



Dagvatten- och skyfallsutredning

Ny detaljplan för multihall Skogshöjden 1:1 Trollhättan

Kraftstaden Fastigheter Trollhättan AB

Datum: Rev 12 augusti 2025
19 oktober 2023

Sammanfattning

Strax utanför Trollhättans centrum ligger fritidsanläggningen Skogshöjdens IP. NIRAS Sweden AB har fått i uppdrag att ta fram en dagvatten- och skyfallsutredning i samband med att anläggningen ska utökas med en ny multihall och tillhörande parkeringsplats.

Utredningsområdet består idag av en parkeringsplats och utfart och resterande del av området är täckt av skog. Området är bitvis mycket kuperat. Jorddjupet är relativt grunt på området och består av sandig morän och postglacial sand. Området avvattnas till ett mindre vattendrag som rinner ut i Göta älv. Göteborg stad har klassat Göta älv som en mycket känslig recipient och har ett pågående åtgärdsprogram gällande den ekologiska potentialen och för höga halter av PFOS. Utredningsområdet ligger idag inte inom något vattenskyddsområde.

Den planerade exploateringen kommer bidra till att en större andel av utredningsområdet hårdgörs vilket minskar den naturliga infiltrationen. I en framtid med häftigare regn på grund av klimatförändringarna riskerar dagvattenflödet inom utredningsområdet att öka. Den planerade parkeringsplatsen kan komma att bidra till högre föroreningsmängder i dagvattnet.

Föreslagen dagvattenhantering utgår från Trollhättans stads dagvattenstrategi där fördröjning och omhändertagande av dagvatten ska ske lokalt på kvartersmark så långt som möjligt. Fördröjningen ska motsvara 10 mm per kvadratmeter hårdgjord yta. Fördröjningsbehovet vid planerad exploatering beräknades till ca 105 m³.

För att uppnå tillräcklig rening av dagvattnet inom utredningsområdet rekommenderas att ca 225 m² regnbäddar anläggs, främst kopplade till parkeringsplatserna, samt ca 183 m² makadamdiken i anslutning till den västra parkeringen samt området för torget och multihallen.

Under arbetsprocessen med den nya detaljplanen och inom ramarna för denna utredning har anläggandet av ett grönt tak på multihallen diskuterats. Ett grönt tak rekommenderas då det är ett sätt att öka biologisk mångfald, berika den bebyggda miljön och fördröja och magasinera dagvatten lokalt. Vid val av grönt tak, utformning samt skötsel bör risken för näringsläckage tas i beaktning. Exempel på åtgärder som motverkar läckage är inblandning av oladdat biokol och att välja ett biotopik framför ett sedumtak.

Översvämningsrisken vid ett klimatanpassat 100-årsregn bedöms vara låg och det bedöms således inte finnas behov för några specifika åtgärder avseende skyfall inom utredningsområdet. Skyfallssituationen förväntas därmed inte försämrats för omkringliggande fastigheter avseende föreslagen exploatering om hänsyn tas till flödesvägar och rekommendationer i föreliggande utredning. Det bedöms inte föreligga någon risk avseende tillgänglighet till fastigheten för räddningstjänsten beaktat översvämning vid skyfall.

Rev.nr	Datum:	Beskrivning	Utarbetat av	Granskat av	Godkänt av
04	2025-08-12	Rev utredningsområde	LIHE	ASPO	ASPO
03	2024-09-06	Rev kap 4.6.1	LIHE	ASPO	ASPO
02	2024-07-08	Rev utredningsområde	HIAN, LIHE	ASPO	ASPO
01	2024-03-27	Rev placering multihall	LIHE	ASPO	ASPO
00	2023-10-19	Utredning till detaljplan	LIHE, HIAN	PESO	ASPO

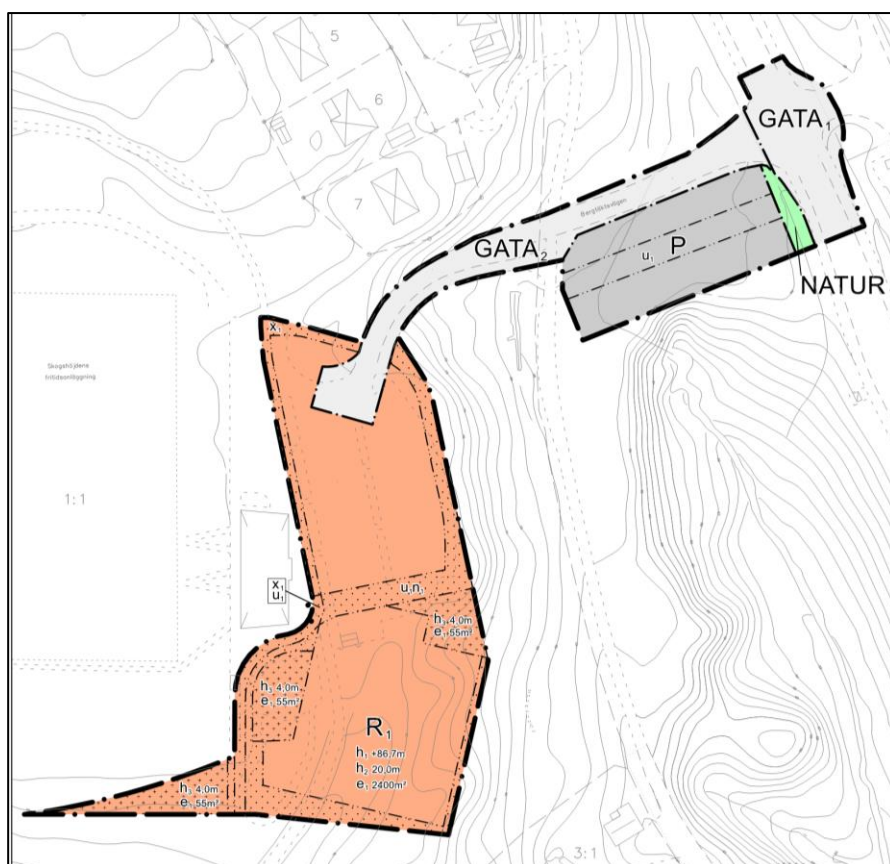
Innehåll

1.	Inledning	4
2.	Underlag.....	5
3.	Områdesbeskrivning.....	6
4.	Förutsättningar.....	9
4.1.	Riktlinjer för dagvattenhantering	9
4.2.	Avrinningsvägar, befintlig markanvändning	10
4.3.	Befintliga VA-ledningar	11
4.4.	Recipienter och miljö kvalitetsnormer	12
4.5.	Markavvattningsföretag.....	13
4.6.	Hydrogeologiska förutsättningar.....	13
4.6.1.	Grundvatten	14
4.7.	Skyfall	14
4.8.	Förorenade områden	15
4.9.	Skyddade områden	15
5.	Markanvändning.....	16
5.1.	Befintlig markanvändning	16
5.2.	Planerad exploatering	17
6.	Flödesberäkningar.....	18
6.1.	Beräkningsmetodik	18
6.2.	Klimatanpassning.....	18
6.3.	Återkomsttid och regnets varaktighet.....	19
6.4.	Årsmedelflöde och dimensionerande dagvattenflöden	19
6.5.	Fördröjningsbehov	19
7.	Beräknade föroreningshalter och mängder	20
8.	Föreslagen dagvatten- och skyfallshantering	22
8.1.	Dagvattenhantering.....	22
8.1.1.	Dagvattenanläggningar	26
8.1.1.1.	Gröna tak	27
8.1.1.2.	Regnbäddar	28
8.1.1.3.	Träd i skelettjord	29
8.1.1.4.	Genomsläpplig beläggning	31
8.1.1.5.	Makadamdike	33
8.2.	Skyfallshantering	33
9.	Slutsats.....	34
10.	Litteraturförteckning	35

1. Inledning

NIRAS Sweden AB har fått i uppdrag av Kraftstaden Fastigheter Trollhättan AB att ta fram en dagvatten- och skyfallsutredning i samband med den planerade exploateringen vid Skogshöjdens IP. Den planerade exploateringen ingår i ett pågående detaljplanearbete i Trollhättans stad inom området Skogshöjden och syftar till att utöka verksamheten i området. Inom exploateringen ska det byggas en ny idrottshall/multihall med ny tillhörande parkering, se Figur 1.

Uppdraget syftar till att utreda förutsättningarna för en hållbar dagvatten- och skyfallshantering inom utredningsområdet. I utredningen tas åtgärdsförslag fram för att rena och fördröja dagvatten. Utredningen redogör även för översvämningsrisken och åtgärdsförslag vid ett klimatanpassat 100-årsregn.



Figur 1. Schematisk översigtsbild över planerad exploatering (Trollhättan Stad, 2025-06-03).

