



Varbergs Kommun

Översvämningssutredning Apelviken

Göteborg 2023-11-07

Översvämningsutredning Apelviken

Datum 2023-11-07
Uppdragsnummer 1320067452

Nick Gohblit
Uppdragsledare

Vibeke Johansson
Handläggare

Robert Elfving
Granskare

Ramboll Sweden AB
Box 5343, Vädursgatan 6
402 27 Göteborg

Telefon 010-615 60 00
Fax
www.ramboll.se

Unr Organisationsnummer 556133-0506

Sammanfattning

Varbergs kommun planerar i samarbete med Trafikverket utvecklingen av en ny tågtunnel under staden. I samband med det ska den tidigare rälsen och banvallen tas bort. Ramboll Sweden AB har fått i uppdrag av Varbergs kommun att utreda hur banvallen påverkar utbredningen av översvämningar vid högvatten och skyfall i området vid Apelviken.

I utredningen undersöks sex olika scenarion, tre med och tre utan banvall längs Apelviken. Simuleringar görs i programmet MIKE+ och resultatet har bearbetats i Scalgo Live. Åren som undersöks är nutid, 2023 och framtida situation vid 2150. För nulägesanalysen har uppmättavärden legat till grund för den medelhavsnivå och skyfallsmängd som undersökts. Vid undersökning av framsida situation måste klimatförändringar tas i beaktning. Framtida medelvattennivå i havet och nivå för en 200-års högvattenhändelse år 2015 har baserats på ICCP klimatscenario RCP8.5 och beräkningar från SMHI. RCP8.5 innebär att utsläppen av växthusgaser beräknas fortsätta fram till år 2100 innan trenden vänder.

Vidare visar resultatet att banvallen har en inverkan på både skyfallssituationen och högvattensituationen i området. Vid skyfall bromsar banvallen upp vattenflödet och vattenansamlingar skapas bakom vallen. Dessa ansamlingar finns kvar men får betydligt lägre vattennivåer i ett scenario när banvallen tas bort. Risken för skador på både människor och byggnader bedöms minska, pga. lägre vattennivåer inom bostadsområdena, i ett scenario utan banvall. Dock ökar vattennivåerna och flödet ut mot recipienten vilken påverkar nedströms områden, som idag är mest parkeringsytor, väg och strandområde. Åtgärder i form av styrd skyfallsavledning behöver övervägas för att hantera detta flöde ifall banvallen tas bort.

Vid dimensionerande högvattenhändelse har banvallen en viss skyddande effekt, dock mest för åkermark. En högvattenhändelse har dock större utbredning och konsekvenser för fler fastigheter än ett skyfall enligt denna utredning. Därtill har högvattenhändelser inte simulerats dynamiskt utan endast som en statisk vattennivå längs kustlinjen. Banvallens inbromsande effekt på vågor har därför inte tagits med.

Om banvallen ska fungera som ett översvämningsskydd behöver geotekniska utredningar genomföras för att säkerställa att den är tät, samt tillräckligt stabil för att stå emot ett ensidigt tryck från högvatten. Förstärkningsåtgärder kan komma att behövas.

Sammanfattningsvis uppstår översvämningssytematik vid alla studerade scenarion och överväganden behöver göras för att hitta en balans mellan tillräcklig avledning vid skyfall, och skydd mot höjda havsnivåer.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
2.	Förutsättningar	2
2.1	Klimatförändringar	2
2.1.1	Skyfall	2
2.1.2	Klimatscenarier RCP – Högvatten	2
2.2	Vattennivå i hav.....	3
2.2.1	År 2023	4
2.2.2	År 2150	4
2.3	Underlag och tidigare utredningar	5
2.4	Utredningsområdet: Avrinning, Geologi, terräng	5
2.5	Koordinat- och höjdsystem.....	8
2.6	Bedömning av risker och fara vid översvämning.....	8
3.	Modellbeskrivning	9
3.1	Simuleringar.....	9
3.2	Regn	9
3.3	Terrängmodell	10
3.3.1	Markråhet	13
3.3.2	Infiltration.....	13
3.4	Randvillkor	13
3.5	Scalgo Live.....	14
4.	Resultat och analys	15
4.1	År 2023, skyfall och medelhavsnivå.....	16
4.1.1	Medelhavsnivå för år 2023 och 100-års regn med banvall	16
4.1.2	Medelhavsnivå för år 2023 och 100-års regn utan banvall	17
4.1.3	Sammanfattning och skillnad mellan resultaten, skyfall 2023.....	17
4.2	År 2150, skyfall och medelhavsnivå.....	18
4.2.1	Medelhavsnivå för år 2150 och 100-års regn med banvall	18
4.2.2	Medelhavsnivå för år 2150 och 100-årsregn utan banvall	22
4.2.3	Sammanfattning och skillnad mellan resultaten, skyfall 2150.....	25
4.3	Klimatförändringarnas påverkan på skyfallssituationen. 2023 vs 2150	30
4.4	200 års högvattenhändelse år 2150, med och utan banvall	31
4.4.1	Havsnivåer då banvallen skyddar bakomliggande områden.....	34
4.4.2	Sammanfattning resultat högvatten 2150.....	36
5.	Felkällor	37

6.	Sammanfattning och slutsats	38
7.	Referenser	40

1. Inledning

Trafikverkets projekt *Varbergstunneln* är ett projekt som innebär byggnation av dubbelspårig järnväg genom Varberg som förläggs i en tunnel under staden. Projektet är igång och trafikstart är planerad i juli 2025. När tågen trafikerar tunneln, kommer det befintliga järnvägsspåret från nuvarande järnvägsstation och söderut mot Hamra att tas bort. I det arbetet tas även banvallen bort på stora delar av sträckan. Detta enligt tidigare avtal mellan Varbergs kommun och Trafikverket. Ramboll Sweden AB har fått i uppdrag att utreda följderna av att ta bort banvallen vid Apelviken söder om stan vid ett antal olika scenarion. Uppdraget innebär att identifiera konsekvenser utifrån skyfall, stigande havsnivåer och extremväder vid borttagande av banvallen genom Apelviken i Varberg. Utredningen ska sedan arbetas in i styrande dokument.

2. Förutsättningar

Uppdraget innebär redovisning av vilka konsekvenser som uppstår vid borttagande av banvallen med avseende på skyfall och högvattenhändelser. Två olika orsaker till översvämning studeras i detta PM, närmare bestämt skyfall och högvatten. Höga flöden i närliggande vattendrag studeras ej då det inte förekommer några större sådana i området.

Högvatten

- Orsakas av lågtryck och hur de rör sig (hastighet och riktning)
- Varar som längst ca 1–2 dygn men kan även inträffa under några timmar
- Inträffar sannolikt på vinterhalvåret

Skyfall

- Kraftig nederbörd som ej dagvattensystem kan hantera
- Inträffar sannolikt på sommaren

Då skyfall främst sker på sommarhalvåret och högvatten på vintern anses sannolikheten att det ska inträffa samtidigt som låg.

Översvämningar kan medföra skador på bland annat bostäder, vägar och samhällsviktiga verksamheter. Förutom skador kan de orsaka problem för framkomligheten och tillgängligheten till områden eller byggnader. Vid höga vattennivåer och/eller flöden i ledningsnätet kan avloppsvatten dämna upp i källare, eller orsaka bräddning av avlopp som bidrar till en ökad spridning av föroreningar.

2.1 Klimatförändringar

Framtida klimatförändringar beräknas både ge upphov till höjda havsnivåer och intensivare regn vilket i sin tur kan öka frekvensen av översvämningar längs kuster och i vattendrag.

2.1.1 Skyfall

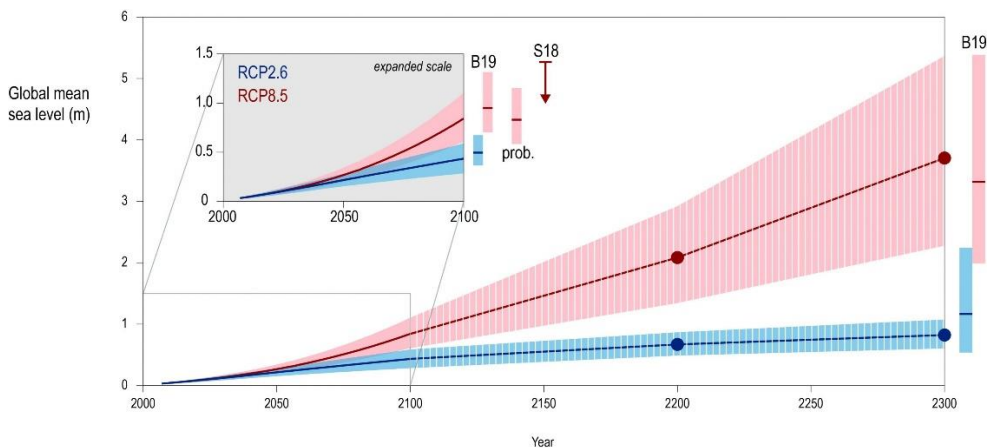
Med skyfall menas stora mängder nederbörd på kort tid. Vid skyfall går de dagvattenanläggningar och ledningar fulla vilket gör att vatten rinner ytligt mot lägre höjder. Vid simulering av framtida skyfallsscenarioer appliceras en klimatfaktor på 1,3 för ett 100-årsregn. Samma klimatfaktor har kommunen tidigare använt i sin utredning *Översvämningrisker till följd av ett förändrat klimat från 2022*.

2.1.2 Klimatscenarier RCP – Högvatten

Högvatten är en term som används för att beskriva situationer då vattenståndet i ett vattendrag, såsom en flod eller havsvik, är högre relativt medelvattenståndet. Detta kan orsakas av olika faktorer, inklusive intensiva regn, snösmältning, höga vattenflöden i vattendraget och översvämningar. Högvatten kan orsaka skador på byggnader och infrastruktur som finns i närheten av vattenförekomsten och kan också innebära risker för människor som bor eller rör sig i området. Det är därför

viktigt att ta hänsyn till högvatten och förebygga och hantera dess effekter på ett säkert sätt.

FN:s klimatpanel (IPCC) har tagit fram fyra olika klimatscenarior (RCP) för att beräkna framtida klimatförändringar. RCP-scenarierna betecknas med siffror som anger den strålningsdrivning de olika utvecklingsvägarna ger upphov till år 2100. På en skala från bästa till värsta situation är: RCP2,6, RCP4,5, RCP6 och RCP8.5. Dessa beror på framtida strålningsdrivning, dvs skillnaden i energi som träffar jorden ifrån solen jämfört med den energi som jorden strålar tillbaka ut (enhet W/m²) (SMHI, 2023). Enligt anvisning från beställare inför denna utredning baseras studerade framtida händelser på klimatscenariot RCP 8,5.



Figur 1 Förväntade havsnivåer enligt IPCC gällande klimatscenario RCP 8.5 (röd) och RCP 2,5 (blå) (IPCC, 2019)

IPCC rekommenderar att övre värdet dvs. 83 percentilen nyttjas vid planering av objekt med livslängd som sträcker sig efter 2100 (IPCC, 2019).

2.2

Vattennivå i hav

De nivåer som används i modelleringen har sammanfattats i Tabell 1. Nivåerna är beräknade enligt avsnitt 2.1.2 och 2.2.2. För dagens klimat beräknas 200-årsnivån till +1,69 och för framtida klimat med tidshorisont 2150 beräknas samma 200-årsnivå till +3,64 i RH 2000.

Tabell 1 Vattennivåer i hav, nutida, framtida och vid 200-års händelser

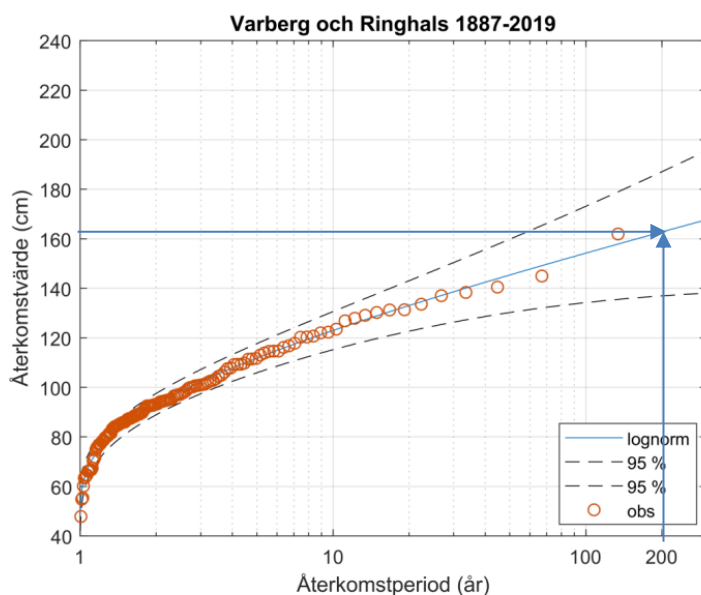
År	2023	2150
Medelvattennivå - uppmätt	+0,06	
Medelvattenstånd RCP 8.5 - median		+1,09
Medelvattenstånd RCP 8.5 - 83:e percentil		+1,72
200-årshändelse enligt uppmätta och observerade händelser	+1,69	
200-årshändelse RCP8.5 – 83:e percentilen		+3,64

2.2.1

År 2023

Vid simulering av nuvarande situation baseras havsnivåer på uppmätta värden. SMHI anger att medelvattenståndet i Varbergs kommun uppgår till +0,06 i RH2000-systemet (SMHI, 2023).

