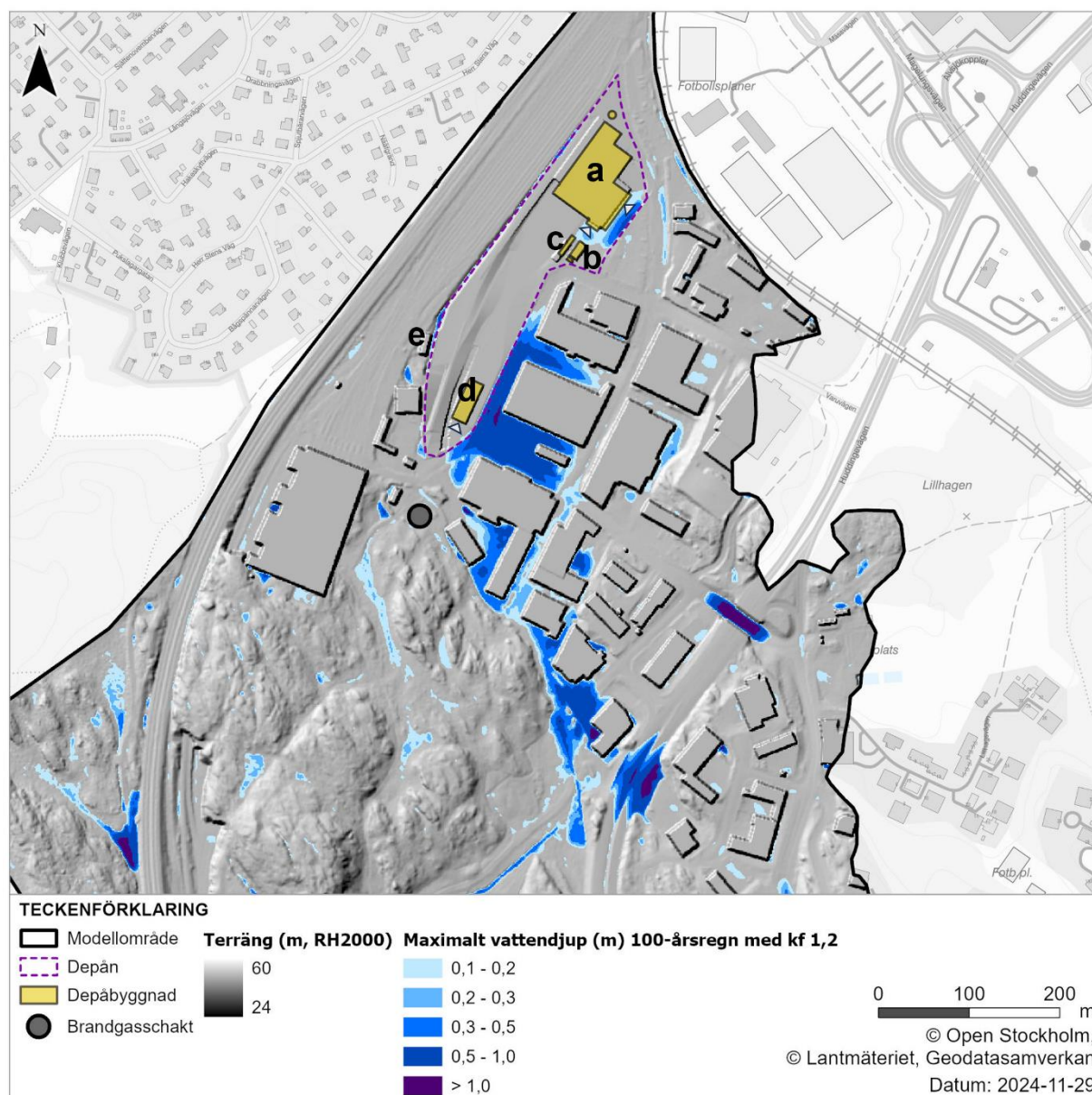
Figur 11 och Figur 12 visar maximalt vattendjup respektive maximalt flöde som uppstår under ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 för scenariot med framtida situation efter byggnation av depån.

Den maximala vattennivån uppgår till strax över +25,9 meter vid ett 100-årsregn. På grund av den nya höjdsättningen av depån (+26,2 meter) förhindras vatten från att översvämma depån. I norra delen av depån, vid underhåll- och verkstadsbyggnad (a), ansamlas cirka 0,1 meter intill byggnaden där ingångar finns, se Figur 11. Öster om underhåll- och verkstadsbyggnad (a) bildas en vattenansamling med vattendjup på upp till 0,6 meter. Samma vattenansamling sträcker sig även till teknikbyggnad (b) söder om underhåll- och verkstadsbyggnaden med ett vattendjup på cirka 0,1 meter. I övrigt ansamlas inget vatten vid byggnad (c) och teknikbyggnad (d) inom depån.

Utanför depån, precis i gränsen mot pendeltågspåret, ansamlas cirka 0,4 meter vatten vid östra sidan av byggnad (e) (Figur 11) som inte ansamlas i befintlig situation. Vattenansamlingarna runt

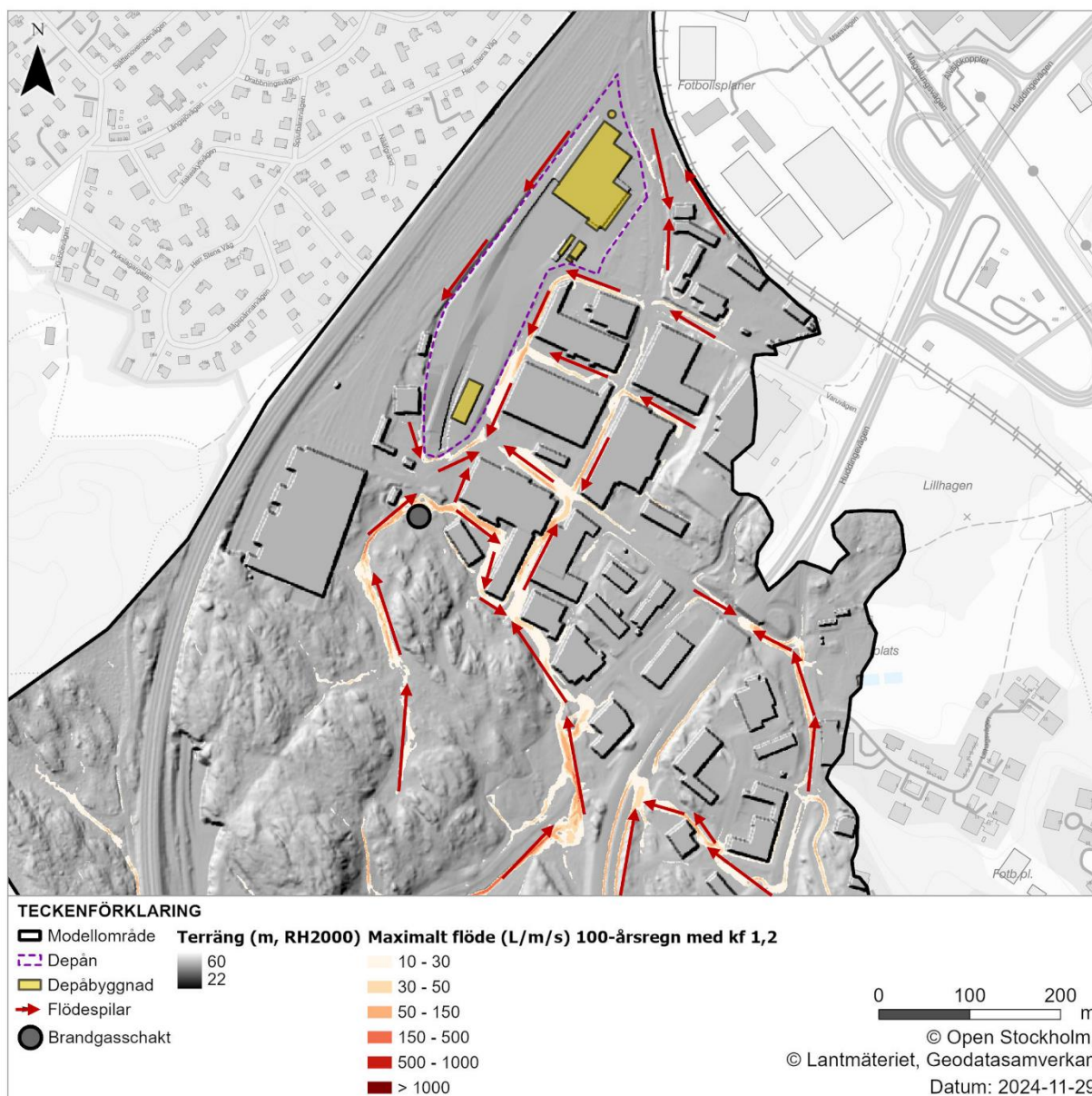
byggnaden anses kunna förhindras med en modifierad höjdsättning. Detta hanteras i den fortsatta detaljprojekteringen.

