

Stockholms stad

Skyfallsanalys Bromstens skola

Slutversion, rev 3

2021-11-03

Skyfallsanalys Bromstens skola

Datum	2021-11-03
Uppdragsnummer	1320055044
Utgåva/Status	Slutversion, revision 3

Elin Wennerholm	Elin Wennerholm, Anton Blomqvist, Stephanie The	Robert Elfving
Uppdragsledare	Handläggare	Granskare

Sammanfattning

Detaljplanen Bromstens skola innebär byggnation av idrottshall och skola samt skolgård på det som idag är en konstgräsplan samt parkeringsplats. Planområdet ligger i ett låglänt område intill Bällstaån och den kommande Bromstensstaden. För planområdet finns två olika typer av översvämningsrisk, dels från ett lokalt skyfall, dels från höga nivåer i intilliggande Bällstaån.

Föreliggande rapport utreder risken för skyfall och påverkan från höga nivåer i Bällstaån. Syftet är att säkerställa att föreslagen exploatering har en lämplig utformning, där både höjdsättningen och tillämpningen av marken beaktas, så att den nya bebyggelsen får en hanterbar översvämningsrisk, samt att risken för översvämning av befintlig bebyggelse inte ökar i förhållande till nuläget. För att säkerställa att den planerade exploateringen inte tar skada vid skyfall eller leder till negativ påverkan för befintlig bebyggelse har en skyfallsmodell byggts upp och belastats med ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

Ett nollalternativ har simulerats, där samtliga pågående byggnationer som bedöms påverka översvämningsituationen i det avrinningsområde där planområdet ingår har inkluderats. Resultaten visar att stora delar av gator och villaområden runt planområdet har relativt höga maximala vattendjup. Inom planområdet beräknas också vatten bli stående vid det studerade skyfallet. Resultaten visar vidare att med föreslagen höjdsättning för planområdet kommer exploateringen inom detaljplanen inte förvärra översvämningsituationen för befintlig bebyggelse. Entréer på planerade byggnader inom planområdet riskerar inte översvämning och man kan ta sig från planerad idrottshall vid Midgränd, över skolgården, till skolan utmed Duvbovägen. Personbilar och räddningsfordon kan ta sig till planområdet österifrån via Duvbovägen. Under de mest intensiva delarna av skyfallet är en sträcka av Duvbovägen, strax väster om planområdet, endast framkomlig för brandbilar och större räddningsfordon då vägen där får vattendjup större än 20 cm.

Färdigt golv på nya byggnader samt mark precis utanför entréer ligger över beräknad nivå i samband med Beräknat Högsta Flöde som vid Bromstens IP i en tidigare utredning har beräknats till +5,3. Samtliga delar av konstruktionen som planeras under denna nivå behöver vara utformad så den inte tar skada vid tillfällig uppdämning.

Vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 beräknas inom planområdet maximala vattendjup på upp till drygt 80 cm tillfälligt uppstå vid en sänka vid skolgårdens södra gräns. Sänkan beräknas ha vattendjup på drygt 50 cm fram till simuleringens slut. Fristadsvägen, som ligger längs skolgårdens östra gräns, beräknas få drygt 80 cm vattendjup fram till simuleringens slut. Hur fort vattennivån i sänkan och på Fristadsvägen sjunker beror på dagvattenssystemet i området och dess kapacitet att avleda vattnet. Vattendjupen på Fristadsvägen är densamma i nollalternativet som med den framtida exploateringen inom detaljplanen. Riktlinjer saknas för närvarande när det gäller tillfälliga

översvämningssytor på skolgårdar (det finns riktlinjer avseende dammar och diken där vattnet står permanent eller vid vanligt förekommande regn), däremot kan Staden välja att sätta en högre ambitionsnivå här även om det inte är tydligt enligt PBL vilken risknivå som anses acceptabel.

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund och syfte.....	1
1.1	Uppdragsbeskrivning.....	1
1.2	Underlag.....	1
1.3	Styrande dokument och rekommendationer	2
1.3.1	Krav och rekommendationer	2
1.3.2	Riktvärden och målsättning vid översvämning	3
2.	Avrinningsområden och avvattningsvägar	4
2.1	Ytliga avrinningsområden.....	4
3.	Översvämningsrisker	6
3.1	Närliggande ytvatten.....	7
3.2	Instängda områden och skyfall	8
4.	Modelluppbyggnad	9
4.1	Modelltyp	9
4.2	Avrinningsområde	10
4.3	Höjdmodell.....	10
4.3.1	Höjdmodell nollalternativ	10
4.3.2	Höjdmodell framtida exploatering av planområdet.....	12
4.4	Regn	13
4.5	Infiltration.....	14
4.6	Mannings tal och ytans råhet.....	14
4.7	Randvillkor och övriga modellinställningar	15
5.	Resultat	16
5.1	Resultat nollalternativ	16
5.2	Resultat framtida exploatering av planområdet.....	19
5.3	Jämförelse mellan nollalternativ och framtida situation	22
6.	Slutsatser.....	24
7.	Hantering av skyfall och fortsatt arbete	24
	Referenser	25

1. Bakgrund och syfte

Ramboll Sverige AB har fått i uppdrag att ta fram en dagvattenutredning och skyfallsanalys för Bromstens IP i samband med pågående planarbete. Dagvattenutredningen redovisas i separat rapport och föreliggande rapport utreder risken för skyfall och påverkan från höga nivåer i närliggande Bällstaån.

1.1 Uppdragsbeskrivning

Syftet är att utreda om föreslagen exploatering har en lämplig utformning, där både höjdsättningen och tillämpningen av marken beaktas, så att den nya bebyggelsen får en hanterbar översvämningsrisk, samt att risken för liv och hälsa och översvämnning av befintlig bebyggelse inte ökar i förhållande till nuläget.

För att säkerställa att den planerade exploateringen inte tar skada vid skyfall eller leder till negativ påverkan för nedströms liggande områden har en skyfallsmodell byggts upp och belastats med ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

1.2 Underlag

Följande underlag ligger till grund för modelleringen:

- Stockholms stads tillgängliga höjddata (Stockholm+Huddinge) i Scalgo Live som har upplösningen 1 x 1 m.
- Landskaps framtida utformning och höjder, Tengbom, erhållet 2021-08-30
 - L-31-P-0001.dwg
 - L-31-T-0001.dwg
- Lantmäteriet GSD-Fastighetskartan: Byggnader, 2021-01-11
- Terrängmodell från DHI: framtid_FINAL.dfs2, erhållen 2021-06-08
- Underlag för GC-väg, pumpstation och murar vid ån har inhämtats 2021-06-21 från iBinder som bygghandlingar för Kv.Tora;
 - Underlag Landskap, Landskapslaget (GC); LM16-P01.dwg, LM16-P03.dwg, LM18-P01.dwg, hämtat från iBinder 2021-06-21
 - Underlag Gata, Bjerking (GC, pumpstation och mur); Mur Åkantsgränd.dwg, T16P0100.dwg, T16P0101.dwg, T16P0102.dwg, T16P0103.dwg, hämtat från iBinder 2021-06-21
 - Underlag konstruktion, WSP (mur); K16D3310.dwg, K16D3320.dwg, K16D3330.dwg, K16D3340.dwg, K16D3359.dwg, K16D3360.dwg, K16D3301.dwg, K16D3302.dwg, K16S3301.dwg, hämtat från iBinder 2021-06-16
 - vissa justeringar kring murkrön och genomföringar enligt mailkorrespondens (2021-06-22 och 2021-06-29) från Exploateringskontoret
- Terrängmodell från Trafikverket: 9948-11-V1-3-8_11-4001.dwg, erhållen 2021-06-18

- Marknivåer för återställningen av idrottsyta direkt söder om planområdet, Malacon: M-30-P-02-höjder till modell.dwg, 3D modell.dwg, erhållet 2021-09-14

För underlag och arbetsmaterial i denna utredning används koordinatsystemet SWEREF99 18 00 och höjdsystemet RH2000.

1.3 **Styrande dokument och rekommendationer**

I följande avsnitt beskrivs dokument, krav och mål som varit styrande för skyfallsutredningen.

1.3.1 **Krav och rekommendationer**

I Svenskt Vattens publikation P110 nämns som funktionskrav vid anläggande av dagvattensystem att "Extrema skyfall skall kunna hanteras i ytliga system utan att skador uppstår på anläggningar och byggnader", dvs VA-systemet kommer inte kunna hantera dessa regn. Översvämningsytor och ytliga avledningsstråk behöver därför identifieras vid en skyfallskartering och dessa ytor ska lämpligen behållas fria från bebyggelse. Om man ändå bestämmer sig för att bebygga i ett sådant område måste skyfallet hanteras med en säker höjdsättning av bebyggelsen.

Plan och bygglagen (PBL) reglerar den kommunala fysiska planeringen, bland annat arbetet med översiktsplanering, detaljplanering och regionplanering. I PBL fastslås att kommunerna måste ta hänsyn till översvämningsfrågan och följer av ökade havsnivåer vid planering och byggande. I 2 kap 5 § står att byggnader ska placeras på mark som är lämplig för ändamålet med hänsyn till bland annat risk för människors liv och hälsa, och risken för olyckor, översvämnningar och erosion. Det är dock inte preciserat i PBL vilken risk som är acceptabel. Kommunen är skyldig att utreda markens lämplighet. Plan- och bygglagen reglerar ny bebyggelse, och har begränsade möjligheter att påverka befintliga miljöer.