2. Underlag

Följande underlag användes vid framtagandet av utredningen:

- Befintligt VA, Trollhättan Energi (2023)
- Dagvattenstrategi, Trollhättans stad (2021)
- Geoteknisk undersökning, Bohusgeo AB (2025)
- Höjdmodell 1 m, Lantmäteriet (2022)
- Höjdmodell 2,5 m, SCALGO Live (2023)
- Jordartskartan, SGU (2023)
- Jorddjupskartan, SGU (2023)
- Miljöteknisk undersökning av mark, Jordnära Miljökonsult AB (2023)
- Ortofoto bakgrundskarta, Mapbox (2023)
- Situationsplan, Kraftstaden Fastigheter Trollhättan AB (2023)
- Uppdaterad situationsplan, Kraftstaden Fastigheter Trollhättan AB (2024)
- Uppdaterad situationsplan, Trollhättan kommun (2025)
- Skyddad natur, Naturvårdsverket (2023)
- Topografisk bakgrundskarta, OpenStreetMap (2023)
- Vattenkartan, VISS (2023)

3. Områdesbeskrivning

Utredningsområdet ligger inom Skogshöjdens fritidsområde i nordvästra delen av Trollhättan tätort i Västra Götalands län och är knappt 1,5 hektar stort, se Figur 2. Skogshöjdens fritidsområde består idag av två fotbollsplaner, ett klubbhus och tillhörande parkeringsyta.

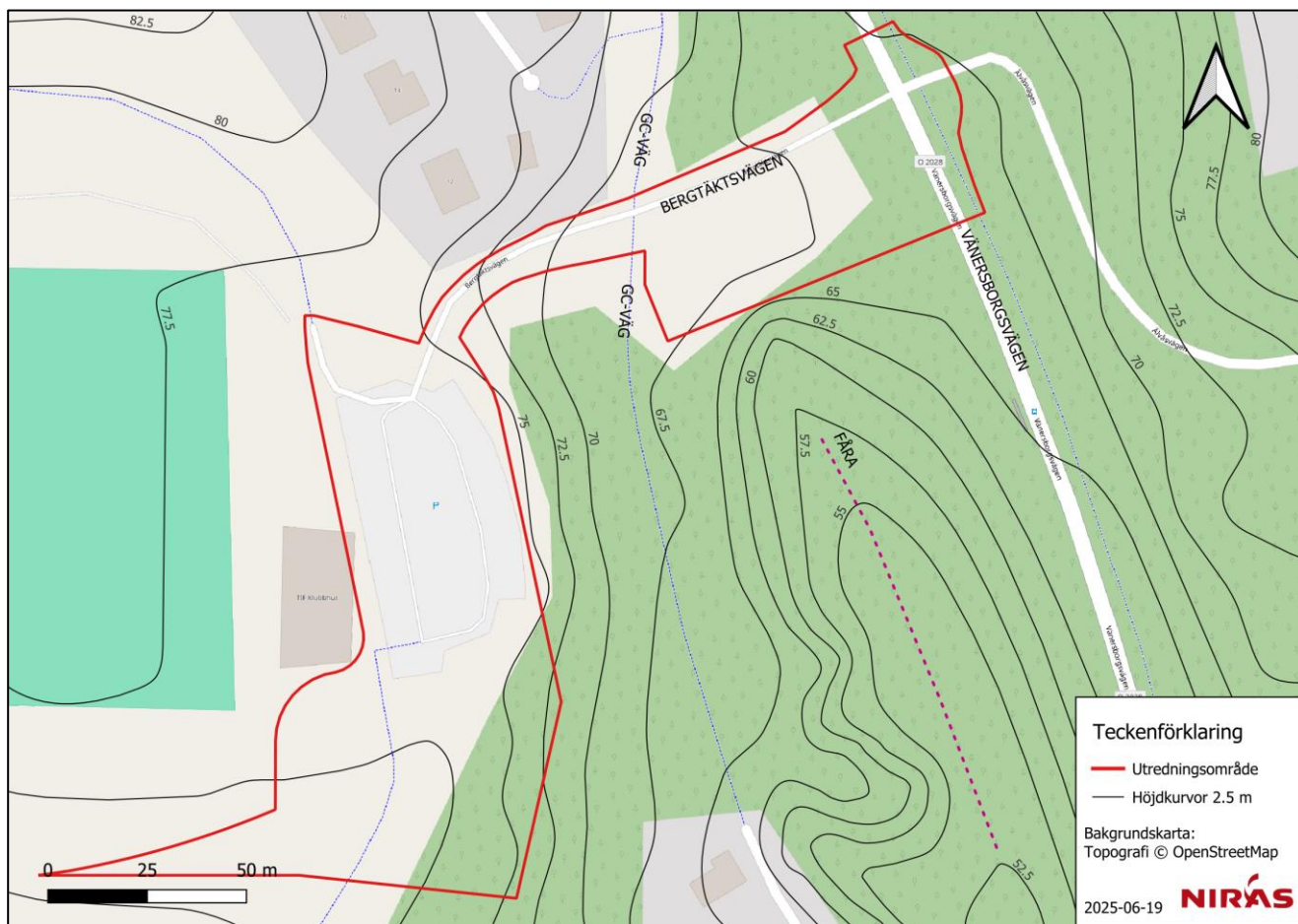
Utredningsområdet ligger delvis inom östra delen av det befintliga fritidsområdet. Längst öster ut avgränsas det av Vänersborgsvägen och gränsen i väster utgörs av klubbhuset samt fotbollsplanen. I norr finns ett befintligt bostadsområde och i söder återfinns områden med naturmark.

I öst-västlig riktning genom utredningsområdet löper Bergtåktsvägen, som länkar ihop Vänersborgsvägen med fritidsområdet. Bergtåktsvägen korsas av en gång- och cykelväg (GC-väg) i nord-sydlig riktning. En relativt stor del av utredningsområdet består idag av skog.



Figur 2. Röd markering visar utredningsområdet. Områdets översiktliga placering visas med röd cirkel i den infällda bilden i övre vänstra hörnet.

Området är bitvis kuperat, se Figur 3. Den nuvarande parkeringen längst väster ut i utredningsområdet är lokaliserat på + 76 m ö.h., se Figur 4. Från den nuvarande parkeringen sluttar marken ner till GC-vägen (+ 68 m ö.h.) där marken planar ut, och sluttar sedan svagt längs med Bergtåktsvägen ner till Vänersborgsvägen (+ 66 m ö.h.), se Figur 5. Sydost om GC-vägen och sydväst om Vänersborgsvägen sluttar det brant ner till en större fåra (+ 55 m ö.h.) där ett mindre vattendrag rinner söderut, se Figur 6. Området ingår inte i VA-huvudmannens verksamhetsområde för dagvatten.



Figur 3. Översikt över höjdskillnader inom utredningsområdet med 2,5 meters upplösning (SCALGO Live).



Figur 4. Fotografi på nuvarande parkering på Skogshöjdshallens fritidsområde. Vy i östlig riktning (Foto: NIRÅS).



Figur 5. **Vänster:** Fotografi på gång- och cykelväg (GC-vägen) som löper genom utredningsområdet. Vy från Bergtåktsvägen mot GC-vägen söderut. **Höger:** Vy från GC-vägen söder om Bergtåktsvägen i östlig riktning mot Vänersborgsvägen. (Foto: NIRAS)



Figur 6. **Vänster:** Fotografi på mindre vattendrag i fåran mellan GC-väg och Vänersborgsvägen. Vy från slänten/fåran mot Bergtåktsvägen norrut. **Höger:** Mynning till vägtrumma vid Vänersborgsvägen. (Foto: NIRAS)

4. Förutsättningar

För att kunna utvärdera behovet för dagvatten- och skyfallshantering efter planerad exploatering så har områdets legala och fysiska förutsättningar sammanfattats.

4.1. Riktlinjer för dagvattenhantering

Trollhättans stad tog 2021 fram en ny dagvattenhanteringsstrategi som har anpassats för en framtida ökad nederbörd kopplat till klimatförändringar (Trollhättans stad, 2021).

Strategin består av fyra övergripande mål:

- Robusta bebyggelsemiljöer och bevarad vattenbalans, vilket ska nås med hjälp av utformad dagvattenhantering som efterliknar naturlig infiltration och avrinning i så lång utsträckning som möjligt.
- Välmående yt- och grundvatten, vilket kopplas till krav på kemikalie- och materialhantering och dagvattenrening.
- Berikat stadslandskap, vilket innebär att dagvatten ska användas som en resurs för att skapa mervärden i den bebyggda miljön.
- God samverkan och tydlig ansvarsfördelning.

För tät bostadsbebyggelse ska nyanläggning av dagvattenanläggning dimensioneras för regn med återkomsttid på 5 år vid fylld ledning och 20 år för trycklinje i marknivå (Trollhättans stad, 2021). Kommunen har som ansvar att planera för att områden ska klara extrema skyfall (20 - 100 års regn) med hjälp av yttlig avrinning, för att motverka skador på personer och egendom. En klimatkfaktor på minst 1,25 bör användas vid nederbörd med kortare tid än en timme och för regn med längre varaktighet bör en klimatkfaktor på minst 1,2 väljas.

Vid förändring inom befintliga dagvattenområden är målen desamma som för nyanläggning, med minimikravet att förändringen inte ska innebära en försämring av möjligheten att hantera dagvatten och skyfall.