Brandgasschaktet som placeras söder om Varuvägen riskerar inte att översvämmas vid ett 100-årsregn, se Figur 11.

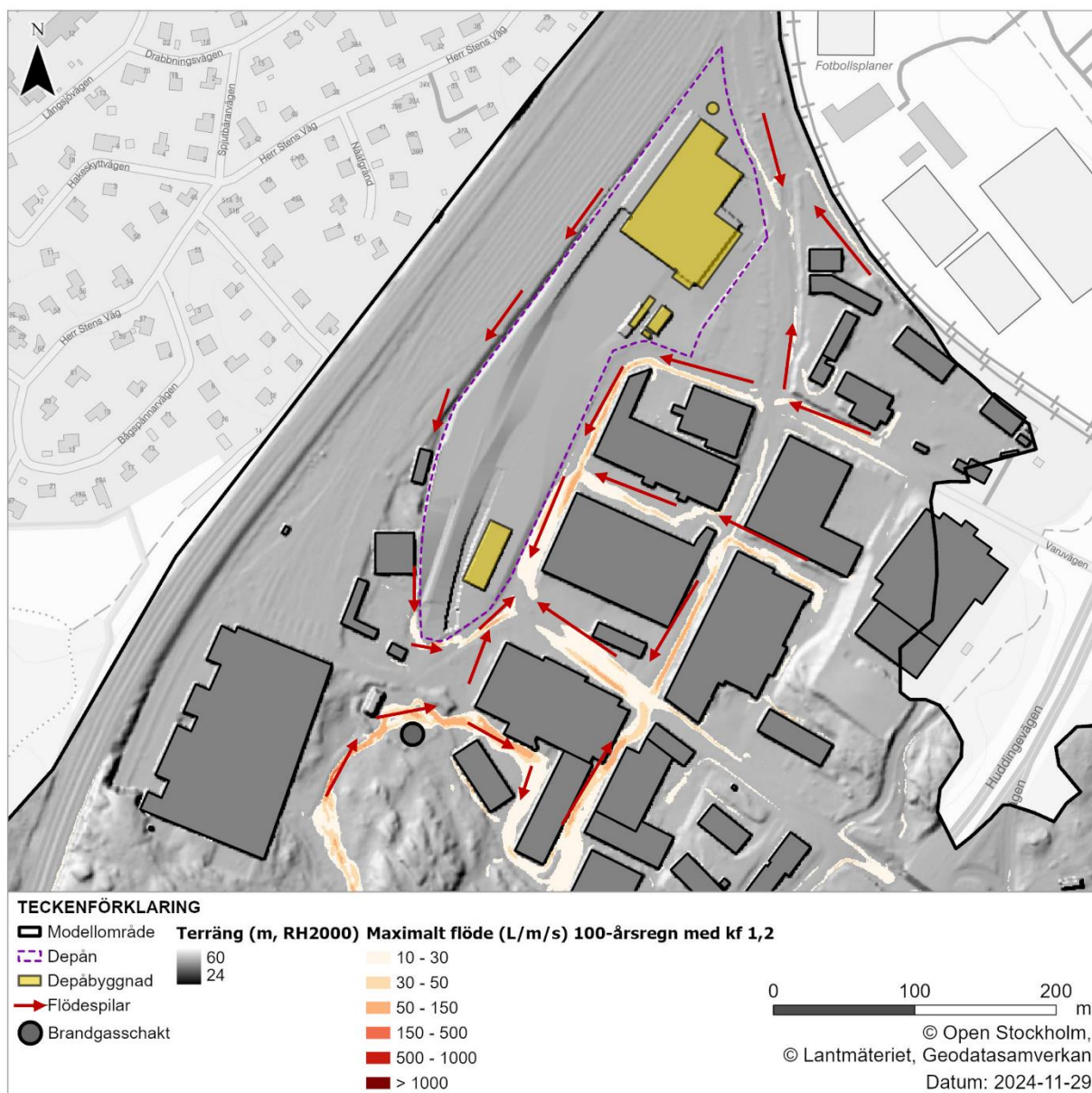


Figur 11. Maximalt vattendjup (meter) vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1,2 i framtida situation. Trianglarna visar byggnadernas entréer. Depåbyggnader redovisas med bokstav: a) uppställnings- och verkstadsbyggnad, b) teknikbyggnad, c) teknikbyggnad, d) hall för arbetsfordon. Byggnad utanför depån redovisas med bokstav: e). Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

I den framtida situationen förändras inte de stora flödesvägarna utanför depån (Figur 12). Flödesvägarna från Hagsätraskogens naturreservat samt från de högre belägna delarna av industriområdet förblir desamma som i för befintliga situationen. Däremot förändras vissa små flödesvägarna i västra delen av depån och vattnet leds vid västra sidan om depån i stället för genom området (Figur 13). Denna förändring i terrängen leder till att vatten ansamlas vid byggnad (e) i Figur 11 i stället för att rinna vidare ner till depån. Inom depån uppstår i stort sett inget flöde i detta scenario eftersom vatten infiltrerar i ballasten i stället för att avrinna på ytan. Endast vid den hårgjorda ytan öster om uppställnings- och verkstadsbyggnaden uppstår ett flöde som bildar en vattenansamling utanför byggnaden (a), se Figur 11.



Figur 12. Maximalt flöde (L/m/s) vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatkfaktor 1,2 i framtida situation. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.



Figur 13. Inzoomad karta med maximalt flöde (L/m/s) vid depån för modellerat 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 i framtida situation. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

4.2.1 Vattenmassor tråg

Enligt förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav ska vatten förhindras från att rinna ner i tunnlarna (se kapitel 2.3), vilket den projekterade höjsättningen för depån samt ballastens infiltrationsegenskaper säkerställer. Vid ett 100-årsregn kommer dock vatten att falla ner i tråget, eftersom det är en öppen konstruktion. Detta vatten kommer ledas bort via exempelvis pumpning. Trågets yta är ungefär 650 kvadratmeter och ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 motsvarar 78,3 millimeters nederbörd. Den totala volymen vatten som faller ner i tråget beräknas till cirka 50 kubikmeter.

4.2.2 Ballast

Stora delar av depån kommer att bestå av ett 0,5 meter tjockt lager ballast. Den totala infiltrationen i ballasten, beräknat från modellresultatet, uppgår till 490 kubikmeter, vilket är mindre än den maximala kapaciteten på cirka 2000 kubikmeter, se kapitel 3.4.1.1. Det mesta av vattnet hamnar dock utanför depån och hinner inte infiltrera ner i ballasten, vilket innebär att endast cirka 25 procent av fördröjningen i ballasten utnyttjas vid ett 100-årsregn.

