

Ladugården 1 & 2 - Skyfallsanalys

Danderyd kommun



Ändringsförteckning

Ver	Datum	Ändringsbeskrivning	Granskad	Godkänd av
0.1	2025-02-21	Preliminärhandling	Johanna Alexson Ahlberg	Persia Takhtaie
1	2025-03-25	Samrådsversion	Persia Takhtaie	Persia Takhtaie

Sweco Sverige AB	RegNo 556767-9849
Uppdrag	Dagvatten- _och_skyfallsutredning_Ladugården_ 1_och_2
Uppdragsnummer	30080502
Kund	Danderyd kommun
Upprättad av	Angeliki Kapoutsi
Datum	2025-03-25
Ver	1
Dokumentreferens	20250325 PM skyfall_samrådsversion

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Scenarier	6
1.4	Riktlinjer och rekommendationer	10
1.4.1	Länsstyrelsen rekommendationer	10
1.4.2	Handläggarsöd skyfallshantering	10
1.4.3	Underlag	12
2	Metodik	13
2.1	Befintlig höjdmodell	13
2.2	Framtida höjdmodell	13
2.3	Skyfallsmodell	13
2.3.1	Modellområde och randvillkor	13
2.3.2	Markens råhet	15
2.3.3	Regn	15
2.3.4	Infiltration	16
2.4	Tolkning av modellresultat	18
2.4.1	Maximalt vattendjup	18
2.4.2	Maximalt flöde	18
3	Resultat och diskussion	19
3.1	Regnavdrag 10 år	20
3.1.1	Befintlig situation	20
3.1.2	Framtida situation	22
3.1.3	Framtida situation med åtgärder 1	26
3.1.4	Framtida situation med åtgärder 2	30
3.1.5	Framtida situation med åtgärder 3	34
3.1.6	Framkomlighet	38
3.2	Regnavdrag 5 år	39
4	Slutsatser	41
5	Referenser	43
	Bilaga	44

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Skyfall, eller kraftiga regn som överstiger normala nivåer, utgör en betydande utmaning för städer och samhällen. Dessa extrema väderhändelser kan resultera i översvämningar som orsakar skador på infrastruktur, störningar i transporterna och hot mot människors säkerhet. I takt med att klimatzförändringarna påverkar vädermönstren förväntas både frekvensen och intensiteten av skyfall att öka, vilket ytterligare understryker behovet av effektiva hanteringsstrategier. Att förstå och modellera skyfall är därmed avgörande för att utveckla hållbara lösningar och skydda såväl bebyggda miljöer som naturliga ekosystem. Genom att analysera översvämningssrisker och, vid behov, implementera anpassningsåtgärder kan städer minimera skador och förbättra livskvaliteten för sina invånare.

En skyfallsmodell är en teknisk konstruktion som används för att simulera och analysera effekterna av kraftiga regn eller skyfall på en specifik geografisk yta. Denna modell beaktar olika faktorer såsom nederbördens intensitet, markens egenskaper, topografi samt befintlig infrastruktur, för att förutsäga ytavrinningsmönster och potentiella översvämningssrisker.

Målet med en skyfallsmodell är att:

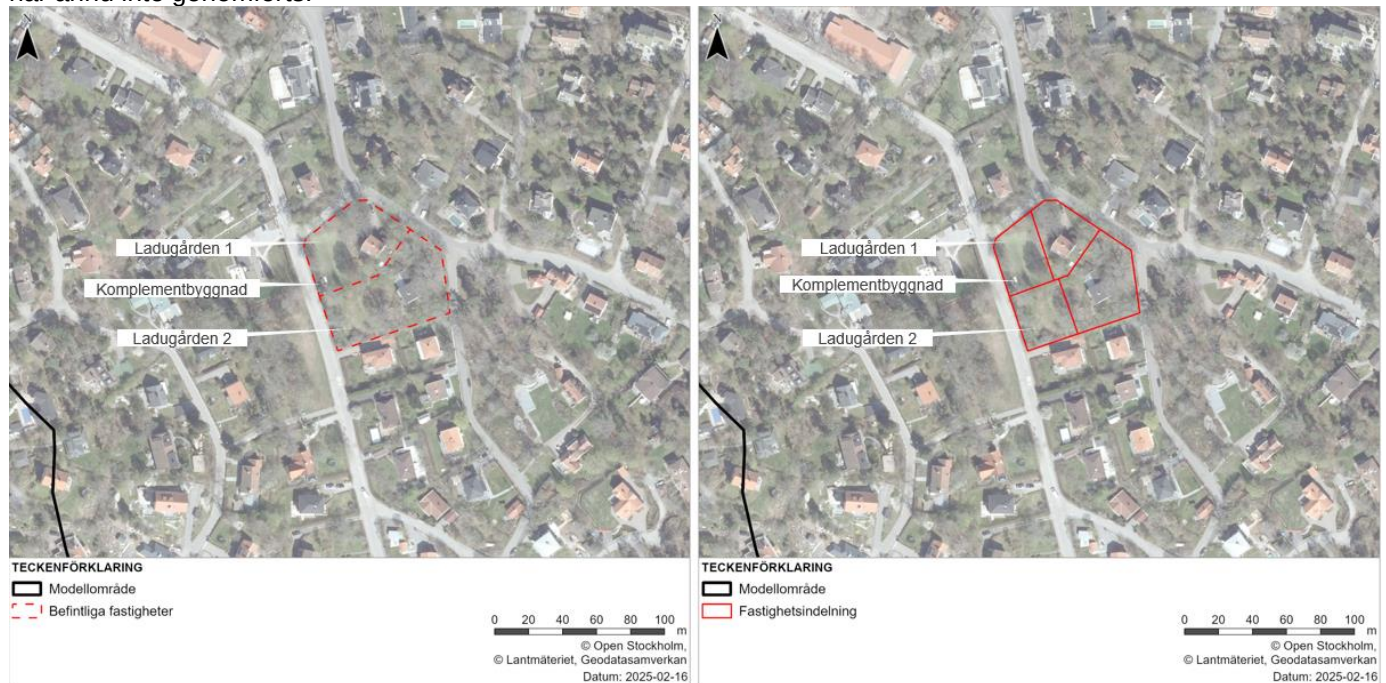
- Identifiera riskområden: Genom att kartlägga var översvämningar kan inträffa, kan riskerna för både människor och egendom bedömas.
- Stödja planering och beslutsfattande: Resultatet från skyfallsmodellen erbjuder värdefull information för stadsplanering och utveckling av infrastruktur, vilket bidrar till att skapa en mer motståndskraftig stadsutveckling.
- Utvärdera åtgärder: Skyfallsmodellen kan användas för att analysera olika scenarier och åtgärder vid behov. Detta kan inkludera förbättringar av dräneringssystem eller justeringar av markanvändning, samt att bedöma deras potentiella effekter på översvämningssrisker.
- Öka medvetenheten: Genom att dela resultaten från skyfallsmodellen kan intressenter och allmänheten få en djupare förståelse för översvämningssrisker i sina områden och vikten av förebyggande åtgärder.

Planområdet är belägen i östra delen av Stocksund och utgörs av fastigheterna Ladugården 1 och 2 som omfattar 2138 kvm och 2899 kvm, vilket ger en sammanlagd yta om 5 037 kvm. Fastigheterna ska delas upp i vardera ytterligare i en villafastighet om ca 1000 kvm, se Figur 1-1.

För närvarande finns det en villa på Ladugården 1 och en villa på Ladugården 2. Marknivå varierar inom dessa fastigheter, med en högre marknivå i öster där villorna är belägna. En brant lutning leder ner till de västra delarna av fastigheterna, som består av en plan gräsmatta med träd och buskar mot gatan. En tennisbana finns på Ladugården 1, samt en mindre komplementbyggnad i fastighetens sydvästra hörn, se Figur 1-1. I den framtida analysen har det antagits att denna byggnad kommer att finnas kvar efter fastighetsindelningen och har därför inkluderats i skyfallsanalysen.

Planområdet är beläget intill en betydande lågpunkt, och de områden som föreslås för avstyckning löper risk för översvämning. Danderyd kommun måste

säkerställa att framtida bebyggelse placeras på ett säkert och hållbart sätt. Planprocessen befinner sig för närvarande i ett tidigt skede, och plansamråd har ännu inte genomförts.



Figur 1-1. Befintliga fastigheter (väster) och framtida fastighetsindelningen (höger).

I rapporten används koordinatsystem SWEREF99 18 00 och höjdsystem RH2000.

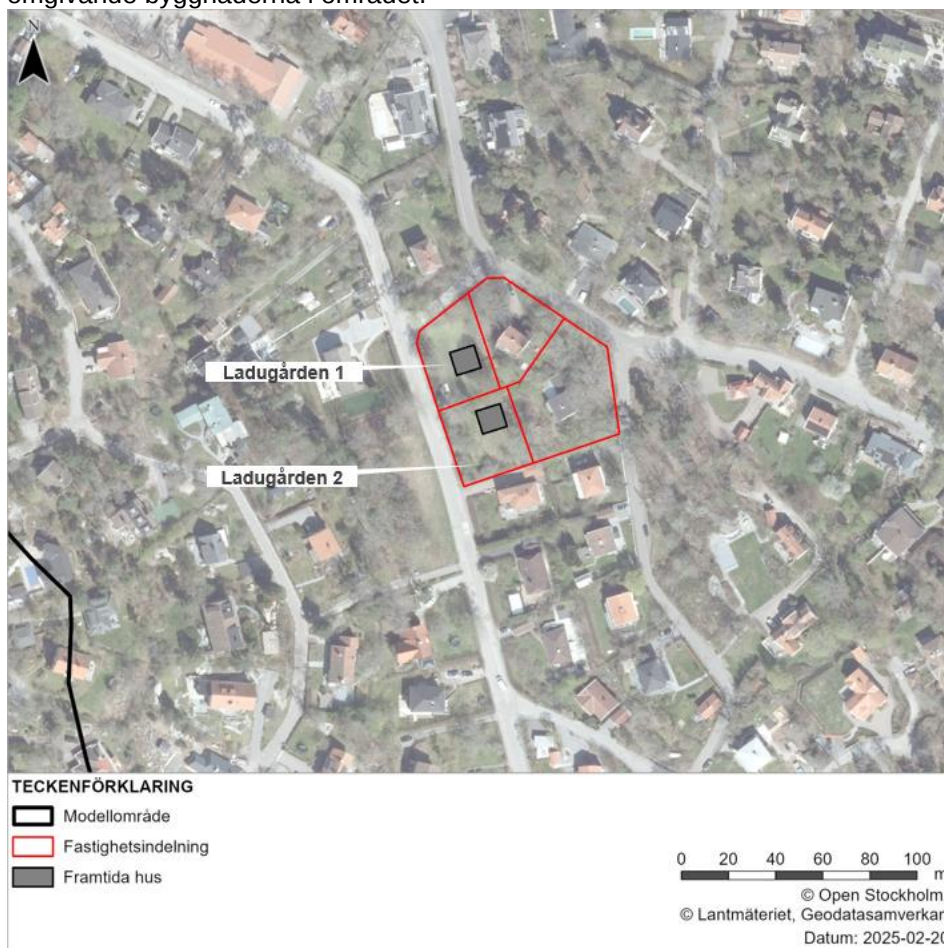
1.2 Syfte och mål

Sweco har, på uppdrag av Danderyd kommun, genomfört en detaljerad skyfallsutredning för fastigheterna Ladugården 1 och 2. Detta uppdrag inkluderar framtagande av en detaljerad hydraulisk ytavrinningsmodell (2D) för att analysera översvämningsrisker för både befintlig och framtida situation. Genom att använda en hydraulisk ytavrinningsmodell (2D) avser Sweco att skapa en förståelse för vattendjup och flöden inom och nedströms planområdet. Dessutom kommer modellen att möjliggöra en jämförelse mellan befintligt och framtida scenario. Resultaten kommer att användas för att besluta om implementering av åtgärder för att hantera översvämningsrisken till följd av skyfall.

1.3 Scenarier

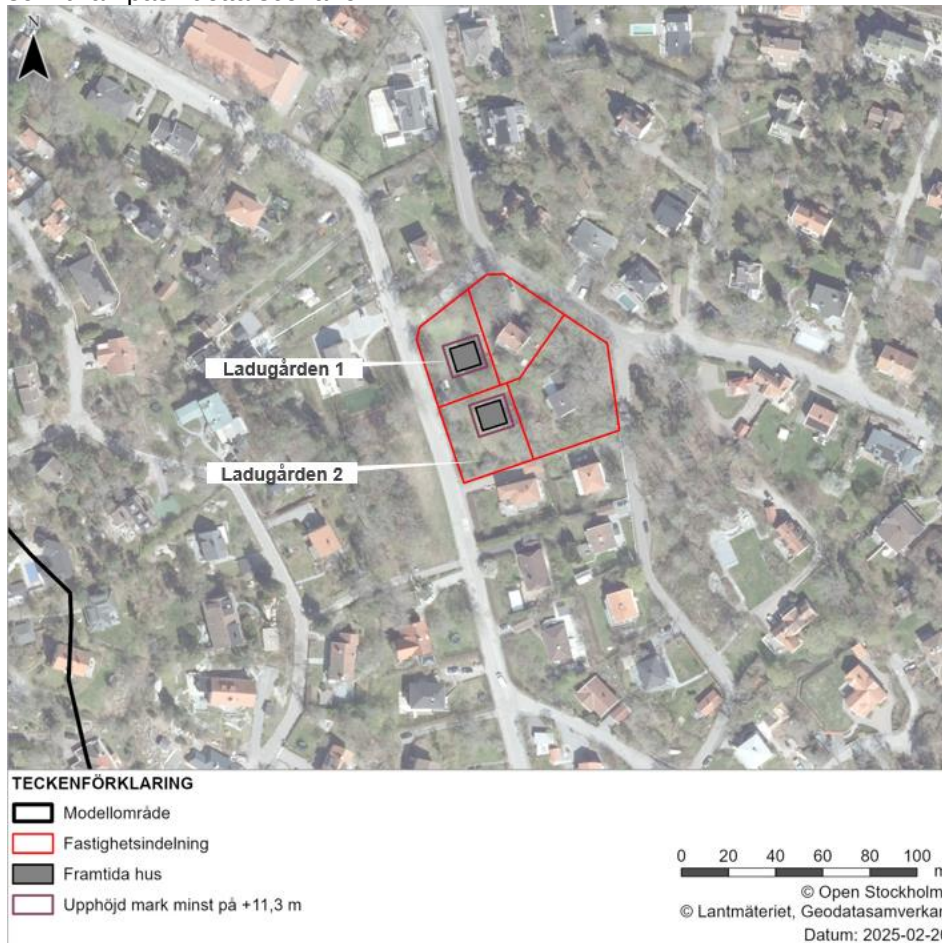
Följande scenarion har simulerats med skyfallsmodellen:

- 1) Befintlig situation
- 2) Framtida situation: I detta scenario har en föreslagen byggnad lagts till i Ladugården 1 samt en föreslagen byggnad i Ladugården 2. Byggnaderna är placerade fyra meter från fastigheternas gränser, i enlighet med tidigare *Plan- och bygglag (1987:10) 8 kap. 4 §*, se Figur 1-2, för att det brukar krävas grannmedgivande för att bygga närmare samt att byggnaderna placerades i ett område där vattenansamling inte förekommer i befintlig situation. Storleken på byggnaderna är 109 m², vilket är liknande med de omgivande byggnaderna i området.



Figur 1-2. Framtid situation med en byggnad i Ladugården 1 och en byggnad i Ladugården 2.

- 3) Framtida situation åtgärd 1: Baserat på resultaten från scenariot som beskriver den framtida situationen har det föreslagits att marken runt byggnaderna ska höjas till minst +11,3 m vilket är 0,5 m högre än översvämningsnivån som ligger på +10,8 m. Figur 1-3 visar de åtgärder som tillämpas i detta scenario.

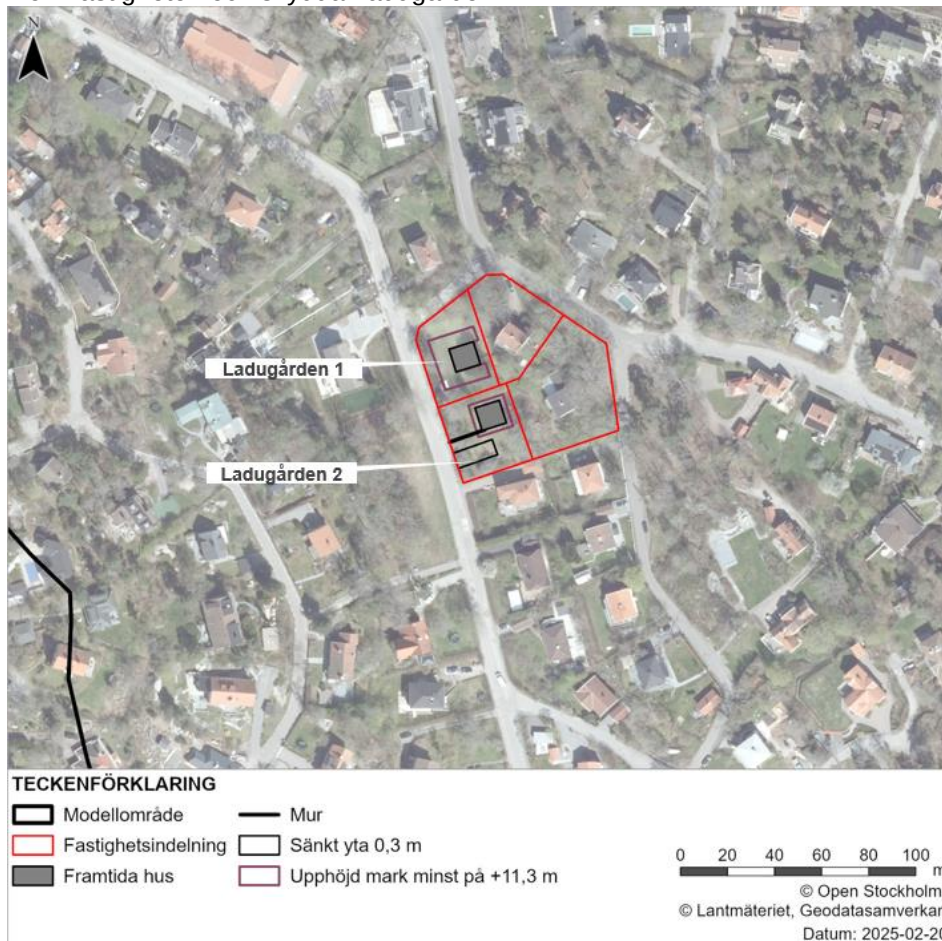


Figur 1-3. Framtid situation åtgärd 1.

-
- TECKENFÖRKLARING**
- | | | | |
|--|---------------------|--|-------------------------------|
| | Modellområde | | Mur |
| | Fastighetsindelning | | Sänkt yta 0,3 m |
| | Framtida hus | | Upphöjd mark minst på +11,3 m |
- 0 20 40 60 80 100 m
- © Open Stockholm,
© Lantmäteriet, Geodatasamverkan
Datum: 2025-02-20

Sweco | Ladugården 1 & 2 - Skyfallsanalys Danderyd kommun
Uppdragsnummer 30080502
Datum 2025-03-25 Ver 1
Dokumentreferens 20250325 PM skyfall samrådsversion.docx

- 5) Framtida situation åtgärd 3: I framtida situation, åtgärd 3, har en större del av marken runt det framtida huset i Ladugården 1 höjts upp till +11,3 m, medan en del av marken har sänkts med 0,3 m sydväst om det framtida huset i Ladugården 2, se Figur 1-5. Målet med den större upphöjda ytan är att skydda huset så mycket som möjligt samt att undersöka huruvida upphöjningen påverkar översvämningssituationen i omgivningen och nedströms. En mur har också adderats för att reglera vattnets avrinning inom fastigheten och skydda Ladugården 1.