MSB stödjer kommuner och länsstyrelser i deras arbete med att identifiera risker för översvämnningar genom att bland annat förse dem med kartunderlag över områden med översvämningsrisk vid höga flöden i vattendrag och sjöar. MSB har även sammanställt en vägledning för skyfallskartering som ska fungera som ett stöd för kommuner och innehåller vägledning hur konsekvenser av skyfall analyseras samt hur man ska arbeta med åtgärder.

Idag finns det inte ett nationellt regelverk för vilken säkerhetsnivå som översvämningsrisken till följd av skyfall bör utvärderas för. I första hand bör därmed regionala krav följas och därefter varje enskild kommuns.

I "Rekommendationer för hantering av översvämnning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering" har Länsstyrelserna i Stockholm och Västra Götalands län tagit

fram en översiktlig handbok på krav som borde tillämpas vid utvärdering av skyfall för enskilda detaljplaner.

Länsstyrelsen rekommenderar att:

- "Ny bebyggelse planeras så att den inte tar eller orsakar skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn."
- "Risken för översvämning från ett 100-årsregn bedöms i detaljplan och eventuella skyddsåtgärder säkerställs"
- Säkerhetsnivån bör vara ett regn med minst en återkomsttid på 100 år, dvs ett regn som uppkommer endast en gång var hundra år, och bör ha en klimatkfaktor om 1,2-1,4 för att ta hänsyn till de förväntade klimatförändringarna. Klimatkfaktor bestäms utifrån regionala skillnader.
- "Samhällsviktig verksamhet ges en högre säkerhetsnivå och planeras så att funktionen kan upprätthållas vid en översvämning"
- "Framkomligheten till och från planområdet bedöms och ska vid behov säkerställas." Detta innebär främst att räddningsfordon ska kunna ta sig in och ut från området.

I den klargörs även att en lågpunktskartering är ett ofullständigt beslutsunderlag för både detalj- och översiktsplaner, då metoden inte tar hänsyn till tidsaspekten och kan därmed inte bedöma de flöden som uppkommer.

1.3.2

Riktvärden och målsättning vid översvämning

Idag råder det ingen konsensus om vilka riktvärden som bör tillämpas för att avgöra graden av översvämningsrisk. Oftast används vattendjupet och vattenhastigheten som en funktion för att beskriva översvämningsrisken. Länsstyrelsen i Stockholms län har inte tagit fram konkreta riktlinjer för vilka vattendjup och vattenhastigheter som utgör olika risker.

Målsättningen är att detaljplanen ska klara ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 utan att skador inom planområdet uppkommer och utan att situationen försämras för befintlig bebyggelse utanför planområdet samt utan risk för människors liv och hälsa. Framkomligheten på vägar inom planområdet ska inte begränsas, d.v.s. vattendjupet får inte vara större än 0,2 m för att vägen ska vara framkomlig för samtliga fordon, se Tabell 1. Större vattendjup kan accepteras på 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. Idag existerar inga konkreta riktlinjer för vid vilka översvämningsdjup som skador uppkommer och bedöms som acceptabla eller inte. För att få en ungefärlig uppfattning om konsekvenser vid olika översvämningsdjup kan djupintervallen i Tabell 1 som är en sammanställning av flera studier (MSB, 2014; VTI, 2019; DHI, 2014; COWI, 2016). Flera av dessa hänvisar till att skador redan uppkommer vid 0,2 m översvämningsdjup.

Tabell 1. Tolkning av översvämnings djupintervall och olägenheter/skador, (MSB, 2014; VTI, 2019; DHI, 2014; COWI, 2016).

Djupintervall	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

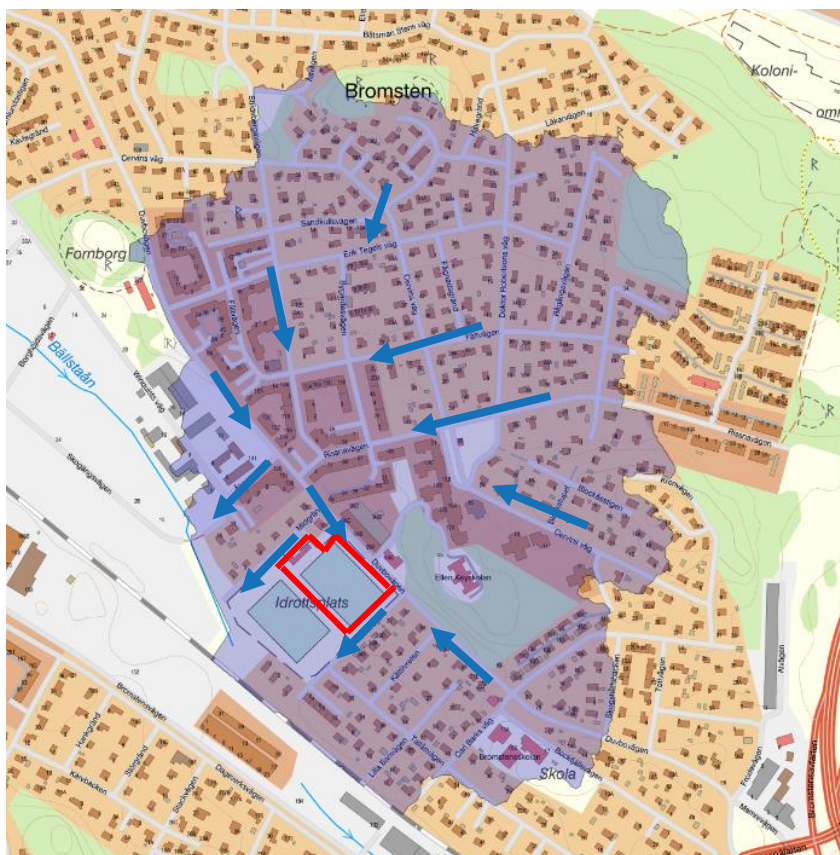
*Vid mycket höga vattenhastigheter kan även vattendjup under 0,1 m ge upphov till skador men då man saknar kännedom om gränsvärden bortser man från det i den utförda utredningen

Utöver översvämningsdjupet kan även vattenhastigheten ha betydelse för vilka konsekvenser som kan uppstå. Vid mycket höga vattenhastigheter kan risk för hälsa och liv uppstå redan vid mindre vattendjup, t ex blir det svårt för en människa (i synnerhet barn) att hålla sig upprätt och inte "följa med strömmen". För att få en uppfattning om riskerna bör därför översvämningsdjup och flödes hastighet studeras parallellt.

2. Avrinningsområden och avvattningsvägar

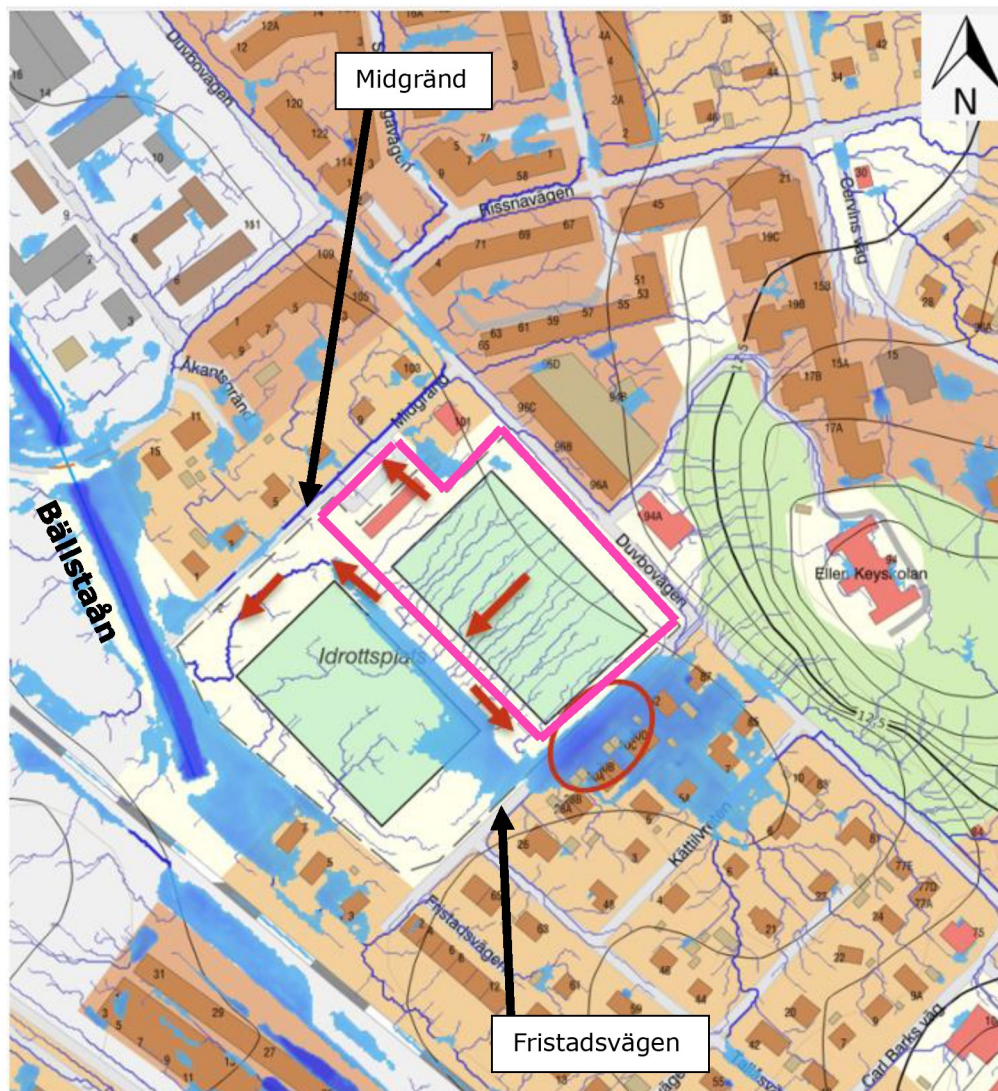
2.1 Ytliga avrinningsområden

Avrinningsområdet som påverkar Bromstens IP redovisas i Figur 1 nedan och är samma område som används för skyfallsmodellering av det lokala skyfallet.