4.3 Känslighetsanalys

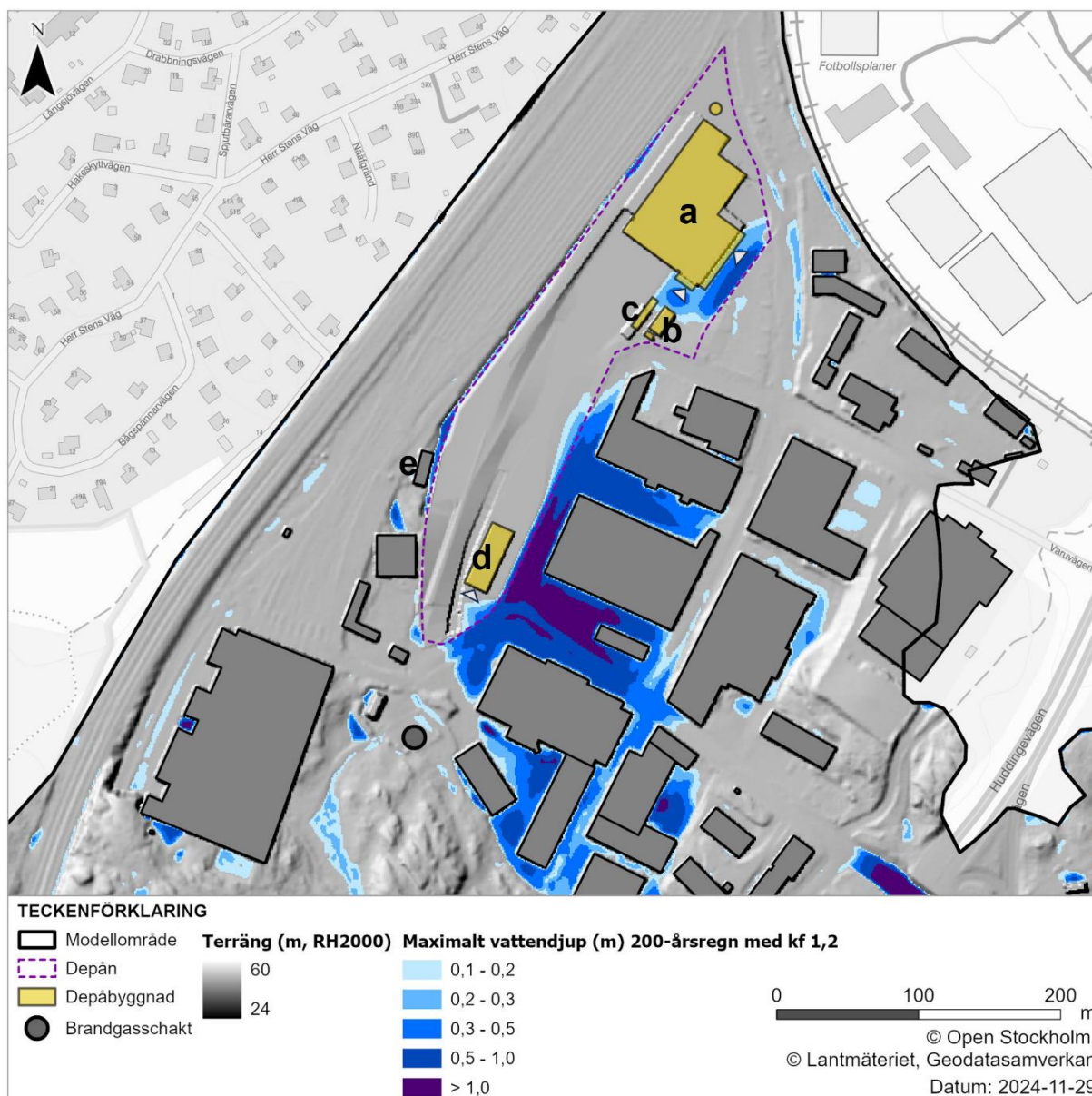
I enighet med förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav (kapitel 2.3) har även en känslighetsanalys utförts med ett 200-årsregn och ett 500-årsregn, båda med klimatfaktor 1,2. Se kapitel 3.3 för mer information om regnens storlek. Känslighetsanalysen visar att depån är beläget i en instängd lågpunkt. Dagvattennätets kapacitet är densamma oberoende regnhändelse. Konsekvenserna av detta är att lågpunkten kommer att fyllas upp mer och mer då storleken på regnen ökar.

4.3.1 200-årsregn

Vid ett 200-årsregn uppgår vattennivån i den befintliga situationen till strax under +26,1 meter, medan den i den framtida situationen når strax över +26,1 meter (cirka åtta centimeter skillnad). Vatten från den stora vattenansamlingen längs med Varuvägen börjar tränga in till depån, men inget vatten når trågets mynning som är höjdsatt till strax över +26,2 meter (Figur 14). I och med detta är anläggningen även säkrad för ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,4 då dessa två regn är i samma storleksordning. Ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,4 med SMHI:s statistik uppgår till 91,3 millimeter och ett 200-årsregn med klimatfaktor 1,2 med SMHI:s statistik uppgår till 91,2 millimeter.

I detta scenario påverkas byggnader i norra delen av depån av stående vatten, se Figur 14. På den östra sidan av uppställning- och verkstadsbyggnad (a) uppgår vattendjupet till 0,2 meter intill byggnaden. Teknikbyggnad (b) har 0,3 meter stående vatten i norra delen av byggnaden. Vid östra sidan av byggnad (e) ansamlas i detta scenario cirka 0,6 meter vatten.

Brandgasschaktet som placeras söder om Varuvägen riskerar inte att översvämmas vid ett 200-årsregn, se Figur 14.