Figur 1-5. Framtida situation åtgärd 3.

Tabell 1-1 visar en sammanfattning av alla åtgärder i varje scenario.

Tabell 1-1. Sammanfattning av alla scenarier.

Scenario	Befintliga höjder	Framtida antagande byggnader Ladugården 1 och 2	Upphöjd yta runt om byggnader minst på +11,3 m	Sänkt ytor med 0,3 m inom fastigheterna	Mur inom Ladugården 2
Befintlig situation	x				
Framtida situation	x	x			
Framtida situation åtgärd 1	x	x	x		
Framtida situation åtgärd 2	x	x	x	x	x
Framtida situation åtgärd 3	x	x	En större upphöjd yta runt det framtida huset i Ladugården 1	Sänkt yta söderväst om det framtida huset i Ladugården 2.	x

1.4 Riktlinjer och rekommendationer

1.4.1 Länsstyrelsen rekommendationer

Länsstyrelsen i Stockholms och Västra Götaland har tagit fram rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall och sammanfattas nedan (Länsstyrelsen, 2018):

- Ny bebyggelse planeras så att den varken tar eller orsakar skada (både nedströms och uppströms planområdet) vid ett 100-årsregn. Omkringliggande obebyggda områden kan användas som översvämningsskydd för planerad byggnation.
- Bebyggelse som bedöms som samhällsviktig verksamhet ges en högre säkerhetsnivå.
- Framkomligheten till och från planområdet ska bedömas och vid behov säkerställas. Detta främst för att räddningstjänsten ska kunna nå och utrymma byggnader.
- Skyfall är något som inte kan hanteras i det slutna dagvattenssystemet då detta system inte är dimensionerat för sådana stora mängder vatten. Det är inte heller rimligt att dimensionera det slutna ledningssystemet för dagvatten som VA-huvudmannen tillhandahåller för dessa händelser då de inträffar för sällan för att det ska vara samhällsekonomiskt rimligt. Översvämningens risk till följd av skyfall för ny bebyggelse behöver i stället hanteras på markytan.

1.4.2 Handläggars stöd skyfallshantering

Handläggars stödet har tagits fram i samverkan mellan olika förvaltningar inom Stockholms stad; exploateringskontoret, stadsbyggnadskontoret, trafikkontoret

och miljöförvaltningen. Stödet beskriver bland annat riktlinjer och ansvar för hantering av skyfall i stadsplaneringen (Trafikförvaltningen, 2024). Stödet bör läsas parallellt med Länsstyrelsens rekommendationer (se avsnitt 1.4.1 ovan). Handläggarsstödet konkretiserar Länsstyrelsens rekommendationer och syftar till att underlätta och säkerställa enhetliga bedömningar av skyfallsfrågor vid planering, exploatering och ombyggnation i Stockholms stad. Detta stöd kan ses som ytterligare komplement till Länsstyrelsens rekommendationer för att förslag till skyfallshantering ska bli så säkra som möjlig.

Dokumentet innehåller bland annat övergripande principer för planering och exploatering, se nedan:

För att uppnå en lämplig markanvändning avseende skyfallshantering:

- Undvik exploatering i större lågpunkter.
- Undvik exploatering som innebär att större flödesvägar blockeras.

Vid ökad risk för påverkan på nedströms område:

- Kompensera med skyfallsåtgärd för den volym vatten som den nya exploateringen upptar (både ny byggnad och ny höjdsättning av kvartermark och allmän plats) för att undvika skada på omgivningen.
- Kompensera med skyfallsåtgärd för ökad avrinning om marken hårdgörs vid exploatering på grönyta.

Vid förtätning och komplettering av befintliga strukturer:

- Lokalisera om möjligt tillkommande bebyggelse på nivåer så att översvämningsrisken undviks. Anpassa annars bebyggelsens placering eller utförande så att den nya bebyggelsen klarar översvämnning och så att marken kan anses vara lämplig för ändamålet med hänsyn till översvämnning.
- Eftersträva att minska sårbarheten för översvämnningar i befintliga strukturer genom att genomföra åtgärder för att minska de negativa konsekvenserna vid skyfall.

Vid val av skyfallsåtgärder:

- Välj i första hand ytliga lösningar på allmän platsmark som också utformas och gestaltas så att de bidrar med fler nyttor än enbart skyfallshantering. Undvik om möjligt skyfallshantering under mark och på kvartermark.
- Samplanera åtgärder i exploateringsprojekt med åtgärder i befintlig miljö i de fall det är möjligt.
- Kostnaderna för skyfallsåtgärder får inte bli orimliga i förhållande till den nytta de ger, det gäller både investeringskostnader och kostnader för drift, underhåll och skötsel.

Samtliga rekommendationer från länsstyrelsen konkretiseras i handläggarsstödet. När det gäller framkomlighet på väg förtydligas vilka vattendjup som bedöms vara framkomliga, samt att minst en större väg ska vara framkomlig:

- En väg betraktas som framkomlig om maximalt vattendjup är 20 cm på en kortare sträcka av vägen. En kortare sträcka innebär en sträcka som

räddningstjänsten bedömer kan överblickas. Ambulans-, polis- och ledningsfordon kan enligt räddningstjänsten klara ett djup på max 20 cm, vilket är det djup som ska beaktas. Brandbilar bedöms dock klara 50 cm vattendjup men framkomligheten begränsas av svårigheterna att avgöra det faktiska djupet eller om det finns dolda hinder under ytan.

- Framkomlighet till detaljplanområdet ska säkerställas till minst en större väg som är framkomlig och inte har avsevärt längre körtid.

1.4.3 Underlag

Underlaget som har använts för att skapa den befintliga skyfallsmodellen listas i Tabell 1-2. Den framtida modellen baseras på den befintliga modellen och inkluderar antaganden om framtida bebyggelse.

Tabell 1-2. Det underlag som använts för att skapa befintliga skyfallsmodellen.

Typ av underlag	Källa	Datum
Befintlig höjdmodell	Lantmäteriets Laserskanning (2024-08-20)	2024-12-11
Befintliga byggnader	Lantmäteriets Laserskanning (2024-08-20)	2024-12-11
Markanvändning	Lantmäteriets Laserskanning (2024-01-25)	2024-12-11
Jordarter	SGU (2024-08-13)	2024-12-11
Fastighetsindelning	Beställningsunderlag Ladugården 1–2	2024-09-25
Planbeskrivning	Beställningsunderlag Ladugården 1–2	2024-09-25

2 Metodik

I detta kapitel beskrivs de faktorer som påverkar ytavrinningen inom ett avrinningsområde samt skyfallsmodellens uppbyggnad. Skyfallskarteringen genomförs med en dynamisk skyfallsmodell som beaktar markavrinning. Med det menas att skyfallsmodellen beskriver vattnets väg på markytan, men inte i underjordiska anläggningar såsom ledningar och kulvertar. Hänsyn har tagits till markytans strömningsmotstånd, även kallad ytråhet, som varierar beroende på markanvändning.

Modellen har belastats med ett statistisk 100-årsregn och hänsyn till dagvattennätets avledningskapacitet har gjorts genom avdrag på regnet.

Totalt har fem simuleringar genomförts med olika höjdsättningar, både för befintlig och framtida situation, varav tre simuleringar har utförts för att identifiera den mest lämpliga höjdsättningen i planområdet. En utförligare beskrivning över de olika scenarierna finns i kapitel 1.3.

2.1 Befintlig höjdmodell

Höjdmodellen som beskriver befintliga mark- och höjdförhållanden i Ladugården 1 och 2 bygger på Lantmäteriets laserskanning genomförd 2024-08-20. Höjdmodellen kontrolleras med avseende på tunnlar, passager och dylikt som oavsiktligt kan stoppa vattentransporten i modellen men som inte stoppar vattentransporten i verkligheten. Höjdmodellen justeras så att en korrekt beskrivning av rinnvägarna erhålls där tunnlar och passager inte längre utgör ett hinder, utan vatten tillåts flöda som i verkligheten.

2.2 Framtida höjdmodell

Den framtida höjdmodellen baseras på befintliga höjdmodellen och har genomgått justeringar. Marken har anpassats för varje scenario i enlighet med beskrivningen av de olika scenarierna i kapitel 1.3. Totalt har fem höjdmodeller skapats.

2.3 Skyfallsmodell

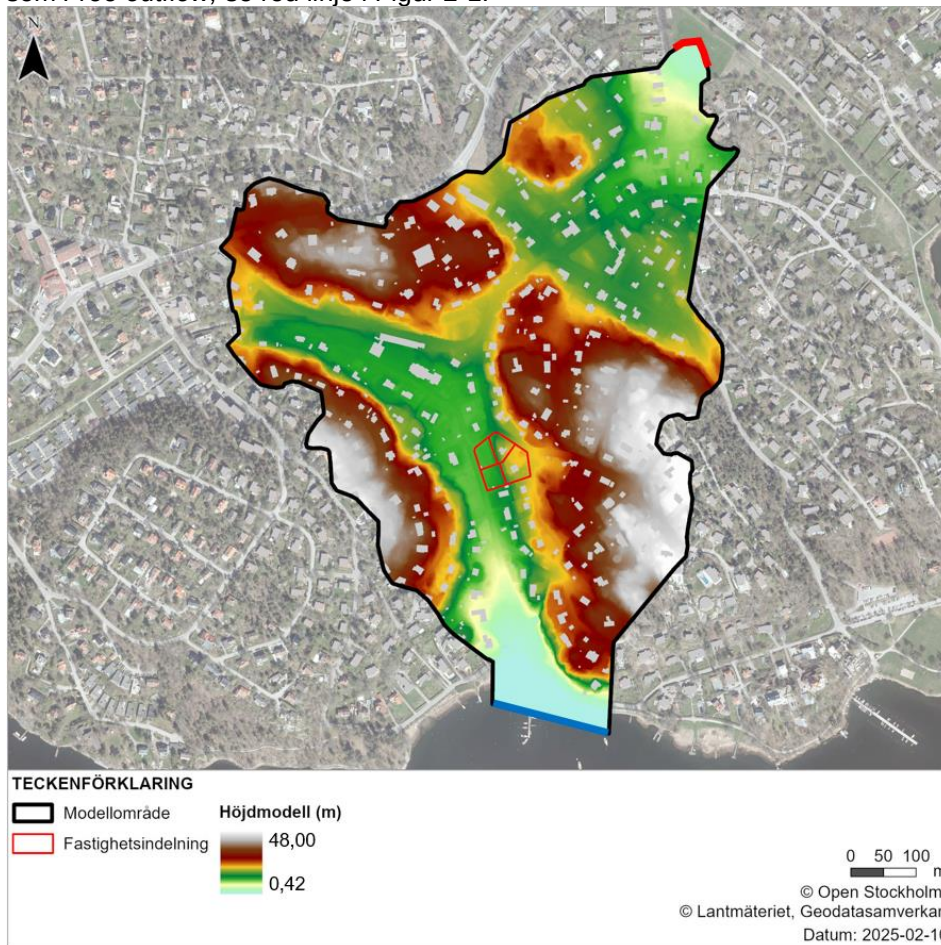
2.3.1 Modellområde och randvillkor

Figur 2-1 visar modellområdet som baseras på avrinningsområdet som bidrar till avrinningen mot planområdet, samt de områden som ligger nedströms och kan påverkas av den planerade exploateringen. Resultatet från modelleringen kommer sedan användas för att jämföra befintlig och framtida situation för att identifiera eventuella förändringar som sker i och med byggnationen av det nya planområdet. Modellområdets area uppgår till 0,47 km².

Modellområdet beskrivs med hjälp av ett beräkningsnät som består av triangulära celler (Flexible Mesh). Varje triangel representerar ett höjdvärde. Beräkningsnätets upplösning bestäms av cellernas storlek. Ju mindre celler desto högre upplösning och noggrannhet i modellresultaten. Ett mycket stort antal celler kan dock ge upphov till mycket långa simuleringstider. Val av beräkningsnätets upplösning blir en kompromiss mellan önskad noggrannhet i resultaten och längd på simuleringen. För detta modellområde har en upplösning på 1 m använts, det vill säga att cellernas sida är 1 m, vilket är en mycket hög upplösning. Det 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. Dock kan vissa strukturer som exempelvis plank och kantsten missas.

Modellen sträcker sig ner till Lilla Värtan i söder. Inom projektet ansätts ett vattenstånd i Lilla Värtan motsvarande +0,86 m, se blå linje i Figur 2-1. Detta vattenstånd motsvarar vanligt förekommande vattenstånd i ett framtida förändrat klimat, vilket betyder att ingen särskild viktning mot extremare havsnivåer görs (Sweco, 2023). Norrut har utloppet från modellen simulerats som *Free outflow*, se röd linje i Figur 2-1.



Figur 2-1. Modellområde och planområde (Fastighetsindelning) i Ladugården 1 och 2. Randvillkor presenteras med en blå linje för sjön och med en röd linje för "Free outflow" i den norra delen av modellen.

2.3.2 Markens råhet

Markens råhet (strömningsmotstånd) beskriver hur snabbt vatten kan röra sig på ytan. Detta påverkar vattenhastigheten och vattendjupet som uppstår inom ett område. Ytor såsom skog har högre strömningsmotstånd än asfalterade ytor och gräsmattor. I skyfallsmodellerna är markens strömningsmotstånd beskrivet med parametern Mannings tal, M . Strömningsmotståndet ansätts genom en analys av markanvändning. I Tabell 2-1 redovisas de Mannings tal som används i skyfallsmodellen och är tagna från MSB vägledning (MSB, 2023).

Tabell 2-1. Mannings tal (M) som används i skyfallsmodellen.

Kategorier	Manning (M)
Skog/Naturområde	5
Järnväg	6
Gräsytor	20
Öppen mark	25
Vägar	50
Sjö/vatten	70

2.3.3 Regn

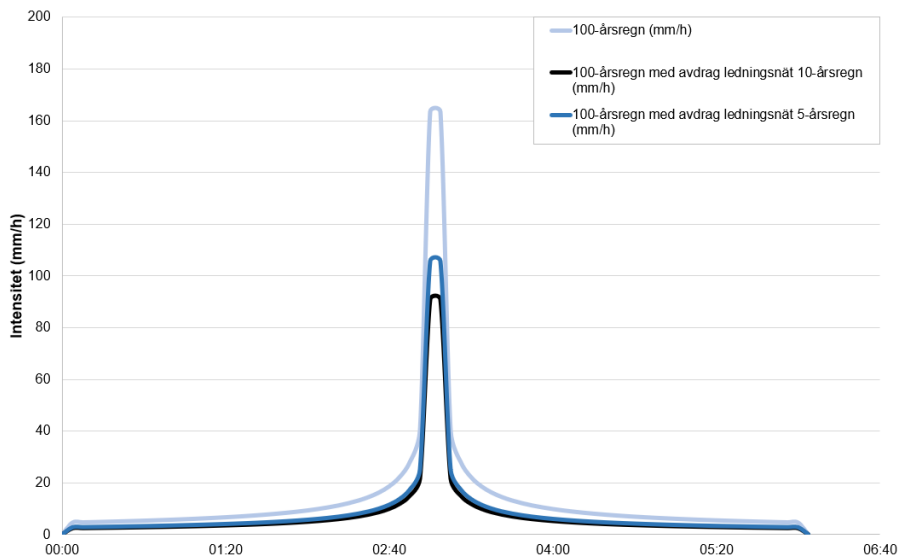
Regnet som använts i modellen är ett CDS (Chicago Design Storm) 100-årsregn med sex timmars varaktighet från (SMHI, 2017). SMHI har delat upp Sverige i fyra olika regioner baserat på statistik, där Stockholm är beläget i den sydöstra delen. Uppdelningen är gjord eftersom det finns distinkta skillnader 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 1,3. Den totala nederbördsmängden för 100-årsregnet som används i simuleringen är 85 mm.

Kapaciteten på dagvattennätet inkluderas som ett avdrag på regnet på de hårdgjorda ytor som antas vara kopplade till dagvattennätet. Det vatten som rinner vidare i dagvattensystemet efter avslutat regn går inte att simulera i denna typ av modell (detaljerad modell).

Efter kommunikation med beställaren har ett 10-årsregn dragits av från regnet, vilket representerar ett dagvattensystem med bra skick. Avdraget görs baserat på ledningarnas kapacitet och ledningarna i området bedöms kunna hantera ett 10-årsregn utan klimatkfaktor. Avdraget för ett 10-årsregn (sex timmar) utan klimatkfaktor motsvarar en nederbördsmängd på 40 mm. Det innebär att den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor vid ett 100-årsregn är 45 mm ($85 \text{ mm} - 40 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$).

Ladugården 1 och 2:s markyta ligger lägre i dagvattensystemet och därför är det viktigt att ta hänsyn till ett dagvattensystem som har inte full kapacitet under ett skyfall. Därför har en känslighetsanalys även utförts för att utvärdera skillnader i maximalt vattendjup ifall dagvattensystemet inte har full kapacitet. Avdraget för ett 5-årsregn (sex timmar) utan klimatkfaktor motsvarar en nederbördsmängd på 32 mm. Det innebär att den nederbördsmängd som belastar skyfallsmodellen på hårdgjorda ytor vid ett 100-årsregn är 53 mm ($85 \text{ mm} - 32 \text{ mm} = 53 \text{ mm}$).

Respektive regnbelastning illustreras i Figur 2-2.



Figur 2-2. Nederbördsintensitet (mm per timme) vid ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,3 samt avdrag som gjorts på regnet beroende på dagvattennätets kapacitet (10-årsregn och 5-årsregn utan klimatkfaktor).