Figur 1. Avrinningsområdet markerat i blått. Mörkblå pilar visar flödesvägar och ungefärlig gräns för detaljplaneområdet visas i rött.

På vardera sida om planområdet ligger lokalgator, Midgränd och Fristadsvägen, vilka båda har dagvattenledningar med utlopp i Bällstaån strax sydväst om planområdet. Inträffar större regn än vad dagvattenssystemet är dimensionerat för beräknas dagvattnet rinna ytledes via de rinnvägar som är redovisade i Figur 2 nedan. De röda pilarna indikerar avrinningsvägarna. Större delen av planområdet avvattnas söderut och avrinner österut genom ett lågstråk mot en lågpunkt på Fristadsvägen, inringat i figuren nedan. När lågpunkten fylls upp avrinner dagvattnet istället västerut mot Midgränd, genom den södra bollplanen, och sedermera till Bällstaån. En mindre del av planområdet avvattnas direkt till Midgränd.



Figur 2. Avvattningsvägar redovisade med röda pilar. Röd cirkel visar en lågpunkt på Fristadsvägen samt ungefärlig gräns för detaljplaneområdet visas i rosa.

3. Översvämningsrisker

För planområdet finns två olika typer av översvämningsrisk, dels från det lokala skyfallet, dels från höga nivåer i intilliggande Bällstaån.

Det är viktigt att ny bebyggelse planläggs så att den ej skadas vid höga nivåer i Bällstaån, se vidare under avsnitt 3.1. Fastigheterna intill Bromstens IP har en överhängande översvämningsrisk vid det lokala skyfallet. Det är därför viktigt att säkerställa att dessa fastigheter inte får en ökad översvämningsrisk i och med genomförandet av detaljplanen Bromstens IP. Detta säkerställs genom en

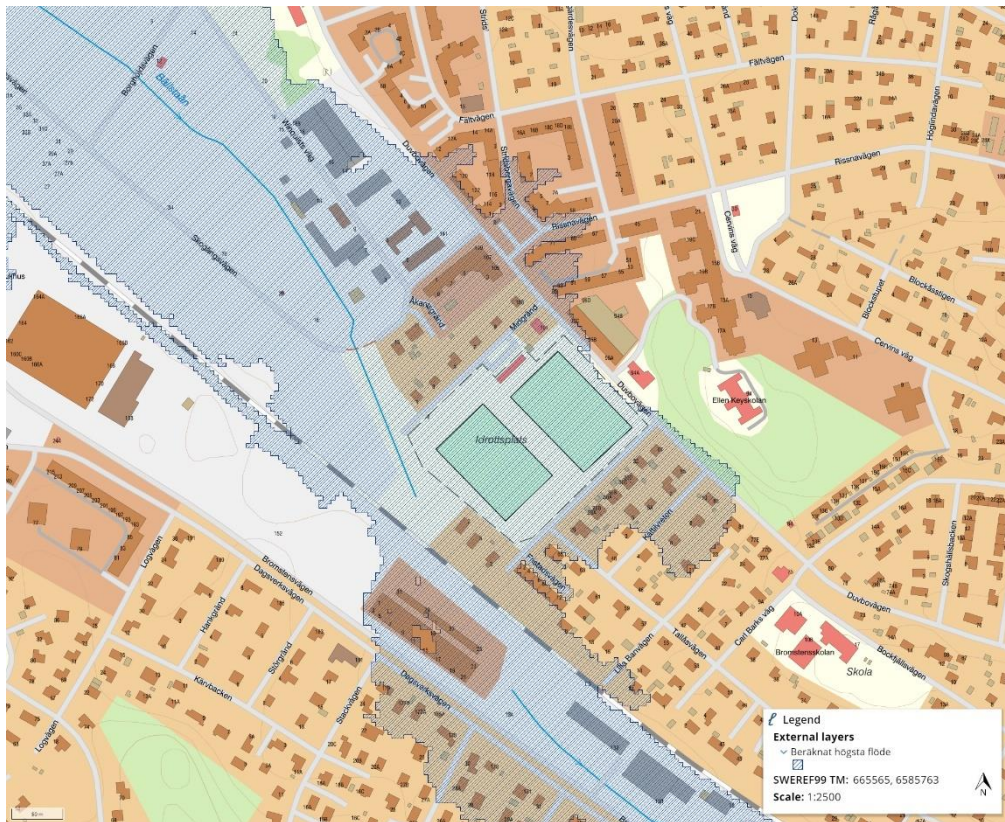
skyfallsmodell där planerad bebyggelse inom detaljplanen läggs in och simuleras med ett 100-årsregn inklusive en klimatfaktor, se vidare under avsnitt 5.1.

3.1 Närliggande ytvatten

Bällstaån ligger strax söder om planområdet och enligt Länsstyrelsens *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs vattendrag och sjöar i Stockholms län* så ska ny sammanhållen bebyggelse samt samhällsfunktioner av betydande vikt placeras över nivån för beräknat högsta flöde (BHF). Vidare står det att om delar av konstruktionen placeras under den rekommenderade nivån så behöver konstruktionen vara sådan att den inte skadas vid översvämning, exempelvis genom vattentäta konstruktioner. Figur 3 visar ungefärlig geografisk utbredning av Bällstaån vid BHF utifrån MSB:s översvämningskarteringar. Planområdet ligger i en större lågpunkt/låglänt område där också Bromstensstaden ingår.

Följande är definitionen av beräknat högsta flöde (BHF) – *En systematisk kombination av alla kritiska faktorer som bidrar till ett maximalvattenflöde för ett vattendrag. Flödet har ingen återkomsttid* (Länsstyrelsen Stockholm, 2021).

DHI har genomfört skyfallskartering för Bromstensstaden 2019 på uppdrag av Exploateringskontoret där BHF har beräknats vid Bromstens IP för framtida förutsättningar (DHI, 2019). I dessa förutsättningar inkluderas ny höjdsättning inom Bromstensstaden, ny kulvert under Mälarbanan samt ny nivå på Mälarbanan, dagvattendammar i Tensta/Rinkeby, dagvattenmagasin under Bromstens IP och ny dagvattenledning längs med Bromstenvägen. Beräknad nivå i samband med BHF vid Bromstens IP är +5,3. Planerad bebyggelse inom planområdet måste således ha färdigt golv ovan denna nivå och samtliga delar av konstruktionen som planeras under denna nivå behöver klara tillfällig uppdämning.

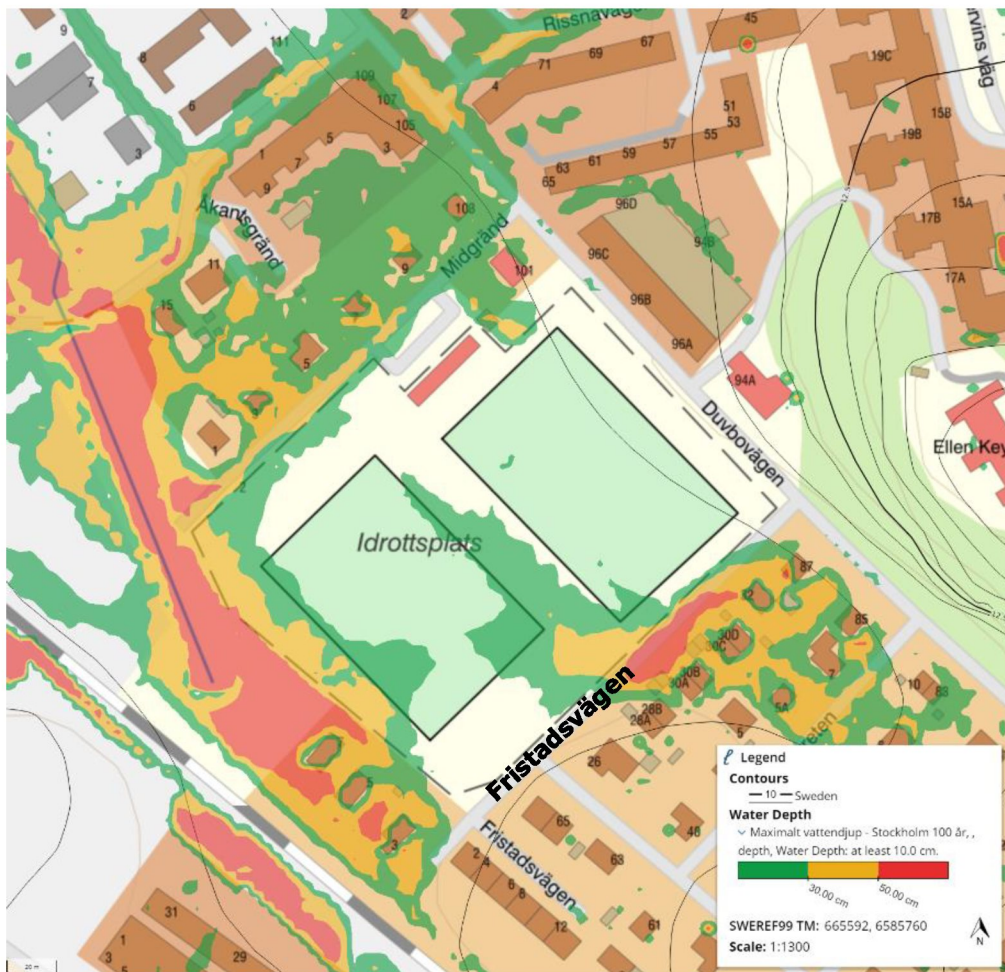


Figur 3. Utdrag från Scalgo Live som visar ungefärlig utbredning i dagsläget av Bällstaån vid beräknat högsta flöde (WMS MSBs översvämningskarteringar).