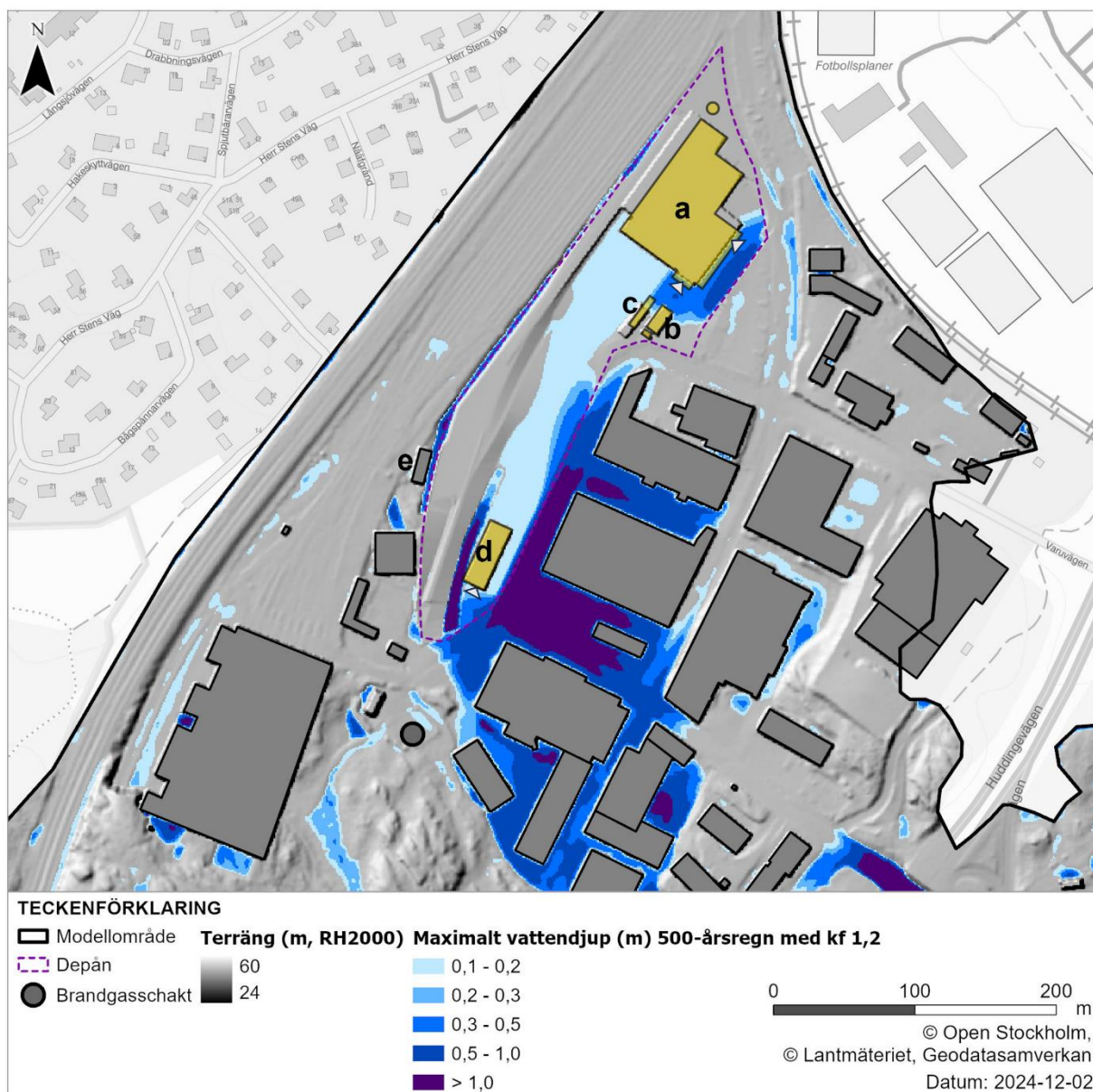
Figur 14. Maximalt vattendjup (meter) vid depån för modellerat 200-årsregn med klimatifaktor 1,2 i framtida situation. Trianglarna visar byggnadernas entréer. Depåbyggnader redovisas med bokstav: a) uppställnings- och verkstadsbyggnad, b) teknikbyggnad, c) teknikbyggnad, d) hall för arbetsfordon. Byggnad utanför depån redovisas med bokstav: e). Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

4.3.2 500-årsregn

Under ett 500-årsregn med klimatifaktor 1,2 uppgår den maximala vattennivån till +26,3 meter i den befintliga situationen och strax under +26,4 meter i den framtida situationen (cirka 6 centimeter skillnad). Vid detta extrema skyfall är höjdsättningen av depån inte längre tillräcklig, vilket leder till att hela depån översvämmas och vatten rinner ner i tråget, se Figur 15.

I detta scenario påverkas samtliga byggnader inom depån av stående vatten. På den östra sidan av uppställnings- och verkstadsbyggnad (a) når vattendjupet till 0,4 meter. På den södra sidan där tågen kör in till byggnaden uppgår vattendjupet till 0,1 meter. Teknikbyggnad (b) har 0,4 meter stående vatten och teknikbyggnad (c) har mellan 0,1–0,2 meter vatten på byggnadernas norra sida. Vattendjupet omkring verkstadsbyggnad (d) uppgår till mellan 0,1–0,2 meter. Vattendjupet vid östra sidan av byggnad (e) uppgår till cirka 0,9 meter och vatten ansamlas längs hela västra sidan av området där den planerade depån föreslås.

Brandgasschaktet som placeras söder om Varuvägen riskerar inte att översvämmas vid ett 500-årsregn, se Figur 15.



Figur 15. Maximalt vattendjup (meter) vid depån för modellerat 500-årsregn med klimatkfaktor 1,2 i framtida situation. Trianglarna visar byggnadernas entréer. Depåbyggnader redovisas med bokstav: a) uppställnings- och verkstadsbyggnad, b) teknikbyggnad, c) teknikbyggnad, d) hall för arbetsfordon. Byggnad utanför depån redovisas med bokstav: e). Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

4.4 Jämförelseanalys

Följande avsnitt analyserar skillnaden på vattennivåer för att bedöma omgivningspåverkan. Detta har gjorts genom att jämföra vattennivåer i befintlig och framtida situation. Tabell 1 sammanställer maximal vattennivå utanför depån i den instängda lågpunkten vid Varuvägen/Konsumentvägen för 100-årsregnet samt för känslighetsanalysen.

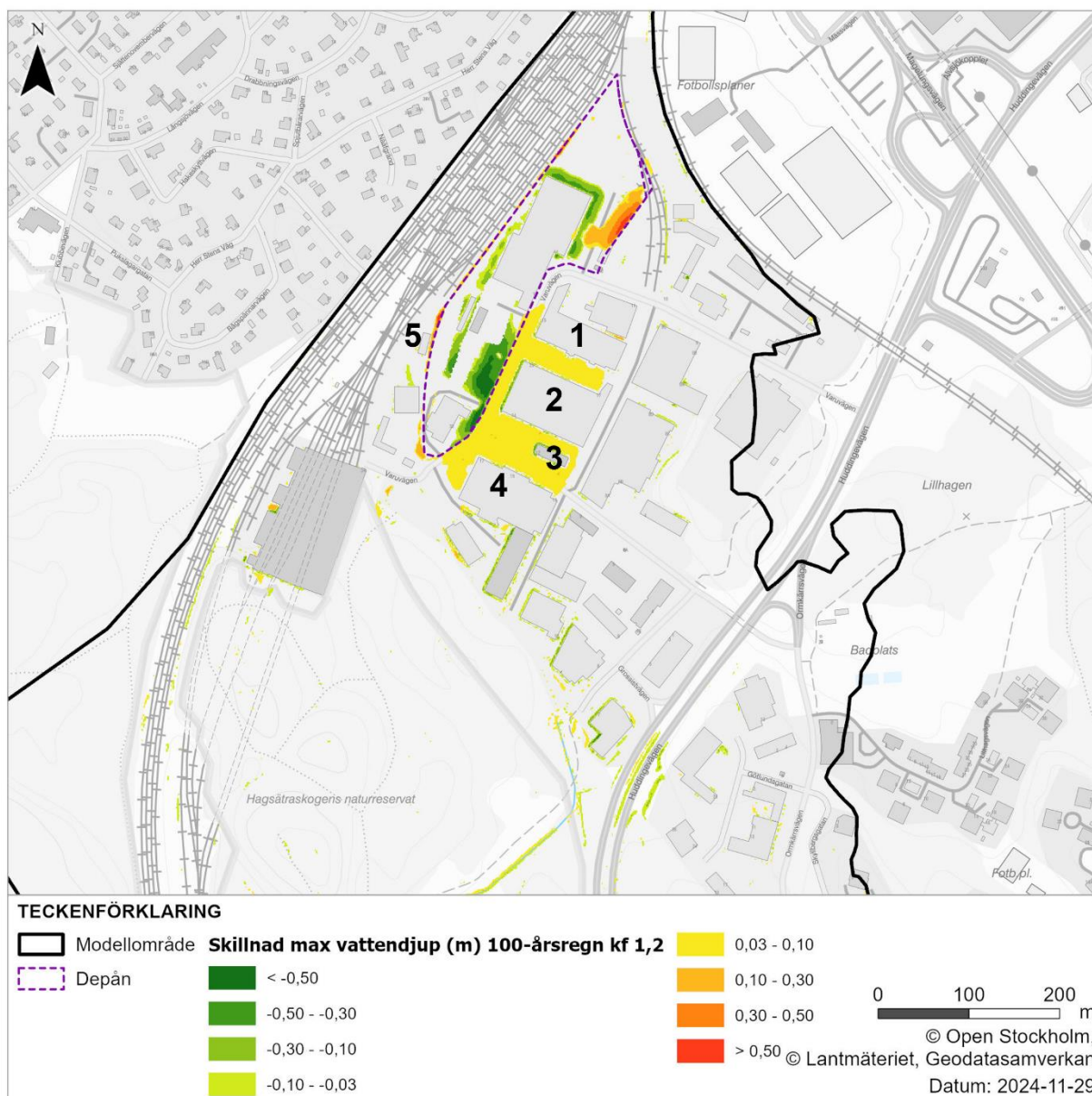
Generellt ökar vattennivån med strax under 0,1 meter utanför depån efter byggnation för samtliga scenarion. I Tabell 1 presenteras jämförelsen på centimeternivå för att kunna göra en noggrannare jämförelse av modellresultaten. Tabellen visar att den framtida depån höjer den maximala vattennivån med sju centimeter vid ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,2 jämfört med om depån