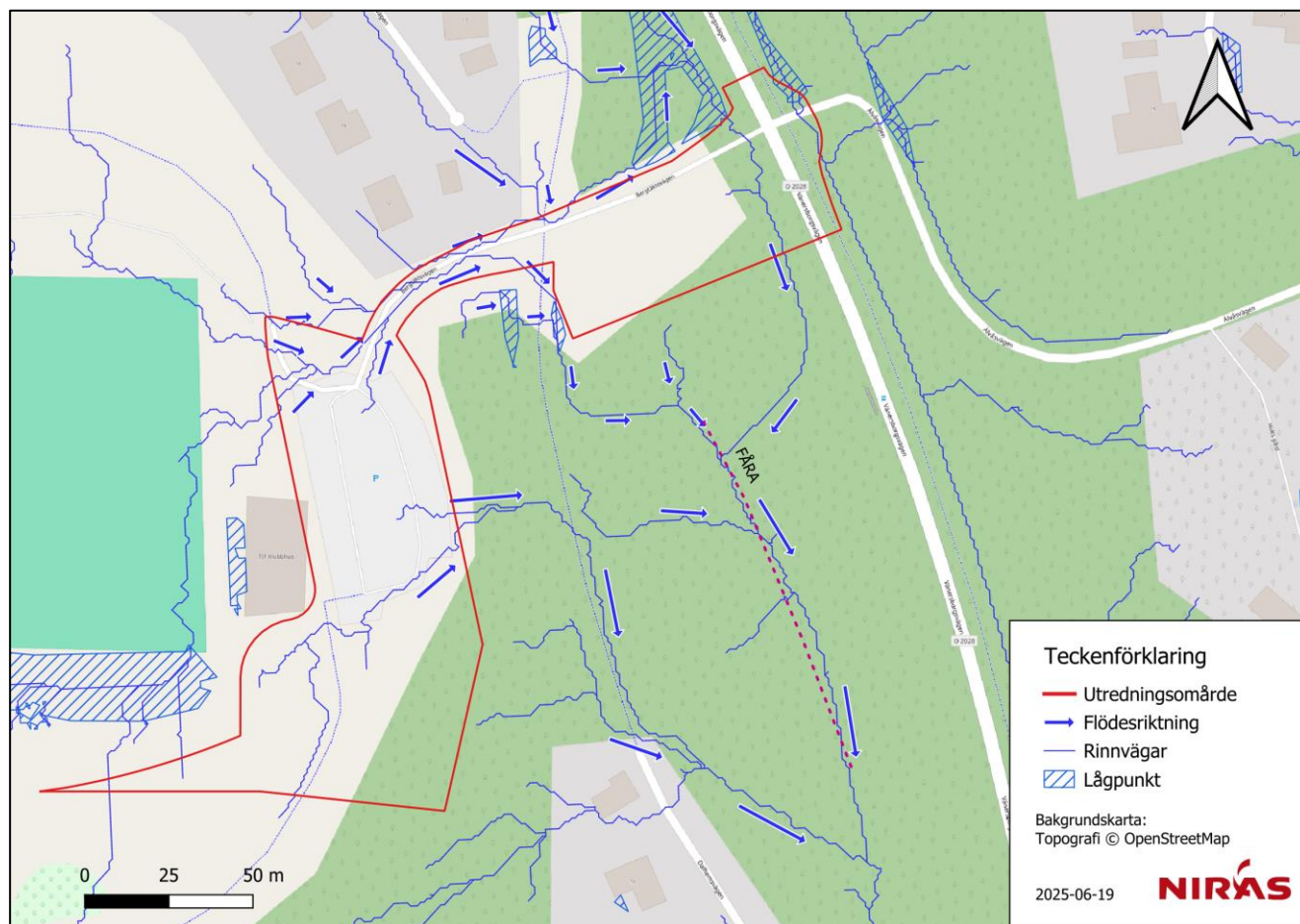
Fördröjning och omhändertagande av dagvatten ska så långt som möjligt ske lokalt på kvartersmark. Fördröjningen ska anläggas i enlighet med detaljplanens dagvattenutredning, alternativt motsvara 10 mm per kvadratmeter hårdgjord yta. Utsläpp av dagvatten till ledningssystem och reningsverk ska undvikas.

Recipientens vattenkvalitet får inte försämrats eller hindras från att uppnå god vattenstatus vid utsläpp av dagvatten. Rening av dagvatten bör ske så nära föroreningskällan som möjligt. Särskilt fokus för behov av rening gäller exempelvis ytor med metall- och petroleumprodukter och konstgräsplaner med gummigranulat.

4.2. Avrinningsvägar, befintlig markanvändning

Tillrinningen till utredningsområdet kommer från tre huvudsakliga områden; fotbollsplanerna i nordväst, den befintliga parkeringsytan i väst och vägdiket längst Vänersborgsvägen i nordost, se Figur 7. Den ytliga avrinningsriktningen inom utredningsområdet sker i huvudsak i sydlig/sydöstlig riktning mot bäckfåran som löper söderut parallellt med Vänersborgsvägen.

I mitten av området finns två lågpunkter som sammanfaller med två diken längst GC-vägen. Det finns även en lågpunkt norr om Bergtäktsvägen i områdets nordostligaste del. Vattenflödena från lågpunkterna avrinner via olika vägar mot vattendraget sydost om utredningsområdet.



Figur 7. Ytlig naturlig avrinning inom utredningsområdet (SCALGO Live).

4.3. Befintliga VA-ledningar

Inom utredningsområdet finns befintliga dagvattenledningar, diken och vägtrummor, se Figur 8. Dagvattenledningen som avleder vatten från fotbollsplanerna i väst har ett utlopp vid den befintliga parkeringen¹. Dagvattnet rinner sannolikt diffust genom naturmarken ner till ett mindre dike vid GC-vägen. Inget utflöde från diket vid GC-vägen har kunnat fastställas i fält. Vid platsbesök 2023-09-01 noterades att flertalet diken var igenväxta, se Figur 6.



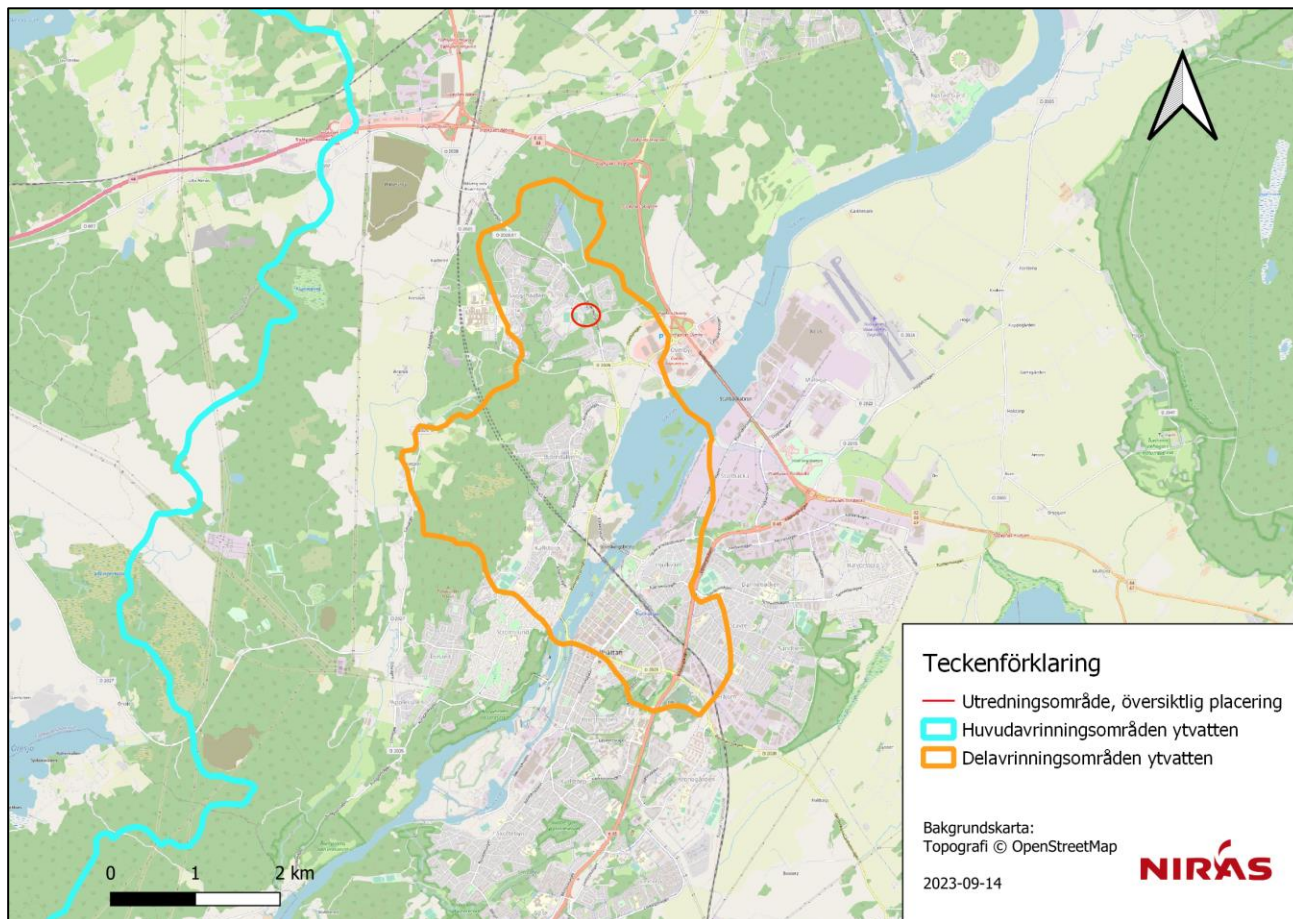
Figur 8. Befintliga dagvattenledningar, diken och vägtrummor.