Högvatten beräknas relativt medelvattenstånd. Återkomstvärdet för att utvärdera dagens högvattensituation fastställs till 163 cm över medelvattenståndet med en sannolikhet på 1/200 (Sweco, 2020). se Figur 2.



Figur 4. Beräknade återkomstvärden vid olika återkomsttider (blå) baserat på data från Varberg och Ringhals för perioden 1887-2019. Streckade linjer anger ett 95 procentigt konfidensintervall. Cirklarna visar observerade årsmax. Återkomstvärdena anges relativt medelvattenståndet.

Figur 2 Återkomstvärden för olika återkomsttider vid Varberg och Ringhals (Sweco, 2020)

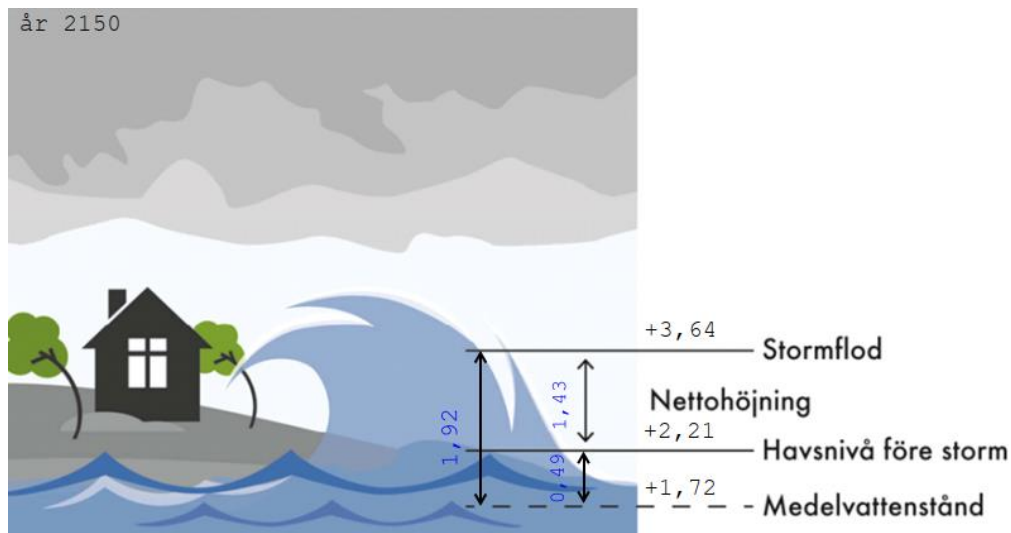
2.2.2

År 2150

Vid simulering av framtida scenarier används beräknade vattennivåer baserad på RCP8.5. I detta fall innebär det att studerad havsnivå ligger på +3,64 för framtida scenario. Medelvattennivån kan enligt (SMHI, 2023) vid RCP8.5 vara +1,72 (83:e percentilen) vid år 2150 i Varberg. Detta i kombination med nivån för högsta beräknade havsvattenstånd för Varberg som beräknats till +1,92 (SMHI, 2017) resulterar den i ungefärliga nivå på +3,64 år 2150, se Figur 3.

För framtida klimat tas det även hänsyn till förväntad landhöjning. Landhöjning är en process där marken höjs relativt havsnivån på grund av forna istäcken har

smält och minskat vikten på marken som i sin tur höjs. I Varberg anses landhöjning vara konstant och uppgå till 0,25 cm/år (SMHI, 2023).



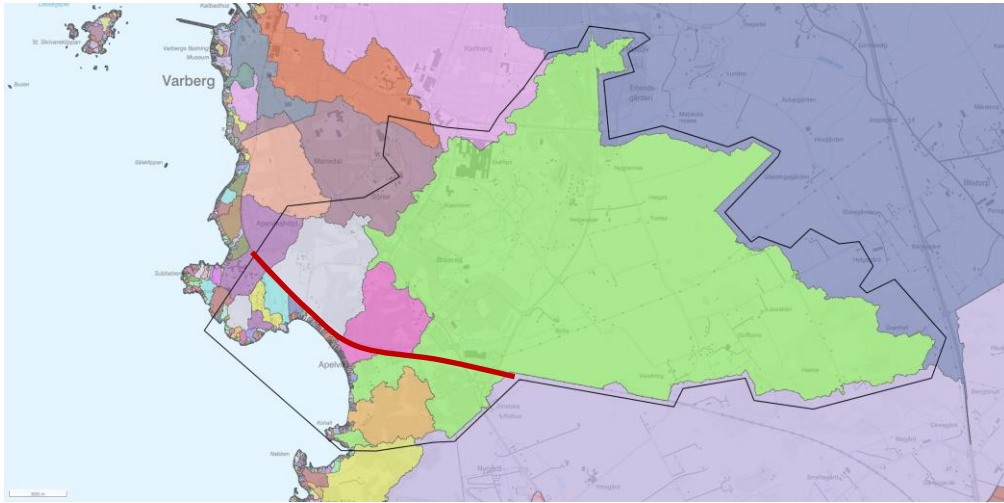
Figur 3 Havsnivåhöjning 2150 vid 200-årshändelse. Medelvattenstånd enligt RCP8.5 och 83:e percentilen. Källa bakgrundsbild: (SMHI, 2017)

2.3 Underlag och tidigare utredningar

- Shapefil med höjddata för järnvägsspår (punktmoln_mark_las erhållet 2023-06-27)
- Varbergs kommun, *Banvallen inom spårområdet i Varberg - SKYFALL OCH HAVSNIVÅHÖJNINGAR*. Marie Månsson, 2023-04-19
- Lantmäteriets höjddata 2023-07-07 via Scalgo
- Inmätt kulvert från Varbergs kommun (underväg.dwg) 2023-09-14

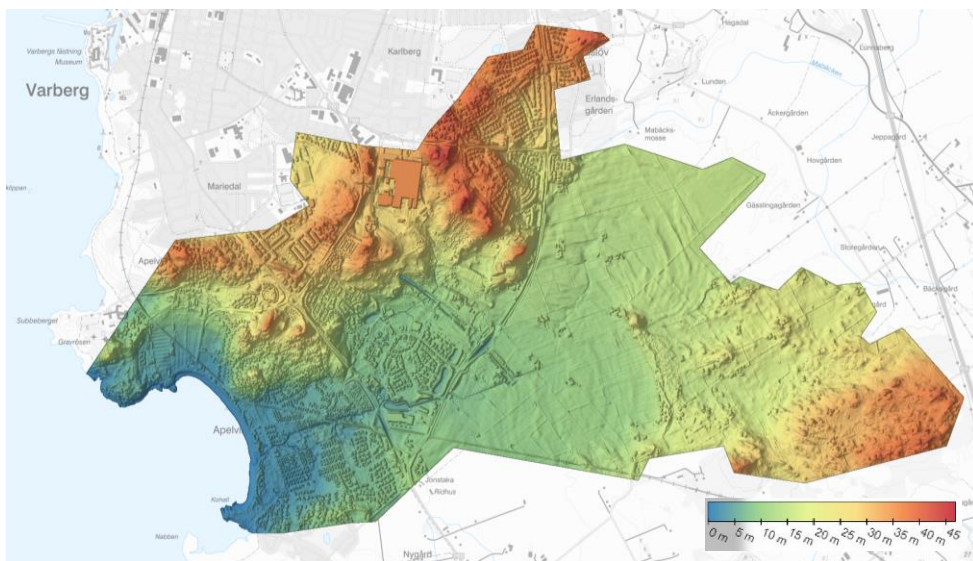
2.4 Utredningsområdet: Avrinning, Geologi, terräng

Utredningsområdet för modellen har begränsats till de avrinningsområden som rinner ut i Apelviken samt Vrångabäckens avrinningsområde för att analysera konsekvenserna av skyfall. I Figur 4 visas området. Mindre avrinningsområden med utlopp i Apelviken har också inkluderats med en säkerhetsmarginal för att säkerställa att hela området som påverkar och påverkas har inkluderats. Avrinningsområdet sträcker sig ca 5,3 km inåt land ifrån Apelviken och är som bredast ca 3 km. Totalt 12,7 km², (1271 ha) (Scalgo, 2023)



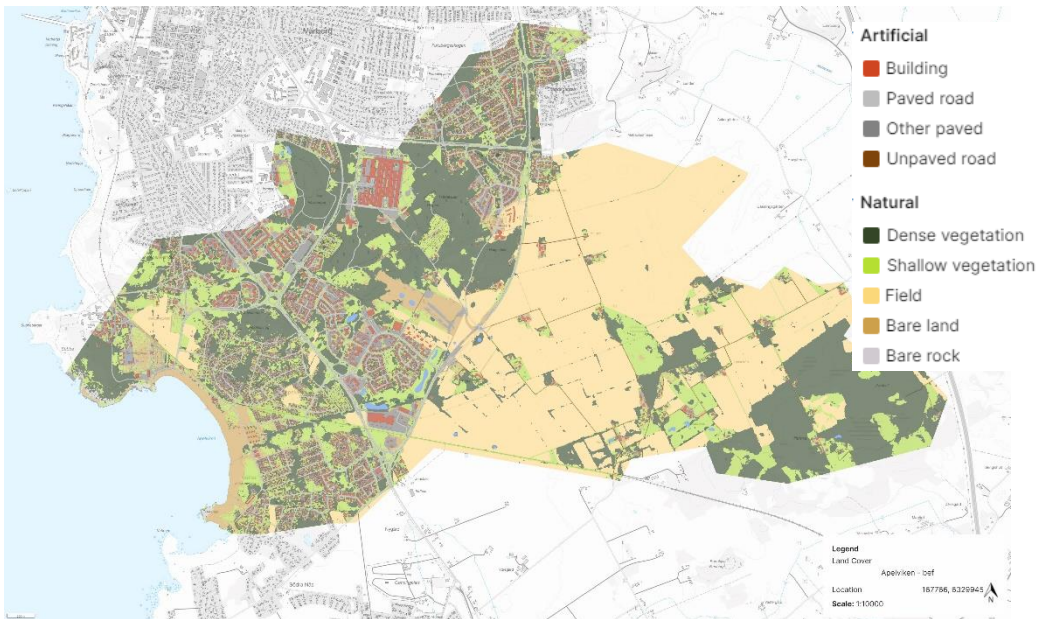
Figur 4 Avrinningsområden markerade med olika färg. Område som tas med i modell ligger innanför svart linje. Grönt område tillhör Vrångabäcken. Banvallens ungefärliga placering visas med röd linje (Scalgo, 2023)

Inom utredningsområdet varierar höjden från +0 m vid kusten till +40 i norra och östra delarna längre inåt land. Detta illustreras i Figur 5.



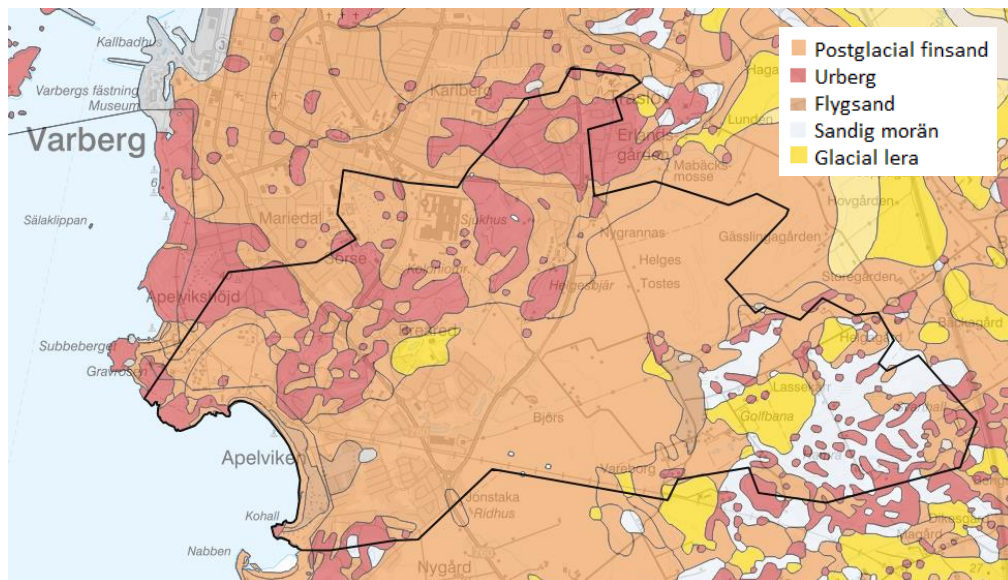
Figur 5 Höjdmmodell över området runt Apelviken som avrinner mot bukten

I Figur 6 visas en generell uppdelning av markanvändningen. De östra delarna består till stor del av jordbruksmark medan de västra har mer bebyggelse.