inte byggs. Vid ett 200-årsregn höjs den maximala vattennivån med åtta centimeter och vid ett 500-årsregn höjs den maximala vattennivån med sex centimeter. Den lägre vattennivån vid 500-årsregnet beror på att hela depån översvämmas, vilket utökar översvämningsarean och tillåter mer vatten att infiltrera i ballasten samt vattenfylla tråget.

Tabell 1. Jämförelse av maximal vattennivå utanför depån vid samtliga regnscenarion.

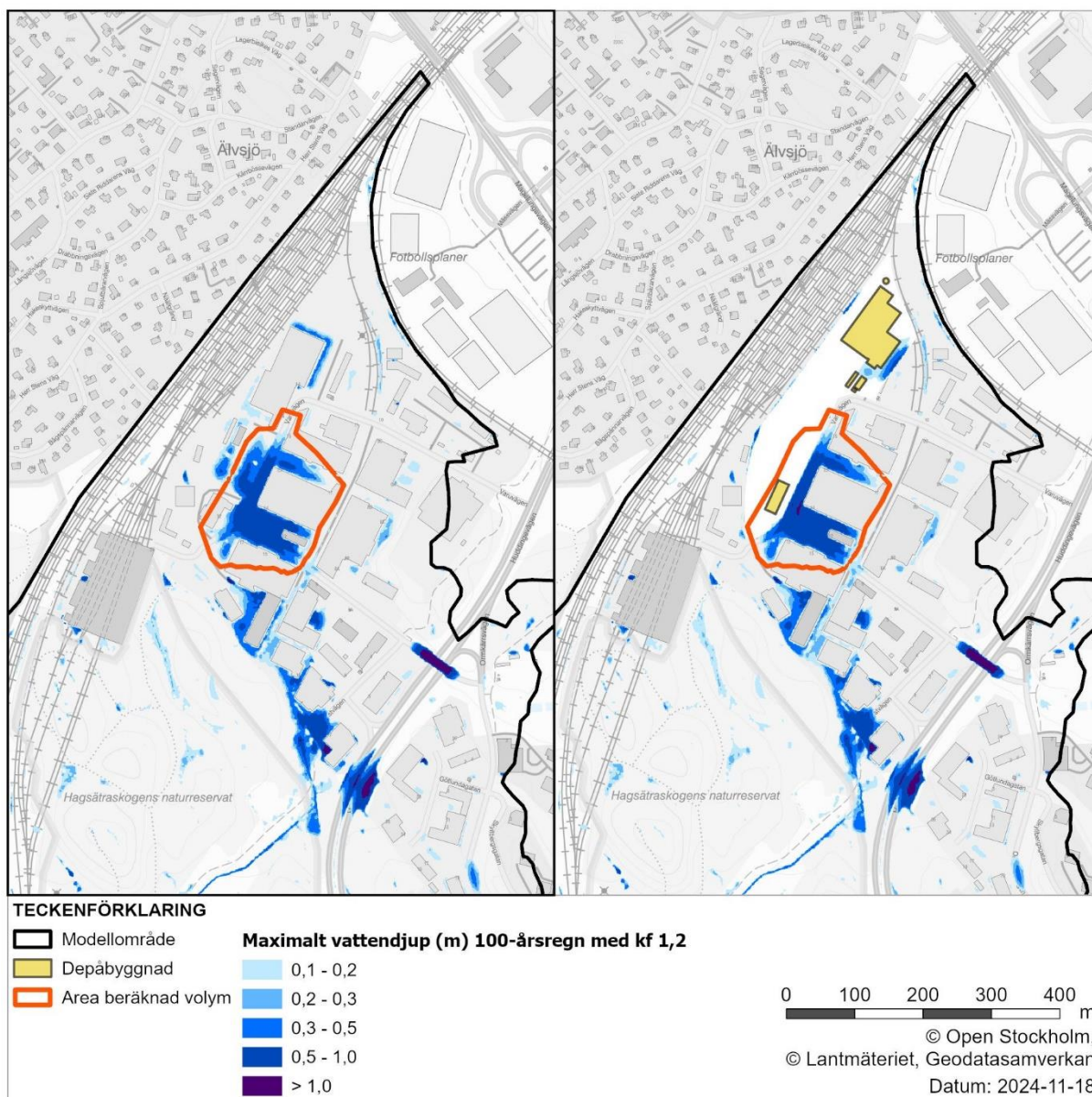
SCENARIO	BEFINTLIG MAXIMAL VATTENNIVÅ UTANFÖR DEPÅN (+M, RH2000)	FRAMTIDA MAXIMAL VATTENNIVÅ UTANFÖR DEPÅN (+M, RH2000)	FÖRHÖJT VATTENDJUP FRAMTID (CM)
100-årsregn, KF 1,2	25,84	25,91	7
200-årsregn, KF 1,2	26,06	26,14	8
500-årsregn, KF 1,2	26,30	26,36	6

Utanför depån kommer vattennivån att höjas med upp till sju centimeter vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2. Ett ökat vattendjup i lågpunkten utanför depån beror på att marken inom depån höjs. Framtida höjdsättning av depån innebär att utbredningen av den befintliga sammanhängande lågpunkten minskar och mindre vatten får chans att breda ut sig inom depån jämfört med befintligt scenario. Försämringen (skillnad i maximalt vattendjup) visas i Figur 16. Det är fyra byggnader som påverkas av försämringen (nr 1–4) varav samtliga även översvämmas i nuläget. Väster om depån har den nya höjdsättningen orsakat en vattenansamling vid en befintlig byggnad (nr 5) med cirka 0,4 meter. Vidare information om de fem byggnaderna redovisas i kapitel 4.6.



Figur 16. Karta med skillnader i maximalt vattendjup mellan befintlig och framtida situation vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2. Depån är planförslaget ovan mark, se Figur 1 för hela planförslaget.

Volymen i den sammanhängande vattenansamlingen utanför depån i det befintliga scenariot uppgår till strax över 6700 kubikmeter vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2. I det framtida scenariot uppgår vattenvolymen i lågpunkten till strax under 6300 kubikmeter för samma regn. Ökningen på sju centimeter motsvarar en volym om cirka 450 kubikmeter. En figur över det analyserade området visas i Figur 17.