Det bör säkerställas att dagvattnet som avrinner diffust eller ytligt ned via slänten från idrottsområdet till bäckfåran kan ges möjlighet att avrinna via en trumma under befintlig GC-väg. Förslagsvis etableras ett avskärande dike längs GC-vägen med tillhörande trumma för vidare avledning till bäckfåran. Således kan risken för vattentransporten över GC-vägen minimeras genom denna åtgärd. Noteras ska att området ligger utanför aktuell detaljplanegräns.

¹ Mailkontakt: Trollhättan Energi AB 2023-06-24

4.4. Recipienter och miljökvalitetsnormer

Utredningsområdet avrinner naturligt till ett mindre vattendrag längs Vänersborgsvägen som sedan rinner ut i Göta älv. Utredningsområdet ligger inom delavrinningsområdet *Nedlagd mätstation Göta älv Trollhättan* och huvudavrinningsområdet *Göta älv*, se Figur 9.



Figur 9. Delavrinningsområde och västra gränsen av huvudavrinningsområdet (SMHI). Utredningsområdets översiktliga placering visas med en röd cirkel.

Göta älv – *Slumpån till Stallbackaån* (SE646486-129009) är klassat som en kraftigt modifierad vattenförekomst av typen *Energi, vattenkraft* (VISS, 2021). Klassningen beror på att den hydrologiska regimen och det morfologiska tillståndet är väsentligt påverkat. Den nuvarande ekologiska potentialen har bedömts till *Otillfredsställande*. Åtgärdsplanen för vattenförekomsten har som mål att den ekologiska potentialen ska vara *God* 2039. Den ekologiska potentialens åtgärdsarbete fokuserar främst på att förbättra vandrings- och lekmöjligheterna för fisk i vattenförekomsten.

Den nuvarande kemiska statusen i vattenförekomsten har bedömts till *Uppnår ej god*. För höga halter av kvicksilver (Hg), polybromerade difenyletrar (PBDE) samt PFOS har uppmätts i vattenförekomsten. Kviksilver och PBDE överskrider i samtliga Sveriges vatten på grund av långväga atmosfärisk deposition och har därför ett undantag med mindre stränga krav. Undantaget finns för att det ska vara tekniskt omöjligt att sänka halterna till de nivåer som motsvarar god kemisk ytvattenstatus. Godkända halter av PFOS ska vara uppnådda till 2027. Göteborg stad (2021) har bedömt *Göta Älv norr om intaget* som en mycket känslig recipient och har tagit fram riktvärden vid utsläpp av förorenat dagvatten.

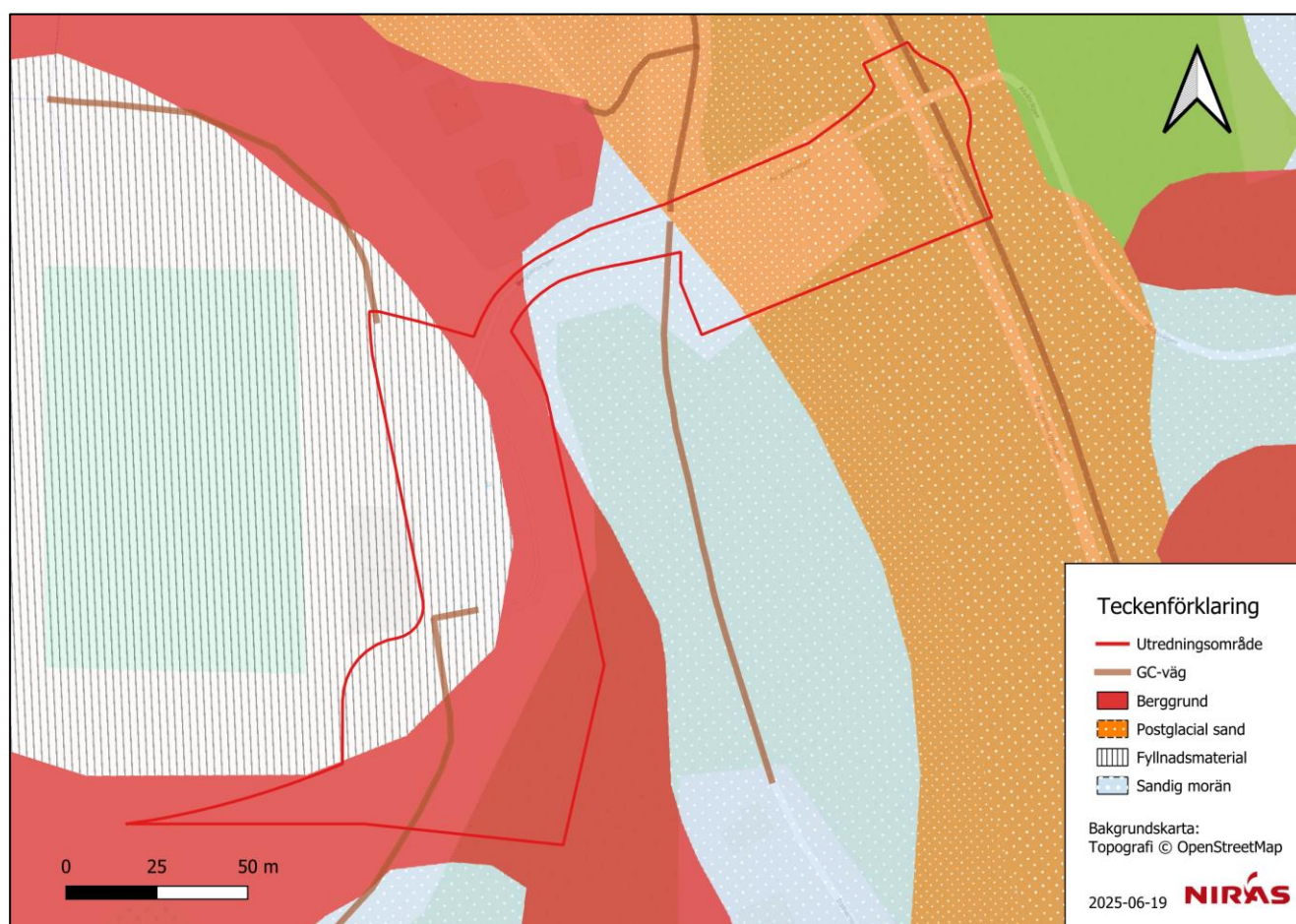
4.5. Markavvattningsföretag

Det finns inga markavvattningsföretag i närheten av utredningsområdet.

Utredningsområdet ligger inom ett område med förbud mot markavvattning, 4 § Förordning (1998:1388) om vattenverksamhet, då det är särskilt angeläget att våtmarker bevaras i området (Naturvårdsverket, u.d.). Förordningen är utfärdad i enlighet med 11 kap. 14 § första stycket Miljöbalken.

4.6. Hydrogeologiska förutsättningar

Sett från väst till öst så består jordarterna i utredningsområdet av fyllnadsmassor, berggrund, sandig morän och postglacial sand (SGU, u.d.), se Figur 10. Morän har medelhög genomsläpplighet och sand en hög genomsläpplighet, men enligt den geotekniska undersökningen utförd av Bohusgeo (2025) så är möjligheten till infiltration begränsad inom utredningsområdet då jorddjupet är relativt grunt. Skattat jorddjup inom utredningsområdet växer från väst till öst, där det i väst är skattat jorddjup på 0-3 m, i mitten 1-3 m och längst till öster är det ett skattat jorddjup på 3-10 m (SGU, u.d.).



Figur 10. Jordartskarta 1:25000 - 100000 (SGU, u.d.). Röd markering visar utredningsområdet.

I den geotekniska undersökningen framgår det att släntstabiliteten i östra slänten som angränsar till GC-vägen är otillfredsställande (Bohusgeo AB, 2025). Mellan utredningsgränsen och den sekundära skredgränsen är det ca 33 meter och bedöms vara god marginal mellan varandra. Därmed bedöms släntstabiliteten vara tillfredsställande i förhållande till utredningsområdet. Gränsen för den nya parkeringen i öster får anpassas så att slänten inte påverkar parkeringsytan.

4.6.1. Grundvatten

Grundvattennivån uppmättes inte i den geotekniska undersökningen. Den övre grundvattennivån bedöms normalt ligga ca 1 m under markytan (Bohusgeo AB, 2025). Jordlagerförhållandena inom området innebär att marken i huvudsak bedöms vara väl-dränerad (Bohusgeo AB, 2025). I samband med nederbördsrika perioder bedöms grundvattenytan kunna stiga kortvarigt till i nivå med markyta.