3.2

Instängda områden och skyfall

Stockholms skyfallsmodell med 100 års återkomsttid visar att maximala vattendjup på Fristadsvägen innan exploatering beräknas överstiga 50 cm, detta redovisas med röda områden i Figur 4 nedan. Då planområdet är låglänt och kringliggande fastigheter har en överhängande översvämningsrisk är höjdsättning av planområdet något som bör göras med försiktighet för att inte riskera att försämra översvämningsituationen för fastigheterna intill Bromstens IP.



Figur 4. Utdrag resultat från Stockholms skyfallsmodell 100-års återkomsttid, maximala vattendjup.

Programvaran Mike 21 tillsammans med Mike Urban har använts för att simulera ett lokalt skyfall över det avrinningsområde som har rinnvägar genom Bromstens IP. Förutsättningar och resultat beskrivs i följande kapitel.

4. Modelluppbyggnad

4.1 Modelltyp

Skyfallsmodellen har byggts upp med hjälp av programvaran MIKE 21/MIKE Zero 2020 Update 1 från DHI, som är ett verktyg för hydrodynamisk ytvavrinningsmodellering. I en hydrodynamisk ytvavrinningsmodell ingår kartering av markavrinning dvs. identifiering av hur ytvattenflöden, rinnstråk och vattenansamlingar varierar över tid. Till skillnad från lågpunktskartering, ger det en mer konsekvent bild av de vattennivåer och flödesförhållanden som uppstår till

följd av en viss regnhändelse, då modellen kan ta hänsyn till hela översvämningsförloppet och den tröghet som kan uppstå i systemet. Programvaran Mike Urban 2020, från DHI, har använts för att beskriva 4 st genomföringar i den mur som planeras längs med Bällstaån. Mike Urban-filer och Mike21-filer kopplas sedan samman vid simuleringar av skyfallet.

4.2 **Avrinningsområde**

Systemgränsen för ytvattenmodellen utgörs av det avrinningsområde som täcker tillrinningen. Avgränsningen av avrinningsområdet har tagits fram med hjälp av det webbaserade programmet SCALGO Live och ArcGIS 10.7.1.

Avrinningsområdet tar inte hänsyn till det tekniska avrinningsområdet i form av VA-nätet eller andra kulvertar som eventuellt korsar den ytliga gränsen för avrinningsområdet. Avgränsningen redovisas i Figur 1.

4.3 **Höjdmodell**

Vattnets ytliga avrinning styrs av olika markförutsättningar, där höjdmodellen spelar en viktig roll i hur vattnet avrinner och fördröjs. Höjdmodellen har utgått från Stockholms stads tillgängliga höjddata i Scalgo Live som har upplösningen 1 x 1 m.

I närheten till planområdet finns ett flertal utbyggnadsplaner som kan påverka utgångsläget för detaljplanen för Bromstens IP. Påverkan från den framtida exploateringen inom detaljplanen Bromstens IP behöver därför jämföras med ett s.k. nollalternativ, dvs inkluderat de nivåförändringar som man vet kommer att genomföras och som därför blir förutsättningar för detaljplanen Bromstens IP. Dessa justeringar beskrivs nedan.

4.3.1 **Höjdmodell nollalternativ**

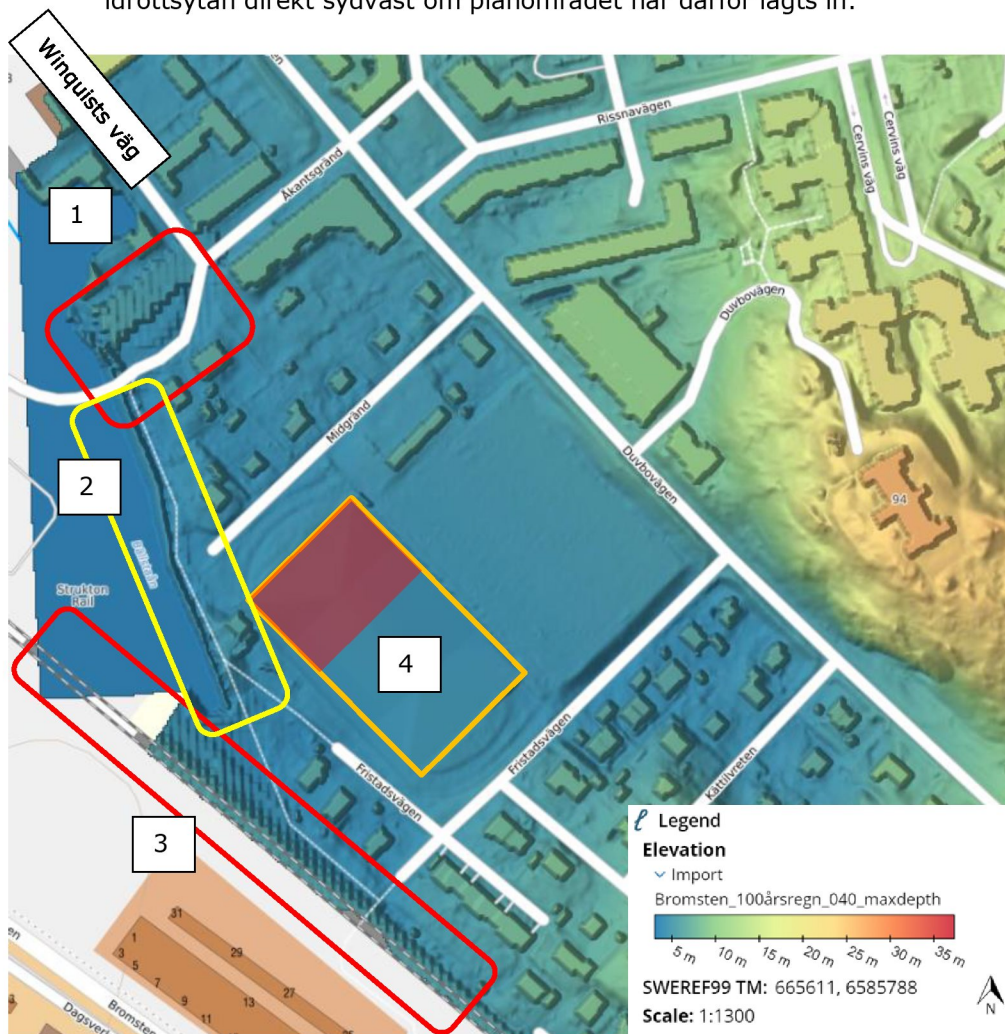
Modifikationer har gjorts i höjdmodellen för nollalternativet så att det som just nu byggs/kommer att byggas i och med Bromstensstaden finns med i höjdmodellen medan det som är osäkert ifall det kommer att byggas inte finns med i höjdmodellen.

Figur 5 visar på karta planerade utbyggnadsplaner (numrering i figuren motsvarar numrering nedan) och deras påverkan på höjdmodellen förklaras nedan.

1. En del av de yttre delarna av avrinningsområdet har kompletterats med höjddata för Bromstensstaden från DHI. Detta innebär att Åkantsgränd kommer ha höjder och utformning enligt bygghandling på sträckan från Winguists väg fram till ån, men behåller befintliga höjder och utformning på sträckan från Winguists väg fram till Duvbovägen. Winguists väg kommer ha befintliga höjder på sträckan mellan parken i Bromstensstaden och fram till Åkantsgränd.
2. Höjdmodellen har modifierats utefter bygghandlingar från det pågående bygget av Kv. Tora samt mailkorrespondens från Exploateringskontoret gällande utformning av murar och ny gång- och cykelväg samt spillvattenpumpstation längs Bällstaån, söder om Bromstens IP. Muren,

har en lägstanivå på +4.30 och det finns 4 st rör genomföringar, dimension 200 mm, med backventil.

3. Trafikverket planerar en breddning av spåren, söderut utanför studerat avrinningsområde, på Mälarbanan strax söder om planområdet. Utifrån underlaget från Trafikverket bedöms inte dessa utbyggnadsplaner ha någon nämnvärd påverkan på skyfallsmodellen och har därför inte tagits med i höjdmodellerna.
4. SVOA planerar ett magasin direkt söder om planområdet (rödmarkerat område i Figur 5) och marken ovanför kommer återställas som konstgräsyta, på grund av markens sättningssänslighet kommer området direkt söder om magasinet att KC-förstärkas. Nya marknivåer för idrottsytan direkt sydväst om planområdet har därför lagts in.