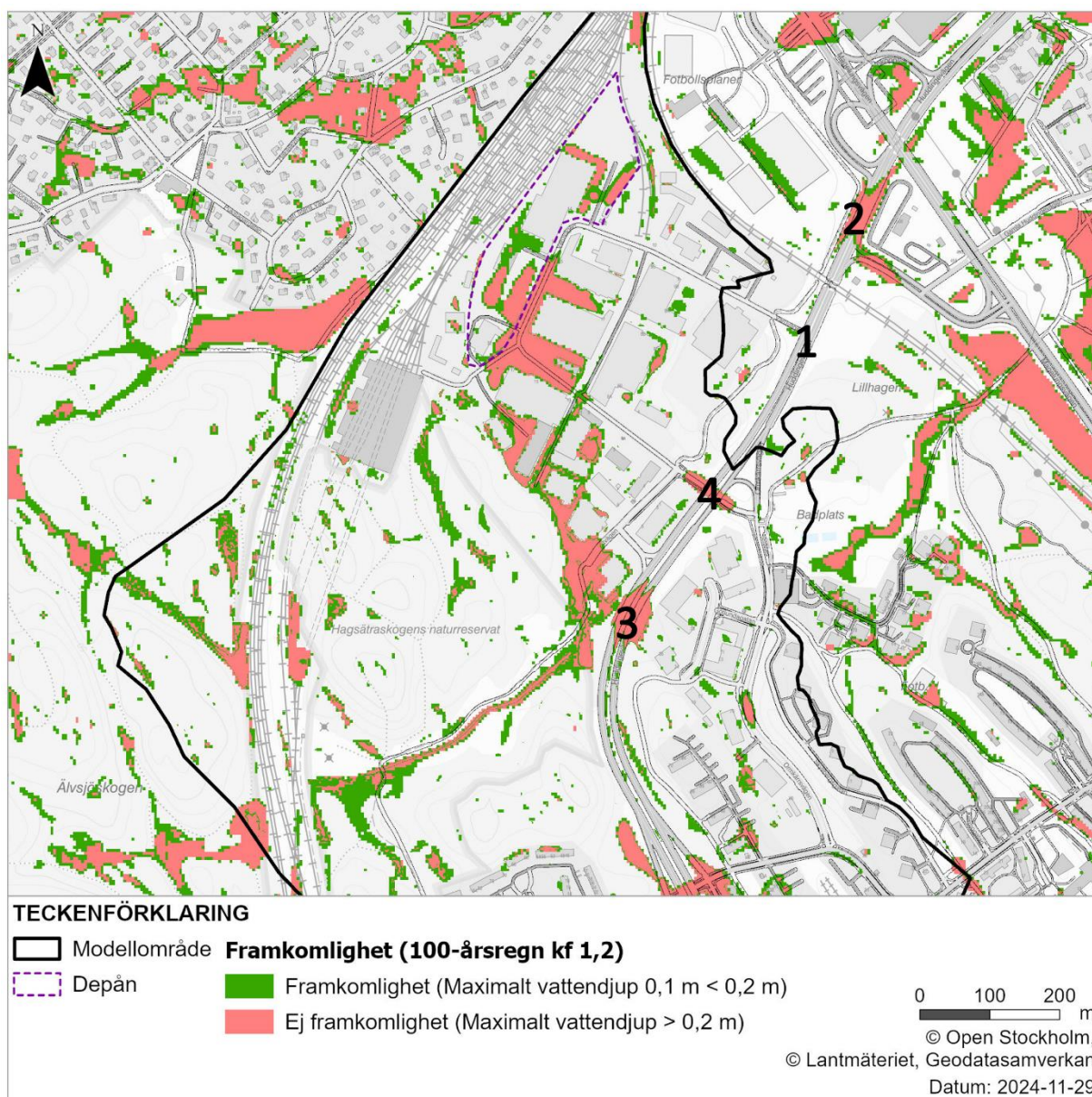


Figur 17. Ytorna för jämförelseanalysen av vattenvolymer i den instängda lågpunkten. Kartan till vänster visar resultatet från befintligt scenario och kartan till höger visar resultat från framtida scenario med ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2.

4.5 Framkomlighet

Enligt (Stockholms stad, 2024) får vattendjup uppgå till maximalt 20 centimeter för att en väg ska vara framkomlig. Norra delen av Varuvägen är fri från vattenansamlingar och körbar under båda scenarierna, befintlig och framtida situation, vid samtliga regn (100-, 200- och 500-årsregn), se nummer 1 i Figur 18. Infarten till depån är belägen i norra delen, se Figur 18, vilket gör det möjligt att ta sig in till depån vid samtliga scenarion och regn. Dock är framkomligheten till hela Älvsjö industriområde via Huddingevägen begränsad under alla regnscenarier, både i befintlig och framtida situation. Figur 18 visar översvämningsutbredningen för ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 i befintlig situation inom modellområdet samt resultat från Stockholms stads skyfallsmodell 2018 (100-årsregn med klimatfaktor 1,25) (WSP, 2018) eftersom modellområdet inte täcker Huddingevägen i norr. Enligt Stockholms stads skyfallsmodell 2018 uppgår vattendjupet på Huddingevägen till minst 0,3 meter, se nummer 2 i Figur 18. På Huddingevägen från söder uppstår vattenansamlingar med vattendjup på minst en meter, se nummer 3 i Figur 18.

Detta gör att Huddingevägen inte är körbar för vare sig personbilar eller räddningsfordon. Under större delen av skyfallet är tillgängligheten till depån via Konsumentvägen begränsad, se nummer 4 i Figur 18. Det maximala vattendjupet uppstår vid korsningen av Varuvägen/Konsumentvägen och överstiger en meter i samtliga scenarier både i befintlig och framtida situation.



Figur 18. Maximalt översvämningsdjup vid ett 100-årsregn. Resultat från framtidsscenario 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 samt resultat från Stockholm stads skyfallskartering 2018 (WSP, 2018) utanför modellområdet för att visualisera framkomligheten på Huddingevägen.

4.5.1 Varaktighet

Utbredningen av vattenansamlingen i den stora lågpunkten vid Varuvägen/Konsumentvägen skiljer sig åt mellan befintligt och framtida scenario, se Figur 17. I det befintliga scenariot har vattnet större area att breda ut sig på jämfört med efter att depån har byggts. Det resulterar i att vattenansamlingens volym är större i det befintliga scenariot jämfört med det framtida scenario, se Tabell 2.

För att beräkna hur snabbt vattnet rinner undan har antal brunnar i lågpunkten multiplicerats med bedömd kapacitet. Vid stora vattenmängder anses en rännstensbrunn kunna avleda 50 liter per sekund (Svenskt Vatten Utveckling, 2017), vilket motsvarar 0,05 kubikmeter per sekund. I

vattenansamlingen i den stora lågpunkten finns åtta rännstensbrunnar vars totala avledningsförmåga uppgår till 0,4 kubikmeter per sekund.

För att vägen ska vara framkomlig för räddningstjänsten får vattendjupet vara maximalt 20 centimeter (Stockholms stad, 2024). Det är Konsumentvägen som blir körbar snabbast och därmed undersöks nivån på denna väg.

Tabell 2 redovisar volymer i vattenansamlingen efter skyfall samt vattenvolymen som är kvar när Konsumentvägen blir körbar. Volymerna redovisas för befintligt och framtida scenario för 100-årsregn med klimatfaktor 1,2. För befintligt scenario uppgår volymen till strax över 6700 kubikmeter och strax under 6300 i framtida scenario. Se Figur 17 området för volymberäkningarna.

I befintligt scenario behöver 5300 kubikmeter vatten ledas bort vilket är skillnaden mellan volym i lågpunkten (Volym lågpunkt efter skyfall) och volymen i lågpunkten när vägen blir körbar igen (Volym lågpunkt tillgänglighet), se Tabell 2. I framtida scenariot är motsvarande volym 5100 kubikmeter. Att volymen är mindre i det framtida scenariot beror på den fördröjning i ballasten som nu sker inom depån, se kapitel 4.4.