2.3.4 Infiltration

Infiltrationen i marken representeras av en infiltrationsmodul, vilket förenklar de naturliga processerna. Flera parametrar har specificerats:

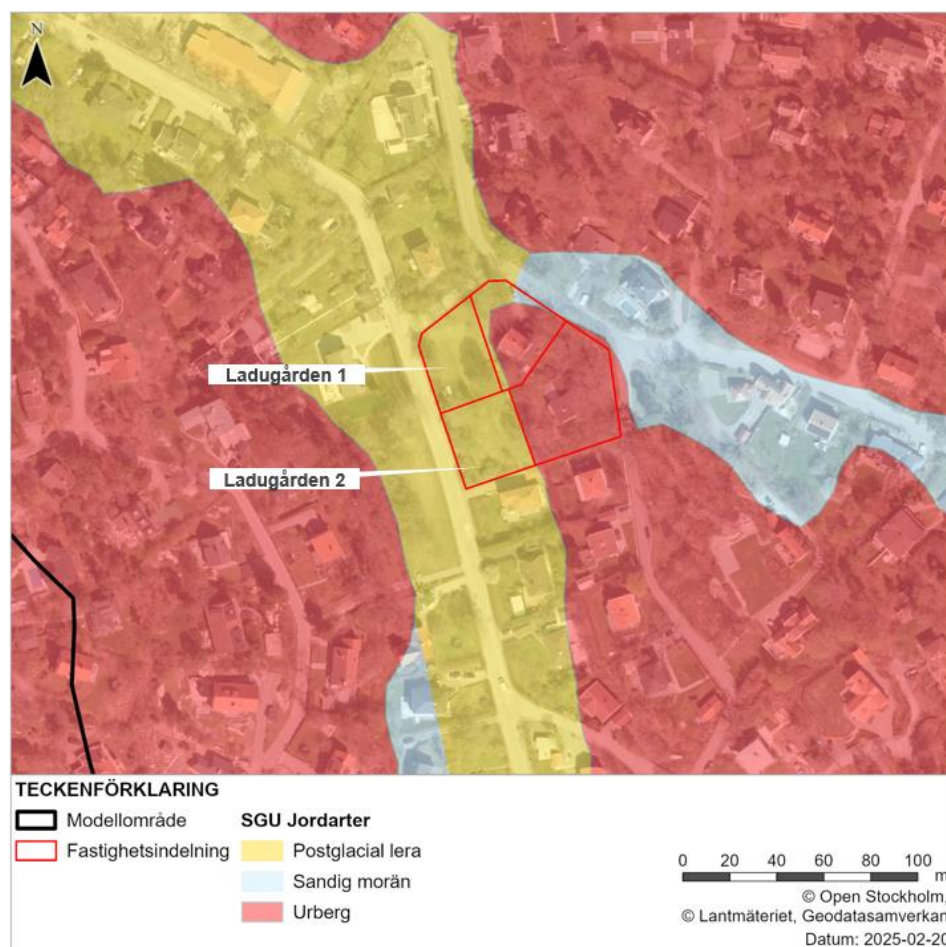
- Infiltrationshastighet
- Effektiv porositet
- Mäktighet av infiltrationszonen
- Läckagehastighet
- Initial vattenhalt

Infiltrationen sker endast på ytor som inte är asfalterade och inte ständigt fyllda med vatten, det vill säga genomsläppliga ytor. Markens kapacitet för att lagra vatten beror på infiltrationszonens mäktighet, andelen porer som kan fyllas med vatten (effektiv porositet) samt den initiala vattenhalten vid början av simuleringen. Infiltrationszonen fylls med en konstant hastighet som varierar beroende på beläggning, vegetationstyp eller markanvändning. Samtidigt avvattnas infiltrationszonen med en konstant läckagehastighet som beror på jordens egenskaper. Alla angivna infiltrationsparametrar är föremål för betydande osäkerhet och generaliseringar. Tabell 2-2 sammanfattar samtliga värden som har använts i infiltrationsmodulen för olika jordartskategorier.

Tabell 2-2. Ansatta värden i infiltrationsmodulen för olika jordartskategorier.

Jordart	Infiltrationshastighet (mm/h)	Effektiv porositet (%)	Måktighet av infiltrationszonen (m)	Läckagehastighet (mm/h)	Initial vattenhalt (%)
Glacial lera	0,0036	30	0,3	0,00036	0
Gyttjelera	0,0036	30	0,3	0,00036	0
Postglacial lera	0,0036	30	0,3	0,00036	0
Sandig morän	0,36	30	0,3	0,036	0
Urberg	0	0	0	0	0
Vatten	0	0	0	0	0

Figur 2-3 visar jordarterna enligt SGU i Ladugården 1 och 2 samt i de omgivande områdena. Ladugården 1 och 2 ligger på postglacial lera, vilket innebär att infiltrationskapaciteten lokalt är begränsad. Urberg som dominerar i området har också en relativt begränsad infiltrationskapacitet.



Figur 2-3. Jordartskarta.

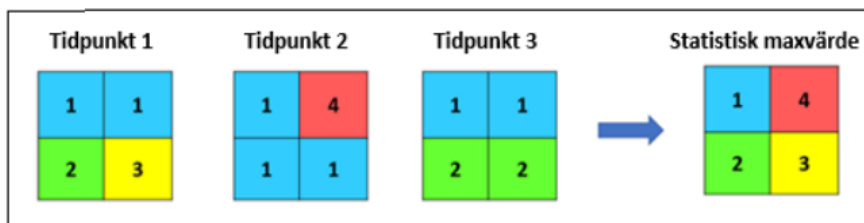
2.4 Tolkning av modellresultat

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

Samtliga resultat presenteras i koordinatsystem SWEREF99 18 00 och höjdsystem RH2000.

2.4.1 Maximalt vattendjup

Under skyfallsmodellens beräkningsperiod uppstår naturligt olika stora djup 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 2-4.



Figur 2-4. Visualisering över hur statistiskt maximalt vattendjup beräknas.

För att förenkla visualiseringen av översvämningsrisk har alla maximala vattendjup som understiger 10 cm filtrerats bort från resultatfilerna.

2.4.2 Maximalt flöde

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

3 Resultat och diskussion

I detta kapitel presenteras resultaten av skyfallskarteringen för de fem scenarierna avseende 100-årsregn med avdrag för ledningsnätets kapacitet motsvarande ett 10-årsregn:

- Befintlig situation
- Framtida situation
- Framtida situation åtgärd 1
- Framtida situation åtgärd 2
- Framtida situation åtgärd 3

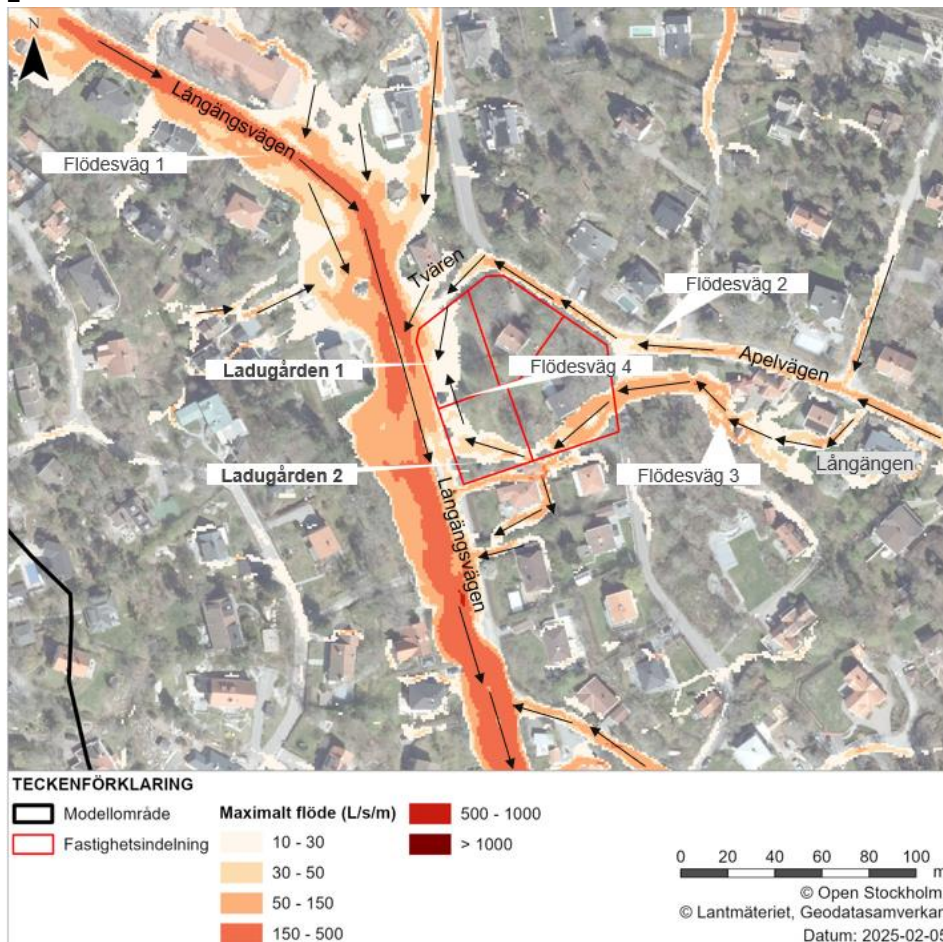
För känslighetsanalysen har den befintliga situationen samt den framtida situationen för åtgärd 3 studerats med avseende på 100-årsregn, med ett avdrag för ledningsnätets kapacitet motsvarande ett 5-årsregn.

3.1 Regnavdrag 10 år

3.1.1 Befintlig situation

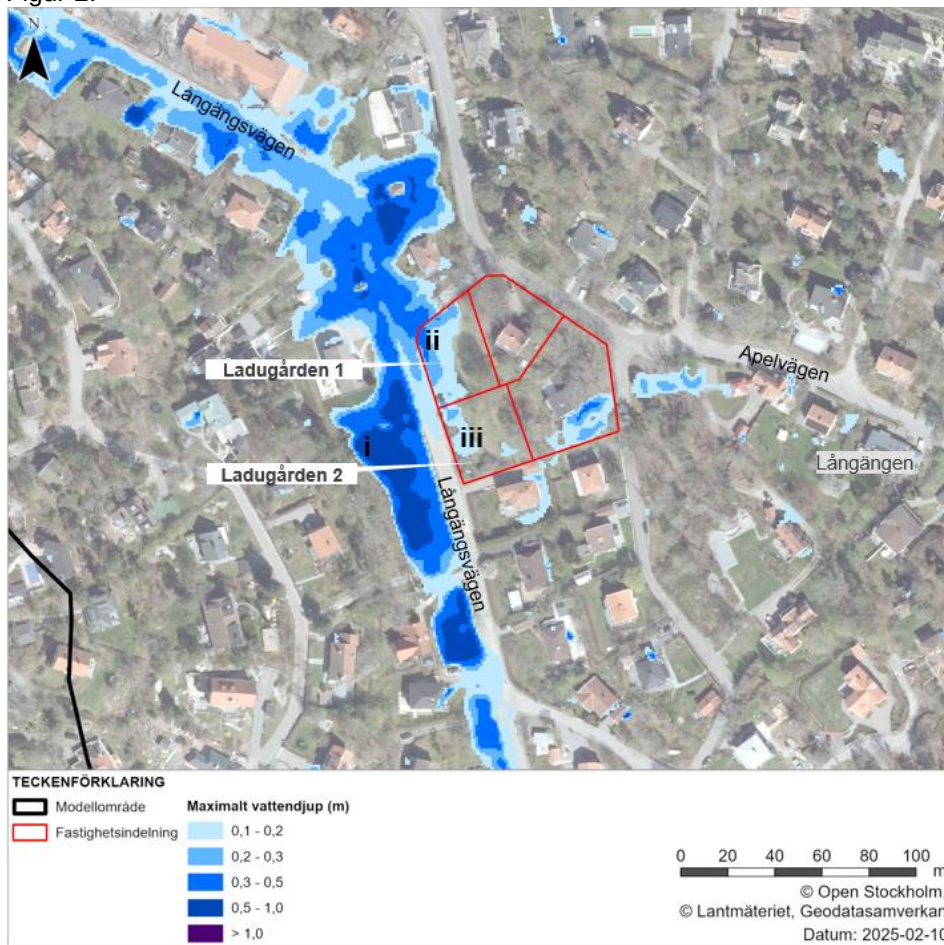
Simuleringsresultat för maximalt flöde i befintlig situation redovisas i Figur 3-1. Flödesriktningen visas med svarta pilar i figuren. Ladugården 1 och 2 är belägna i en stor lågpunkt på Långängsvägen där flödesvägar från olika ritningar sammanstrålar. Flödesväg 1 genereras norrifrån och rinner längs med Långängsvägen som resulterar i en vattenansamling i lågpunkten väster om Ladugården 1 och 2, se Figur 3-2. Flödesväg 2 skapas i öst och rinner längs Apelvägen där den ansluter till Flödesväg 1 vid korsningen Tvären-Långängsvägen. Flödesväg 3 börjar i Långängen och rinner mot Ladugården 2 varvid en mindre flödesväg rinner genom Ladugården 2 mot Ladugården 1 (Flödesväg 4) och når slutligen Ladugården 1. Samtliga flödesvägar sammankopplas och fortsätter söderut. Det största flödet sker längs Långängsvägen.

Översiktskarta med maximala flöde i avrinningsområdet visas i Bilaga 1 i Figur 1



Figur 3-1. Maximalt flöde i befintlig situation. De svarta pilarna visar flödesriktning.

Simuleringsresultat för maximalt vattendjup i befintlig situation redovisas i Figur 3-2. En stor vattenansamling förekommer där det maximala vattendjupet uppgår till 0,8 m (se område i). Vattenansamlingen breder ut sig mot Ladugården 1 och 2. I Ladugården 1 uppgår vattendjupet till knappt 0,5 m (se området ii) och i Ladugården 2 närmar sig vattendjupet 0,3 m (se område iii). Översvämningsnivån i den stora lågpunkten väster om Ladugården 1 och 2 ligger på +10,8 m. Översiktskarta med maximala vattendjup i avrinningsområdet visas i Bilagan i Figur 2.

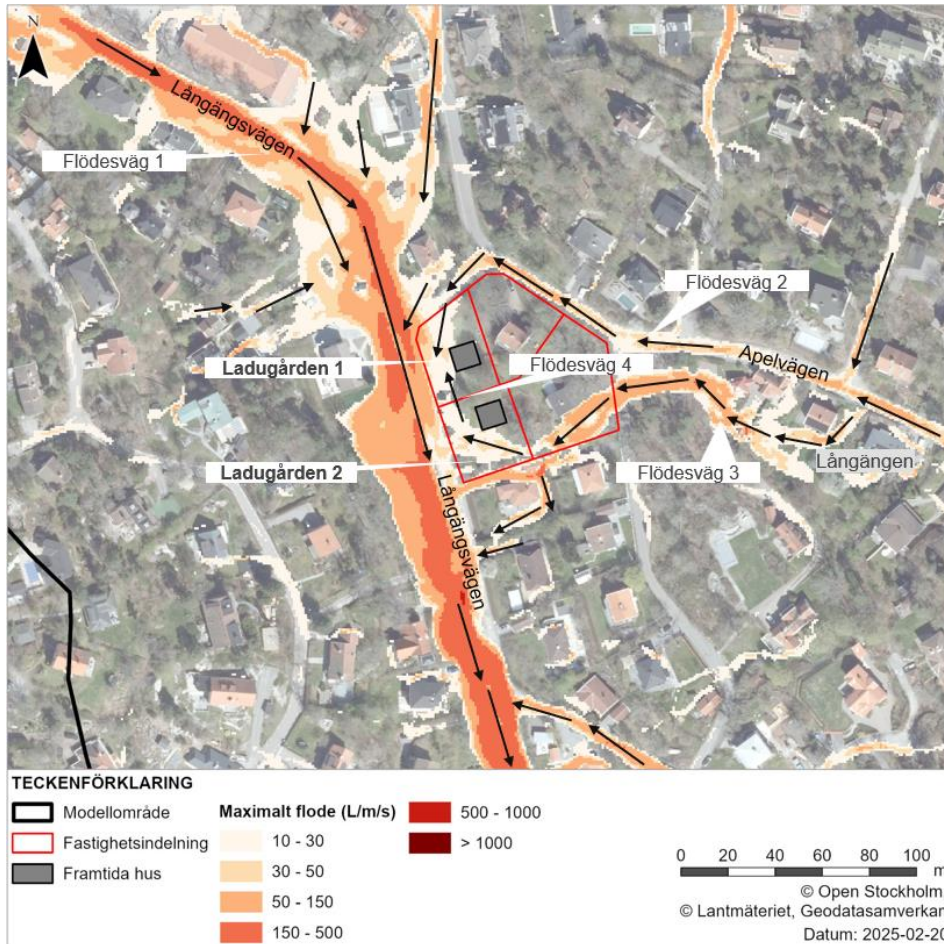


Figur 3-2. Maximalt vattendjup (m) för befintlig situation. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

3.1.2 Framtida situation

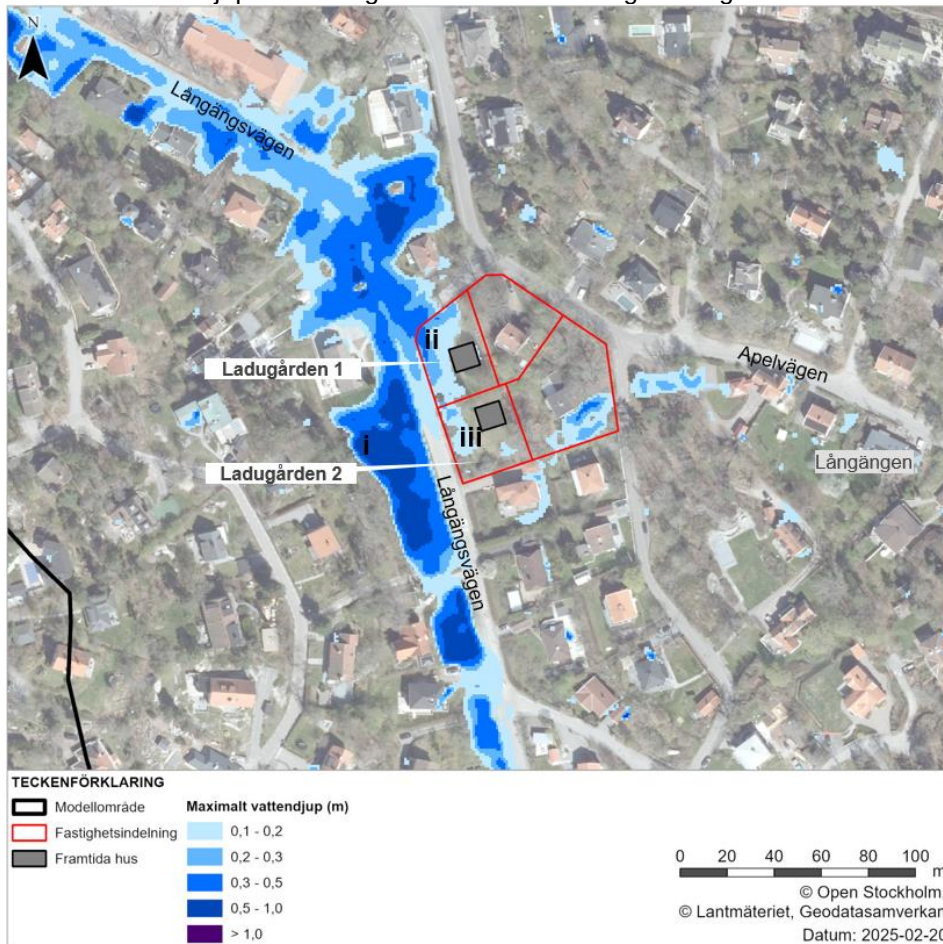
Simuleringsresultaten för det maximala flödet i den framtida situationen redovisas i Figur 3-3. Vattenavrinningen är densamma som i den befintliga situationen, där Flödesväg 3 passerar bredvid det framtida huset inom Ladugården 2, och Flödesväg 4 flödar precis intill det framtida huset i Ladugården 1. I detta scenario flödar vatten nära båda husen.

Översiktsskarta med maximala flöde i avrinningsområdet visas i Bilagan i Figur 3.