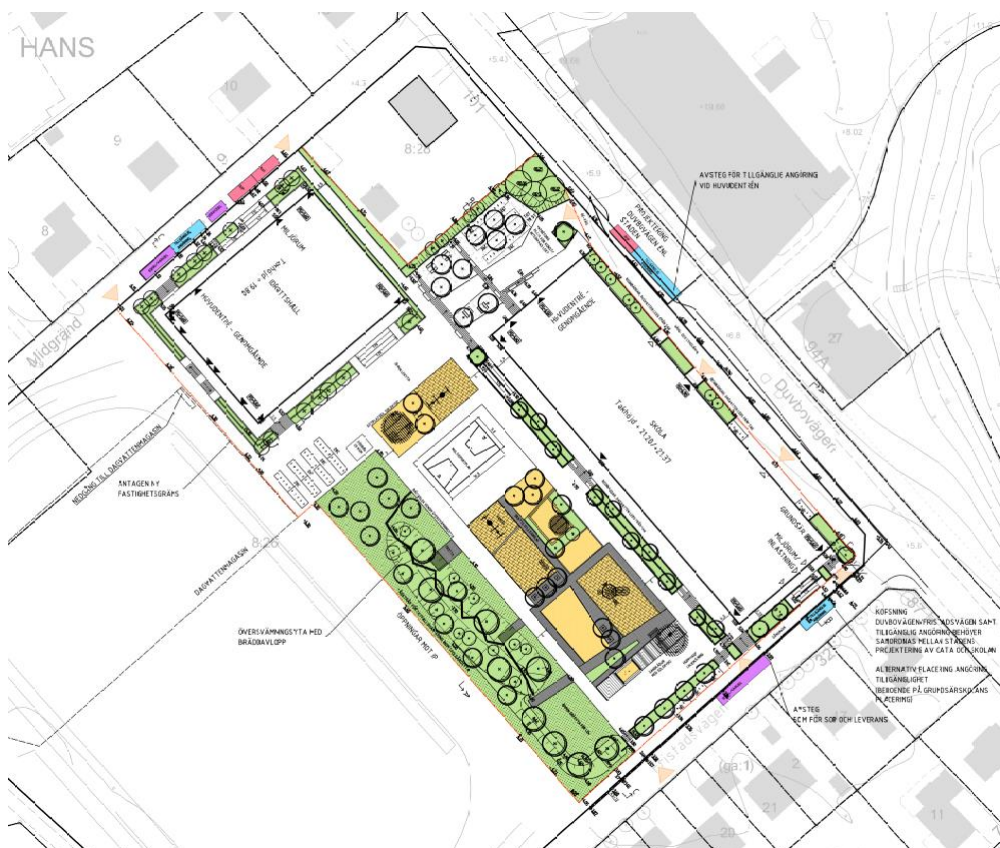


Figur 5. Höjdmodell som använts vid simulering av det befintliga scenariot. Markeringar visar var utbyggnadsplaner finns i närheten till planområdet.

4.3.2

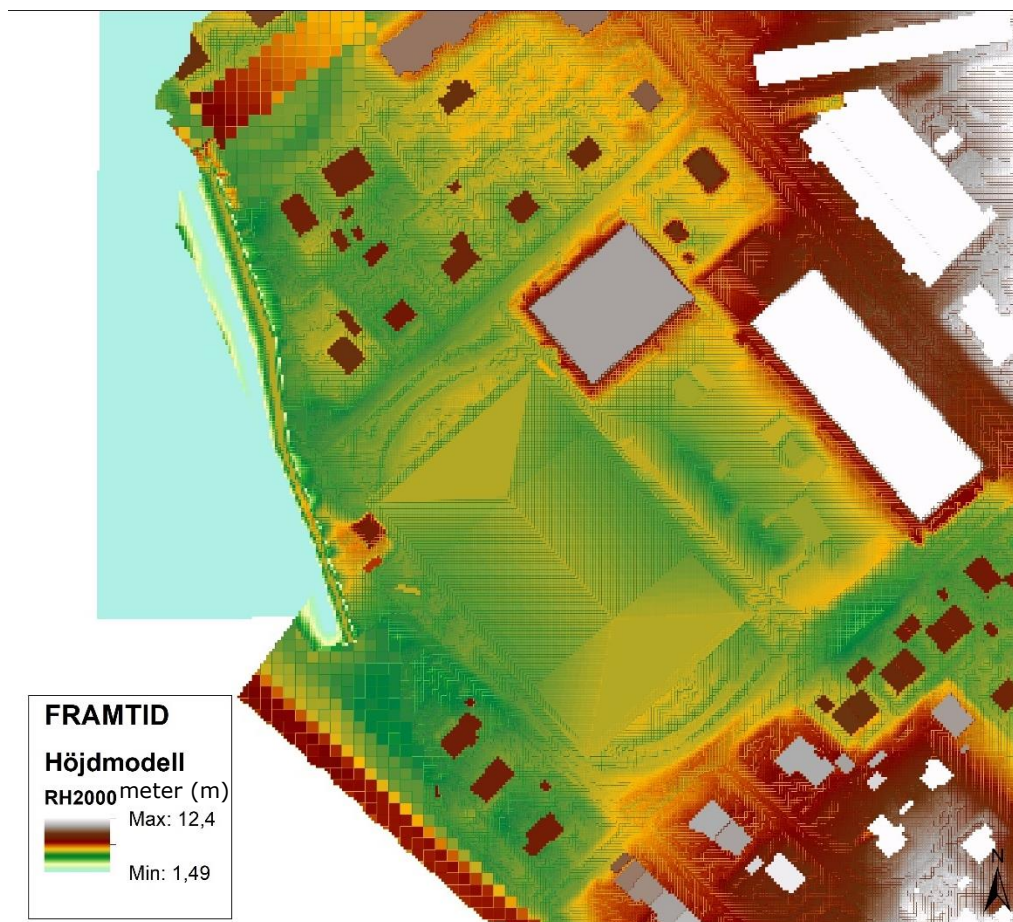
Höjdmodell framtida exploatering av planområdet

Den framtida höjdmodellen har utgått från höjdmodellen för nollalternativet samt projekterade marknivåer och placering av nya byggnaders fotavtryck, som illustreras i Figur 6. I Figur 7 presenteras den framtida höjdmodell som använts vid simulering av det framtida scenariot.



Figur 6. Urklipp från Situationsplan Bromstens IP skola och idrottshall, 2021-08-20, Tengbom.

Färdigt golv ligger som lägst på +5,60, vilket är över Bällstaåns BHF nivå på +5,3. Marken runt de nya byggnaderna, utanför entréer ligger också över nivån +5,3. Den större gröna ytan på skolgården har en långsmal försänkning, där botten på sänkan ligger på +3,70 och krönet på +4,00. Sänkan finns för att hålla en volymbalans inom detaljplanen. När en del av marken höjs runt de nya byggnaderna behöver andra ytor sänkas så att samma volym vatten kan rymmas inom planområdet vid ett skyfall och inte riskerar att istället förvärra översvämningssituationen för omkringliggande bebyggelse. Höjdsättningen är också utformad så att vatten från planområdet **inte** ska ledas ut mot lågpunkten i Fristadsvägen eller mot angränsande fastighet i korsningen Duvbovägen/Midgränd.

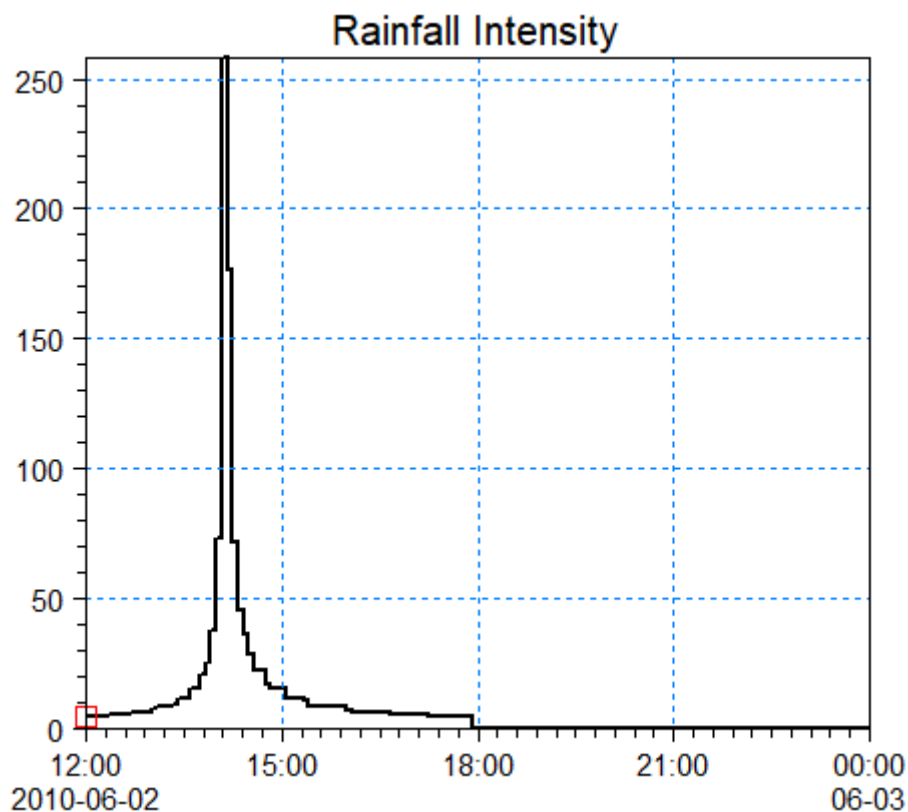


Figur 7. Höjdmodell som använts vid simulering av det framtida scenariot.

4.4

Regn

Simuleringar har utförts med ett fiktivt 100-årsregn inklusive en klimatfaktor på 1,25, av typen CDS, enligt riktlinjer i Svenskt Vattens publikation P104, (Svenskt Vatten, 2011). Användningen av CDS-regn rekommenderas vid planering av skyfall, då metoden tar hänsyn till flera varaktigheter (MSB, 2017). Regnet har en total varaktighet på 6 h och ger en total volym på 105,6 mm. Efter de första 6 timmarna har simuleringen pågått ytterligare 6 h för att säkerhetsställa att större vattenrörelser avstannat och maximala översvämningsdjup uppnåtts. Den totala simuleringstiden är således 12 h. Det antagna regnet visas i Figur 8.