Figur 6 Generell markanvändning i området

Geologin visas i Figur 7. Området består till största del av postglacial finsand (orange). I norra delarna av utredningsområdet finns urberg (röd) och närmast kusten finns ett område med flygsand (orange-grå). I de östra delarna finns områden med sandig morän (ljusblå) och glacial lera (gul) (Sveriges Geologiska Undersökning, 2023)



Figur 7 Generell geologi (SGU vis Scalgo 2023-08-29)

2.5 Koordinat- och höjdsystem

Koordinatsystem SWEREF99 12 00 och höjdsystem RH2000 används i utredningen.

2.6 Bedömning av risker och fara vid översvämning

För att få en ungefärlig uppfattning om konsekvenser vid olika översvämningsdjup kan djupintervallen i Tabell 2 användas. Värdena i tabellen är en sammanställning av flera studier (MSB, 2014; VTI, 2019; DHI, 2014; COWI, 2016) och flera av dessa hänvisar till att skador redan uppkommer vid 0,2 m översvämningsdjup. Större vattendjup kan accepteras på vissa delar av gatan så länge det finns utrymningsvägar som inte är blockerade alternativt en del av gatusektionen med högst 0,2 m vattendjup som är tillräckligt bred för att räddningstjänstens fordon ska kunna ta sig fram.

Tabell 2 Tolkning av översvämnings djupintervall och olägenheter/skador, (MSB 2014, VTI 2019, DHI 2014, COWI 2016).

Djupintervall (m)	Olägenheter/skador
0 - 0,1	Liten/ringa sannolikhet för olycka*
0,1 - 0,2	Besvärande framkomlighet för personbilar (polis- och ambulansbilar) Viss risk för funktionsnedsatta Liten/ringa sannolikhet olycka för barn
0,2 - 0,5	Ej möjligt att ta sig fram med personbil så som polis- och ambulansbil, men större räddningsfordon såsom brandbil kan passera Påtaglig risk för olycka
> 0,5	Stor risk för olycka för barn Hög sannolikhet för olycka för vuxen Stora materiella skador

*Vid mycket höga vattenhastigheter kan även vattendjup under 0,1 m ge upphov till skador men då man saknar kännedom om gränsvärden bortser man från det i den utförda utredningen

3. Modellbeskrivning

I detta avsnitt beskrivs uppbyggnaden av högvatten- och skyfallsmodellerna. Två hydrodynamiska modeller har byggts upp i DHI:s mjukvaruprogram MIKE+ (2023). Modellerna är inte tvåvägskopplade vilket innebär att de endast tar hänsyn till den ytliga markavrinningen och inte den del av avrinningen som planeras avledas genom ledningsnät. Praxis är att man vid skyfall brukar bortse från eventuella ledningsnät för dagvatten då det bedöms gå fullt, vilket innebär att skyfallet kommer att ta sig ytlede och ställa sig i lågpunkter i naturen eller den urbana miljön. Därför har inget ledningsnät för dagvatten tagits hänsyn till i modell och inte heller eventuell uppdämning i sådant nät. MIKE+ är (förenklat) en sammanslagning av ett flertal modelleringsprogram, där ytavrinningsmodellen baseras på MIKE21.

3.1 Simuleringar

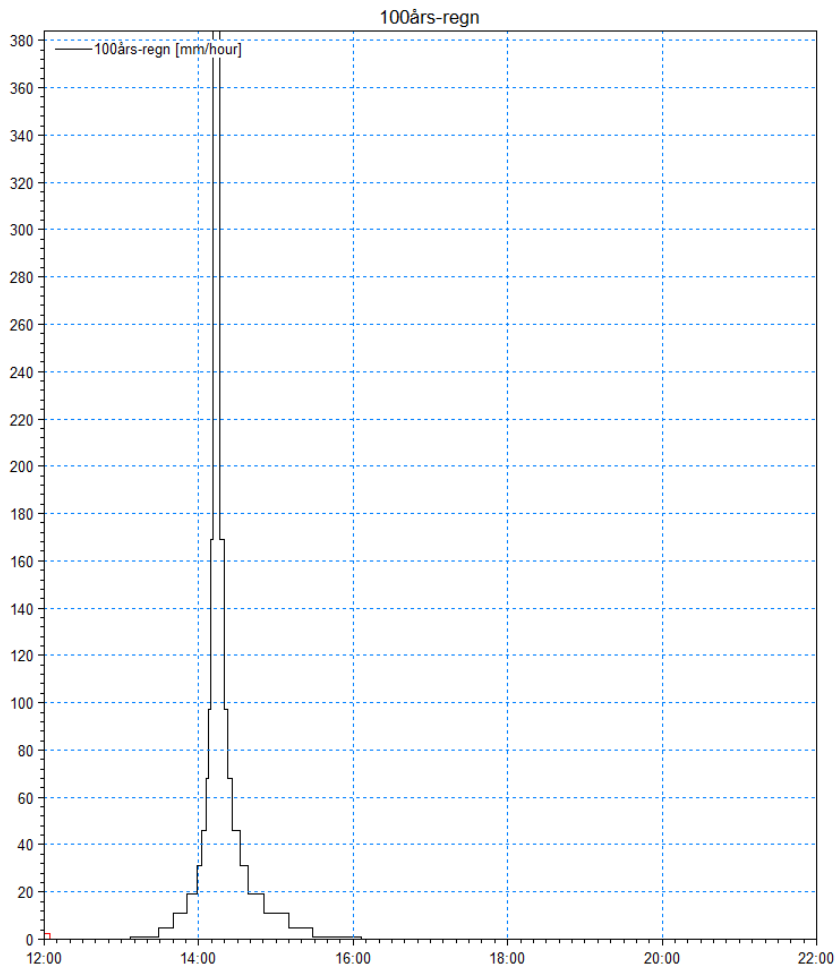
Modellerna för befintlig och framtida situation har simulerats med ett regn, med och utan banvall vilket innebär totalt sex olika scenarion, se Tabell 3.

Tabell 3 Modellerade scenarier

Scenario	År	Havsvattennivå	Regn	Markmodell
1	2023	Medel	100års	Med banvall
2	2023	Medel	100års	Utan banvall
3	2150	Medel	100års med K_f	Med banvall
4	2150	Medel	100års med K_f	Utan banvall
5	2150	200-års högvattenhändelse	-	Med banvall
6	2150	200-års högvattenhändelse	-	Utan banvall

3.2 Regn

Som indata för analysen har ett CDS-regn (Chicago Design Storm) används. Ett CDS-regn är uppbyggt av ett antal blockregn med samma återkomsttid som har varierande varaktighet (intensitet), se Figur 7. Regnet är symmetriskt fördelat kring ett intensitetsmaximum som antas inträffa i den tidigare delen av regnet. Fördelen med att använda ett CDS-regn i modelleringsarbetet är att regnet statistiskt sett innehåller intensitetsblock med alla varaktigheter upp till den tid som krävs för att alla delområden skall hinna rinna av och bidra med flödet i varje punkt i modellen. Därmed säkerställer man att rätt varaktighet på regnet använts för att få med maximal avrinning i varje sträcka i modellen (Svenskt Vatten AB, 2011). I denna utredning används regn som pågår drygt 2 h med en topp ca 40 minuter in, se Figur 7. Simuleringen fortsätter sedan så att den totalt pågår i 6 h för analys av hur vatten sjunker undan. Regnen som speglar år 2150 har anpassats för framtida klimatförändringar med klimatfaktor på 1.3. Ingen klimatfaktor har använts för befintlig situation år 2023. Då en del regn antas hanteras i ledningsnät har avdrag för 10 års blockregn gjorts.

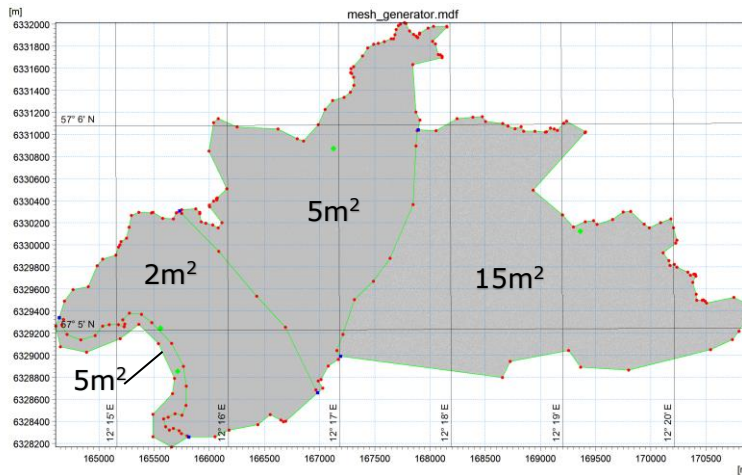


Figur 8 Anpassat 100-års regn ($K_r=1.3$)

3.3

Terrängmodell

Terrängmodellen bygger på lantmäteriets mätdata med en upplösning på 1x1 m. Modellerna har simulerats med ett flexibelt beräkningsrutnät där rutnätet har olika stor detaljeringsgrad beroende på vilken del av området. Storleken på detta rutnät bestäms av ett maxvärde inom varje delområde. Närmast kusten har dessa beräkningstrianglar en maxarea på 2 m², vid bostadsområdet och över havet 5 m² medan åkermarken i öster beräknas med triangulering på max 15 m². Trianguleringens area är emellertid ofta mindre än maxvärdet. Områdena illustreras i Figur 9. Beräkningsnätets noggrannhet delas upp på detta vis eftersom kustområdet är mest intressant i denna fråga samt att det är inom kust och bostadsområdena det sker mest förändring per ytenhet. En åker å andra sidan är relativt platt med inte mycket variationer inom varje delområde. Denna modifiering görs för att minska simuleringstiden för modellen.