Det finns ingen grundvattenförekomst i närheten av utredningsområdet.

4.7. Skyfall

Intensiva regn (skyfall) kan medföra höga vattenflöden som överskrider markens infiltrationskapacitet och dagvattensystemets kapacitet. Vid sådana tillfällen avrinner regnet på ytan och ansamlas i lågpunkter inom avrinningsområdet vilket kan orsaka översvämningar. SMHI (2023) definierar skyfall som ett regn om minst 50 mm per timme. I föreliggande utredning användes schablonvärdet 50 mm vid modellering för att visualisera ett skyfall som motsvarar ett klimatanpassat 100-årsregn. Skyfallsutredningen tog inte med några avdrag för infiltration och dagvattensystem med anledning av grunda jordlager och ett begränsat antal dagvattenledningar inom utredningsområdet.

Modelleringsverktyget SCALGO Live användes för att undersöka hur översvämningsrisken ser ut inom utredningsområdet vid befintlig markanvändning. SCALGO Live är en digital plattform med flera hydrologiska analysverktyg där bland annat rinnvägar och olika regnscenarion kan modelleras. Scalgo utgår från en höjdmodell med 1 meters upplösning, vilket innebär att lågpunkter och vattendjup är baserade på data från 1x1 meters rutor. Modelleringen ger en indikation om var vatten skulle ansamlas vid ett skyfall. I Figur 11 visas en modellering av 50 mm regn inom utredningsområdet, vattendjupet modellerades i SCALGO Live och bearbetades sedan i QGIS för visualisering.

I och med områdets kuperade terräng finns det få lågpunkter inom utredningsområdet och därmed inga utsatta områden som riskerar att bli översvämmade vid ett kraftigare skyfall.



Figur 11. Skyfallsmodellering för utredningsområdet (röd markering) vid 50 mm regn, modellering utförd i SCALGO Live.

4.8. Förorenade områden

Den miljötekniska markundersökningen utförd av Jordnära Miljökonsult AB (2023) kunde inte påvisa några förhöjda halter av föroreningar i jord inom utredningsområdet. Det finns inga potentiellt förorenade områden i närområdet från utredningsområdet enligt EBH-kartan från Länsstyrelserna.

4.9. Skyddade områden

Utredningsområdet låg inom det tidigare vattenskyddsområdet *Vänersborgsviken och Göta Älv* (NVR-ID 2057801). Vattenskyddsområdet upphävdes av regeringen i april 2025.

Beroende på kommande föreskrifter för vattenskyddsområdet kan det komma att ställas krav på tillstånd för exempelvis schaktning i byggskedet.

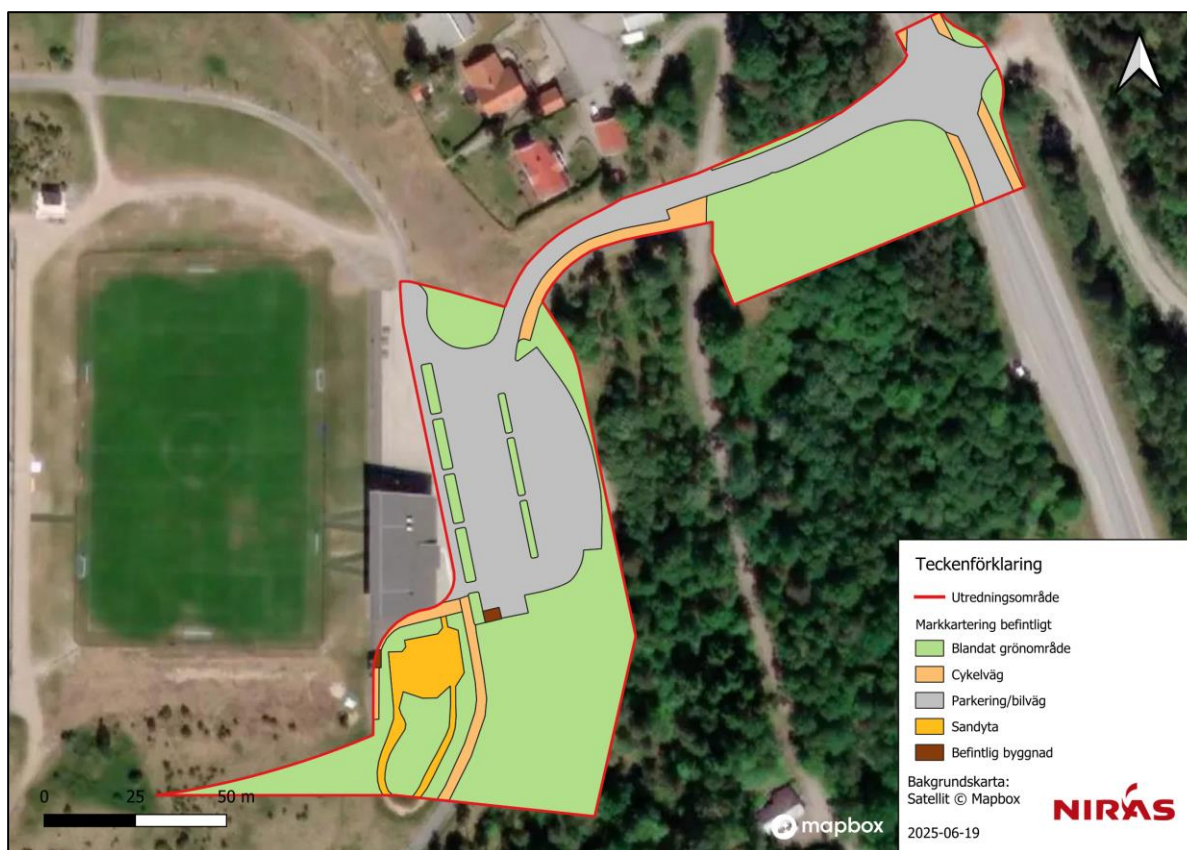
5. Markanvändning

Markkarteringen genomfördes utifrån Svenskt vattens rekommendationer (Svenskt Vatten, 2016). Markkarteringen utgör underlag till flödes- och föroreningsberäkningarna i kapitel 6 och 7.

Markanvändningen presenteras nedan i två scenarion; befintlig markanvändning och planerad exploatering.

5.1. Befintlig markanvändning

I dagsläget består markanvändningen av en bilväg som sträcker sig upp mot en parkering i väst, en GC-väg som korsar bilvägen och sträcker sig från norr till söder i området. Resterande områden består av blandade skogspartier och grönområden, se Figur 12 och Tabell 1.



Figur 12. Markkartering av utredningsområdet avseende befintlig markanvändning.

Tabell 1. Markanvändning och reducerad area för befintlig markanvändning.

Marktyp	Area [ha]	ϕ ¹	Red area ² [ha]
Blandat grönområde/skogspartier	0,66	0,1	0,066
Bilväg	0,19	0,8	0,15
Parkering	0,25	0,8	0,20
GC-väg	0,06	0,8	0,052
Byggnad	0,002	0,9	0,002
Sand	0,04	0,2	0,01
Totalt	1,21		0,48

¹ Avrinningskoefficient ² Reducerad area = area x ϕ

5.2. Planerad exploatering

Inom den nya detaljplanen planeras byggnation av en ny multihall i anslutning till det befintliga idrotts- och fritidsområdet Skogshöjden, se Figur 13 och Tabell 2. I anslutning till infartsvägen ska en parkering anläggas. Längs parkeringen planeras en ny sträcka med GC-väg som ska länka samman befintlig cykelväg längs Vänersborgsvägen och GC-vägen som går igenom utredningsområdet. Framför multihallen kommer en torgyta att anläggas, som troligen kommer bestå av en kombination av hårdgjorda ytor och grönytor.



Figur 13. Markkartering av utredningsområdet efter föreslagen exploatering.

Tabell 2. Antagen markanvändning och reducerad area för planerad exploatering.

Marktyp	Area [ha]	ϕ ¹	Red area ² [ha]
Byggnad	0,22	0,9	0,20
GC-väg	0,11	0,8	0,09
Parkering	0,41	0,8	0,33
Bilväg	0,15	0,8	0,12
Blandat grönområde	0,16	0,1	0,016
Torgyta	0,13	0,5 ³	0,07
Asfaltsyta	0,03	0,8	0,03
Totalt	1,21		0,84

¹ Avrinningskoefficient

² Reducerad area = area x ϕ

6. Flödesberäkningar

Samtliga beräkningar av flöden och fördröjningsvolymen följer Svenskt Vattens publikationer P104, P110 och beräknades med hjälp av StormTac webb version 24.1.2.