Figur 8. CDS-regn för ett 100-årsregn med 25% klimatfaktor. Regnintensitet redovisas i millimeter per timme.

4.5

Infiltration

Modellen har inte tagit hänsyn till någon infiltration. Vid ett skyfall är infiltrationsförmågan generellt sett begränsad, och markytan kan till stora delar antas agera som en hårdgjord yta. På grund av att utredningsområdet utgörs av mestadels lera och berg och möjligheterna till infiltration bedöms vara mycket begränsade antas därför ingen infiltration ske vid det skyfall som studeras.

4.6

Mannings tal och ytans råhet

Markytans råhet, dvs den tröghet som marken utövar på vattnet, påverkar flödeshastigheter och översvämningsutbredningen och beskrivs i modellen med hjälp av Manningstal ($m^{1/3}/s$). Det kan generellt sägas att hårdgjorda, släta ytor ger ett lågt flödesmotstånd och förknippas med höga Manningstal. Skrovligare ytor så som naturmark leder till ett större flödesmotstånd och förknippas med lägre Manningstal.

Ytor inom modellerat område har klassificerats enligt markanvändning från Naturvårdsverket (Nationella Marktäckedata, 2019-04-01) och motsvarande råhet. Antagna Mannings tal för varje typ av markanvändning redovisas i Tabell 2. För detaljplanens framtida skolgård har Mannings tal i stort satts till 50, för att representera en mestadels hårdgjord yta.

Tabell 2. Antagen råhet för samtliga markanvändningar inom modellerat område, applicerat enligt färgkodning visat i Figur 9.

Markanvändning	Mannings tal
Vägar	50
Tak	20
Grönytor	2*

* grönytor på skolgården avsedda för dagvattenhantering har ansatts till 5 (visas i ljusblå färg i figuren nedan).



Figur 9. Ytor med Mannings tal enligt Tabell 2, till vänster visas nollalternativ och till höger framtida Mannings tal efter exploatering av Bromstens IP.

4.7

Randvillkor och övriga modellinställningar

Då sannolikheten är extremt liten att BHF för Bällstaån inträffar samtidigt som det lokala skyfallet är det rimliga antagandet att anta en något förhöjd nivå för ån (dock lägre än BHF) vid det lokala skyfallet. I samband med utredningen av det planerade magasinet under bollplanen, direkt söder om detaljplanen, beräknades nivån vid 30-årsregn för Bällstaån till +3,86 (Ramboll, 2019). Nivån avser den maximala nivån i Bällstaån vid 30-årsregn utan magasin. Magasinet innebär att maximala nivån sjunker något. Nivån (maximala) i Bällstaån vid 30-årsregn har sedan avrundats uppåt för extra säkerhetsmarginal. Randvillkor för skyfallsmodellen har då ansatts med en statisk nivå i Bällstaån på +4,0.

Muren längs med Bällstaån planeras ha 4 st rör genomföringar, dimension 200 mm, med backventil. Dessa har beskrivits i Mike Urban som ledningar och noder, med koppling till celler i höjdmodellen. Råhet i ledningar har satts till 'concrete rough' och förluster i noder till 'weighted inlet energy', detta för att (något förenklat) simulera viss tryckförlust vid backventilerna. Denna förlust kan i verkligheten variera beroende på typ av backventil.

Befintligt dagvattenledningsnät i gatorna är inte med i modellen och inget avdrag har gjorts för ledningsnätets kapacitet, vilket får ses som en extra säkerhetsmarginal. Troligtvis är ledningsnätets kapacitet begränsad vid höga nivåer i Bällstaån då ledningsnätets lägre delar troligen står dämnda.

Inga kalibreringar har genomförts för modellen. Eddy viscosity är satt till 0,50 med Smagorinsky formel.

5. Resultat

I följande avsnitt redovisas resultatet, i form av kartor med maximala översvämningsdjup, av ett simulerat 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och 6 h varaktighet innan och efter genomförandet av detaljplanen. I avsnitt 5.3 görs även en jämförelse av hur de beräknade maximala vattendjupen förändrats som en konsekvens av exploateringen. Maximalt översvämningsdjup innebär att det är det högsta värdet som registrerats någon gång under simuleringstiden av regnet. Det i sin tur betyder inte att alla maxdjup och maxflöden nödvändigtvis inträffar vid exakt samma tidpunkt.

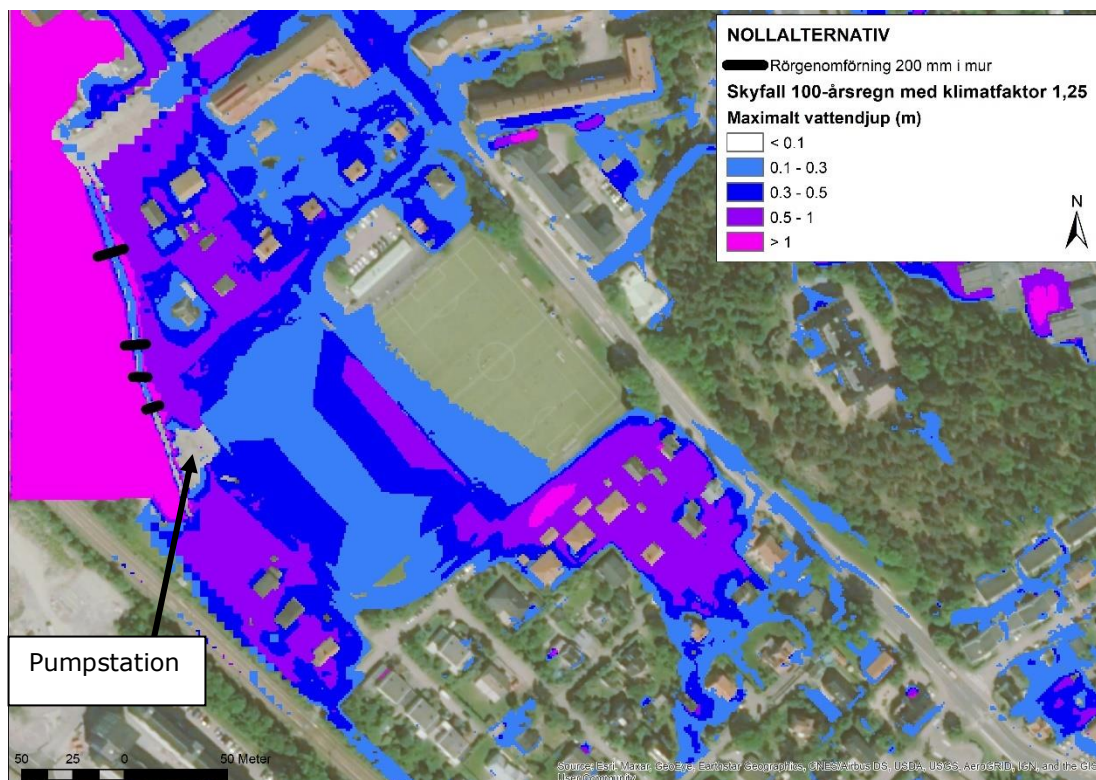
5.1 Resultat nollalternativ

I Figur 10 visas en översikt över maximala flöden vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och 6 h varaktighet för "nollalternativet", beskrivet i avsnitt 4.3.1. Det ses i figuren att det kommer stora flöden uppströms från Rissnavägen och Fältvägen, som sedan går samman till ett stort flöde på Duvbovägen som där får maximala vattendjup på ca 40 cm, vilket räknas som framkomligt för större räddningsfordon såsom brandbilar. Från Duvbovägen delas flödet och går dels ner längs Midgränd, dels ner längs Åkantsgränd. Lågpunkten på Fristadsvägen med intilliggande villor fylls upp av flöden från östra delen av avrinningsområdet via Duvbovägen. Maximala vattendjup på Duvbovägen öster om planområdet beräknas till ca 18 cm, vilket räknas som framkomligt för personbilar. När lågpunkten på Fristadsvägen fyllts upp fortsätter det att flöda in på idrottsytan direkt söder om planområdet.