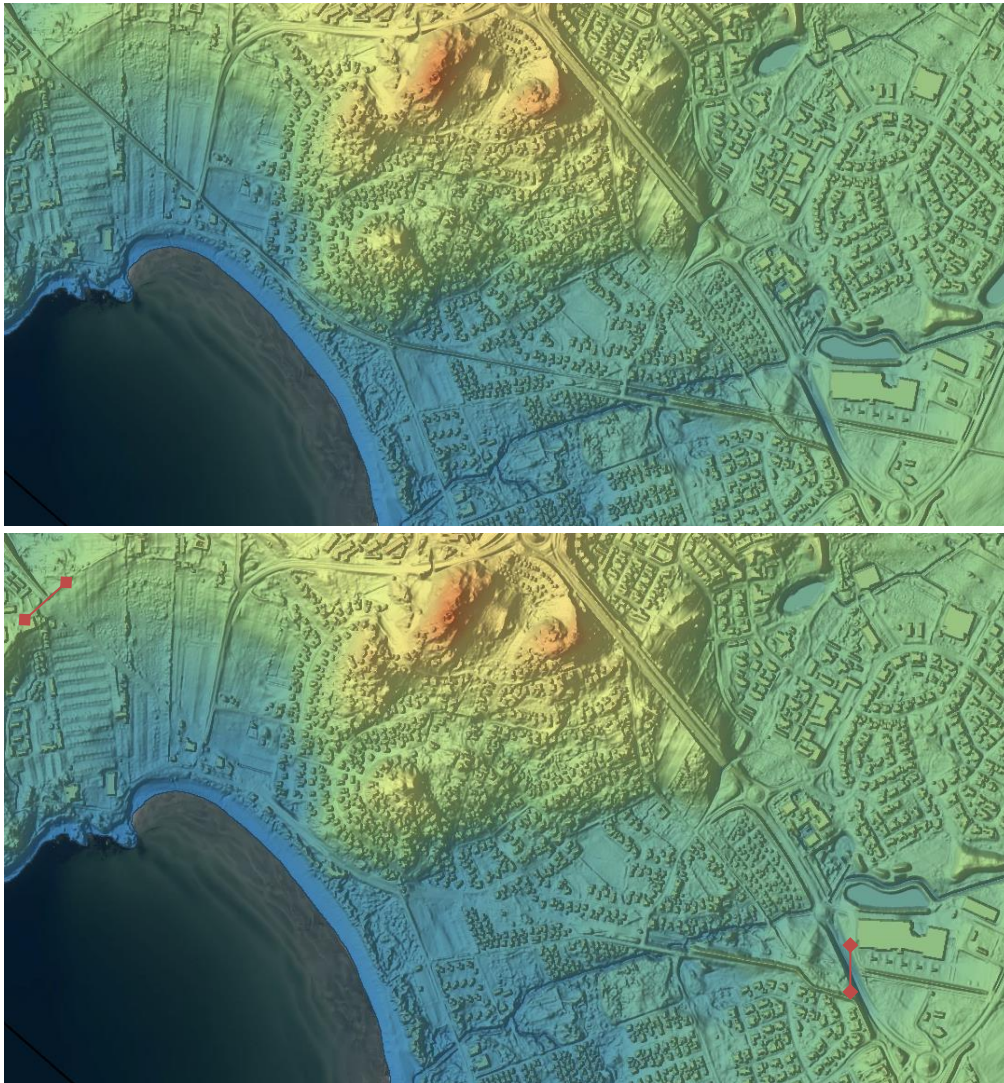


Figur 9 Mesh, beräkningsnätets noggrannhet

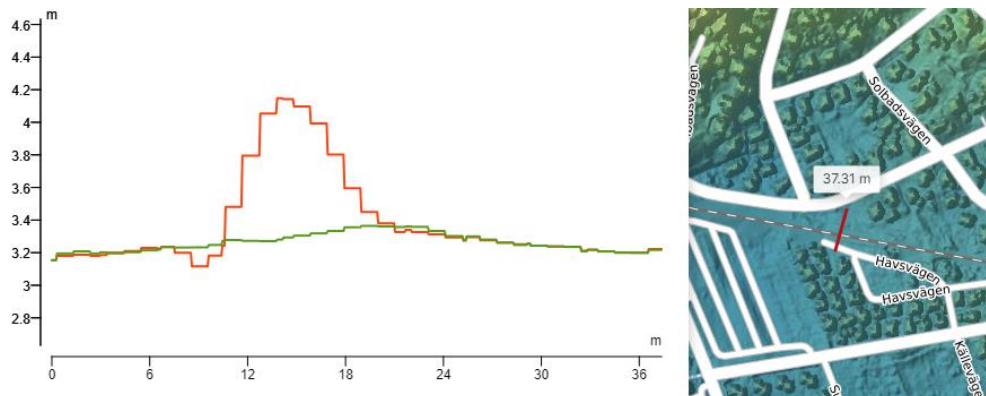
Antaganden har gjorts i terrängmodell:

- Ej tagit hänsyn till tekniska avrinningsområden, endast naturliga.
- Endast en inmätt kulvert har tagits med i modell. Inga övriga kulvertar eller privata ledningar tas hänsyn till i modell (enligt mejl från Varberg 2023-06-27)
- Broar och kulvertar för Vrångabäcken är inlagda i modellen som ledningar. Dimensionerna på dessa har antagits utifrån rimlighetsperspektiv. Vid in- och utlopp har terrängen anpassats (jämnats till) för att stabilisera modellen.
- Byggnader beskrivs som 2 m höga generellt. Detta för att stabilisera modellen.
- Banvall har tagits bort men där den sammanfallit med vägar/överfarter så har den behållits, ex vid Apelviksleden.
- I de modeller där banvallen är med är den ej genomsläpplig.
- Eventuella diken som tillhör järnväg har också tagits bort då allt jämnats ut.
- Ingen annan förändring av markanvändning antas. Endast förändring i banvall. Exempelvis ej mer hårdgjorda ytor eller bebyggelse.

I Figur 10 illustreras hur befintlig banvall jämnats ut med omkringliggande mark samt inom vilket område detta gjorts. En tvärsektion med och utan banvall kan ses i Figur 11.



Figur 10 Övre bilden: Befintlig terräng och banvall. Nedre bilden: Terrängmodell där banvallen utjämnad till nivå med omgivande mark mellan markeringar. Resterande mark är oförändrad jämfört med befintlig. (Scalgo, 2023)



Figur 11 Tvärsektion med och utan banvall. Röd linje visar befintlig mark och grön visar mark där banvallen jämnats ut med intilliggande mark. Rött streck i kartbild till höger visar tvärsektionens sträckning i plan.

3.3.1 Markråhet

Markråheten har beskrivits med en rasterfil med Mannings tal. Rasterfilen är hämtad från SCALGO Lives markkategorikartering och har anpassats. De markkategorierna som använts är naturmark, hårdgjorda ytor, tak och vattenytor. Fördelningen av dessa kan ses i Figur 6. I Tabell 5 redovisas Mannings tal för respektive markkategori som applicerats i modell.

Tabell 5. Mannings tal (baserat på Chow 1959).

Markkategori	Mannings tal [$m^{(1/3)}/s$]
Naturmark	15
Berg i dagen eller grusvägar	50
Hårdgjorda ytor (utöver tak)	63
Tak	67
Vattenyta	40

3.3.2 Infiltration

Planområdet och områden med avrinning till och från planområdet består enligt SGU:s jordartskarta huvudsakligen av postglacial finsand. Postglacial finsand har hög genomsläpplighet. För ytvattenmodellerna har dock inga justering gjorts för eftersom infiltration anses försumbar vid ett skyfallsscenario. Det finns även stora osäkerheter i att simulera infiltration, och att inte räkna med infiltration får anses representera ett värsta scenario.

3.4 Randvillkor

Randvillkor har antagits längs modellens kanter som gränsar till annat land, dvs ej kustlinjen. Det innebär att det vatten som flödar mot modellens kanter rinner ej ut ur modellen. Detta randvillkor har använts eftersom området har avgränsats till de

avrinningsområde som antagits rinner ut i Apelviken. Viss generalisering har gjorts längs områdets kanter. Längs kustlinjen har havsnivå beskrivits som konstant samt att vatten kan flöda ut ur modellen här. Vilken nivå beror på vilken simulering. Simuleringar enligt Tabell 3 och havsnivåer enligt Tabell 1.

3.5

Scalگو Live

Resultaten från simulering i MIKE+ läggs sedan in i Scalگو Live för analys och redovisning. Bilder som redovisar resultat i denna utredning kommer ifrån Scalگو Live.

SCALGO Live används också för analys av framtida situationer och högvattensscenarier. Det vill säga i de scenarier då inget regn ska simuleras. SCALGO Live är ett program med möjlighet att utföra lågpunktskarteringar som visualiserar ytliga flödesvägar och utbredning av vatten längs kuster och kustnära vattendrag såsom Apelviken och Vrångabäcken. Programmet använder sig av både terrängdata och vattenvolymer vid identifiering av områden som riskerar att översvämmas vid en given vattenvolym, antingen regn eller nivå i havet. Baserat på antaganden om markförhållandena går det att få en uppskattning för utbredningen av vattnet.

4. Resultat och analys

I följande kapitel presenteras resultatet ifrån de olika scenarier som modellerats. Dessa jämförs med varandra och konsekvenserna av att behålla eller ta bort järnvägsvallen beskrivs. Ett antal olika platser och punkter som diskuteras i resultatet vilka är utplacerade i Figur 12.



Figur 12 Orientering av relevanta platser och gator

Då resultatet för framtida situation jämfört med befintlig (med/utan banvall) är relativt lik presenteras resultatet mer utförligt för år 2150. Detta eftersom situationen då är mer extrem med högre nivåer i havet och större regn vilket gör skillnaderna mellan att ha kvar eller ta bort banvall blir mer tydliga.

Området söder om Vrångabäcken och öster om Västkustvägen bedöms inte påverkas i någon större utsträckning av banvallen. Resultat därifrån presenteras därför mest översiktligt även om det kan noteras översvämningsproblematik även där.

4.1 År 2023, skyfall och medelhavsnivå

4.1.1 Medelhavsnivå för år 2023 och 100-års regn med banvall

I Figur 13 nedan visas resultatet från simulering av ett skyfall med intakt banvall och då havsnivån är +0,06. Regnet har simulerats utan klimatfaktor. Översvämningarna som illustreras i figuren visar värsta situationen beträffande vattendjup för detta scenario. Skyfallet bidrar till översvämningar på flertalet ställen och tre punkter som är kopplade till banvallen har identifierats, se Figur 13.



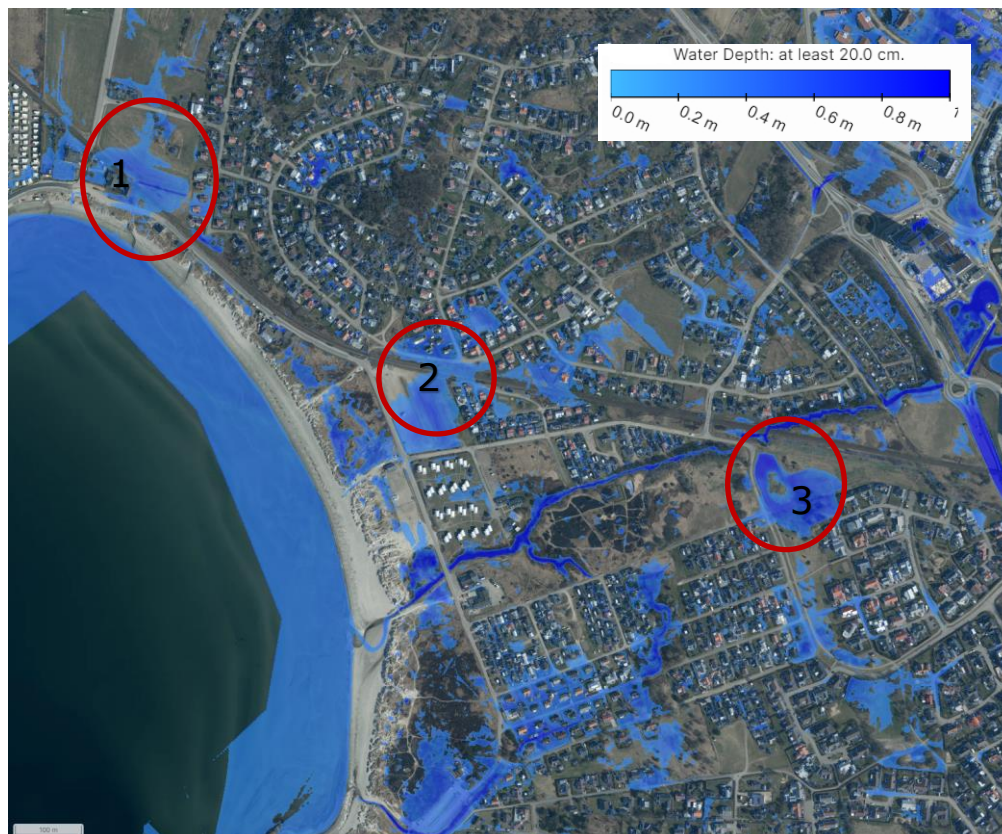
Figur 13 Största vattendjupen som uppstår vid ett skyfall 2023 med banvall och havsnivå är +0,06

Vid punkt nummer ett breder vattnet ut sig i en lågpunkt bakom banvallen. Främst åkermark drabbas men även en del fastigheter inne på Solviksvägen. Även vid punkt nummer två hindrar banvallen skyfallsvatten uppströms att rinna mot recipienten. Vatten samlas i lågpunkten och flertalet fastigheter på Solbadsvägen/Månskensvägen beräknas få problem med översvämningar. Här finns dock en inmätt dagvattentrumba under vallen vilken leder vatten vidare till badparkeringen och sedan recipienten. Punkt nummer tre ligger i anslutning banvallen och till Vrångabäcken. Vid denna punkt översvämmas en grönyta enligt resultatet i Figur 13. Öster om denna punkt ligger ytterligare en vall jämte järnvägsvallen. Denna sträcker sig från Vrångabäcken till Västkustvägen och har inte tagits bort i modellen då den inte antas tillhöra järnvägsområdet.

4.1.2

Medelhavsnivå för år 2023 och 100-års regn utan banvall

I Figur 14 nedan visas värsta översvämningssituationen för detta scenario. Havsnivån är satt till +0,06 och regnet har simulerats utan klimatfaktor i enlighet med Tabell 1. Skyfallet bidrar till översvämningar på flertalet ställen. Ett antal punkter kommer vid ett 100-årsregn ha problem med översvämningar och samma tre ställen som i avsnitt 4.1.1 ovan urskiljs som direkt påverkade av banvallen, se Figur 14.