6.1. Beräkningsmetodik

Dagvattenflöden beräknades med rationella metoden enligt Svenskt Vattens publikation P110 (Svenskt Vatten, 2016), enligt följande formel:

$$Q = A \times \varphi \times i(t_r)$$

Q = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets totala yta [ha]

φ = avrinningskoefficient [–]

$i(t_r)$ = dimensionerande regnintensitet [l/s x ha]

t_r = regnets varaktighet [s]

Det dimensionerande flödet (Q) beräknas för att skatta ett maximiflöde inom utredningsområdet. Den yta som bidrar till avrinning kallas den reducerade arean och erhålls genom att en avrinningskoefficient (φ) multipliceras med den totala ytan (A). Avrinningskoefficienten uttrycker hur stor del av nederbörden som avrinner på ytan efter infiltration och ytvattenlagring etc. Exempelvis används vanligen avrinningskoefficienten 0,8 för asfaltsytor och 0,1 för naturmark.

Den dimensionerade regnintensiteten (i) är beroende av en regnets varaktighet (t_r). Regnets varaktighet är vald utifrån den tidsmässigt längsta rinnvägen inom utredningsområdet, dvs den tid det tar för regnet att rinna från den mest avlägsna punkten till det studerade utloppet.

$$t_r = r/v$$

r = längsta rinnvägen [m]

v = rinnhastighet [m/s]

Rinnhastigheten beräknas enligt följande formel i P110

$$v = M \times R^{2/3} \times S^{0,5}$$

v = rinnhastighet [m/s]

M = Manningstal [m^{1/3}/s]

R = vattendjup [m]

S = lutning [–]

6.2. Klimatanpassning

Med ett förändrat klimat med risk för större temperaturvariationer och häftigare regn som följd, kommer vattenflöden och volymer att öka i storlek. I föreliggande utredning uppskattas framtida flöden med hjälp av en klimatfaktor på 1,25. Klimatfaktorn är vald utifrån Trollhättans stads dagvattenstrategi.

6.3. Återkomsttid och regnets varaktighet

Regnets varaktighet är ett mått på hur lång tid regnet faller. Återkomsttiden anger hur lång genomsnittlig tid det passerar mellan två händelser av en viss omfattning. Trollhättans stads riktlinjer är att dagvattenanläggningar ska dimensioneras för regn med 5 års återkomsttid. 5-årsregnets varaktighet fastställdes genom teoretisk uppskattning av områdets rinnsträcka och rinnhastighet, se Tabell 3 och avsnitt 6.1. Den dimensionerade regnintensiteten valdes utifrån den tidsmässigt längsta rinnvägen på mark inom utredningsområdet. Rinnhastigheten bestämdes utifrån uppskattad andel rinntid på hårdgjorda ytor respektive grönytor. Rinntiden i området bedömdes till ca 12 min vid befintlig markanvändning och 10 min efter planerad exploatering.

Tabell 3. Använda rinnsträckor, rinnhastigheter samt dimensionerande regnvaraktigheter- och intensiteter.

	Enhet	Befintlig markanvändning	Planerad exploatering (utan dagvattenåtgärder)
Klimatfaktor	-	1,0	1,25
Rinnsträcka	m	140 ¹	140 ¹
Rinnhastighet	m/s	0,2	0,4
Dim. Regnvaraktighet	min	12	10 ²
Dim. Regnintensitet	l/s, ha	164	181 227 ³

¹ Längsta rinnsträcka beräknad från nuvarande parkering i väster till fåran mellan GC-vägen och Vänersborgsvägen.

² 10 min väljs som kortaste dimensionerande regnvaraktighet enligt Svenskt vatten P110.

³ Klimatanpassad dimensionerande regnintensitet.

6.4. Årsmedelflöde och dimensionerande dagvattenflöden

Dimensionerande dagvattenflöden inom utredningsområdet beräknades för befintlig markanvändning och planerad exploatering för nederbörd med 5- respektive 100-års återkomsttid, se Tabell 4. Vid ett klimatanpassat 5- och 100-årsregn ökar det dimensionerande dagvattenflödet i båda fallen med ca 75 % vid planerad exploatering.

StormTacs standardvärde, för årsmedelnederbörd inom Göteborg, på ca 1 000 mm antogs. Årsmedelflödet togs fram i StormTac som baserar värdet på årsmedelnederbörd, reducerad area och evapotranspiration. Vid planerad exploatering ökar årsmedelflödet med 25 % jämfört med dagens situation, se Tabell 4.

Tabell 4. Beräknade dimensionerande dagvattenflöden för befintlig situation och efter planerad ombyggnation inom utredningsområdet för nederbörd med 5- respektive 100-års återkomsttid.

Situation	Årsmedelflöde [m³/år]	Dimensionerande flöde [l/s] 5 års återkomsttid	Dimensionerande flöde [l/s] 100 års återkomsttid
Befintlig markanvändning	8 000	87 109 ¹	293 ¹
Planerad exploatering	10 000	152 191 ¹	514 ¹

¹ Inklusive klimatfaktor på 1,25

6.5. Fördröjningsbehov

Enligt Trollhättans stads dagvattenstrategi ska fördröjning motsvara 10 mm per kvadratmeter hårdgjord yta. Området som benämns som *Torgyta* i markkarteringen har i beräkningen avseende erforderlig fördröjningsvolym antagits som hårdgjord yta. Den totala hårdgjorda ytan inom utredningsområdet vid planerad exploatering beräknades till ca 1,05 ha vilket medför ett fördröjningsbehov på 105 m³.

7. Beräknade föroreningshalter och mängder

Utsläpp av föroreningar, via dagvattnet, inom utredningsområdet modellerades utifrån en medelårsnederbörd på 1000 mm/år och ett 5-års regn i StormTac och redovisas som föroreningshalter ($\mu\text{g/l}$) och föroreningsmängder (kg/år), se Tabell 5 och Tabell 6. Modelleringen utgår från markkarteringen i avsnitt 5. Scenariot planerad exploatering beräknades med klimatfaktor 1,25.

Modellerade föroreningsmängder och halter i dagvattnet från utredningsområdet ger en indikation av hur förhållandena förändras med olika markanvändningar. Det finns flera miljöproblem i vattenförekomster som kan härledas till ämnen som transporteras med dagvatten. Dessa ämnen inkluderar bland annat: Fosfor, kväve, bly, koppar, zink, kadmium, krom, nickel, kvicksilver, suspenderad substans, olja, PAH, benzo(a)pyren, bromerade difenyletrar och PFOS. Bromerade difenyletrar och PFOS kan inte modelleras i StormTac. Underlaget för schablonberäkningarna i StormTac varierar i kvalitet men ger en god indikation på hur vattenkvaliteten förändras med planerad exploatering.

Då varken miljö kvalitetsnormerna eller Trollhättans stads dagvattenstrategi anger specifika riktvärden/krav på föroreningshalter i dagvatten har Göteborg stads (2021) riktvärden använts som riktlinje i föreliggande utredning, se Tabell 5. Resultatet från modellering i StormTac visar på att föroreningshalter vid befintlig markanvändning överstiger riktvärdena för fosfor, koppar, zink, krom, suspenderade substanser (sedimenterbara partiklar) samt olja. Med planerad exploatering ökar föroreningshalterna för alla samtliga undersökta ämnen. Halterna av fosfor, kväve, koppar, zink, krom, suspenderade substanser samt olja överskrider riktvärdena.

Tabell 5. Föroreningshalter ($\mu\text{g/l}$) från simulering i StormTac för befintlig markanvändning och planerad exploatering (utan dagvattenåtgärder) samt riktvärden vid utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät (Göteborg Stad, 2021). Röd markering innebär halter över riktvärde och grön markering innebär halter lika med eller under riktvärde.

Ämne	Riktvärden [$\mu\text{g/l}$]	Befintlig markanvändning [$\mu\text{g/l}$]	Planerad exploatering (utan dagvattenåtgärder) [$\mu\text{g/l}$]
Fosfor (P)	Platsspecifikt vid behov, utgå från 50	79	98
Kväve (N)	Platsspecifikt vid behov, utgå från 1 250	1 100	1 600
Bly (Pb)	28	7,7	9,9
Koppar (Cu)	10	18	23
Zink (Zn)	30	52	74
Kadmium (Cd)	0,9	0,25	0,38
Krom (Cr)	7,0	8,1	8,4
Nickel (Ni)	68	4,3	4,7
Kvicksilver (Hg)	0,07	0,044	0,047
Suspenderad substans (SS)	25 000	56 000	62 000
Olja	500 - 1000	520	530
PAH	-	0,14	0,28
Benzo(a)pyren	0,27 ¹	0,030	0,032

¹ (Göteborg stad, 2020)

Tabell 6. Föroreningsmängder (kg/år) för befintlig markanvändning och planerad exploatering (utan dagvattenåtgärder) (StormTac).

Ämne	Befintlig markanvändning [kg/år]	Planerad exploatering (utan dagvattenåtgärder) [kg/år]
Fosfor (P)	0,63	1,0
Kväve (N)	8,7	16
Bly (P)	0,062	0,10
Koppar (Cu)	0,14	0,25
Zink (Zn)	0,42	0,77
Kadmium (Cd)	0,0020	0,0040
Krom (Cr)	0,065	0,089
Nickel (Ni)	0,035	0,049
Kvicksilver (Hg)	0,00035	0,00049
Suspenderad substans (SS)	450	650
Olja	4,1	5,6
PAH	0,0011	0,0030
Benso(a)pyren	0,00024	0,00033

8. Föreslagen dagvatten- och skyfallshantering

8.1. Dagvattenhantering

Föreslagen dagvattenhantering utgår från Trollhättans stads dagvattenstrategi där fördröjning och omhändertagande av dagvatten ska ske lokalt på kvartersmark så långt som möjligt. Fördröjningen ska anläggas i enlighet med föreliggande dag- och skyfallsutredning, alternativt motsvara 10 mm per kvadratmeter hårdgjord yta. Det innebär, enligt beräkningarna i avsnitt 6.5, att fördröjningsbehovet vid planerad exploatering är ca 105 m³.