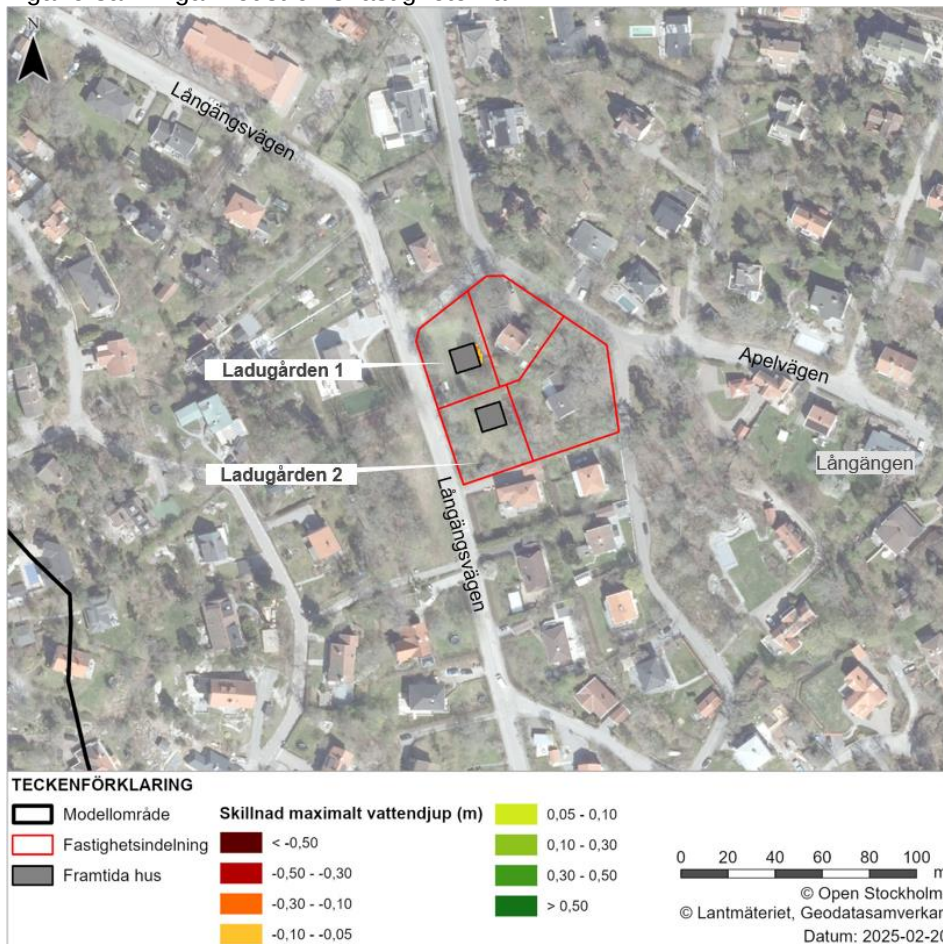
Figur 3-3. Maximalt flöde i framtida situation. De svarta pilarna visar flödesriktning.

Simuleringsresultaten för det maximala vattendjupet i den framtida situationen presenteras i Figur 3-4. Översvämningssituationen är liknande den som föreligger i den befintliga situationen. Maximalt vattendjup varierar mellan 0,30 m (område iii), 0,5 m (område ii) och 0,8 m (område i). Den stora lågpunkten breddar dessutom mot det framtida huset i Ladugården 1. Översiktskarta med maximala vattendjup i avrinningsområdet visas i Bilaga 1 i Figur 4.

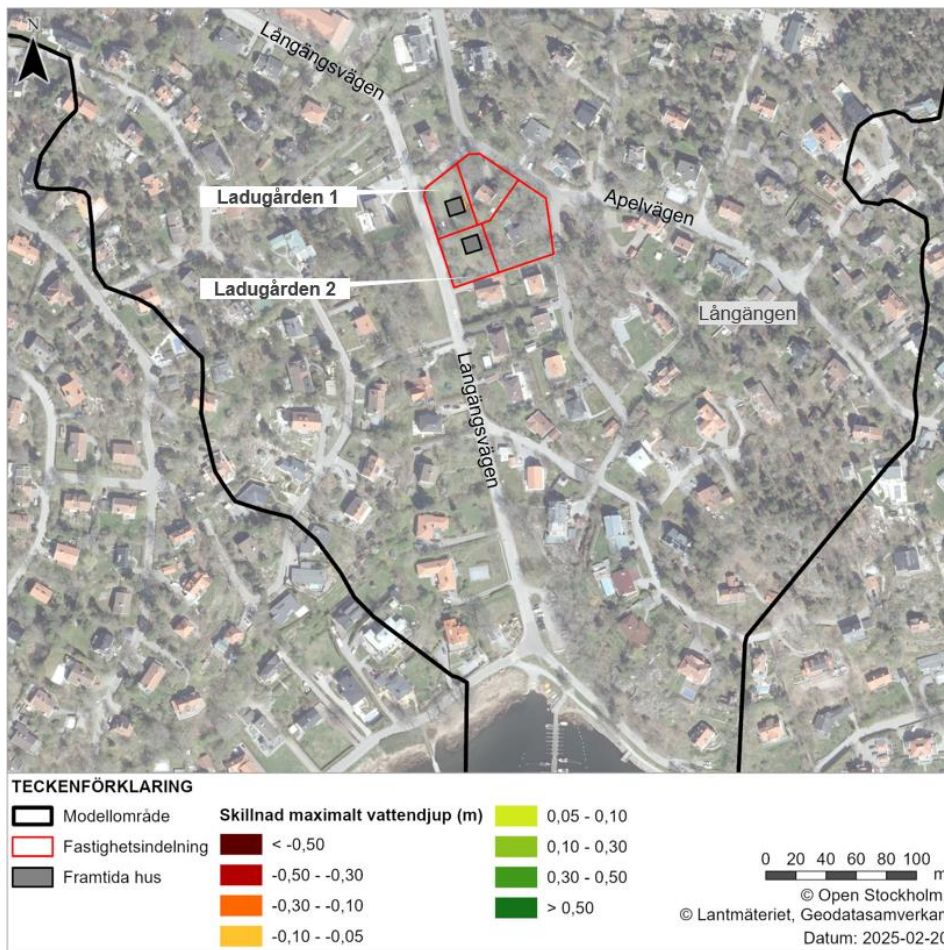


Figur 3-4. Maximalt vattendjup (m) för framtida situation. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 3-5 illustrerar skillnaderna i maximalt vattendjup mellan den befintliga och den framtida situationen med särskilt fokus på Ladugården 1 och 2. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg. En försämring på upp till 0,1 m kan hänföras till en lågpunkt som uppstår mellan det framtida huset och den lutande marken mot huset i Ladugården 1. Denna lågpunkt behöver elimineras i samband med byggnationen av huset. Figur 3-6 visar ett större resultatområde och den visar inga försämringar nedströms fastigheterna.



Figur 3-5. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen jämfört med den befintliga situationen.

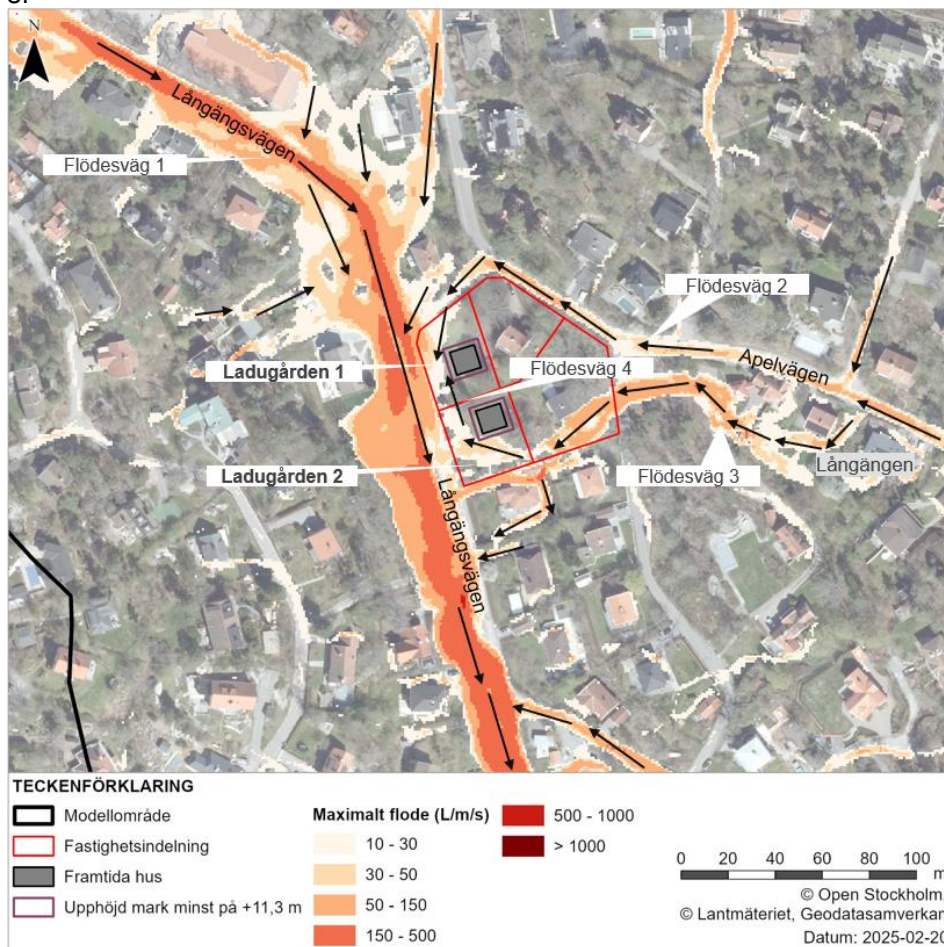


Figur 3-6. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen jämfört med den befintliga situationen. Inga försämringar nedströms.

3.1.3 Framtida situation med åtgärder 1

Simuleringsresultaten för det maximala flödet i den framtida situationen åtgärd 1 redovisas i Figur 3-7. Vattenavrinningen är densamma som i den framtida situationen med undantag för att det finns ett avstånd mellan huset och Flödesväg 4 på grund av den upphöjda marken som har en nivå på +11,3 m. Detta avstånd medför att byggnaden skyddas från flödet som rinner genom Ladugården 2 mot Ladugården 1. En liknande situation gäller för byggnaden i Ladugården 1, där den skyddas från Flödesväg 2 och Flödesväg 4.

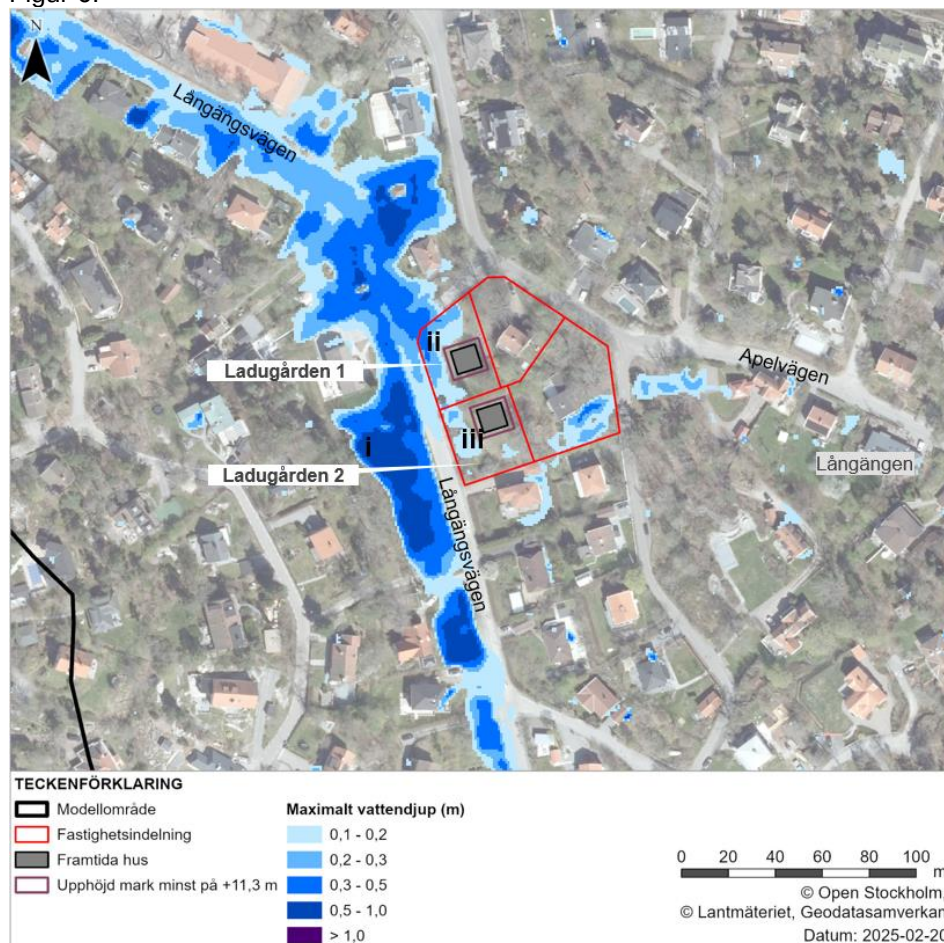
Översiktskarta med maximala flöde i avrinningsområdet visas i Bilagan i Figur 5.



Figur 3-7. Maximalt flöde i framtida situation åtgärd 1.

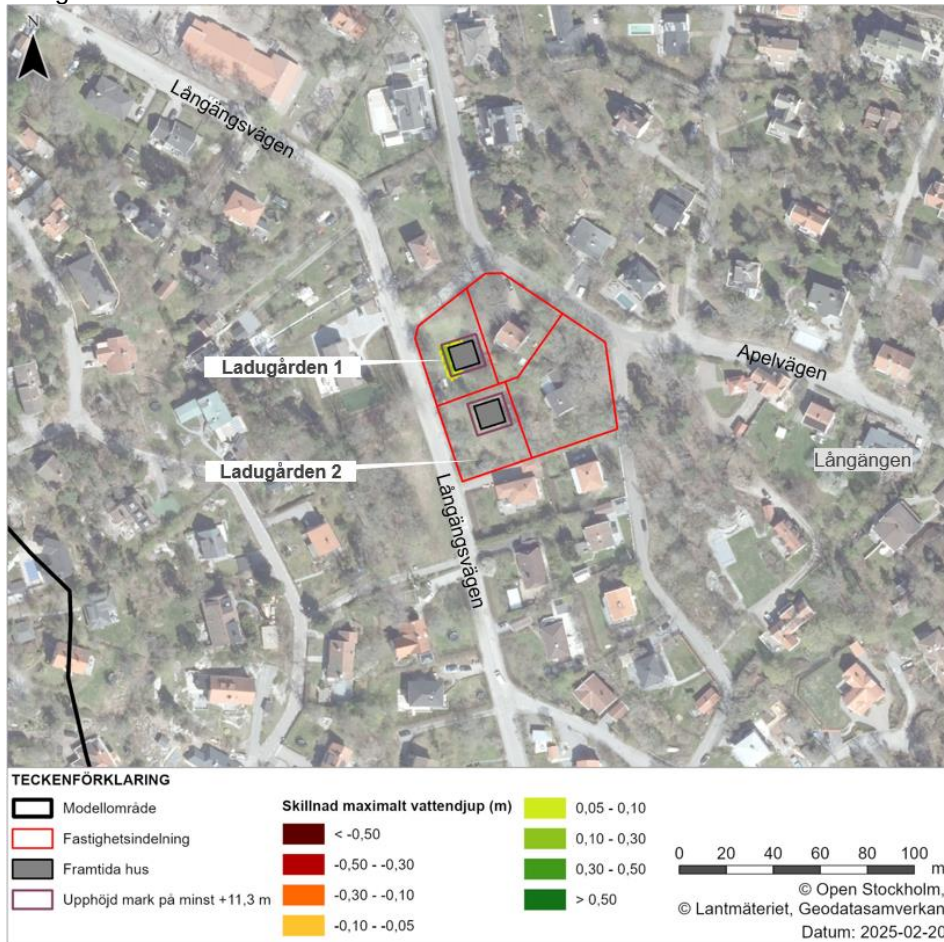
Simuleringsresultaten för det maximala vattendjupet i den framtida situationen åtgärd 1 presenteras i Figur 3-8. Översvämningssituationen är liknande den som föreligger i den framtida situationen. Maximalt vattendjup varierar mellan 0,3 m (område iii), 0,5 m (område ii) och 0,8 m (område i). Den stora lågpunkten breddar dessutom mot det framtida huset i Ladugården 1. I detta scenario är båda husen i Ladugården 1 och 2 placerade 0,5 m över översvämningsnivån, som är +10,8 m. Därmed skyddas husen från översvämning till följd av ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,3.

Översiktskarta med maximala vattendjup i avrinningsområdet visas i Bilaga 1 i Figur 6.

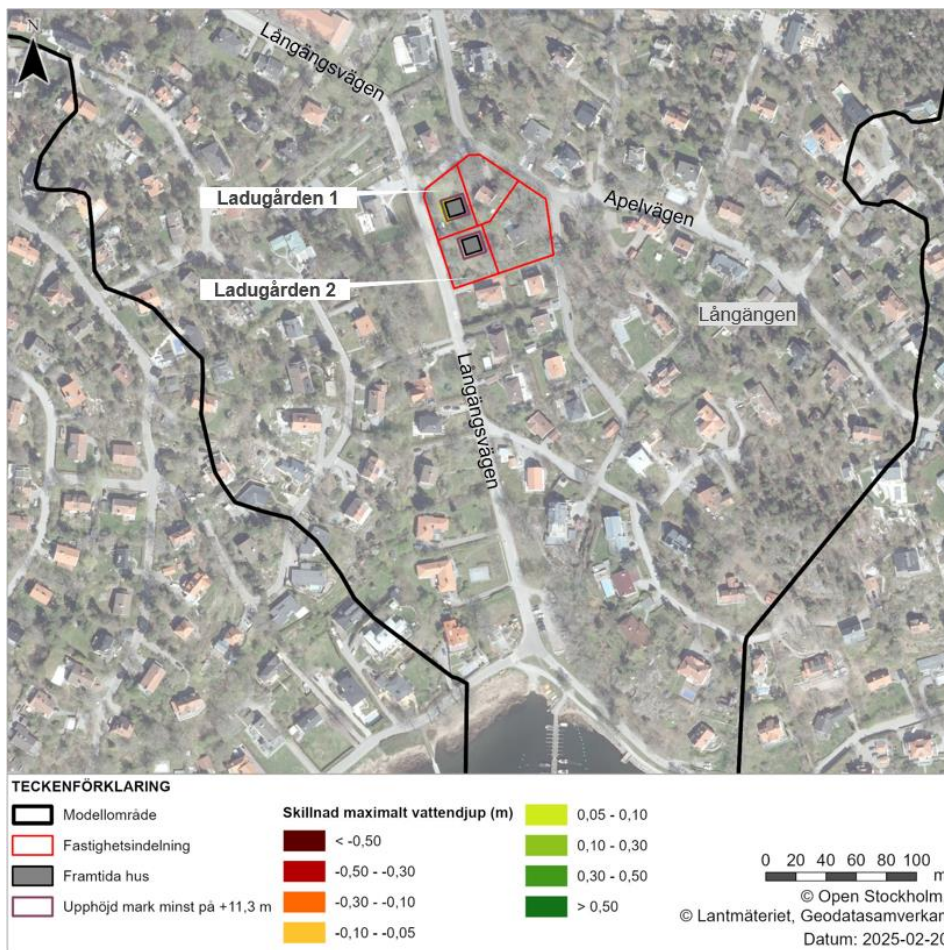


Figur 3-8. Maximalt vattendjup (m) för framtida situation åtgärd 1. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 3-9 illustrerar skillnaderna i maximalt vattendjup mellan den befintliga och den framtida situationen åtgärd 1 med särskilt fokus på Ladugården 1 och 2. En förbättring på upp till 0,3 m i Ladugården 1 kan härledas till upphöjningen av marken runt huset som eliminerar vattenansamlingar runt husen. Figur 3-10 visar ett större resultatområde och den visar inga försämringar nedströms fastigheterna.