Med en avledning i dagvattennätet om 0,4 kubikmeter per sekund tar det 220 minuter innan Konsumentvägen blir körbar i befintligt scenario. För framtida scenario uppgår tiden till 213 minuter innan Konsumentvägen blir körbar, vilket är en minskning med sju minuter.

Tabell 2. Vattenvolym i lågpunkten efter ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 samt hur stor vattenvolym som är kvar när Konsumentvägen åter blir körbar för räddningstjänsten.

SCENARIO	VOLYM LÅGPUNKT EFTER SKYFALL BEFINTLIGT SCENARIO (M3)	VOLYM LÅGPUNKT TILLGÄNGLIGHET BEFINTLIGT SCENARIO (M3)	VOLYM LÅGPUNKT EFTER SKYFALL FRAMTIDA SCENARIO (M3)	VOLYM LÅGPUNKT TILLGÄNGLIGHET FRAMTIDA SCENARIO (M3)
100- årsregn, KF 1,2	6700	1 400	6300	1200

4.6 Påverkansanalys

Inmätningar har utförts av höjder för samtliga öppningar där vatten kan ta sig in i en byggnad såsom fönsterkarmar, ventilationsluckor, dörrar, portar, lastbryggor med mera. Inmätningarna utfördes på byggnaderna 1–4 vars översvämningsnivåer förvärras vid utbyggd depå, se Figur 16.

Följande mätning har utförts:

- Inmätningar höjd (totalstation), 2024-09-18 – 2024-09-20

De inmätta höjderna har därefter jämförts med höjden på den maximala vattennivån vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 för befintlig och framtida situation. Analysen visade att inga ytterligare öppningar i förhållande till dagens situation översvämmas i den framtida situationen. Således bedöms den ökade vattennivå i lågpunkten utanför depån vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 resultera i liknande konsekvenser som för dagens situation. Därmed blir det endast en ökad vattennivå för byggnad 1–4 men inga ytterligare byggnader översvämmas på grund

av att depån byggs. I dagens detaljplan utgörs markanvändningen där byggnaderna ligger av industriverksamhet.

Det är endast byggnad 2 och 3 där ingångar får ökade vattennivåer till följd av depån. För byggnad 2 är det följande ingångar som påverkas:

- Flertalet ingångar vars nivå ökar med sju centimeter från 0,10–0,13 meter till 0,17–0,2 meter.
- En ingång vars nivå ökar från 0,39 meter till 0,46 meter.

För byggnad 3 är det följande ingångar som påverkas:

- En källaringång vars nivå ökar från 1,99 meter till 2,05 meter.
- En ventilationslucka vars nivå ökar från 0,38 meter till 0,45 meter.
- Ett sophus vars nivå ökar från 0,28 meter till 0,35 meter.

Byggnaden till vänster om depån (byggnad 5 i Figur 16) var ej tillgänglig för inmätning. Vattenansamlingarna runt byggnaden anses kunna förhindras med en modifierad höjdsättning. Detta kommer ske i den fortsatta detaljprojekteringen.

4.7 Förslag till skyddsåtgärd

Den ökade volymen i vattenansamlingen utanför depån redovisas i kapitel 4.4. Den ökade nivån om sju centimeter motsvarar närmare 450 kubikmeter. Åtgärder för att fördröja vatten innan det når lågpunkten och därmed inte orsaka ökade vattennivåer har utretts. Utredningen visar att det är tekniskt möjligt att anlägga en damm för att fördröja 550–600 kubikmeter uppströms vattenansamlingen i lågpunkten vid Varuvägen och Konsumentvägen.

Depåns tillfälliga markanspråk sträcker sig söder om Varuvägen där vändspåret kommer byggas. Förbi denna plats finns en naturlig rinnväg från Hagsätraskogen vars totala flödesvolym under ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 uppgår till omkring 1000 kubikmeter. Under byggtiden kommer området att schaktas upp medan tunneln anläggs. Efter att tunneln är byggd återfylls marken ovanför tunneln och i samband med det kan fördröjningsytan anläggas. Utredningen omfattar två möjliga lösningar på samma plats men med olika djup och storlek. Dessa kommer utredas vidare under detaljprojekteringen.

5 Diskussion

Området där depån planeras att byggas är ett instängt område som översvämmas vid ett skyfall redan i befintlig situation. I dagsläget ställer sig cirka en meter vatten i lågpunkten vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2. Med den projekterade höjdsättningen skyddas depån från översvämning vid samma regn i den framtida situationen. Dock leder den framtida depån till en ökning av den maximala vattennivån med omkring sju centimeter för omkringliggande områden.

Den analys som utförts för omkringliggande bebyggelse visar att konsekvenserna av översvämningssituationen inte förvärras för någon byggnad när översvämningssnivån ökar med sju centimeter. De ingångar som översvämmas i befintlig situation översvämmas även i framtida situation. Däremot är det inte kartlagt om de extra sju centimeter orsakar ytterligare skada inne i byggnaderna. I dagens detaljplan utgörs markanvändningen där byggnaderna ligger av industriverksamhet.

För att inte öka översvämningssnivån vid ett 100-årsregn behöver minst 450 kubikmeter fördröjas eller magasineras uppströms eller inom depån. Inom depån finns ingen plats att magasinera 450 kubikmeter. En möjlig skyddsåtgärd är att fördröja vatten uppströms utanför depån, innan det når den instängda lågpunkten. Från Hagsätraskogen uppstår en naturlig rinnväg som går genom området där vändspåret kommer att byggas. Analyser över området visar att det är tekniskt möjligt att anlägga en damm för att fördröja 550–600 kubikmeter vatten under ett skyfall. Detta kommer leda till att vattnet som orsakar det ökade vattendjupet ansamlas och fördröjs i dammen innan det rinner ner i lågpunkten vid Varuvägen/Konsumentvägen. Utformning av skyddsåtgärden kommer att arbetas vidare med under detaljprojekteringen.

Tillgängligheten till depån är möjligt i både befintlig och framtida situation för samtliga regn via norra delen av Varuvägen. Däremot är Konsumentvägen och södra delen av Varuvägen oframkomlig för fordon. Beräkningar har utförts för att utreda när Konsumentvägen blir körbar. De visar att i befintligt scenario tar det 220 minuter innan vägen blir körbar jämfört med 213 minuter i framtida scenario, vilket är en förbättring med sju minuter.

Översvämningssituationen till följd av skyfall är ett stort befintligt problem för hela Älvsjö industriområde eftersom det är en instängd lågpunkt. En gemensam lösning för hela området är därför fördelaktig när översvämningssituationer ska tas fram. Det är även av stor vikt att dagvattennätet kan leda bort ett 10-årsregn utan att orsaka marköversvämning vilket är SVOA:s ansvar som VA-huvudman. I dagsläget är dagvattennätet underdimensionerat vilket är i behov av att åtgärdas. Även regelbundet underhåll, såsom rensning av brunnar är av stor vikt för att bibehålla kapaciteten och inte leda till högre översvämningssnivåer än de beräknade nivåerna i modellen.

Känslighetsanalysen som har utförts visar att majoriteten av den framtida depån inte översvämmas vid ett 200-årsregn, men att vattenansamlingar uppstår i östra, södra och norra delen med vattendjup upp till 0,3 meter. Vid ett 500-årsregn översvämmas hela området och vatten kommer att rinna ner i tråget. Det är dock värt att nämna att översvämningssnivån kan öka om exempelvis dagvattenbrunnar sätter igen under skyfallet. Detta kan resultera i att även ett 200-årsregn orsakar översvämning inom depån och i värsta fall att vatten rinner ner i tråget och vidare ner i tunneln. Det rekommenderas att hitta en lösning under extremare skyfall eftersom tunnelbanan klassas som en samhällsviktig verksamhet, som enligt Länsstyrelsen bör säkras upp för att kunna upprätthållas vid större skyfall. En lösning kan vara något slags översvämningsskydd ner till tråget, men en sådan lösning hanteras inte inom ramen av detta arbete. Detta bör utredas i detaljprojekteringsskedet.