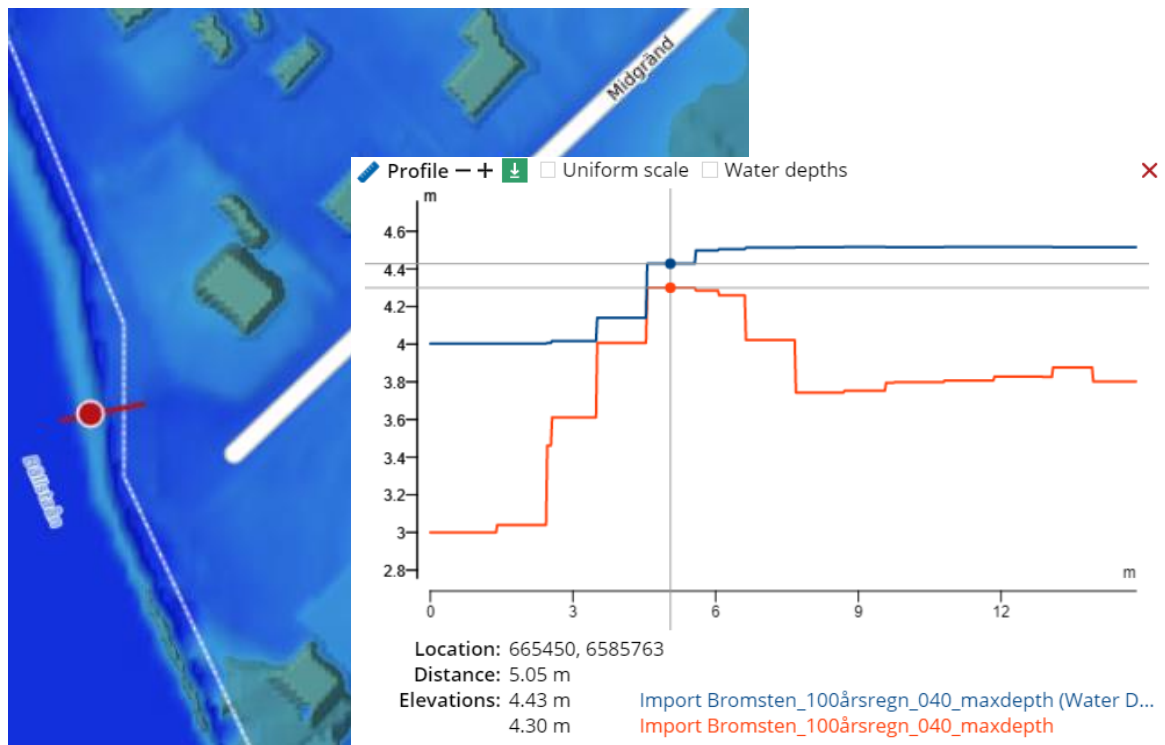
Figur 10. Maximala flöden under skyfallets mest intensiva fas för nollalternativet. Pilar visar flödesriktningen.

I Figur 11 visas en översikt över beräknat maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och 6 h varaktighet för "nollalternativet", beskrivet i avsnitt 4.3.1.



Figur 11. Maximalt översvämningsdjup (m) vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 för nollalternativ, innan genomförandet av detaljplanen. Att Bällstaån ser ut att ha en större utbredning västerut än i verkligheten har en modellteknisk anledning och kan bortses ifrån när resultaten analyseras.

Resultaten för nollalternativet visar att i lågpunkten på Fristadsvägen ställer sig över 1 m vatten och villorna intill får över 0,5 m vattendjup. Den norra delen av Midgränd har vattendjup på ca 0,2-0,4 m och de södra delarna ca 0,5-0,7m. Villorna intill Mälarbanan har vattendjup på ca 0,6 m. Idrottsytan ovan SVOA:s magasin har vattendjup mellan ca 0,2-0,6 m och den södra delen av planområdet har vattendjup på ca 0,3 m. Vattennivån vid pumpstationen invid ån ligger som högst på +4,5 och marken mellan pumpstationen och ån ligger högre än +4,5. Åtkomsten till pumpstationen kan vara begränsad under skyfallets mest intensiva period. Generellt längs muren kommer vattenytan som högst ligga på +4,5 under det lokala skyfallet och vattnet tar sig då över murkrönet, som på större delen av sträckan ligger på +4,3. Figur 12 nedan visar nivåer vid vändplan i Midgränd.



Figur 12. Profil tagen från vändplan i Midgränd och över mur till Bällstaån. Till höger markeras profilsträckan av en röd linje. Till vänster ses profilen, där höjdmodellen visas med röd linje och maximala vattendjup visas med blå linje. Där markören är placerad på murkrönet på +4,3 är vattennivån +4,43.

Efter 12 h, vid simuleringens slut, har vattendjupen på Midgränd sjunkit till ca 0,2 m på södra delen av gatan som hade höga vattendjup. Lågpunkten i Fristadsvägen har dock fortfarande stora vattendjup, ca 0,8 m. Hur lång tid det tar för vattnet att sjunka undan i verkligheten är svårt att säga då det dagvattenledningsnät som finns i gatorna inte är inlagda i modellen, samt att dessa ledningar har utlopp i Bällstaån och bedöms ha begränsad utloppskapacitet så länge ån har förhöjda nivåer.

5.2 Resultat framtida exploatering av planområdet

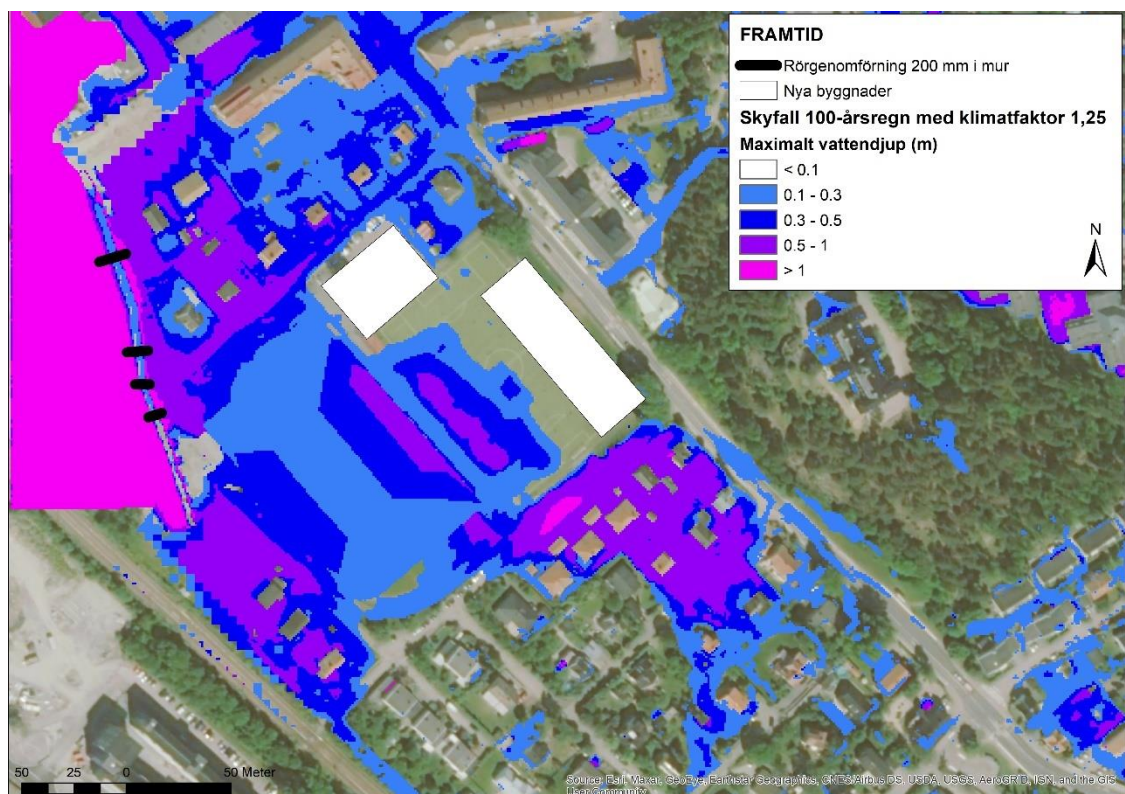
I Figur 13 visas en översikt över maximala flöden vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och 6 h varaktighet för det framtida scenariot, med genomförd detaljplan. Flödena är i stort samma som visas i Figur 10 men med skillnaden att det kommer ett visst flöde från de nya byggnaderna till lågstråken på skolgårdens södra del. Ett flöde ser även ut att kunna komma in på skolgården från lågpunkten i Fristadsvägen när den innehåller som mest vatten.



Figur 13. Maximala flöden under skyfallets mest intensiva fas i framtida scenariot. Pilar visar flödesriktningen.

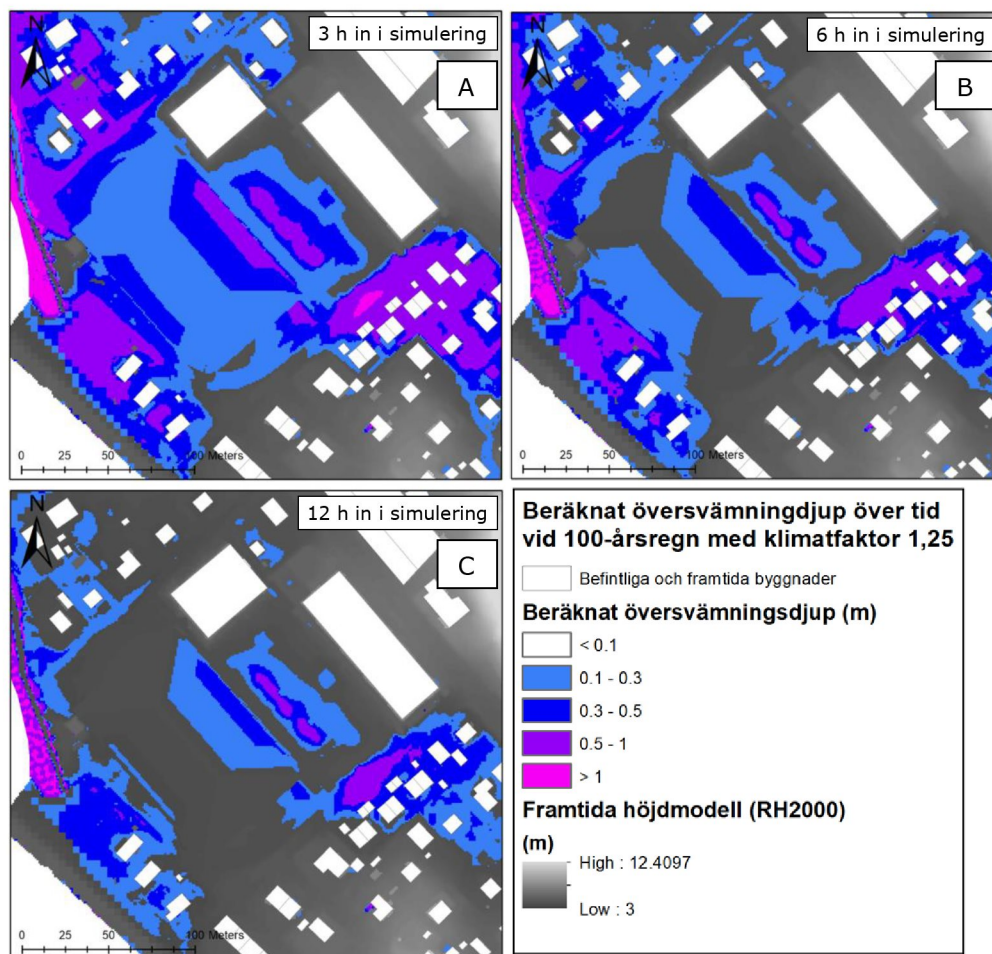
I Figur 14 visas en översikt över beräknat maximalt vattendjup vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 för framtida förhållanden. Maximala vattendjup på skolgården ligger mellan 10 cm och drygt 80 cm. Det är ca 500 m² av skolgården som får maximala vattendjup på mer än 50 cm och det är ca 50 m² av skolgården som får maximala vattendjup på ca 80 cm. Maximala vattendjup uppnås ca 3 h in i simuleringen. Vid simuleringens slut, efter 12 h, har vattendjupen på skolgården generellt sjunkit med ca 20 cm, dvs vattendjup som maximalt var ca 80 cm är vid simuleringens slut ca 60 cm osv. Hur fort vattendjupen sjunker i verkligheten beror till stor del på hur kapaciteten i dagvattenledningen i Midgränd är under och efter skyfallet eftersom det kommer finnas ett internt dagvattensystem inom fastigheten som ansluter till denna ledning. I denna skyfallsmodell har man antagit att dagvattensystemen är ur funktion. Resultatet visar också att entréer inte riskerar översvämning samt att man kan ta sig från planerad idrottshall vid