Figur 3-9. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 1 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg.

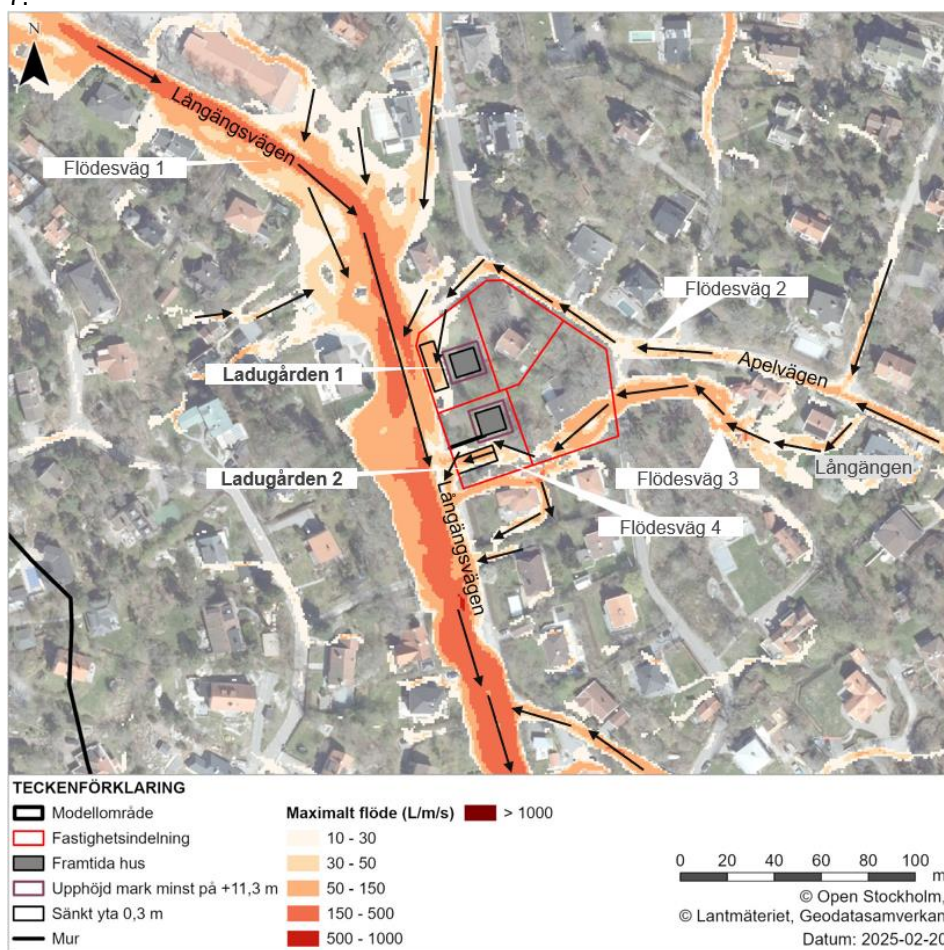


Figur 3-10. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 1 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg. Inga försämringar nedströms.

3.1.4 Framtida situation med åtgärder 2

Simuleringsresultaten för det maximala flödet i den framtida situationen åtgärd 2 redovisas i Figur 3-11. Vattenavrinningen förblir oförändrad i förhållande till de övriga scenarierna för Flödesväg 1 och Flödesväg 2. Emellertid blockeras avrinningen av muren i Ladugården 2, vilket resulterar i att Flödesväg 4 omdirigeras mot Långängsvägen. Denna omdirigering möjliggörs genom sänkningen av markytan i Ladugården 2 vilket skapar en lämplig lutning mot gatan för Flödesväg 4. Syftet med muren är att hindra flödet mot Ladugården 1 och därmed skydda huset i Ladugården 1. I detta scenario är det Flödesväg 1 och Flödesväg 2 som bidrar till vattenansamlingen i Ladugården 1. Den sänkta ytan i Ladugården 2 möjliggör en förbättrad avrinning mot Långängsvägen.

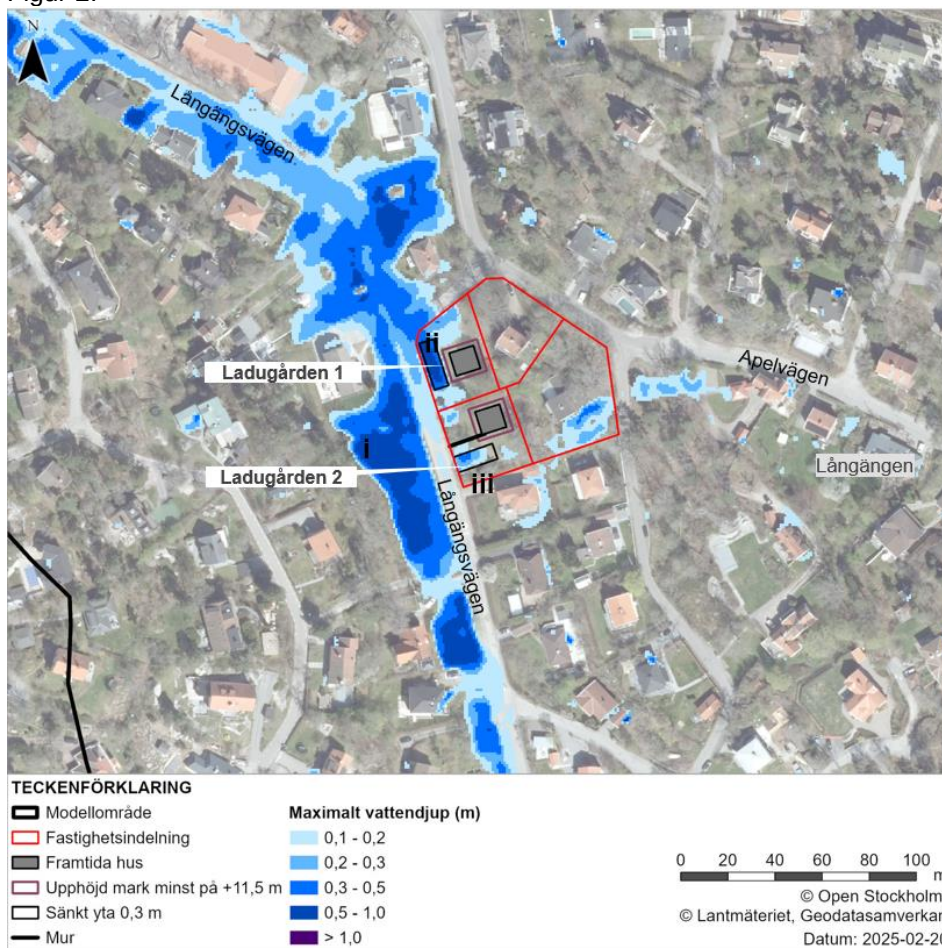
Översiktsskarta med maximala flöde i avrinningsområdet visas i Bilagan i Figur 7.



Figur 3-11. Maximalt flöde i framtida situation åtgärd 2.

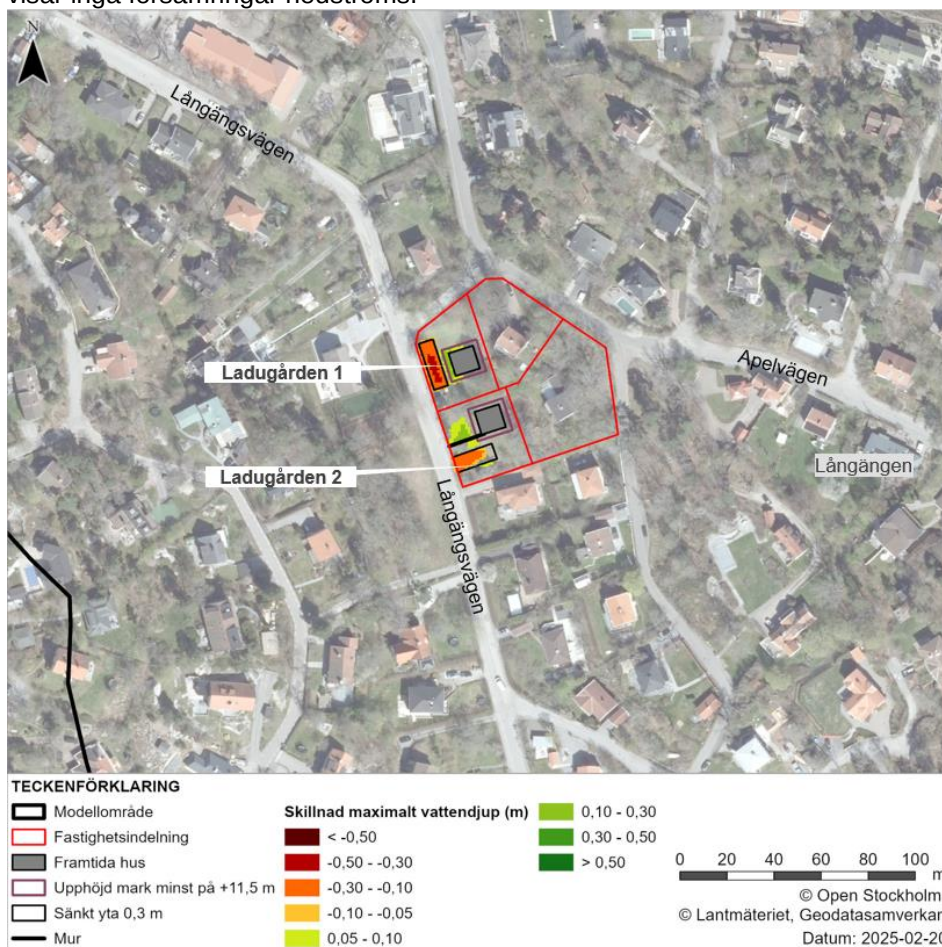
Simuleringsresultaten för det maximala vattendjupet i den framtida situationen åtgärd 2 presenteras i Figur 3-12. En stor vattenansamling förekommer där det maximala vattendjupet uppgår till 0,8 m (se område i). Vattenansamlingen breder ut sig mot Ladugården 1 och 2. I Ladugården 1 når vattennivån knappt 0,7 m vid den sänkta ytan öster om huset, medan den i Ladugården 2 uppgår till 0,4 m i område (ii) vid den sänkta ytan. Utbredningen av vattenansamlingen i Ladugården 2 påverkas även av muren, som blockerar vattnet från att sprida sig mot Ladugården 1. En lågpunkt skapas i Ladugården 2 på grund av skillnaderna mellan den sänkta ytan i Ladugården 2 och den högre marken vid Långängsvägen. Syftet med de sänkta ytorna på fastigheterna är att förhindra potentiella vattenansamlingar runt husen. Översvämningsnivån i den stora lågpunkten ligger på +10,8 m.

Översiktsskarta med maximala vattendjup i avrinningsområdet visas i Bilaga 1 i Figur 2.

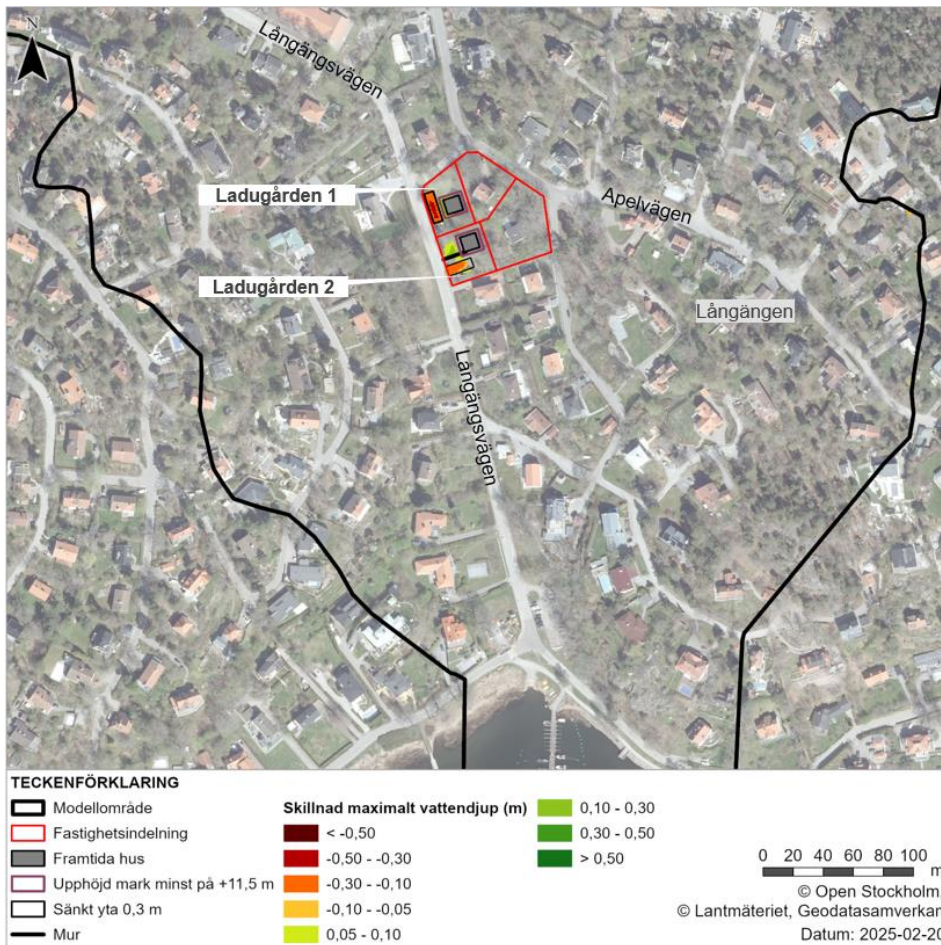


Figur 3-12. Maximalt vattendjup (m) för framtida situation åtgärd 2. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 3-13 illustrerar skillnaderna i maximalt vattendjup mellan den befintliga och den framtida situationen åtgärd 2 med särskilt fokus på Ladugården 1 och 2. I den framtida situationen, åtgärd 2, kan en förbättring på upp till 0,3 m i Ladugården 1 hänföras till upphöjningen av marken runt huset, vilket bidrar till att eliminera vattenansamlingar i dess närhet. En liknande förbättring kan observeras öster om huset i Ladugården 2, där vattenavrinningen norrut blockeras av muren som sträcker sig från huset mot Långängsvägen. Det noteras dock en försämring på upp till 0,3 m i de sänkta ytorna i både Ladugården 1 och Ladugården 2. Analysen visar att det inte förekommer några betydande förbättringar i maximalt vattendjup runt husen i Ladugården 1 med den sänkta ytan. Däremot finns det en förbättring relaterad till muren och den sänkta ytan i Ladugården 2. Figur 3-14 visar ett större resultatområde och den visar inga försämringar nedströms.



Figur 3-13. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 2 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg.

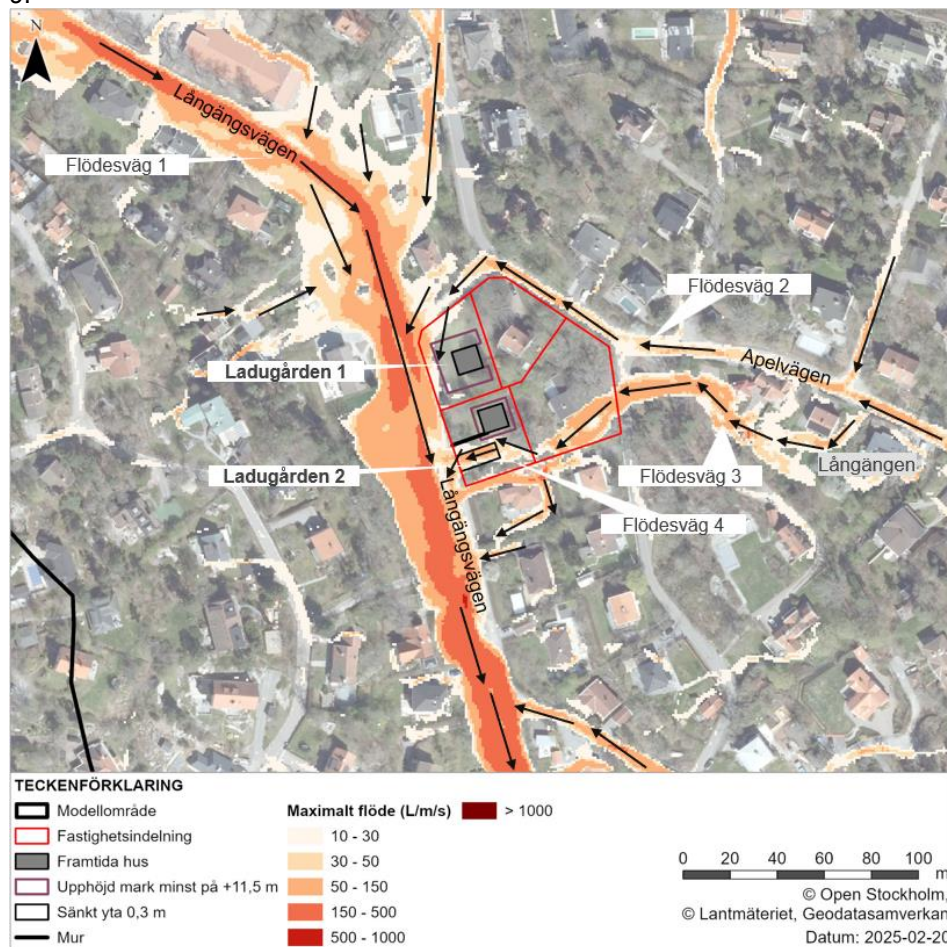


Figur 3-14. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 2 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg. Inga försämringar nedströms.

3.1.5 Framtida situation med åtgärder 3

Simuleringsresultaten för det maximala flödet i den framtida situationen åtgärd 3 redovisas i Figur 3-15. Den omfattande upphöjningen runt byggnaden begränsar Flödesväg 2, vilket resulterar i att vattnet rinner genom en mindre del av fastigheten i Ladugården 1. Detta bidrar till att ytterligare skydda huset från flöden i dess omgivning. Vattenavrinningen förblir oförändrad i förhållande till den framtida situationen åtgärd 2, avseende Flödesväg 1 samt avrinning mot och från Ladugården 2 (Flödesvägar 3 och 4).