Dagvattnet inom utredningsområdet föreslås fördröjas och renas med hjälp av regnbäddar anslutna till parkeringsytorna. Hårdgjorda ytor som parkeringar är ofta en källa till föroreningar som tungmetaller, olja och PAH:er. Regnbäddar rekommenderas därför i anslutning till parkeringsytorna inom utredningsområdet för att fördröja och rena dagvattnet, se avsnitt 8.1.1.2. Dagvattnet kan med fördel avledas ytligt mot regnbäddarna med hjälp av höjdsättning.

För att möjliggöra att dagvattenlösningarna placeras så att dagvatten ytledes kan avrinna till anläggningarna har utredningsområdet delats in i tre delar; östra parkeringen, västra parkeringen samt torgytor och multihallen, se Figur 14. Fördröjningsbehovet blir ca 36 m³ för den östra parkeringen, ca 28 m³ för den västra parkeringen samt ca 41 m³ för torget och resterande ytor utanför multihallen.

För att säkerställa att dagvattenreningen från ytorna uppnår riktvärdena föreslås även ett mindre makadamdike anläggas längs den östra sidan av utredningsområdet. Detta gäller området för den västra parkeringen samt torgytorna och multihallen.



Figur 14. Utredningsområdet är uppdelat i tre delområden för dagvattenåtgärder.

Placeringen av regnbäddarna kring den östra parkeringen har skett i samråd med trafikplaneraren för projektet. Regnbäddarna placeras och utformas så att infiltration av vattnet kan ske, samt förses med ett bräddutlopp. Bräddutloppet för regnbäddarna kan med fördel placeras så att vattnet kan avrinna ner i slänten för vidare avledning till recipient.

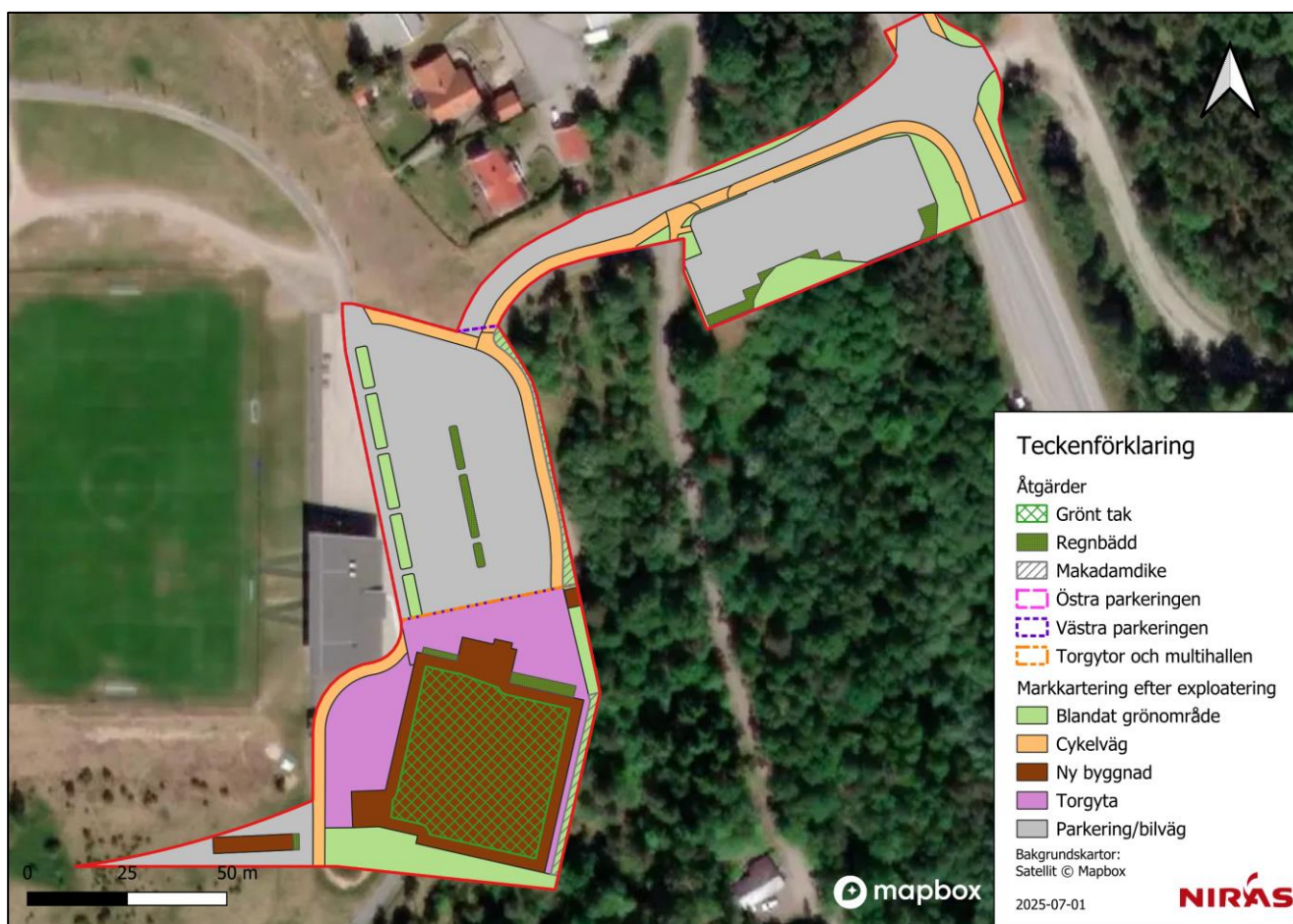
Under arbetsprocessen med den nya detaljplanen och inom ramarna för denna utredning har anläggandet av ett grönt tak på multihallen diskuterats. Av den anledningen utreds ett grönt tak i kombination med regnbäddar som ett alternativ till dagvattenhantering inom utredningsområdet. Ett grönt tak kan motsvara 10 till 40 % av fördröjningsbehovet, beroende på val av grönt tak, se avsnitt 8.1. Utöver att lokalt fördröja dagvatten så kan gröna tak bidra till en ökad biologiska mångfald och skapa mervärden i den bebyggda miljön, vilket går i linje med Trollhättans stads dagvattenstrategi. Det gröna taket föreslås anläggas med en ca 3 m hårdgjord kant runt omkring med hänsyn till eventuella brandskyddskrav, Figur 15. Detta möjliggör för knappt 1500 m² grönt tak, vilket skulle innebära en fördröjning om ca 7,5 m³ ifall det konservativa valet om ett tunt sedumtak görs. Desto större djup/måktighet det gröna taket har desto mer fördröjningsvolym möjliggörs.

Alternativ till föreslagen dagvattenhantering är anläggning av träd i skelettjord och genomsläppliga ytor i anslutning till parkeringsplatserna. Träd i skelettjord, genomsläppliga ytor samt regnbäddar/rabatter är också möjliga inslag av grönytor inom torgytorna. Se avsnitt 8.1.1 för vidare information kopplat till dagvattenanläggningar.

Två scenarion modellerades i StormTac för att ta fram föroreningshalter vid planerad exploatering med föreslagen dagvattenhantering, se Tabell 7.

I det ena scenariot anläggs ca 91 m² regnbäddar i anslutning till den östra parkeringen, ca 66 m² regnbäddar i anslutning till den västra parkeringen samt ca 68 m² regnbäddar i anslutning till torgytorna och multihallen. Längs den östra kanten av utredningsområdet har ca 96 m² makadamdike placerats inom området för den västra parkeringen samt 87 m² dike för området med torgytorna och multihallen. Figur 15 visar placering av regnbäddarna och diken. I det andra scenariot anläggs även ett grönt tak som 7,5 m³.

Fördröjningskapaciteten i båda förslagen överskrider fördröjningsbehovet då reningen i detta fallet är den dimensionerande faktorn. Placeringen av de föreslagna åtgärder som presenteras i Figur 15 visar på att det finns utrymme för anläggning av föreslagna regnbäddar och diken. Ytbehovet för regnbäddarna och diken är beräknade med hjälp av modelleringsverktyget StormTac. Standarddimensioneringen för regnbäddar i StormTac innebär ett jorddjup på 900 mm och en reglervolym på 400 mm. StormTacs standardvärde för volymandelen biokol i regnbäddarnas jordlager är 10 %. Om andra dimensioner för regnbäddarna används så kan även ytbehovet ändras. Standarddjup för ett makadamdike i StormTac är 0,35 m makadam samt 0,25 meter överfyllnad. Ändras detta kan fördröjningsvolymen komma att ändras. Det påverkar dock inte reningseffekten i diket utan endast fördröjningskapaciteten, vilket inte är avgörande i denna utredning. Därför går utformningen av diket att anpassas till förutsättningarna för området.