Figur 14 Största vattendjupen som uppstår vid ett skyfall 2023 utan banvall och havsnivå är +0,06

4.1.3

Sammanfattning och skillnad mellan resultaten, skyfall 2023

I detta avsnitt jämförs resultatet ifrån simuleringar med och utan banvall för att tydligt visa vilka skillnader som uppstår. Skillnaden i utbredningen vid tidpunkten då det är värsta vattendjup illustreras i Figur 15 med blått (utan vall) och lila (med vall). Det är främst i punkt nummer 1 och 2 som skillnader mellan de olika scenarierna uppstår. Det är alltså i dessa punkter banvallen har mest inverkan på skyfallssituationen. I punkt nummer 3 finns en viss skillnad just längs banvallen men i helhet är den relativt lik i båda situationer. Denna punkt bedöms därför inte vara påverkad av banvallen i någon större utsträckning.



Figur 15 Skillnad i största vattendjupet som uppstår med vall (lila) och utan vall (blått).

Inom första markerade området vid Tångkörarvägen blir vattnets utbredning mycket större bakom banvallen om den bevaras än om den tas bort. Stora delar av åkern översvämmas samt en del fastigheter. Tas banvallen däremot bort blir färre småhusfastigheter på Solviksvägen översvämmade men framkomligheten på Tångkörarvägen försämras.

Vid punkt nummer två får inte vattnet lika stor utbredning vid Solbadsvägen som om den tas bort. Dock blir ett antal hus vid Havsvägen istället drabbade vilket kan avläsas i Figur 15 genom att det finns ett utbrett blått område där.

4.2 År 2150, skyfall och medelhavsnivå

4.2.1 Medelhavsnivå för år 2150 och 100-års regn med banvall

I Figur 16 nedan visas värsta tidpunkten för detta scenario. Som kan ses i bilden går havsvattnet en bit upp på stranden men inte direkt så det påverkar några byggnader. Havsnivån är att till +1,72 i enlighet med Tabell 1. Skyfallet bidrar till översvämningar på flertalet ställen och Vrångabäcken översvämmas på delar av sträckan. Ett antal punkter kommer vid ett 100-årsregn ha problem med översvämningar och tre ställen identifieras som direkt påverkade av banvallen, se Figur 16.

Inom första cirkeln fylls lågpunkten på i takt med att mer regnvatten tillrinne. Banvallen blockerar vatten ifrån att rinna vidare ut mot kusten. Detta scenario har inte räknat med att det eventuellt finns trummor under vallen som kan tömma lågpunkten. Vattendjupet går som värst upp emot 1,4 m öster om banvallen. Vid Tångkörarvägen och de befintliga byggnaderna ligger vattendjupet på drygt 0,3 m.

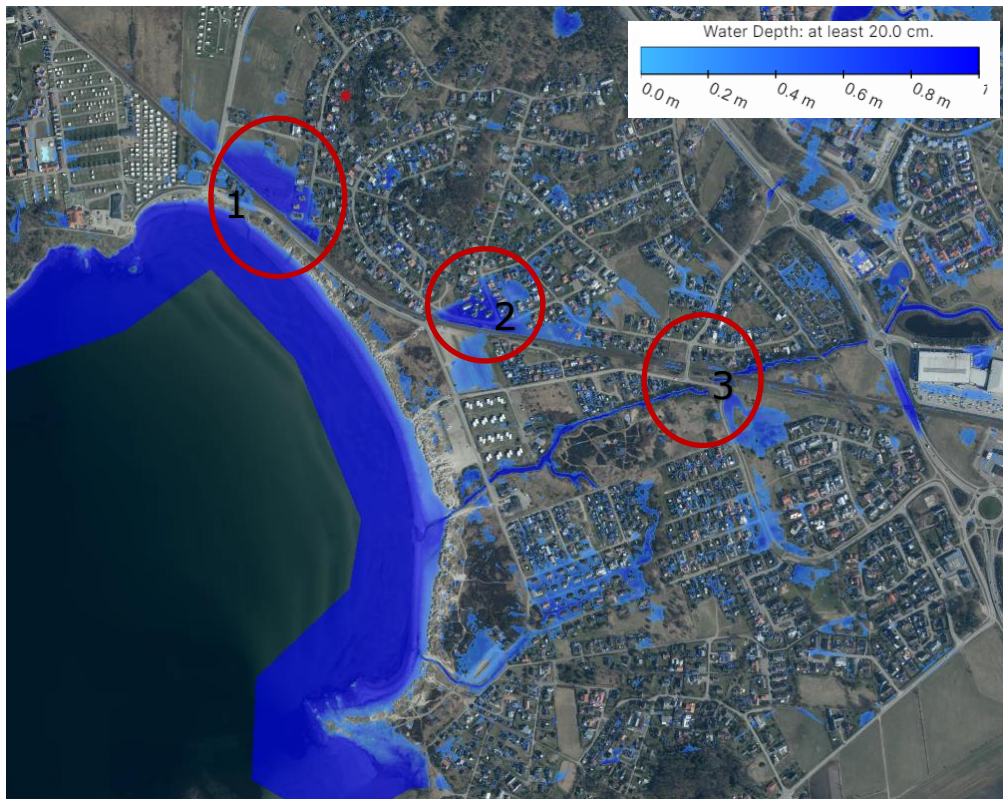
Vid punkt nummer två fylls en lågpunkt jämte banvall upp och vattennivåerna kan påverka byggnaderna och tillgängligheten runt omkring. Här finns en trumma under vallen som leder skyfallsvatten ifrån ena sidan banvallen till andra dvs från bostadsområdet till badparkeringen. Vattendjupen inom bostadsområdet uppgår till cirka 1,2 m medan de över parkeringsytan ligger runt 0,5 m som värst.

Vid punkt nummer 3 finns förutom banvallen också en gräsvall mellan åker och banvall som stoppar upp flödet. Vattendjup runt byggnader på upp till 1 m. Denna översvämning uppstår eftersom Vrångabäcken svämmas över.



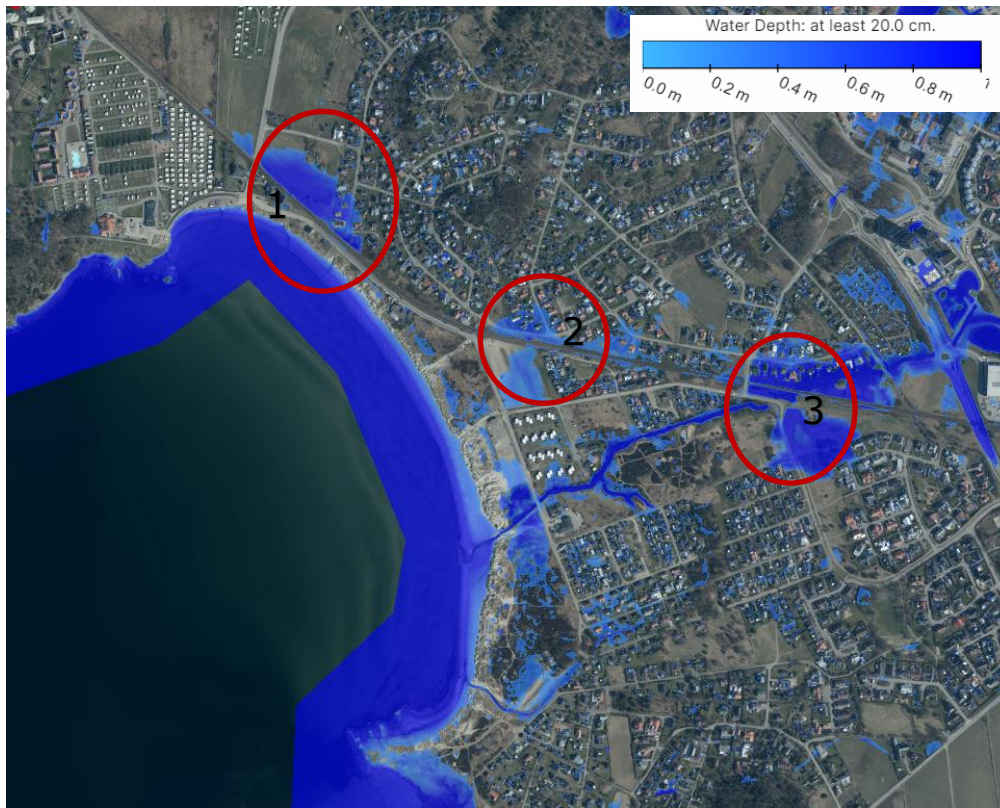
Figur 16 Översvämning vid värsta tidpunkten, dvs då vattendjupet är som störst inom området.

I Figur 17 nedan visas skyfallssituation när toppen på regnet just passerat men innan tillströmning av vatten ifrån uppströms områden hunnit påverka Apelviken allt för mycket. Vrångabäcken har kapacitet att avleda vattnet då det inte förefaller uppstå någon större översvämning runt omkring just den (3). Dock har lågpunkterna vid punkt 1 och 2 hunnit fyllas upp med regnvatten.



Figur 17 Skyfallssituation efter att regn varat ca 60 min. Toppen på regnet har precis passerat.

I Figur 18 nedan visas översvämningssituationen efter att det slutat regna och skyfallet rinner ut mot kusten. Uppströms områden börjar torka upp men närmast Apelviken bidrar det tidigare regnet fortfarande till en hel del översvämningssituation. I punkt nummer 1 står vatten kvar i lågpunkten på grund av banvallen. Vid punkt nummer 2 håller lågpunkten på att tömmas genom trumman under väg. Vid punkt 3 tillrinner vatten ifrån uppströms Vrångabäcken fortfarande och skapar höga nivåer. Dessa antas vara mer till grund av uppströms situation än på grund av banvallens placering.



Figur 18 2 h efter att regn upphört och vatten håller på att rinna ut.

Stora flödesstråk i området visas i Figur 19. Höga flöden uppstår i Vrångabäcken (C) av naturliga skäl då den ska avvattna ett stor uppströms område. Därtill identifieras två andra punkter med större flöden, A och B. I havet ser det ut som att flödet är stort, detta är längs gränslinjen av modellen där vatten antas flöda ut ur den och är därför inget som behöver beaktas vidare i denna utredning.

Hastigheten på vattnet som avrinner uppgår på enstaka ställen till 1 m/s, och i vissa fall 1,5 m/s, inom bostadsområdet på höjden (B), i Vrångabäcken (C) och längs vägen Apelvikenleden (A).



Figur 19 Stora flödesstråk vid skyfall och medelhavsnivå år 2150. Mörkare färg indikerar högre flöde

4.2.2

Medelhavsnivå för år 2150 och 100-årsregn utan banvall

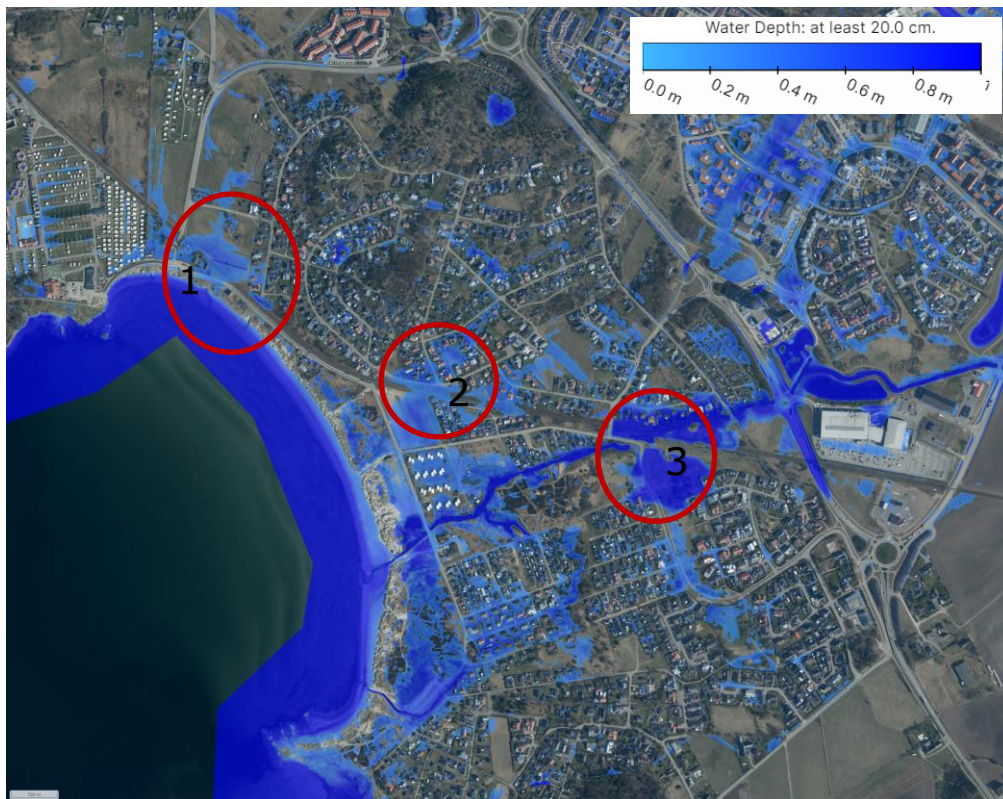
Resultatet ifrån denna simulering redovisas i Figur 20 - Figur 23. Havsnivån är att till +1,72 i enlighet med Tabell 1. I Figur 20 nedan illustrerar skyfallssituationen då största vattendjupet uppstår.