Underhåll- och verkstadsbyggnaden inom depån har ingångar där vatten ansamlas under ett 100-årsregn. Ytterligare en byggnad (verkstadsbyggnad) påverkas av vattenansamling vid ingången under ett 200- och 500-årsregn. Ingångarnas tröskelnivåer är inte satta men det rekommenderas att ta följande utredning i beaktning i det fortsatta arbetet med detaljprojekteringen.

Brandgasschaktet söder om depån riskerar inte att översvämmas till följd av ett skyfall. Det gäller samtliga regn; 100-, 200- och 500-årsregnet. Placeringen av brandgasschaktet är +33 meter (RH2000) vilket är över sex meter högre än nivån av den högsta vattennivån som uppstår vid ett 500-årsregn.

Känslighetsanalysen med ett 200-årsregn med klimatfaktor 1,2 visar att depån inte översvämmas. I och med detta är anläggningen även säkrad för ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,4 då dessa två regn är i samma storleksordning. Ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,4 med SMHI:s statistik uppgår till 91,3 millimeter och ett 200-årsregn med klimatfaktor 1,2 med SMHI:s statistik uppgår till 91,2 millimeter.

6 Slutsatser

Skyfallsutredningen för depån konkluderar följande:

- Området är beläget i en instängd lågpunkt.
- Vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 uppstår stora problem med översvämning vare sig depån byggs eller inte.
- Den projekterade höjdsättningen av depån förhindrar att vatten rinner in till depån längsmed Varuvägen vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2.
- Flöden i depåns norra del resulterar i följande vattenansamlingar vid byggnader inom depån vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 (Figur 11):
 - Vattendjup på 0,1 meter uppstår längs östra sidan av uppställning- och verkstadsbyggnad (a). Ingång påverkas.
 - Vattendjup på 0,1 meter uppstår längs norra sidan av teknikbyggnad (b).
- Det behöver säkerställas att byggnaderna inom depån klarar av stående vatten och att de ingångar som påverkas höjdsätts över översvämningssnivån.
- Fem byggnader utanför depån får förhöjda översvämningssnivåer med maximalt sju centimeter vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 (Figur 16) i samband med byggnation av depån:
 - Byggnader 1–4. Påverkansanalys har utförts som visar att inga ytterligare ingångar och öppningar påverkas till följd av den förhöjda vattennivån.
 - Byggnad 5. Terrängen kring byggnaden och längs med depåns sydvästra gräns behöver justeras så att vatten inte blir stående längs byggnaden utan rinner vidare söderut mot Varuvägen som i befintlig situation.
- Känslighetsanalysen för ett 200-årsregn med klimatfaktor 1,2 visar att:
 - Vatten tar sig in i östra delen av depån längs med delar av Varuvägen, men att vattenansamlingar uppstår på mindre ytor och inget vatten tar sig ner till tråget.
 - Vid byggnaderna i norra delen av depån ansamlas strax under 0,3 meter vatten varpå två dörrar påverkas av vattenansamlingen.
 - Förhöjningen av översvämningssnivån utanför depån för framtida situation uppgår till åtta centimeter jämfört med befintlig situation.
- Känslighetsanalysen för ett 500-årsregn med klimatfaktor 1,2 visar att:
 - All yta mellan tråget och verkstadsbyggnaden översvämmas med vattendjup mellan 0,1–0,6 meter.
 - Vatten rinner ner i tråget.
 - Ballasten är nu helt vattenfylld och vatten blir stående i ballasten.
 - Samtliga byggnader har mellan 0,1 – 0,5 meter stående vatten varpå tre dörrar påverkas av vattenansamlingen.
 - Norra delen av verkstadsbyggnaden översvämmas ej.
 - Förhöjningen av översvämningssnivån utanför depån för framtida situation uppgår till sex centimeter jämfört med befintlig situation.

Framkomlighetsanalysen visar att:

- Ingången i nordöstra delen av depån är framkomlig via norra delen av Varuvägen både i befintligt och framtida scenario för samtliga regn.
- Inom själva depån varierar framkomligheten beroende på scenario.
- Framkomligheten via Konsumentvägen vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 är begränsad. Vägen blir körbar efter 220 minuter i befintligt scenario jämfört med 213 minuter i framtida scenario.

- Framkomligheten på Huddingevägen är begränsad både från norr och söder i befintligt och framtida scenario för samtliga regn:
 - Under ett 100-årsregn ansamlas 0,3 meter i norra delen av Huddingevägen.
 - Under ett 100-årsregn ansamlas över en meter i södra delen av Huddingevägen.

Utredning skyddsåtgärder visar att:

- Det är tekniskt möjligt att anlägga en damm som fördröjer 550–600 kubikmeter vatten. Detta medför att vattennivån i vattenansamlingen längs Varuvägen/Konsumentvägen inte kommer öka efter att depån byggts.

7 Vidare rekommendationer

Följande skyddsåtgärder och försiktighetsmått rekommenderas att inkludera i det fortsatta arbetet med skyfallssäkring av depån för att klara Förvaltning för utbyggd tunnelbanas krav på anläggningen:

- Säkerställ att byggnader inom depån klarar av stående vatten alternativt höja till en översvämningssäker nivå.
- Säkerställ att tröskelnivåer på ingångarna ligger över översvämningssnivåerna som bildas i anslutning till ingångarna.
- Säkerställ att det finns ett ogenomsläppligt material mellan ballasten och tråget under markytan. Detta för att inte vatten ska kunna leta sig ner i tråget via ballasten under marken då den är väldigt genomsläpplig.
- Det är viktigt att utformningen av underbyggnaden för spåren på bangården fram till tunnelmynningen görs med utgångspunkt att maximal bortledning av regn sker till omkringliggande ballast.
- Säkerställ att det vatten som blir stående i ballasten inte minskar hållfastheten.
- Säkerställ att muren runt tråget är ogenomsläppligt, för att förhindra vatten från att rinna in via trågets sidor vid ett skyfall.
- Tunnelbanan klassas som en samhällsviktig verksamhet och bör enligt Länsstyrelsen säkras för ett större skyfall. Känslighetsanalysen visar att vid ett 500-årsregn översvämmas hela området och vatten kommer att rinna ner i tråget. En lösning kan vara något slags översvämningsskydd ner till tråget.

Referenser

- Förvaltning för utbyggd tunnelbana. (2023). *Projekt Älvsjö Kravlista 2023-001*.
Dokumentnummer 1351-P11-48-00064_001.
- Länstyrelserna. (2018). Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall - stöd i fysisk planering. Stockholms län, Västra Götalands län.
- MSB. (2017). *Vägledning för skyfall - Tips för genomförande och exempel på användning*. Karlstad: MSB.
- MSB. (2023). *Metod för skyfallskartering av tätorter*.
- SMHI. (2015). *Framtidsklimat i Stockholms län - enligt RCP-scenarier, klimatologi nr 21*. . SMHI.
- SMHI. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat, Klimatologi Nr 47*. SMHI.
- Stockholms stad. (2024). *Handläggarestöd - Skyfallshantering i plan- och exploateringsprocessen samt vid ombyggnation*. Stockholms stad.
- Svenskt Vatten Utveckling. (2017). *Beredskapsplanering för skyfall*.
- Trafikkontoret, Stockholms Stad. (2024). *Skyfallskartering Stockholms stads (ARBETSMATERIAL 2024-03-07)*. Stockholm.
- WSP. (2018). *Skyfallsmodellering Stockholm Stad*.