Midgränd, över skolgården till skolan utmed Duvbovägen. Platser inom detaljplanen samt i detaljplanens direkta närhet där maximala vattendjup vid 100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 beräknas till mer än 0,5 m och därmed, enligt Tabell 1, innebär risk för människor att befinna sig på är; sänkan i skolgårdens södra del; Fristadsvägen och villorna intill samt söder om Fristadsvägen; delen av bollplanen som gränsar mot skolgården; området och villorna vid Mälarbanan; södra delen av Midgränd samt GC-vägen/området intill Bällstaån. De områden i Figur 14 som har maximala vattendjup mer än 0,5 m visas i lila.



Figur 14. Maximalt översvämningsdjup (m) vid ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 efter genomförandet av detaljplanen. Att Bällstaån ser ut att ha en större utbredning västerut än i verkligheten har en modellteknisk anledning och kan bortses ifrån när resultaten analyseras.

Volymen vatten som maximalt kan bli stående på skolgårdens södra del är uppskattningsvis ca 1 100 m³. Den volymen måste omhändertas någonstans vid ett skyfall utan att riskera att förvärra en redan svår översvämningssituation för omkringliggande villor.



Figur 15. Vattendjup under olika tider i simuleringen. Vattendjupen som visas vid simuleringens slut (12 h) ska tolkas med försiktighet.

Figur 15 visar vattendjup efter 3 h (A), 6 h (B) och vid simuleringen slut, 12 h (C). Vattendjupen som visas vid simuleringens slut (12h) ska tolkas med försiktighet eftersom det i denna simulering inte antas finnas fungerande ledningsnät för dagvatten och i verkligheten har dagvattensystemet viss kapacitet efter 12 h.

5.3

Jämförelse mellan nollalternativ och framtida situation

I Figur 16 visas skillnaden i beräknat maxdjup före och efter genomförandet av detaljplanen. Syftet att redovisa detta är att se om någon förbättring respektive försämring av översvämningssituationen har skett utanför detaljplanen. Områden där översvämningdjupet har minskat redovisas i gröna nyanser medan områden där djupet har ökat i samband med exploatering visas i orange-röda nyanser. Utförda simuleringar bedöms ha en felmarginal på 5 cm varför ingen skillnad visas för områden där vattendjupen ökar eller minskar med mindre än 5 cm. Inom fastigheten har mark vid planerade byggnader höjts enligt de riktlinjer och krav som finns för att skydda bebyggelsen för höga nivåer i Bällstaån samt vid det lokala skyfallet. En del av skolgården har därför sänkts något mot befintliga nivåer

i den södra delen för att inga översvämningsvolymerna ska belasta omkringliggande bebyggelse. Att marknivåer har höjts och sänkts inom detaljplaneområdet innebär en omfördelning av översvämningsvolymerna inom detaljplanen. Det ses genom att vissa områden är gröna, dvs här får minskat översvämningsdjup, och vissa områden är röda, dvs här får ökat översvämningsdjup. Det ses i Figur 16 att Fristadsvägen och villorna intill ej påverkas negativt med föreslagna höjdsättning, villorna vid Midgränd påverkas inte heller negativt. En liten del av Midgränd, precis utanför planerad Idrottshall får som maximalt 5 cm ökat vattendjup under ca 20 min av simuleringen. Fastigheten norr om planområdet (i korsningen Duvbovägen/Midgränd) får i en liten del ca 5 cm ökat vattendjup någon gång under simuleringen. Dock är det en relativt liten del av en gräsmatta/grönyta som i nollalternativet hade vattendjup under 10 cm.



Figur 16. Skillnad i beräknat översvämningsdjup mellan nollalternativ och framtida, vid ett 100-årsregn med klimatkfaktor 1,25. Fastighetsgräns redovisas med svart linje.

6. Slutsatser

Stockholm stads målsättning för skyfallsarbetet, i enlighet med Länsstyrelsens rekommendationer, är att detaljplanen för Bromstens IP inte ska bidra till att översvämningsrisken ökar jämfört med befintlig situation. Med föreslagen höjdsättning för planområdet visar analysen att exploateringen inom detaljplanen inte förvärrar översvämningssituationen för befintlig bebyggelse. Marknivåer inom detaljplanen har både höjts och sänkts, vilket innebär båda ökade och minskade översvämningsdjup inom detaljplanen. Vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 beräknas inom skolområdet maximala vattendjup på upp till drygt 80 cm tillfälligt uppstå vid sänkan vid skolgårdens södra gräns. Entréer på planerade byggnader inom planområdet riskerar inte översvämning och man kan ta sig från planerad idrottshall vid Midgränd, över skolgården, till skolan utmed Duvbovägen. Personbilar och räddningsfordon kan ta sig till planområdet österifrån via Duvbovägen. Under de mest intensiva delarna av skyfallet är en sträcka av Duvbovägen, strax väster om planområdet, endast framkomlig för brandbilar och större räddningsfordon då vägen där får vattendjup större än 20 cm. Platser inom detaljplanen samt i detaljplanens direkta närhet där maximala vattendjup vid 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 är mer än 0,5 m och därmed, enligt Tabell 1, innebär risk för människor att befinna sig på visas i lila i Figur 14.

Färdigt golv på nya byggnader samt mark precis utanför entréer ligger över beräknad nivå i samband med BHF som vid Bromstens IP är +5,3. Samtliga delar av konstruktionen som planeras under denna nivå behöver vara konstruerad så den inte tar skada av uppdämmande vatten.

7. Hantering av skyfall och fortsatt arbete

Enligt de riktlinjer som finns för skyfall bedöms planens principiella utformning ge en acceptabel skyfallssäkring av den nya bebyggelsen, samt att icke-försämring för befintlig bebyggelse uppnås. Dock beräknas maximala vattendjup på delar av skolgården till ca 80 cm. Riktlinjer saknas för närvarande vilka översvämningsdjup som är acceptabla på skolgårdar vid 100-årsregn med klimatfaktor. Om marknivåerna höjs på skolgården för att minska översvämningsdjupen inom skolgården finns det en risk att översvämningsdjup utanför detaljplanen ökar.

Befintlig bebyggelse intill planområdet har idag en betydande översvämningsrisk, som på sikt kan förväntas förvärras dels pga. att marken har fortsatt sättningsbenägenhet så den befintliga bebyggelsen sjunker långsamt, och dels pga. klimatpåverkan. Stockholms stad bör om möjligt arbeta vidare med en översvämningsstrategi för området som helhet, t ex flödeskapacitet ut från det instängda området vid Fristadsvägen, och åtgärder skulle kunna samordnas med arbeten inom Bromsten IP.

Referenser

COWI (2016). *Guide för analys och översvämningsrisker*

DHI. (2014) *Slutrapport för Nacka kommun – Skyfallsanalysen för Västra Sicklaön*

DHI, (2019). *Skyfallskartering för Bromstensstaden, BHF och framtida 200-årsregn*

Länsstyrelsen Stockholm, Fakta 2021:2 *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs vattendrag och sjöar i Stockholms län*

Länsstyrelsen Stockholm, Fakta 2018:5 *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering*

MSB. (2014). *Kartläggning av skyfallspåverkan på samhällsviktig verksamhet - Framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå*

MSB. (2017). *Vägledning för skyfallskartering. Tips för genomförande och exempel på användning.*

Ramboll (2019). *Bromstens IP Dagvattenmagasin – Fördjupad förstudie 2019-06-25*

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut. (2019). *Metod och effektsamband för identifiering, bedömning och prioritering av åtgärder för klimatanpassning av vägar och järnvägar – En förstudie. VTI Rapport 1023*