Skyfallet bidrar till översvämningar på flertalet ställen och Vrångabäcken översvämmas på stora delar av sträckan. Tre ställen identifieras som direkt påverkade av banvallen, se Figur 20.

Inom första cirkeln fylls lågpunkten på i takt med att mer regnvatten tillrinne. Vatten fylls inte bara på väster om tidigare banvall utan rinner även ut över Tångkörarvägen byggnaderna nära korsningen Apelviksleden-Tångkörarvägen. Vattendjupet går upp till 0,6 m som mest öster om Tångkörarvägen och 0,4 m väster om.

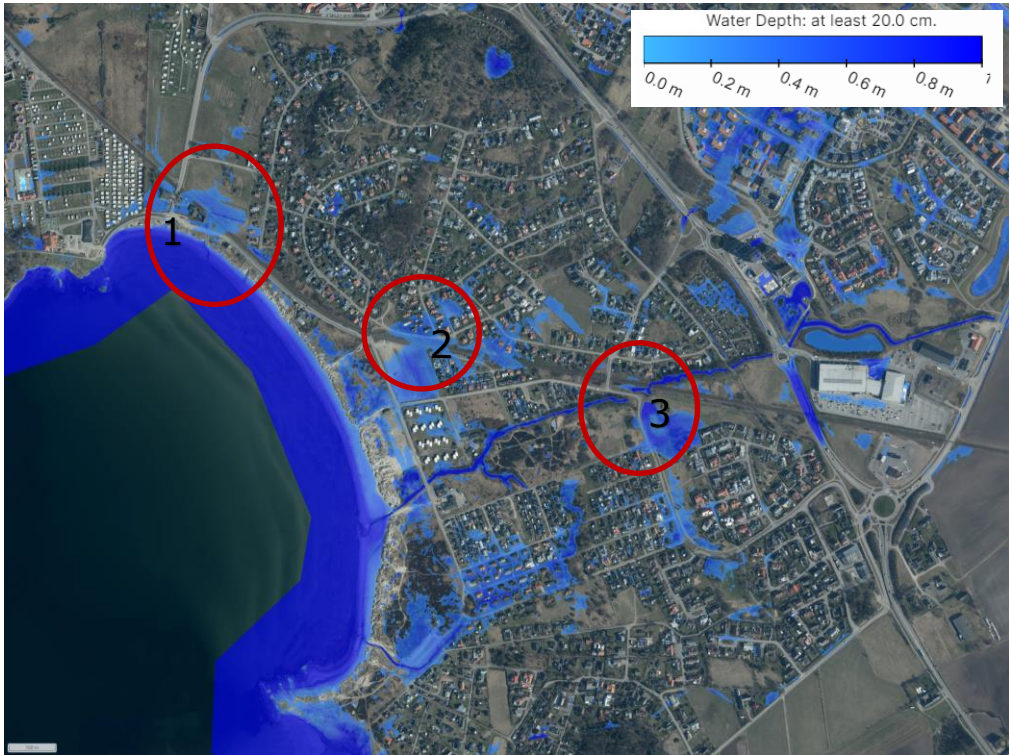
Vid punkt nummer två kvarstår en lågpunkt inom bostadsområdet trots borttagandet av banvall. Inom bostadsområdet beräknas vattendjupen som mest till 0,6 m. Lågpunkten täcker utan banvall in ett större område av badparkeringen där vattendjup på 0,7 m beräknas uppstå. Största vattendjupet som uppstår vid bebyggelsen på Havsvägen är ca 0,3 m.

Vid punkt nummer 3 svämmar Vrångabäcken över och vatten breder ut sig runt om bäcken. Vattendjup vid denna utbredning återfinns på drygt 1 m.

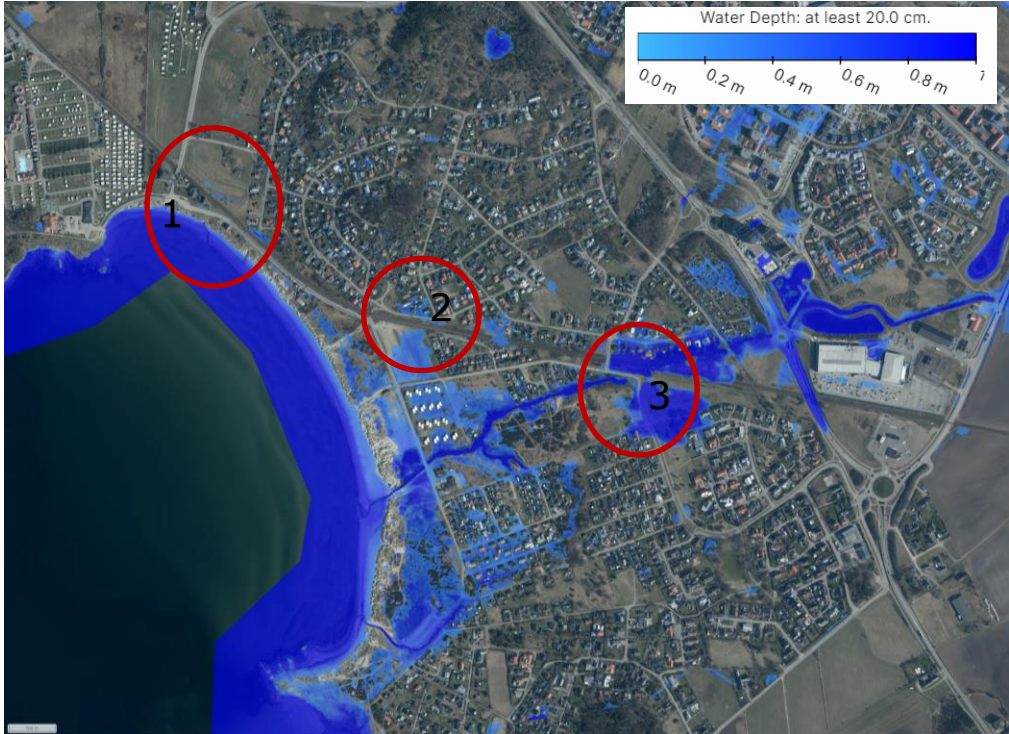


Figur 20 Översvämningsutbredning då vattendjupet är som störst inom området.

I Figur 21 visar skyfallssituationen efter 30 minuters intensivt regn och i Figur 22 visas hur översvämningsituationen beräknas se ut två timmar efter att det slutat regna och vattnet börjat sjunka undan. Lågpunkten inom punkt nummer 1 har efter 2 h nästan torkat upp. Likaså har mycket vatten runnit undan från lågpunkt nummer 2. Där är det främst på parkeringsytan det fortfarande står vatten men vid bostadshusen har mycket vatten sjunkit undan. Vrångabäcken (punkt nr 3) å andra sidan är mer översvämmad efter att regnet slutat vilket kan utläsas av vattenutbredningen i Figur 21 resp. i Figur 22. Detta beror på att den fortfarande hanterar avrinning från uppströms liggande områden.



Figur 21 Resultat efter 30 min av intensivt regn



Figur 22 Resultat efter 2 h utan regn

Stora flödesstråk visas i Figur 23. Höga flöden uppstår i Vrångabäcken (C) av naturliga skäl då den ska avvattna ett stort område uppströms. Därtill identifieras två andra punkter med större flöden, A och B. Vid punkt A stoppar inte längre banvallen upp vattnet från att flöda över husvagnsparkeringen och Tångkörarvägen mot havet. Likaså gäller vid punkt B där vatten lättare flödar mot badparkeringen och vidare över stranden till havet utan att banvallen stoppar upp. I havet ser det ut som att flödet är stort, detta är längs gränslinjen av modellen där vatten antas flöda ut ur den och är därför inget som behöver beaktas vidare i denna utredning.

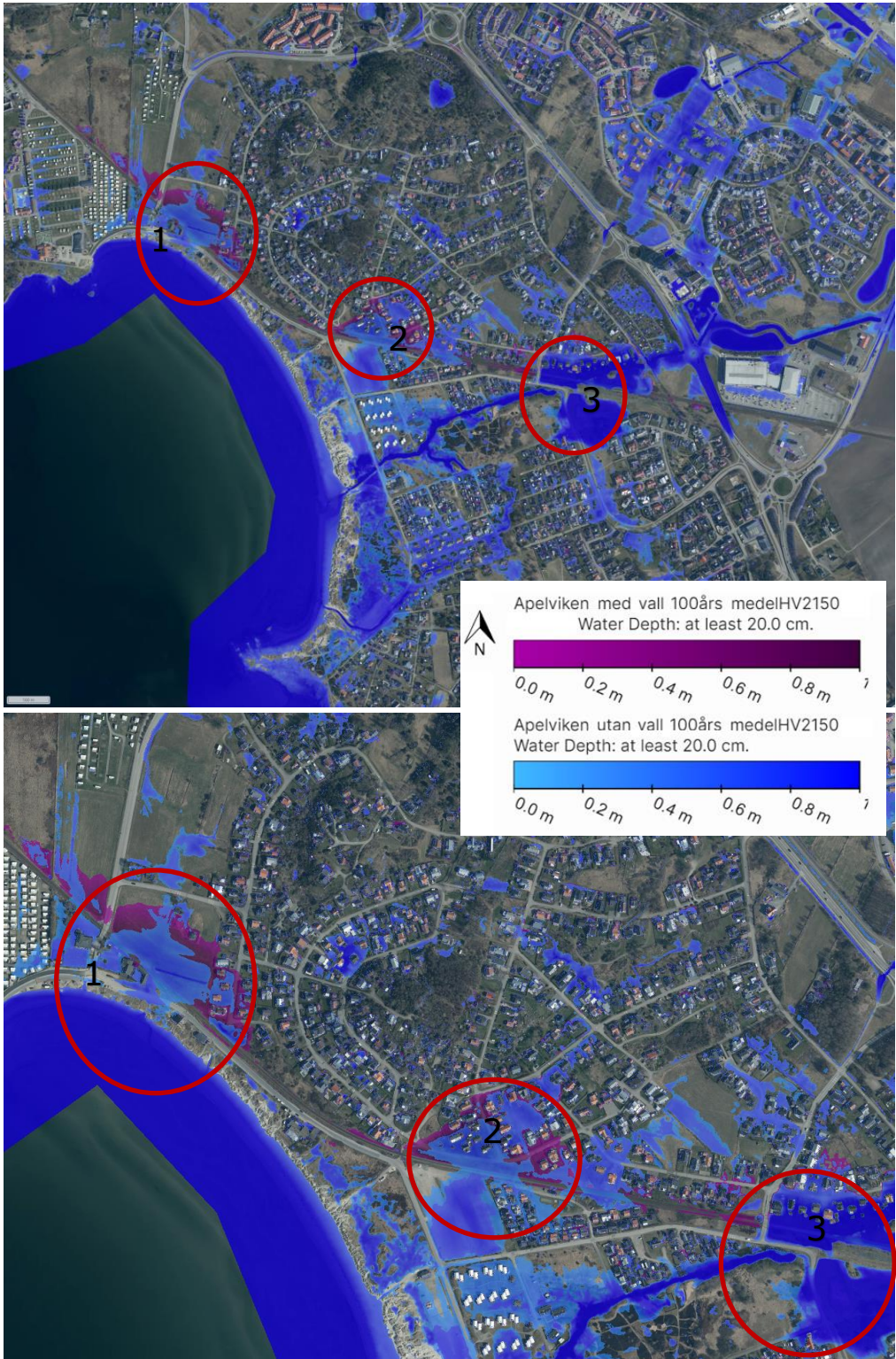


Figur 23 Stora flödesstråk utan banvall. Mörkare färg indikerar högre flöde och pilar visar riktning.