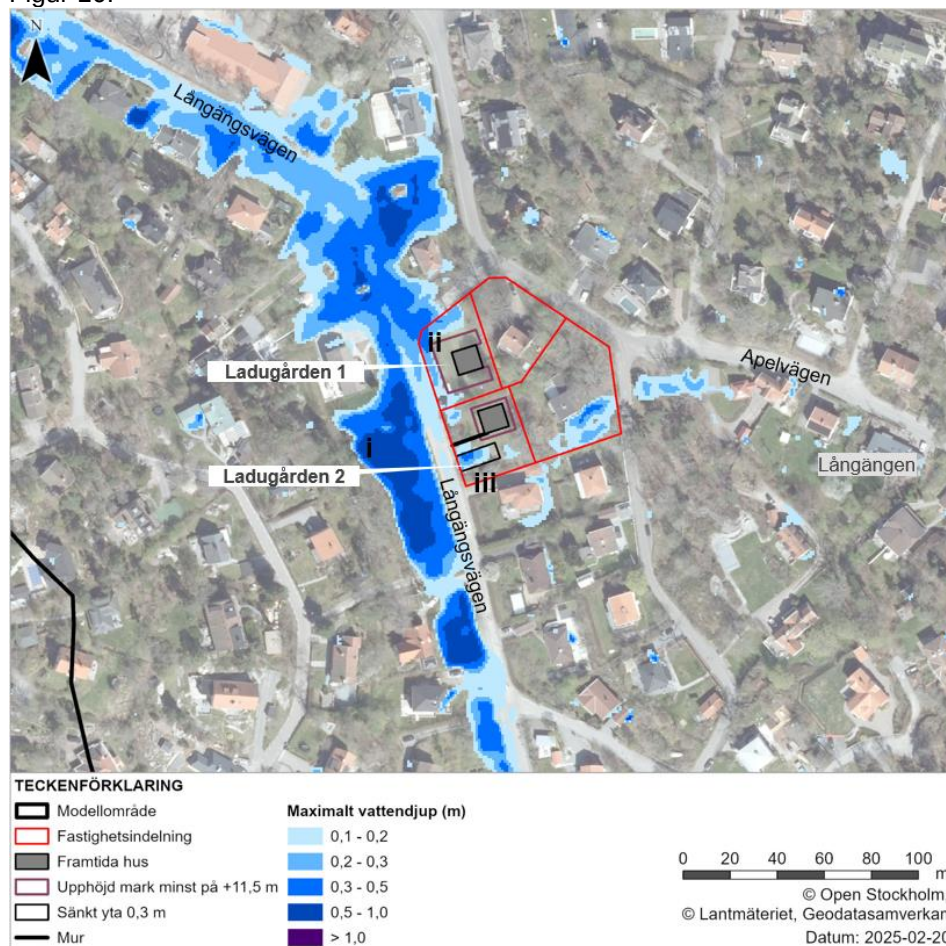
Översiktskarta med maximala flöde i avrinningsområdet visas i Bilagan i Figur 9.



Figur 3-15. Maximalt flöde i framtida situation åtgärd 3.

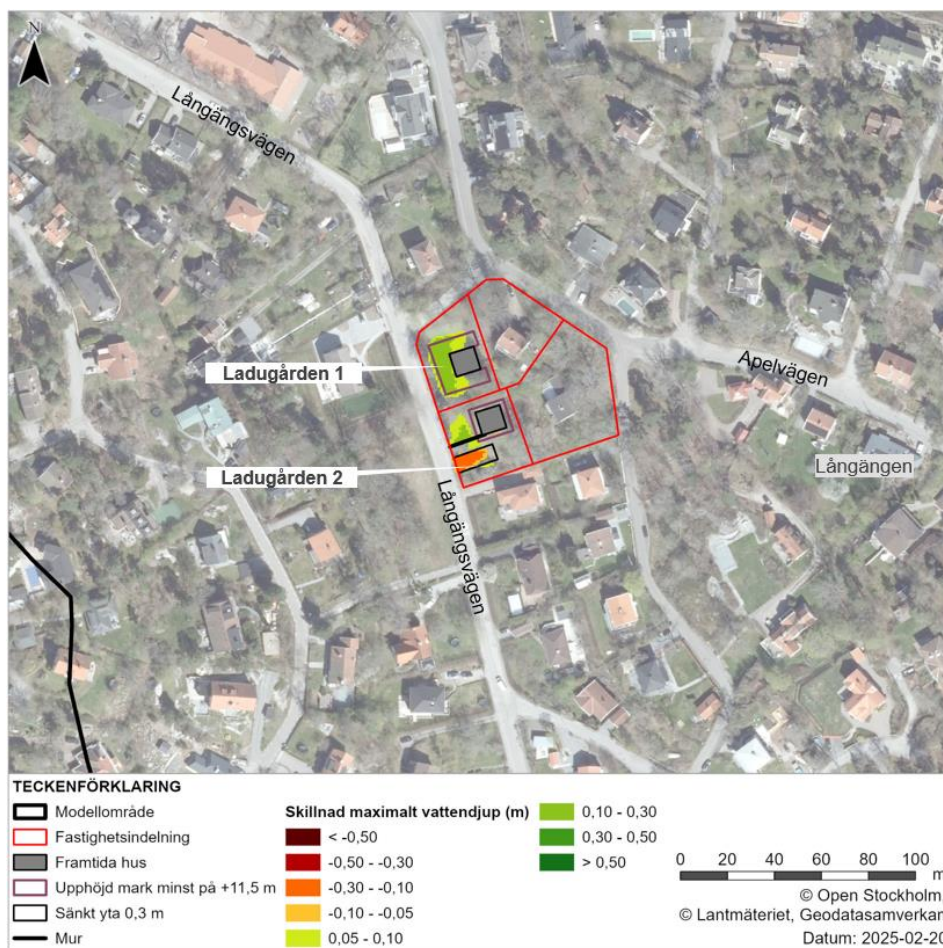
Simuleringsresultaten för det maximala vattendjupet i den framtida situationen åtgärd 3 presenteras i Figur 3-16. En stor vattenansamling förekommer där det maximala vattendjupet uppgår till 0,8 m (se område i). Vattenansamlingen breder ut sig mot Ladugården 1 och 2. I Ladugården 1 når vattennivån knappt 0,5 m öster om huset, medan den i Ladugården 2 uppgår till 0,4 m i område (ii) vid den sänkta ytan en bit bort från huset. Liknande som i scenario framtida situation åtgärd 2 påverkas utbredningen av vattenansamlingen i Ladugården 2 även av muren, som blockerar vattnet från att bredda ut sig mot Ladugården 1. En lågpunkt skapas i Ladugården 2 på grund av skillnaderna mellan den sänkta ytan i Ladugården 2 och den högre marken vid Långängsvägen som i framtida situation åtgärd 2. Syftet med en större upphöjning runt huset i Ladugården 1 och den sänkta ytan söder om muren i Ladugården 2 är att förhindra potentiella vattenansamlingar runt husen. Översvämningsnivån i den stora lågpunkten ligger på +10,8 m.

Översiktskarta med maximala vattendjup i avrinningsområdet visas i Bilaga 1 i Figur 10.

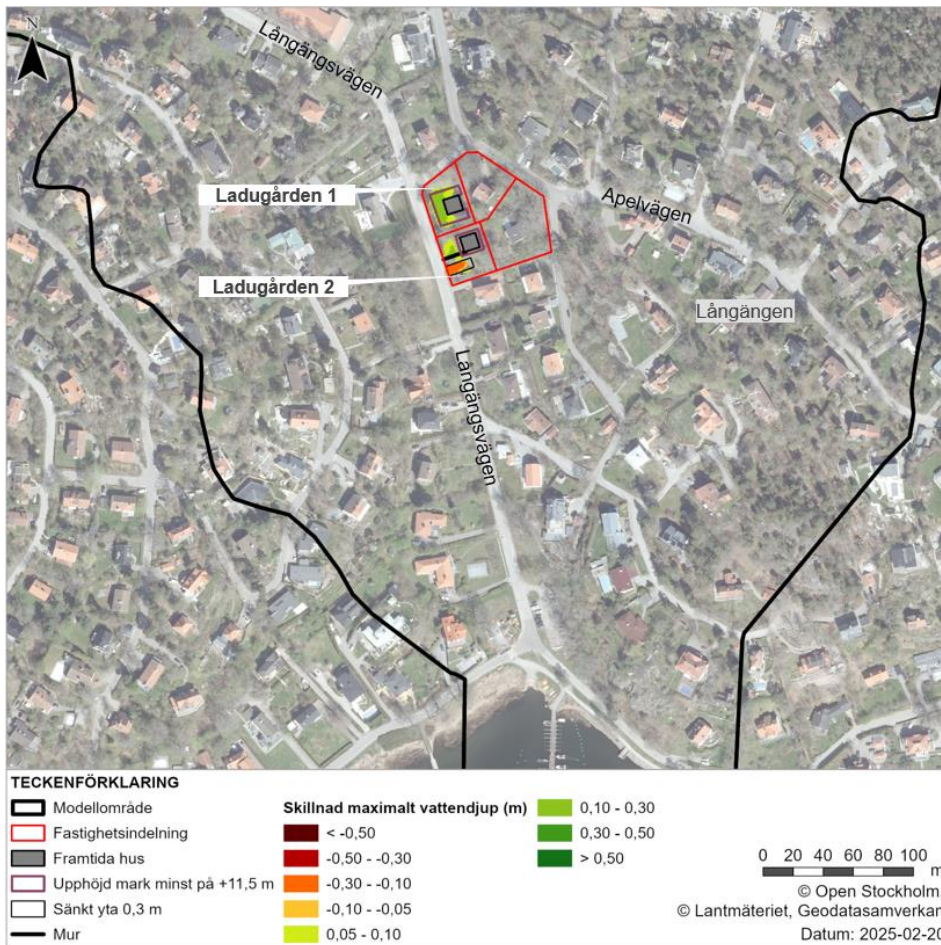


Figur 3-16. Maximalt vattendjup (m) för framtida situation åtgärd 3. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 3-17 illustrerar skillnaderna i maximalt vattendjup mellan den befintliga och den framtida situationen åtgärd 3 med särskilt fokus på Ladugården 1 och 2. I den framtida situationen åtgärd 3 kan en förbättring på upp till 0,3 m med en större utbredning av ytan i Ladugården 1 hänföras till upphöjningen av en större del av marken runt huset. Vilket bidrar till att eliminera vattenansamlingar i dess närhet. En liknande förbättring kan observeras väster om huset i Ladugården 2, där vattenavrinningen norrut blockeras av muren som sträcker sig från huset mot Långängsvägen på samma sätt som i den framtida situationen åtgärd 2. Det noteras även en försämring på upp till 0,3 m i den sänkta ytan i Ladugården 2 vilket är förväntad på grund av sänkningen som skapar en lågpunkt i anslutning till Långängsvägen. Långängsvägen ligger högre än den sänkta ytan i Ladugården 2. Analysen visar att det förekommer en betydande förbättring i maximalt vattendjup runt husen i Ladugården 1 i och med den upphöjda ytan. Dessutom finns det en förbättring relaterad till muren och den sänkta ytan i Ladugården 2 i enlighet med framtida situationen åtgärd 2. Figur 3-18 visar ett större resultat område och visar inga försämringar nedströms.



Figur 3-17. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 3 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg.



Figur 3-18. Skillnad i maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 3 jämfört med den befintliga situationen. Försämringar är markerade med röd eller orange färg och förbättringar visas med grön färg. Inga försämringar nedströms.

3.1.6 Framkomlighet

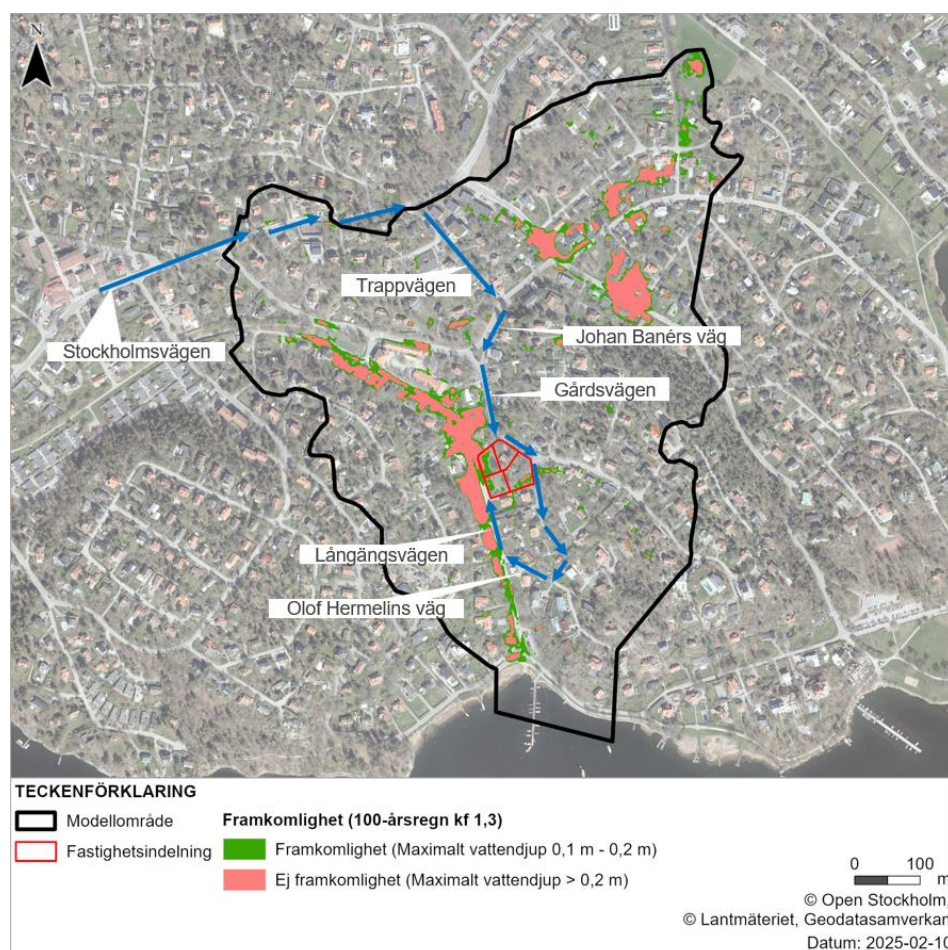
Figur 3-19 visar framkomligheten under ett 100-årsregn. Områden där räddningstjänstfordon kan köra, maximalt vattendjup på upp till 0,2 m, är markerade med grön färg. Områden med maximalt vattendjup högre än 0,2 m är ej framkomliga och markerade med rosa färg i Figur 3-19.

Framkomlighetsanalysen visar att Ladugården 1 och 2 är framkomliga under ett 100-årsregn. Specifikt är Ladugården 1 framkomlig genom vägen:

Stockholmsvägen → Trappvägen → Johan Banérs väg → Gårdsvägen → **Ladugården 1**

och Ladugården 2 är framkomlig genom vägen:

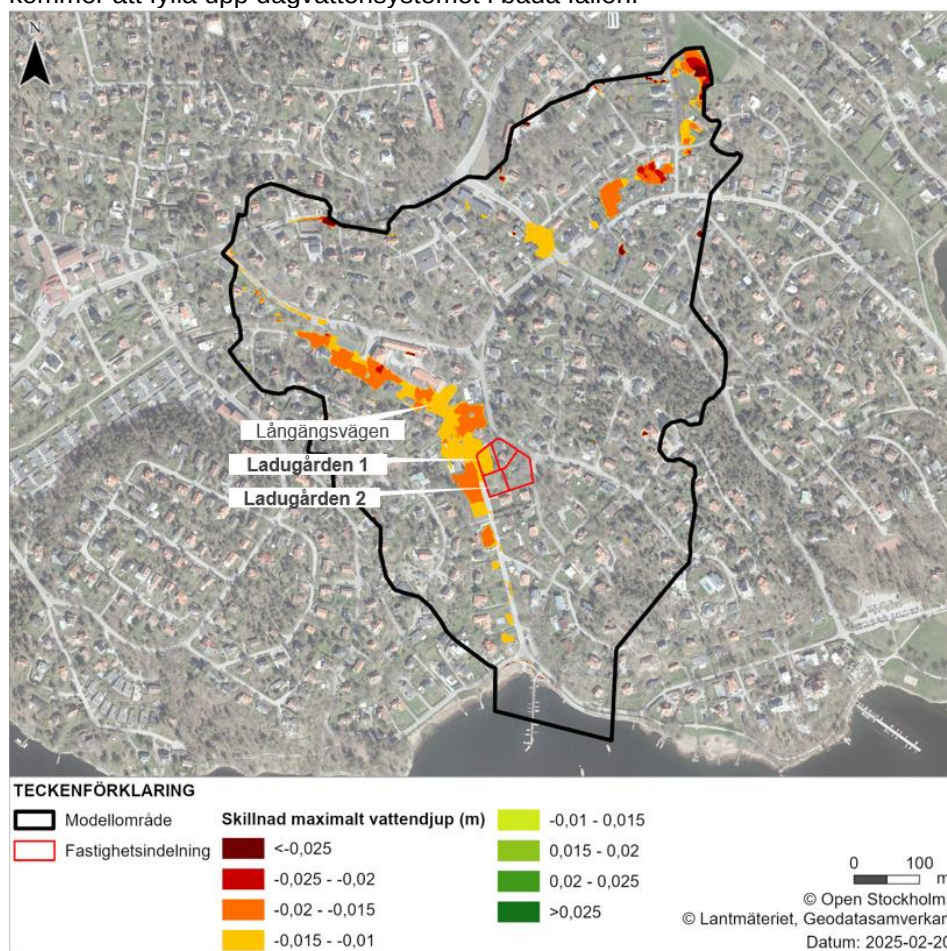
Stockholmsvägen → Trappvägen → Johan Banérs väg → Gårdsvägen → Olof Hermelins väg → Långängsvägen → **Ladugården 2**



Figur 3-19. Framkomlighet in till Ladugården 1 och 2.

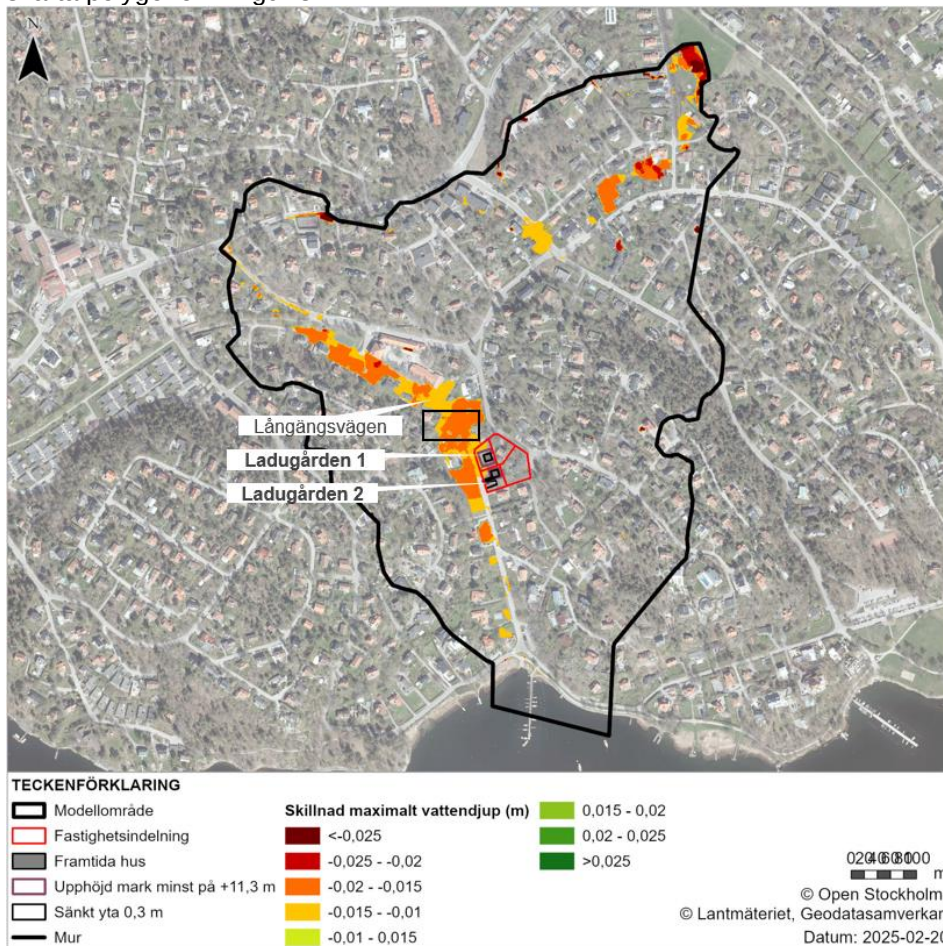
3.2 Regnavdrag 5 år

Skillnaderna mellan den befintliga situationen med avdrag för ett 10-årsregn, avseende ett dagvattensystem med god kapacitet, och den befintliga situationen med avdrag för 5-årsregn, som beaktar ett dagvattensystem med begränsad kapacitet nedströms där Ladugården 1 och 2 är belägna presenteras i Figur 3-20. Röda och orangea färger indikerar en försämring. Inom Ladugården 1 ökas maximalt vattendjup med knappt 0,015 m. I omgivande område ökas maximalt vattendjup med knappt 0,02 m. Eftersom planområdet ligger i en lågpunkt har kapaciteten hos ett dagvattensystem som hanterar dagvatten inte så stor betydelse. Stora mängder av flödet inom en kort period kommer att fylla upp dagvattensystemet i båda fallen.