4.2.3

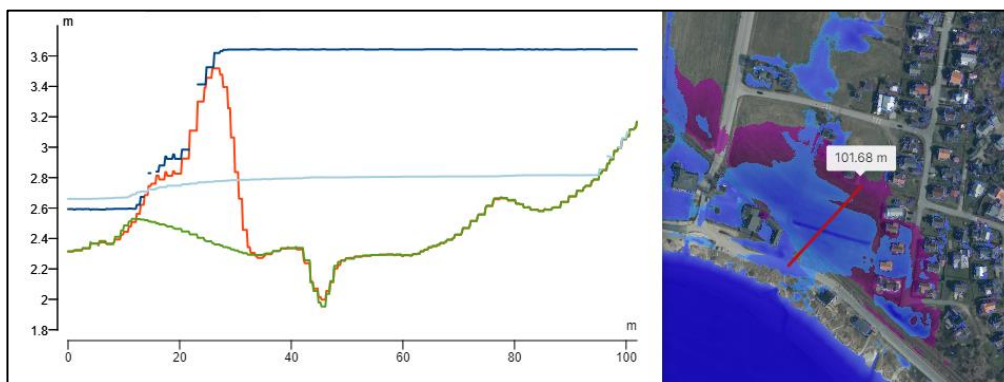
Sammanfattning och skillnad mellan resultaten, skyfall 2150

I detta avsnitt jämförs simuleringar med och utan banvall för att tydligt visa vilka skillnader som uppstår. Skillnaden i utbredningen vid tidpunkten då det är max vattendjup illustreras i Figur 24 med blått (utan vall) och lila (med vall). Nedre bild mer inzoomad än den övre och liksom tidigare är det tre punkter som är mest påverkade av banvallen. Det är främst i punkt nummer 1 och 2 som skillnader uppstår. I punkt nummer 3 finns en viss skillnad just längs banvallen men i helhet är den relativt lik i båda situationer. Denna punkt bedöms därför inte vara påverkad av banvallen i någon större utsträckning.

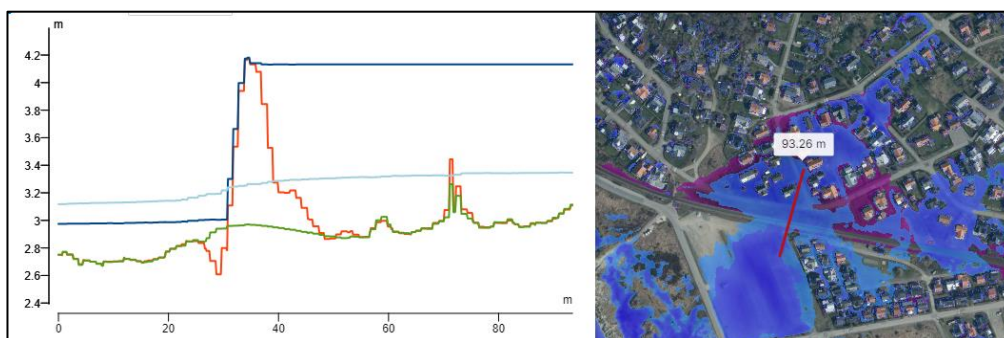


Figur 24 Skillnad i största vattendjup som uppstår mellan med vall (lila) och utan vall (blått). Nedre bild mer inzoomad än den övre.

Som illustreras i Figur 25 och Figur 26 uppstår mycket större vattendjup inom bostadsområdena då banvallen är bevarad jämfört med borttagen. Vattendjupen på västra sidan banvallen är däremot något högre. Dessa djup kan jämföras med de beskrivna i Tabell 2 som visar att över 20 cm börjar stora problem uppstå. Då banvallen tas bort håller sig vattendjupen i denna profil runt 20 cm medan de med banvallen är nästan 1 m djupare. Detta kan orsaka stora skador, både materiellt och på människor. Liknande nivåskillnader i vattendjup återfinns på fler ställen inom de båda lågpunkterna.



Figur 25 Diagram visar tvärsektion med marknivåer och vattendjup då det är som störst under simuleringens gång. Röd linje visar befintlig mark och mörkblå linje den vattennivå som uppstår vid värsta tillfället. Grön linje visar terräng med borttagen banvall. Ljusblå linje visar vattennivå för största vattendjupet som uppstår inom området då vallen är borttagen. Rött streck i bild visar tvärsektionens läge i plan



Figur 26 Diagram visar tvärsektion med marknivåer och vattendjup då det är som störst under simuleringens gång. Röd linje visar befintlig mark och mörkblå linje den vattennivå som uppstår vid värsta tillfället. Grön linje visar terräng med borttagen banvall. Ljusblå linje visar vattennivå för största vattendjupet som uppstår inom området då vallen är borttagen. Rött streck i bild visar tvärsektionens läge i plan

När banvallen tas bort förändras också vattnets flödesvägar jämfört med befintlig situation. De två områden där den största förändringen sker visas i Figur 27 och Figur 28. Flödesvägar med banvall illustrerats med rosa och flödesvägar utan banvall med orange.

Som visas i Figur 27 orsakar ett borttagande av banvall förändrade flödesvägar. Vattnet hittar flera vägar att rinna över husvagnsparkeringen och Tångkörarvägen till havet då inte banvallen begränsar det. När banvallen är kvar finns mer definierade ställen vattnet kan rinna. Därtill beräknas vallen bromsa flödet så att det rinner långsammare sista biten mot havet.



Figur 27 Ändrade flödesvägar vid husvagnsparkeringen och Tångkörarvägen. Orange visar flödesvägar utan banvall och rosa visar med vall.

Som visas i Figur 28 ändras och ökar flödet (B1) över den befintliga badparkeringen om banvallen tas bort. Är banvallen kvar begränsas flödet till den

trumma som är placerad under järnvägen. Parkeringen bör inte bebyggas om banvallen tas bort utan att hänsyn tas till denna flödesväg.

Förutom det ökade flödet över parkeringen uppstår även en ökning på Havsvägen (B2). Banvallen och tillhörande dike har tidigare skyddat bebyggelsen där ifrån uppströmsvatten. För att inte försämra skyfallssituationen för dessa byggnader om banvallen tas bort bör åtgärder göras för att styra skyfallet runt bebyggelsen.

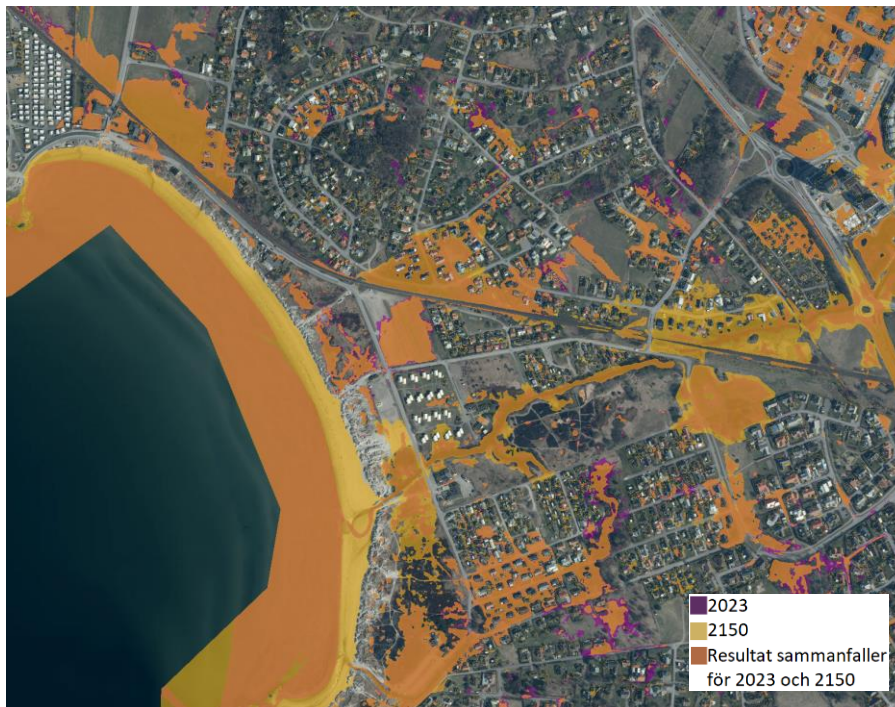


Figur 28 Förändrade flödesvägar vid Solbadsvägen, badparkeringen(B1) och Havsvägen (B2). Rosa illustrerar skyfallsflödet då banvallen är kvar och orange då banvallen tagits bort.

4.3

Klimatförändringarnas påverkan på skyfallssituationen. 2023 vs 20150

Vid simulering av framtida situation har klimatfaktorer lagts på både på skyfallet och på medelhavsnivån. Skillnaden med och utan banvall nu jämfört med 130 år framåt i tiden illustreras i Figur 29 och Figur 30.



Figur 29 Största vattendjupet med vall 2023 (lila) och 20150 (gul). Där dessa scenarier sammanfall illustreras översvämningen som orange



Figur 30 Största vattendjupet utan vall 2023 (lila) och 2150 (gul). Där dessa scenarier sammanfall illustreras översvämningen som orange

Högre medelvattenstånd i havet innebär att vatten trycker upp i Vrångabäcken och i andra flödesvägar så att vatten avrinner långsammare mot havet. Det innebär också större utbredning av översvämningar nära kusten. Vidare är det större regnmängder som skapar större flöden i området. Speciellt vid Vrångabäcken som svämmar över mycket mer för ett framtida scenario. Detta kan avläsas i både Figur 29 och Figur 30 genom att det gula området runt bäcken har större utbredning. Därtill går havet längre upp på stranden vilket illustreras av det gula området vid kusten. Vad gäller lågpunkterna vid Tångkörarvägen och Solbadsvägen/Månskensvägen är utbredning relativt lika för nutida och framtida klimat.

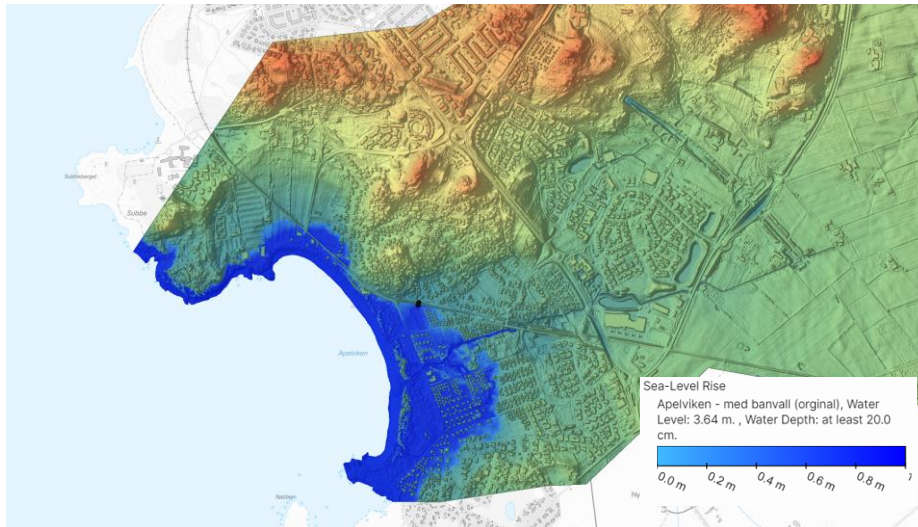
Enstaka mindre lila områden syns också i figurerna vilka skulle indikera vattenansamling i nutid men inte framtid. Dessa är relativt små och tros bero på mindre variationer i simuleringen och interpolering i terrängdatan som kan ha gett dessa variationer. Större skillnader som vid Vrångabäcken och stranden indikerar däremot en förändring som är trolig.

4.4

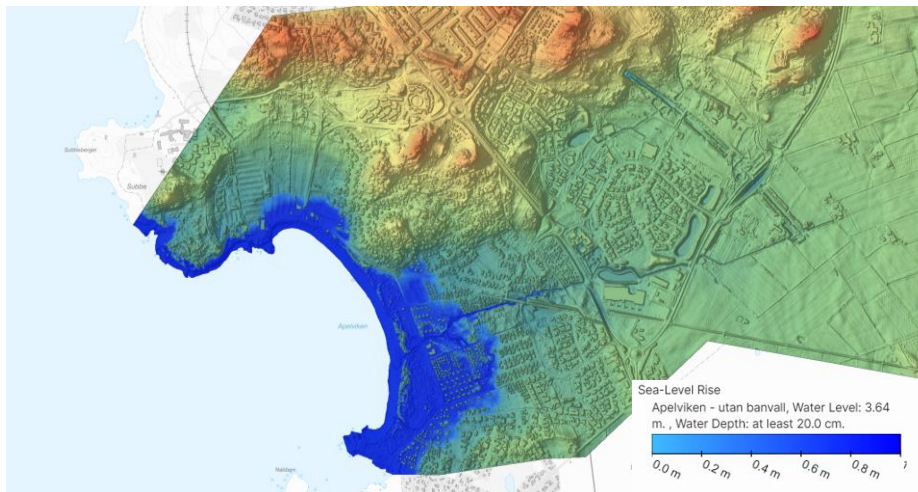
200 års högvattenhändelse år 2150, med och utan banvall

Havsvattennivån för en 200-årshändelse år 2150 beräknas till +3,64 (enligt avsnitt 2.2). Den inmätta kulverten och trummor som antas finnas för Vrångabäcken har också lagts in. Översvämningar som uppstår har analyserats med Scalgo Live och resultat visas översiktligt i Figur 31 och Figur 32. Resultatet från båda situationerna har slagits samman i Figur 33 där skillnaderna blir enklare

att avläsa. Banvallen hjälper i någon mån till att stoppa utbredningen av vatten men det är främst inom ett område med åkermark. Dvs mark som inte är lika känslig för översvämningar som villabebyggelse.



Figur 31 Vattennivå vid +3,64 med vall, vid svart markering finns den inmätta dagvattentrumman under vallen



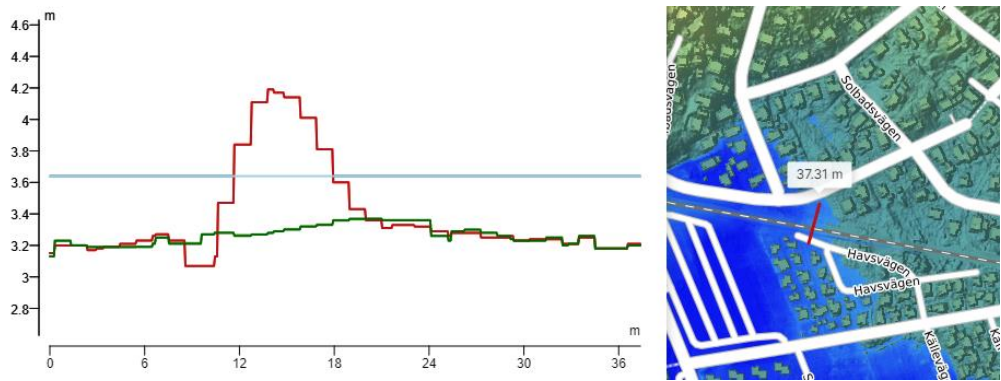
Figur 32 Havsnivå +3,64 utan banvall

I Figur 33 visas resultatet vid +3,64 för både med och utan banvall samtidigt. Blå utbredning är något större och indikerar att banvallen har en viss skyddande effekt, främst inom den vita cirkeln. Vidare visar bilden ett blått område precis där banvallen går. Därmed indikerar resultatet att det är endast på jordbruksmark och vid banvall som situationen förändras och det är ingen större skillnad inom bebyggt område.



Figur 33 Blå områden översvämmas utan banvall. Lila områden översvämmas både med och utan vall. Övre och nedre bild visar samma scenario men olika detaljerat (Scalgo, 2023)

Vattendjupet blir som kan avläsas i Figur 34 lika stort för båda översvämningsscenarierna vid denna havsnivå. Detta beror på att tröskelnivåerna längs banvallen som kan hålla havsnivån tillbaka inte är tillräckligt höga för att skydda större områden.



Figur 34 +3.64 med banvall (röd) och utan banvall (grön). Ljusblå och mörkblå linje visar vattennivå. Dessa sammanfaller för denna tvärsektion

4.4.1

Havsnivåer då banvallen skyddar bakomliggande områden

I Figur 35 och Figur 36 visas tillfällen då banvallen beräknas ha en positiv effekt på översvämningsutbredningen vid högvatten. Denna effekt på utbredning uppstår mellan två intervall. I övrigt förefaller utbredningen bli lika stor både med och utan vall. Endast högvattenhändelser med mindre än 200 års återkomsttid har studerats.

I Figur 35 visas skillnad i översvämnings utbredning vid en havsnivå på +3,22 och husen vid korsningen Solbadsvägen-Månskensvägen översvämmas tidigare utan banvallen som skydd. Banvallens påverkan kvarstår för en ökad nivå upp till +3.38. Vid högre havsnivåer än så antas samma utbredning av vatten ske för både med och utan vall enligt Scalgo. Detta eftersom det finns andra tröskelpunkter längs vallen som gör att vatten tar sig in i bostadsområdet.



Figur 35 Översvämningsutbredning mellan med(lila) och utan(blå) banvall mellan havsnivåer på +3,22 till +3,38

Vid havsnivåer mellan +2,35–2,46 skyddar banvallen mot översvämnings på en del befintlig åkermark enligt resultat i Figur 36. Åkern översvämmas alltså tidigare utan banvall än med den kvar.



Figur 36 Översvämningsutbredning mellan med(lila) och utan(blå) banvall mellan havsnivåer +2.35-2.46.

4.4.2

Sammanfattning resultat högvatten 2150

Vid en 200 års högvattenhändelse år 2150 skyddar vallen alltså en del befintlig jordbruksmark. För vattennivåer mellan +2,35 och +2,46 hjälper vallen till att skydda ett mindre område med åker och för havsnivåer mellan +3,22 och +3,38 motverkar vallen att vatten tränger upp mot bostadshusen vid korsningen Solbadsvägen-Månskensvägen. Vid högre havsnivåer än så finns andra tröskelpunkter längs vallen som gör att vatten tar sig in i bostadsområdet. I övrigt blir vattenutbredningen densamma i området med och utan banvall enligt resultat i Scalgo. Banvallen har alltså en effekt mot höjda havsnivåer men en relativt begränsad sådan.

Att vallen eventuellt bromsar in större vågor så att de inte når lika långt inåt landet och minskar effekten av stormfloden går ej att avgöra i Scalgo Live. Scalgo Live visar en statisk situation och vattenutbredning. En dynamisk vågmodellering hade kunnat påvisa detta och gett ett mer detaljerat resultat för detta scenario.

5. Felkällor

Noggrannheten hos en modell blir inte bättre än kvaliteten på indata. Flertalet felkällor för denna simulering finns även om den är gjord med avsikten att ha hög noggrannhet. MIKE utför en generalisering i simulering exempelvis med avrinningsområden. Potentiellt kan annan avvattning eller andra rinnvägar finnas vilka inte täcks in på grund av terrängmodellen eller beräkningsnätets upplösning. För situationen utan banvall kan det på vissa ställen finnas osäkerhet i hur borttagen banvall ska ansluta till befintlig mark. Vidare kan eventuella kulvertar och genomsläpplighet i banvallen ha betydelse för hur mycket vatten som verkligen släpps igenom eller om det stängs in.

6. Sammanfattning och slutsats

Denna rapport syftar till att utreda huruvida banvallen skyddar bebyggelsen vid Apelviken mot höjda havsnivåer men stänger in skyfallsvatten på dess väg ut mot kusten samt konsekvenserna av att ta bort vallen.

Vad gäller osäkerheter i denna utredning så är banvallen är troligen något genomsläpplig vilket inte återges i simuleringar. För att banvallen ska kunna betraktas som ett översvämningsskydd behöver geotekniska utredningar genomföras, och det kan finnas ett behov av tätning och/eller förstärkning. Därtill har hänsyn inte tagits till infiltration. Regnen som applicerats har dock avdrag för att en del vatten tas upp av ledningsnät. Troligtvis finns ett antal trummor under banvallen som bidrar till att den verkliga skyfallssituationen är något bättre än den simulerade då vatten troligen kan komma igenom samtidigt som högvattensituationen kan vara något sämre. Högvattensituationer har inte simulerats dynamiskt utan endast som en statisk vattennivå längs kustlinjen. Vid val av högvattennivå har "värsta situationen"-principen applicerats och ett värde för framtida scenario med RCP8.5 och 83:e percentilen använts. Regnen har klimatanpassats med en klimatfaktor på 1,3 vilket är något högre än den 1,2 som är rekommenderad av Svenskt Vatten vid långvariga regn. Därmed har säkerhetsmarginaler beaktats i denna utredning och framtida scenarier kan bli bättre än det ser ut. Dock bygger beräkningarna på många antaganden vilket ger stora osäkerheter i beräkningar.

Vid skyfall visar resultaten från denna utredning att banvallen bromsar upp flödet och att vattenansamlingarna skapas bakom den. Dessa ansamlingar finns kvar men får betydligt lägre vattennivåer när banvallen tas bort. Tas banvallen bort förändras också vattnets rinnvägar ut till recipient. Tre punkter i banvallens närhet har studerats närmare.

I den första punkten leder ett borttagande av banvall till att husvagnsparkeringen beräknas få ett ökat flöde av vatten som rinner mot recipienten. Det behöver därför vidare utredas om banvallen enbart bör tas bort på vissa delsträckor eller om åtgärder kan göras så att ett flödesstråk skapas bredvid parkeringen istället. Lågpunkten som bildas bakom banvallen består till stor del av åkermark men översvämning här drabbar även ett antal småhusfastigheter på Solviksvägen. Tas vallen bort blir mindre del av åkern och färre fastigheter översvämmade.

Den andra punkten ligger vid Solbadsvägen-Månskensvägen. Att ta bort banvallen kommer ha verkan på både dessa fastigheter med också badparkeringen nedströms och bebyggelsen vid Havsvägen. Parkeringen och Havsvägen kommer att utsättas för mer vatten vid skyfall eftersom vatten lättare kan rinna däröver istället för att stoppas upp av vallen. Detta i sin tur leder emellertid till att vattennivån inom bostadsområdet vid korsningen Solbadsvägen-Månskensvägen blir betydligt lägre och därmed säkrare än med vall. Det kan då diskuteras om ett ökat flöde över en parkeringsyta är att föredra jämfört med högt stående vatten

vid byggnader. Åtgärder i form av styrd skyfallsavledning rekommenderas för att hantera detta flöde ifall banvallen tas bort samt för att säkerställa att skyfallssituationen vid husen på Havsvägen inte försämras.

Den tredje studerade punkten nära Vrångabäcken bedöms inte vara direkt påverkad av banvallens utformning utan mer av vilken flöde som uppstår i bäcken. Översvämningarna verkar alltså vara mer kopplade till framtida klimatförändringar. Uppströms fördröjningsåtgärder kan göras för att förbättra situationen.

Vad gäller höjda havsnivåer har banvallen en viss inverkan på översvämningssituationen. Dock är det endast för vissa vattennivåintervaller som det finns en skillnad, i övrigt ser situationen relativt likvärdig ut med och utan vall. Detta visar resultatet av en statisk höjning av havsnivå, vid en dynamisk med vågor kan resultatet bli annorlunda då vallen kan ha en inbromsande effekt. Vid dimensionerade 200-årshändelse skyddar banvallen mest åkermark. Det finns ett intervall med lägre havsnivå än 200-årshändelsen då banvallen skyddar bebyggelsen vid Solbadsvägen-Månskensvägen.

Slutligen bedöms banvallens inverkan på skyfallssituationen vara större än för dimensionerande högvattenhändelsen. Ett borttagande av banvall innebär att vatten lättare avrinner ner till Apelviken istället för att bromsas upp i lågpunkter på östra sidan vallen. Vid dessa lågpunkter finns byggnader som kan ta skada av skyfallet. Skyfallet är simulerat med en 100-årshändelse medan högvatten avser en 200-års händelse och därmed något mindre sannolikhet för att inträffa. En högvattenhändelse har dock större utbredning och konsekvenser för fler fastigheter än ett skyfall enligt denna utredning. Översvämningssituationen uppstår vid alla studerade scenarion och överväganden behöver göras med avseende på balansen mellan skydd för skyfall resp. skydd mot högvatten.

7. Referenser

- IPCC. (2019). *Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. Hämtat från https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/06_SROCC_Ch04_FINAL.pdf
- Scalgo. (den 07 07 2023). *Scalgo Live*. Hämtat från <https://scalgo.com/live/sweden>
- SMHI. (2017). *Oceanografi Nr 123 - Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust*. Hämtat från https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165621!/Oceanografi_123%20Vattens%20t%C3%A5ndsynamik%20l%C3%A4ngs%20Sveriges%20kust.pdf
- SMHI. (2017). *SMHI. (2017a) Klimatologi Nr 48 - Framtida havsnivåer i Sverige*. Hämtat från https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165085!/Klimatologi_48%20Framtida%20havsniv%C3%A5er%20i%20Sverige.pdf
- SMHI. (den 13 07 2023). *Framtida medelvattenstånd*. Hämtat från https://www.smhi.se/klimat/stigande_havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493
- Sveriges Geologiska Undersökning. (2023). *SGUs kartvisare*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare>
- Sweco. (2020). *Detaljerad studie för skyfall och stigande hav inom planområde*. <https://varberg.se/download/18.3dfddba017c0c64f3784f507/1632929984960/60.15%20Detaljerad%20studie%20f%C3%B6r%20skyfall%20och%20stigande%20hav%20inom%20V%C3%A4sterport%20etapp%201%20inkl%20bilagor,%20sweco%202020-09-28.pdf>: Varbergs kommun.