Figur 3-20. Skillnad i maximalt vattendjup mellan den befintliga situationen med avdrag för ett 10-årsregn och den befintliga situationen med avdrag för 5-årsregn. Röda och orangea färger indikerar en försämring.

Situationen verkar vara liknande vis en jämförelse mellan den framtida situationen åtgärd 3 med avdrag för 10-årsregn och den framtida situationen åtgärd 3 med avdrag för 5-årsregn, se Figur 3-21. Försämringen som uppgår till 0,02 m har en större utbredning i de omgivande områdena, vilket framgår av den svarta polygonen i Figur 3-21.



Figur 3-21. Skillnad i maximalt vattendjup mellan den befintliga situationen med avdrag för ett 10-årsregn och den befintliga situationen med avdrag för 5-årsregn. Röda och orangea färger indikerar en försämring.

4 Slutsatser

Skyfallsanalysen för Ladugården 1 och 2 i Danderyd kommun visar tydligt på de potentiella översvämningsriskerna i området, särskilt med tanke på de förväntade effekterna av klimatförändringar, som ökar både frekvens och intensitet av kraftiga regn. Den detaljerade hydrauliska ytvavrinningsmodellen har möjliggjort en grundlig analys av nuvarande och framtida scenarier, vilket är avgörande för att förstå hur olika faktorer påverkar översvämningarna. Det studerade regnet är SMHI:s 100-årsregn med klimatkfaktor 1,3, med avdrag för 10-årsregn för att beakta dagvattenssystemets kapacitet. En känslighetsanalys har även genomförts genom att köra modellen med avdrag för 5-årsregn, vilket tar hänsyn till ett fullt dagvattenssystem.

Målet med uppdraget är att undersöka ett säkert och hållbart sätt att placera framtida byggnader. I det första steget har byggnaderna placerats fyra meter från fastigheternas gränser, i enlighet med gällande Plan- och bygglag (1987:10) 8 kap. 4 §, se Figur 1. Byggnaderna har även placerats i inom fastigheten där vattenansamlingar inte förekommer. Storleken på byggnaderna är densamma som i det omgivande området.

Följande har skyfallsanalysen med MIKE+ visat att husen i Ladugården 1 och 2 är belägna i en topografisk lågpunkt där flera flödesvägar från olika riktningar konvergerar. Dessa flödesvägar följer den omgivande topografin och leds mot lågpunkten Långängsvägen. Analysen visade även att området har en mycket låg infiltrationskapacitet på grund av förekomsten av impermeabla jordarter, såsom berg och lera. Därför kan vattnet inte infiltrera och samlas i stället i lågpunkten som stående vatten. Det maximala vattendjupet i hela lågpunkten uppgår till 0,76 m, och översvämningsnivån ligger på +10,8 m.

Analysen av den framtida situationen visar att vattnet sprider sig mot huset i Ladugården 1, där det maximala vattendjupet når 0,5 m. Översvämningssituationen för huset i Ladugården 2 är bättre, men ytterligare åtgärder krävs för att säkerställa ett fullgott skydd mot översvämning till följd av ett 100-årsregn. Utredning av de åtgärder, inklusive markhöjningar, sänkningar samt en mur, är ett viktigt steg för att försöka minska risken för översvämning och säkerställa att ny bebyggelse inte tar skada eller orsakar skada vid ett 100-årsregn. Länsstyrelsens riktlinjer är av stor betydelse för att skydda både människors liv och egendom, och det är viktigt att dessa följs noggrant i planeringen av framtida byggprojekt.

För att identifiera lämpliga åtgärder mot skyfall har tre scenarier med olika åtgärder undersökts (framtida situation åtgärd 1, framtida situation åtgärd 2 och framtida situation åtgärd 3). Av dessa framstår framtida situation åtgärd 3 som den mest lämpliga lösningen.

Framtida situation åtgärd 3 indikerar att husen i Ladugården 1 och 2 måste placeras minst 0,5 m över översvämningsnivån, som ligger på +10,8 m. Därmed måste de framtida byggnaderna ligga på minst +11,3 m. En upphöjning av marken runt huset i Ladugården 1 är möjlig och kan ha en stor utbredning, eftersom denna större upphöjning inte påverkar översvämningssituationen varken inom fastigheterna eller i det omgivande området. För Ladugården 2 krävs det att en mur som sträcker sig från huset mot Långängsvägen för att blockera flöden som rör sig genom Ladugården 2 mot Ladugården 1. Denna åtgärd syftar till att skydda Ladugården 1 från flöden som bidrar till vattenansamlingar inom fastigheten. Muren kommer att omdirigera vattnet mot

Långängsvägen. Denna process underlättas ytterligare genom att sänka en del av ytan söder om muren med 0,3 m.

Resultaten visade att det maximala vattendjupet minskade med 0,3 m i Ladugården 1 vilket innebär att huset skyddas effektivt från översvämning till följd av ett 100-årsregn. Det finns även en förbättring i Ladugården 2, väster om huset, tack vare muren som blockerar spridningen av vattenansamlingen inom fastigheten. Murens höjd bör vara minst +11,3 m. Det bör dock noteras att en ökning av det maximala vattendjupet observeras vid sänkta ytor, upp till 0,3 m, vilket var förväntat. Denna vattenansamling är belägen långt från huset i Ladugården 2 och kan förklaras av de lägre marknivåerna i fastigheten i anslutning till den högre liggande Långängsvägen.

Framkomlighetsanalys visar att både Ladugården 1 och 2 är framkomliga under ett 100-årsregn. Känslighetsanalysen med avdrag för ett 5-årsregn visade att skillnaderna är mindre än 0,020 m jämfört med avdraget för ett 10-årsregn. Planområdet ligger i en lågpunkt med begränsad infiltrationskapacitet vilket innebär att vattnet snabbt bör fylla upp ledningssystemet. En annan viktig aspekt att nämna är att ledningsnätets kapacitet är väldigt liten jämfört med flödena vid ett 100-årsregn. Därför finns det inte stor skillnad på resultaten mellan de två avdragen. Sammanfattningsvis indikerar utredningen att det är möjligt att bygga hus på Ladugården 1 och 2 under vissa omständigheter och med tillämpning av de ovan nämnda åtgärderna. Om ytterligare underlag framkommer, såsom förslag på höjdsättning, placering av nya byggnader, ny markanvändning, med mera, är det avgörande att fortsätta med noggranna analyser och simuleringar för att säkerställa att de framtida lösningarna är både hållbara och effektiva i hanteringen av framtida skyfallssituationer.

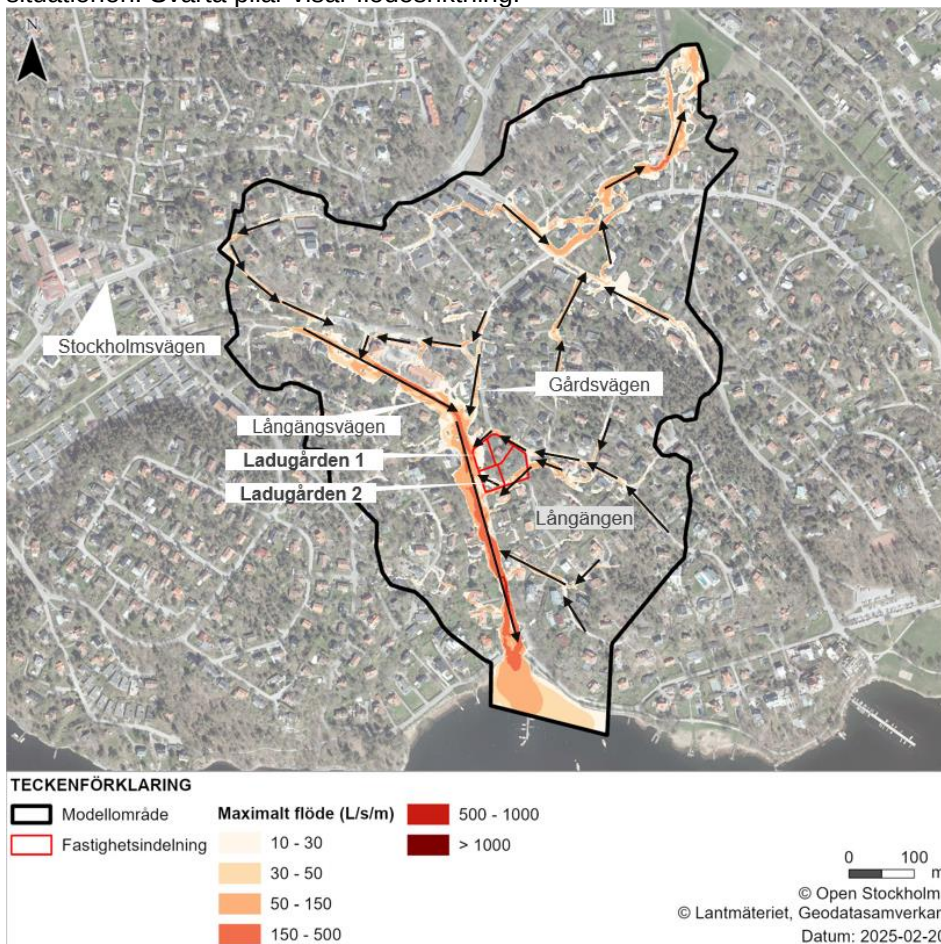
5 Referenser

- Länsstyrelsen. (2018). *Länsstyrelsen i Stockholms län och Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall - stöd i fysisk planering. Takta 2018:15.*
- MSB. (2023). *Metod för skyfallskartering av tätorter*. MSB.
- SMHI. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat, Klimatologi Nr 47.* SMHI.
- Sweco. (2023). *Karaktäristiska vattenstånd i dagens och framtidens klimat Lilla Värtan.*
- Trafikförvaltningen. (2024). *Vägledning för att hantera klimatrisker och åtgärder i bygg- och anläggning.*

Bilaga

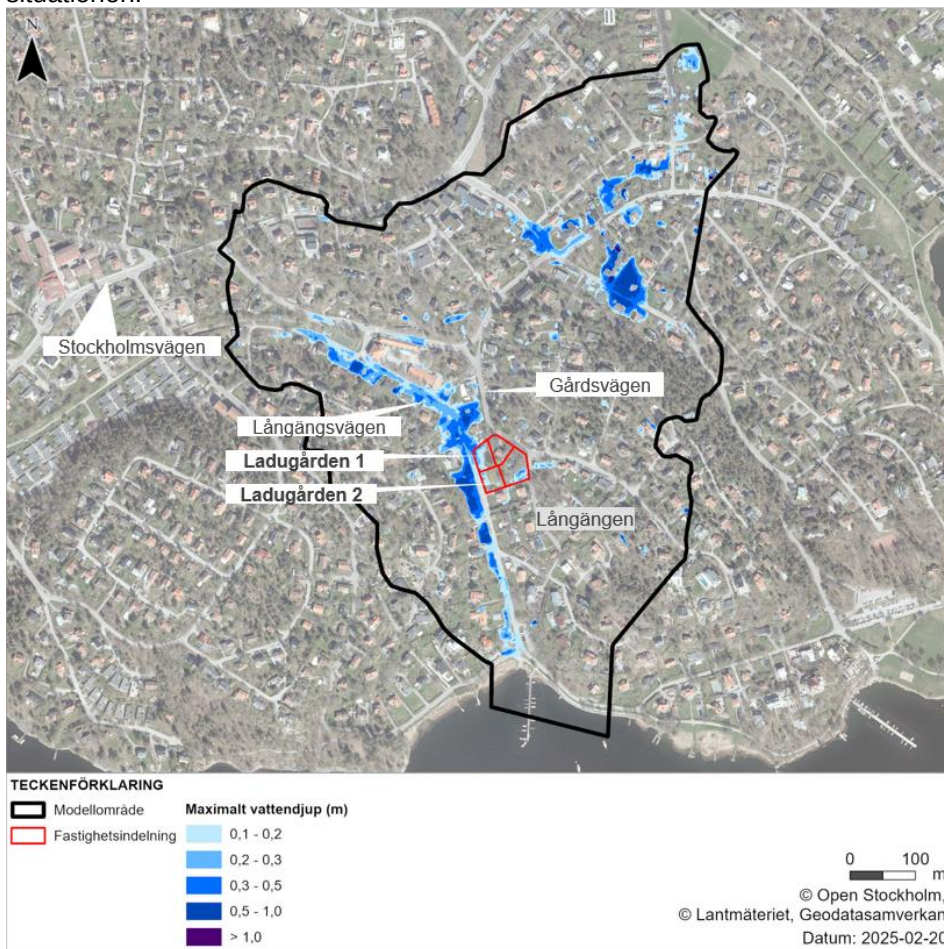
Översiktsskartor

Figur 1 Figur 1 visar maximalt flöde i avrinningsområdet i den befintliga situationen. Svarta pilar visar flödesriktning.



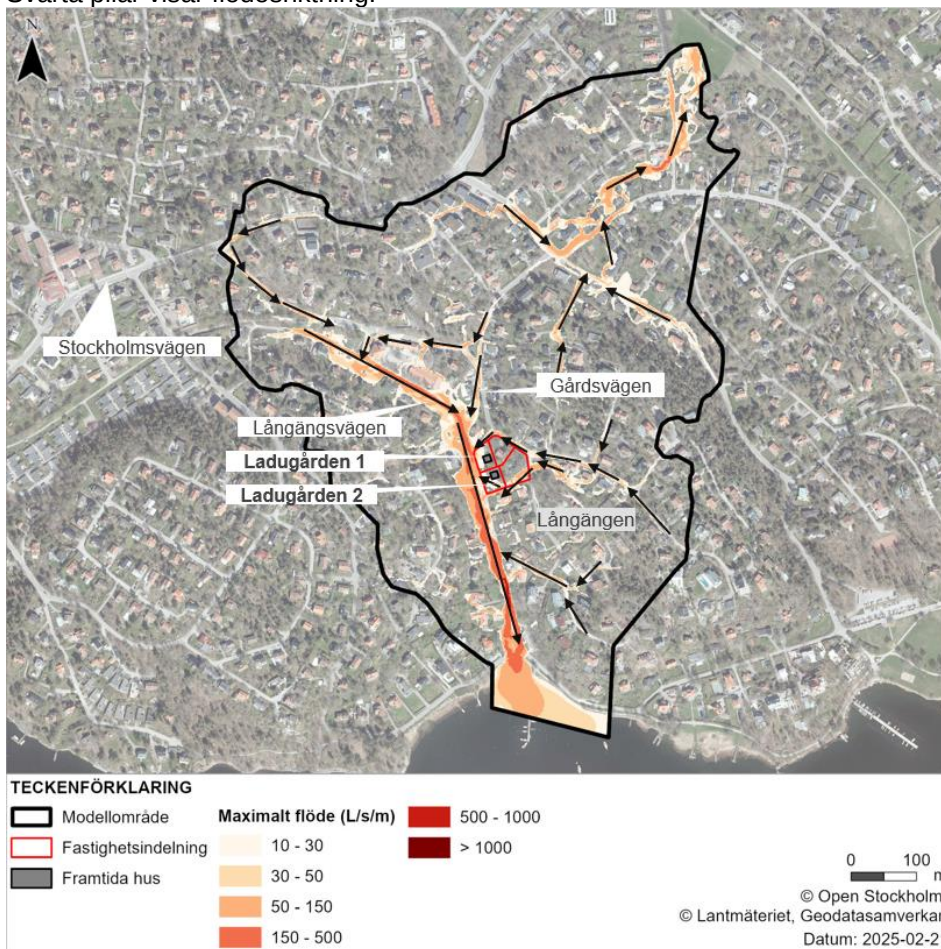
Figur 1. Översiktsskarta som visar maximalt flöde i den befintliga situationen.

Figur 2 visar maximalt vattendjup i avrinningsområdet i den befintliga situationen.



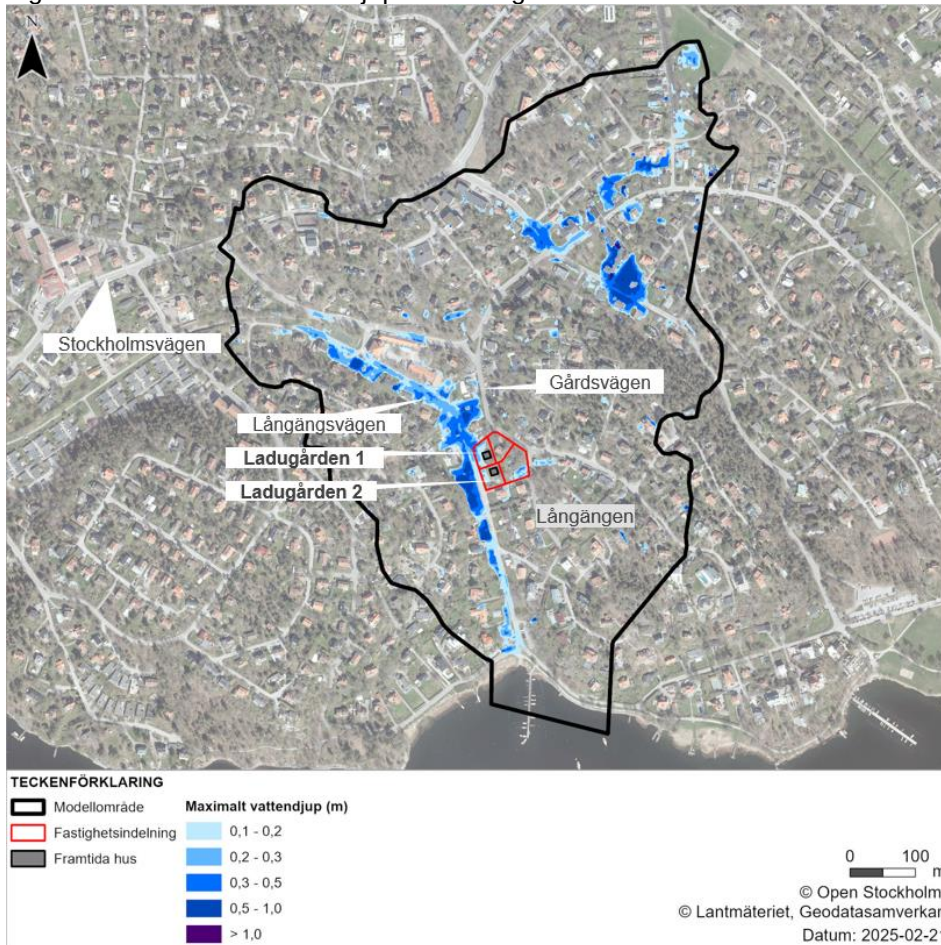
Figur 2. Översiktskarta som visar maximalt vattendjup i den befintliga situationen. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 3 visar maximalt flöde i avrinningsområdet i den framtida situationen. Svarta pilar visar flödesriktning.



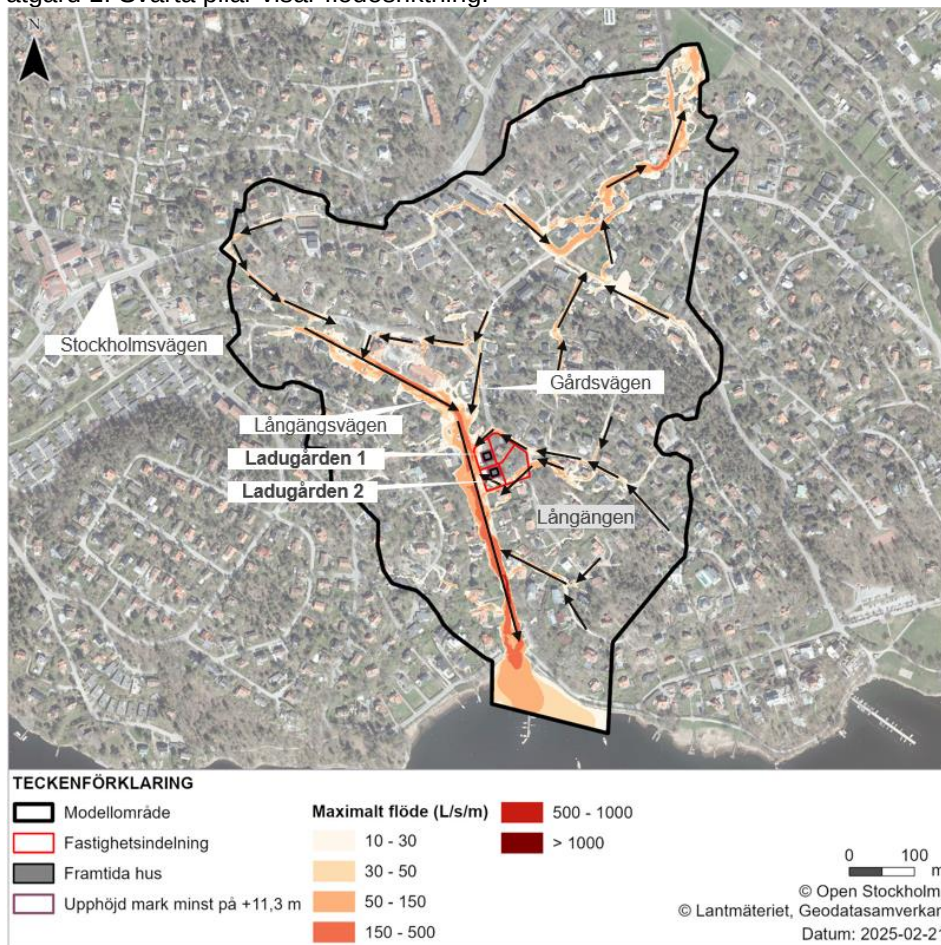
Figur 3. Översiktskarta som visar maximalt flöde i den framtida situationen.

Figur 4 visar maximalt vattendjup i avrinningsområdet i den framtida situationen.



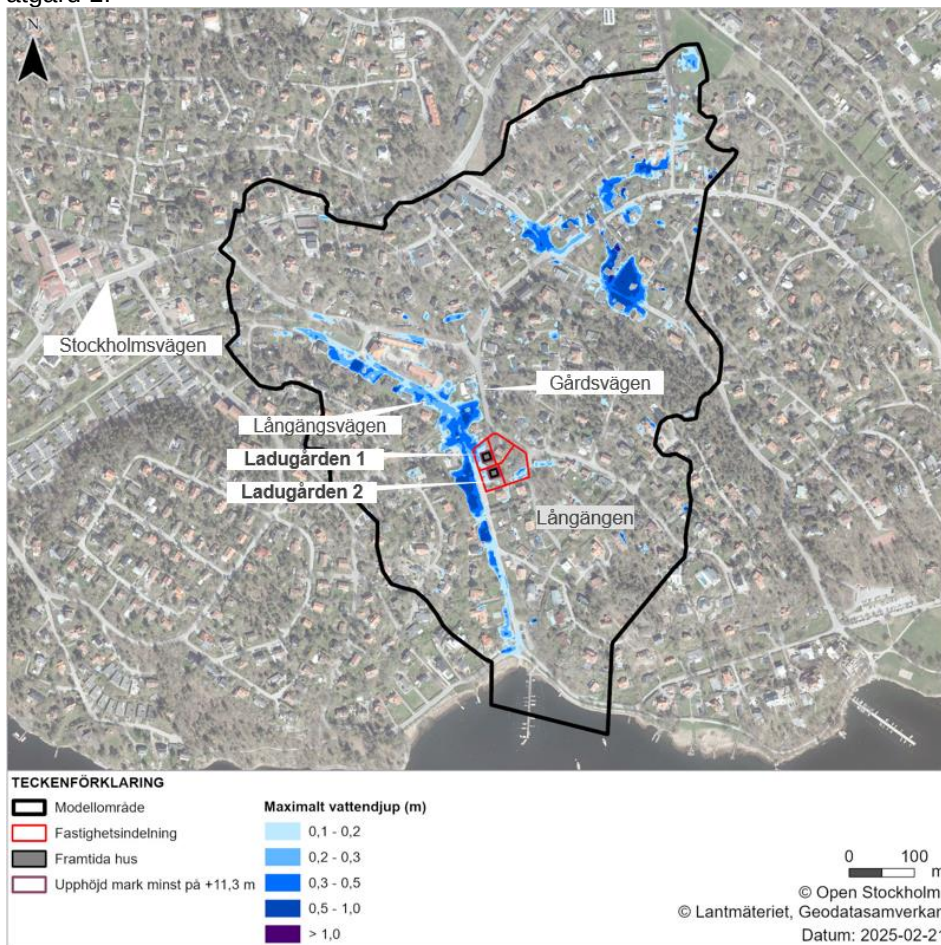
Figur 4. Översiktskarta som visar maximalt vattendjup i den framtida situationen. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 5 visar maximalt flöde i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 1. Svarta pilar visar flödesriktning.



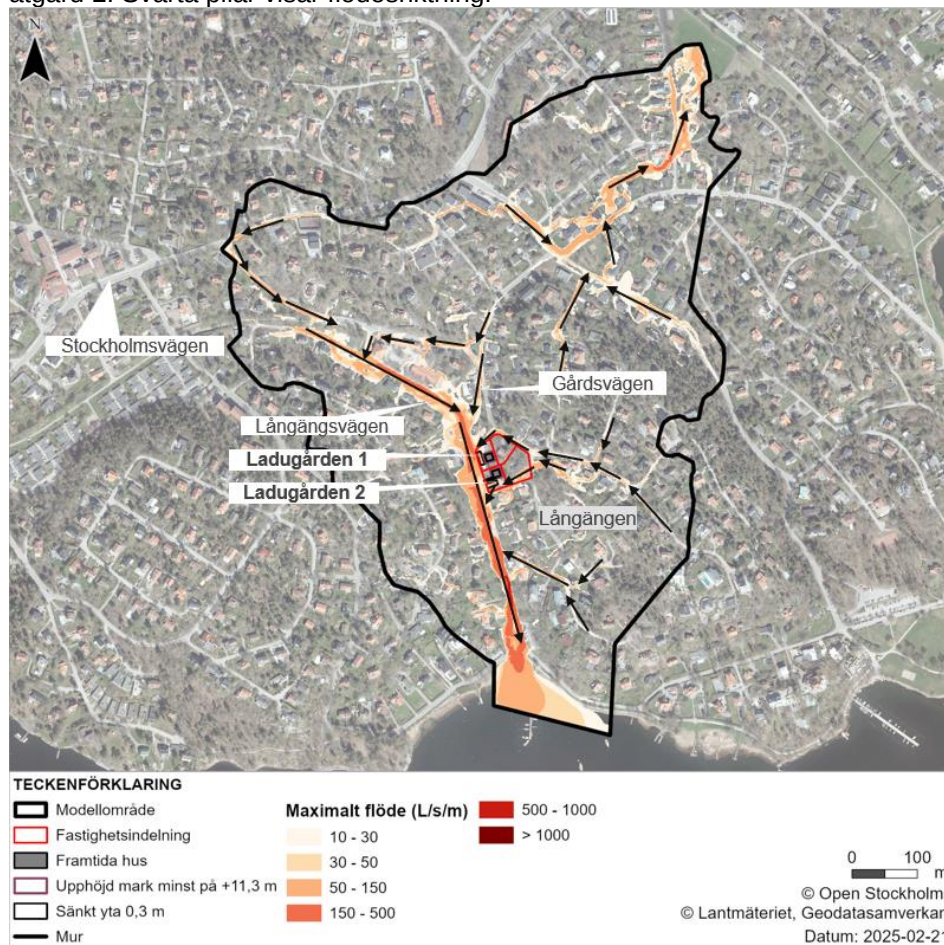
Figur 5. Översiktskarta som visar maximalt flöde i den framtida situationen åtgärd 1.

Figur 6 visar maximalt vattendjup i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 1.



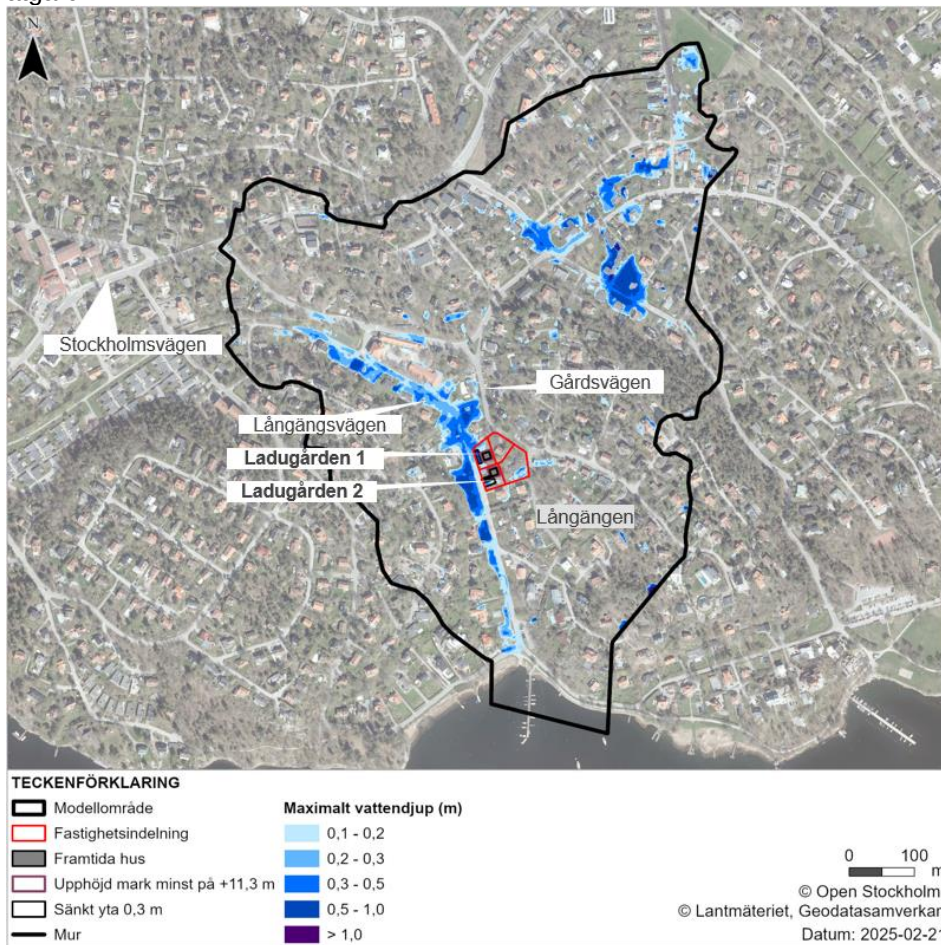
Figur 6. Översiktskarta som visar maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 1. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 7 visar maximalt flöde i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 2. Svarta pilar visar flödesriktning.



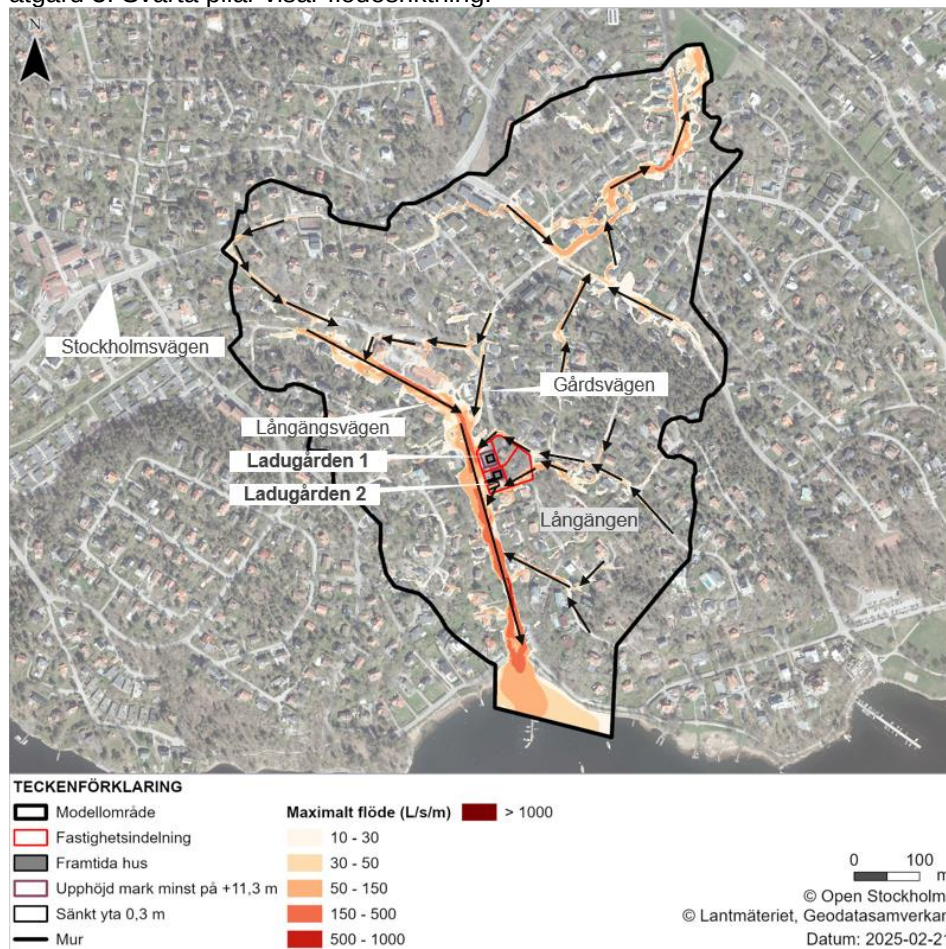
Figur 7.Översiktskarta som visar maximalt flöde i den framtida situationen åtgärd 2.

Figur 8 visar maximalt vattendjup i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 2.



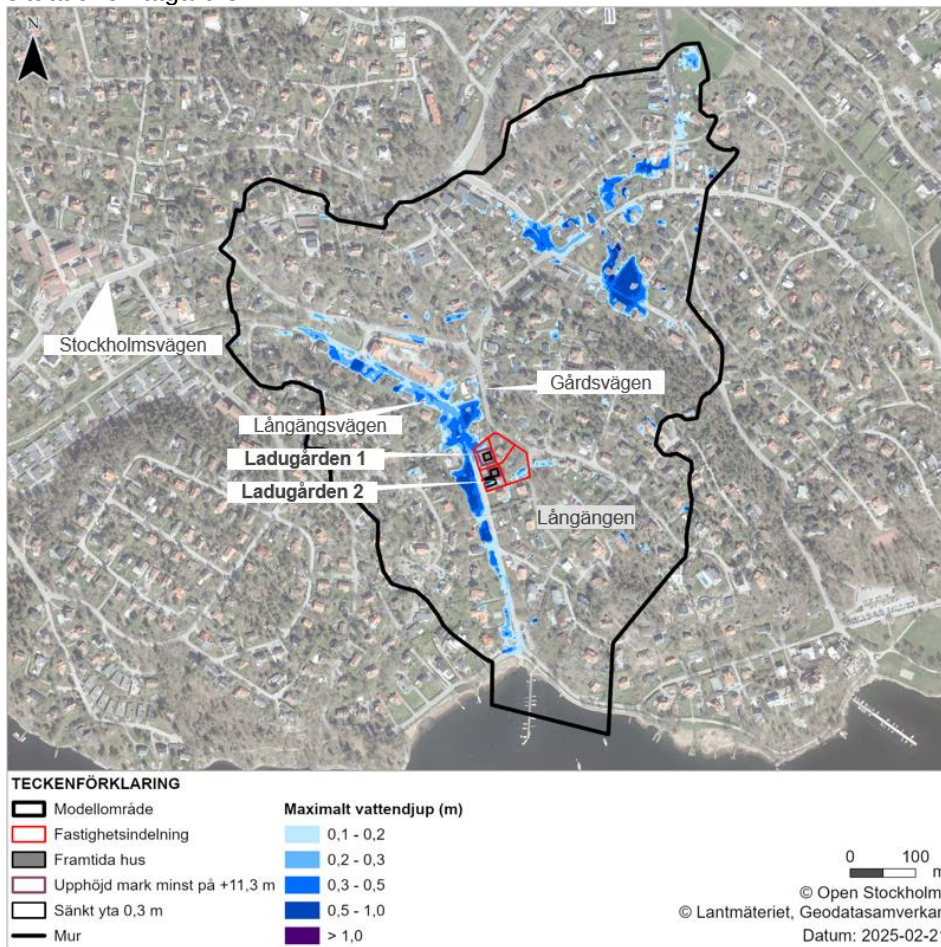
Figur 8.Översiktskarta som visar maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 2. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.

Figur 9 visar maximalt flöde i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 3. Svarta pilar visar flödesriktning.



Figur 9. Översiktskarta som visar maximalt flöde i den framtida situationen åtgärd 3.

Figur 10 visar maximalt vattendjup i avrinningsområdet i den framtida situationen åtgärd 3.



Figur 10. Översiktskarta som visar maximalt vattendjup i den framtida situationen åtgärd 3. Figuren visar vattendjup som är större än 0,1 m.