Figur 15. Illustration av föreslagen dagvattenhantering.

Modellering av föroreningshalter för scenariot med grönt tak och regnbäddar visar på fosforhalter som överskrider riktvärdena från Göteborg Stad (2021). Modelleringsverktyget StormTac räknar med att gröna tak släpper ut högre halter av fosfor och kväve än konventionella tak. StormTac baserar de modellerade halterna på fallstudier där mätvärdenas spridning varit stor.

Läckage av fosfor och kväve är beroende på typ och utformning av det gröna taket samt hur skötseln och gödsling utförs. Sedumtak och biotoptak är exempel på två typer av gröna tak, se avsnitt 8.1.1.1. Biotoptak behöver generellt sätt mindre gödsling (Capener, 2021) och addering av oladdat biokol i takets jordlager kan motverka näringsläckage (Fransson, 2020). Rätt utformning och skötsel av gröna tak kan således förebygga näringsläckage och utfallet kan därmed förväntas bli lägre än de modellerade halterna. Grönataktandboken (2021) rekommenderas som verktyg inför vidare arbete med utformning och skötsel av det gröna taket. Bedömningen är att det inte finns behov av att sätta in ytterligare åtgärder för att kompensera för att halterna av fosfor överskrider riktvärdena.

Tabell 7. Ytbehov, fördröjningskapacitet och föroreningshalter [$\mu\text{g/l}$] vid planerad exploatering med två förslag på dagvattenhantering. Halterna jämförs med Göteborg stads riktvärden vid utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät (Göteborg Stad, 2021). Röd markering innebär halter över riktvärde och grön markering innebär halter lika med eller under riktvärde.

	Riktvärden	Planerad exploatering	
	[$\mu\text{g/l}$]	Grönt tak och regnbäddar	Konventionellt tak och regnbäddar
Ytbehov [m^2]		225 + 183 (regnbäddar + diken)	
Fördröjningskapacitet [m^3]		232 (regnbäddar + diken + grönt tak)	224 (regnbäddar + diken)
Fosfor (P)	Platsspecifikt vid behov, utgå från 50	56	41
Kväve (N)	Platsspecifikt vid behov, utgå från 1 250	710	730
Bly (Pb)	28	1,4	1,4
Koppar (Cu)	10	6,8	7,1
Zink (Zn)	30	8,5	8,8
Kadmium (Cd)	0,9	0,070	0,070
Krom (Cr)	7	2,9	2,8
Nickel (Ni)	68	1,5	1,5
Kviksilver (Hg)	0,07	0,019	0,019
Suspenderad substans (SS)	25 000	11 000	11 000
Olja	500 - 1000	120	120
PAH	-	0,032	0,036
Benso(a)pyren	0,27*	0,0059	0,0059

* (Göteborg stad, 2020)

8.1.1. Dagvattenanläggningar

I Tabell 8 nedan redovisas översiktligt några olika dagvattenåtgärder som kan vara aktuella att implementera inom detaljplan.

Tabell 8. Exempel på dagvattenanläggningar - Utformning, funktion, skötsel och typiska användningsområden.

Anläggning	Dimensionering	Reningspotential	Drift & underhåll	Typiskt användningsområde
Regnbädd/ växtbädd	5 – 10 % av hårdgjord avrinningsyta Anläggningsdjup $\geq$ 1 m Filterdjup > 500 mm	80 – 90 % av partikelbundna föroreningar. Kan utformas för att avskilja oljerester. Tät botten rekommenderas om det finns skäl att begränsa förorenings-belastningen i underliggande marklager.	Regelbunden bevattning och rensning av ogräs. Inspektion och rensning av inlopp och bräddavlopp. Återställa/byta ut ytlagret (5-10 cm).	Upphöjd bädd: hantera takvatten. Nedsänkt bädd: hantera vatten från ex. parkeringar/vägar.
Träd i skelettjord	5 – 20 % av hårdgjord avrinningsyta Anläggningsdjup $\geq$ 0,5 m	50 – 90 % av partikelbundna föroreningar. Reningsgrad ökar om det finns en sedimentationsbassäng i botten. 10 % reningsgrad för lösta föroreningar (näringsämnen & tungmetaller).	Regelbunden rensning av brunnar där skelettjordar ligger under tät beläggning. Är förorenings-belastningen hög kan skelettjorden behövas bytas ut med jämna mellanrum.	Gårdsytor, parkeringsytor, gångvägar.
Genomsläpplig beläggning	30 – 70 % av hårdgjord avrinningsyta Anläggningsdjup $\geq$ 10 cm fyllning för att magasinera 20 mm nederbörd.	50 – 90 % av partikelbundna och lösta föroreningar. Kan bidra till att oljespill avskiljs och bryts ner.	Regelbunden gräsklippning och ogrärensning. Högtrycksspolning i kombination med vakuumsugning samt byte av fogmaterial. På längre sikt kan ytlagret behövas återställas.	Alternativ till traditionell asfalt. Ex. gårdsytor parkeringsplatser, gångvägar, vägar.
Grönt tak	Kan dimensioneras så att taket fördröjer motsvarande ca 5 – 20 mm nederbörd. Kräver ofta tak med högre bärighet än traditionella tak.	Ses inte som en renande dagvattenanläggning då nederbörden som hamnar på taket är förhållandevis rent. Grönatakhåndboken bör användas som guide vid utformning och underhåll för att minimera utsläpp av näringsämnen.	Extra underhåll krävs under tiden växterna etablerar sig. Visst behov av bevattning och gödsling. Kontroll av dräneringsstruktur, hänggrännor och stuprör.	Alla typer av tak. Taket bör ha en lutning på max 5 grader.
Makadamdike	Anläggningsdjup bör vara minst 0,5 m. Dikets magasineringkapacitet beror av makadamens porvolym, vilket oftast ligger på ca 30 %.	Makadamdiken avskiljer ungefär 50–90 % av större partiklar (> 1 mm) och föroreningar bundna till dessa. För lösta ämnen avskiljs ungefär 10–20 %.	Infiltrationsytan och bräddsystemet måste kontrolleras med jämna mellanrum för att förebygga igensättning. Ogrärensning och renhållnings ska ske kontinuerligt.	Intill parkeringsytor eller annan asfalterad yta.

8.1.1.1. Gröna tak

Gröna tak är ett samlingsnamn för vegetationsklädda tak (SVOA, 2023a; Svenskt Vatten, 2013). Gröna tak kan användas för att fördröja och reducera mängden dagvatten, se Figur 16. Fördröjningen uppstår genom att vegetationen i taken och underliggande jordlager tar upp och magasinerar nederbörd. Beroende på taklutning, växtlighet och tjocklek kan gröna tak reducera avrinningen med 25 till 75 %. Taklutningen bör vara låg, ca 0-5 grader, då takets förmåga att magasinera regnvatten avtar med tilltagande lutning. Vid kraftigare nederbörd kan de gröna taken bli mättade, men även då kan de fördröja tidpunkten då flödestoppar sker.



Figur 16. Exempelbild på sedumtak med solceller (Urbio Arkitekter).

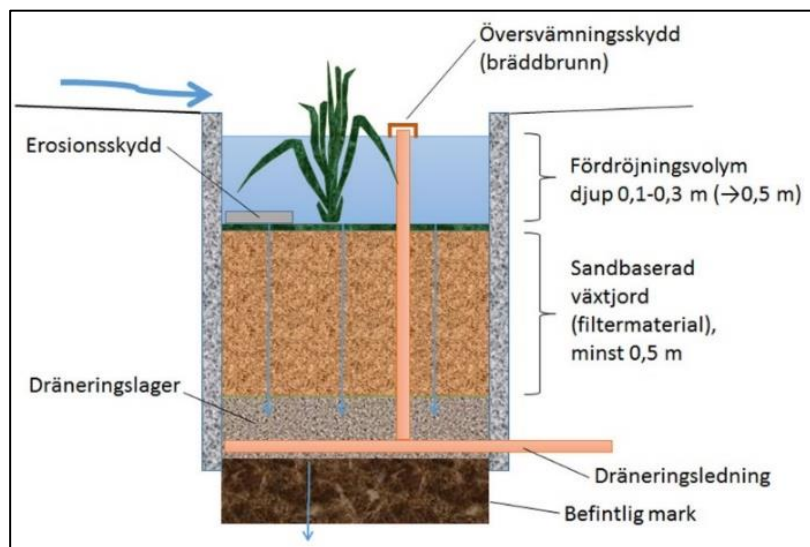
Gröna tak innebär fler mervärden än bara fördröjning av dagvatten. De kan bland annat bidra med estetiska värden, bättre luftkvalitet, ökad energieffektivitet, ökad biodiversitet, reducera buller, hindra stigande stadstemperaturer etc. (SVOA, 2023a; Ljungberg, 2021).

Då regnvatten oftast är förhållandevis rent räknas inte gröna tak i första hand som en reningsmetod av dagvatten (SVOA, 2023a). Taken kan däremot, via jordlagren, bidra med ett tillskott av näringsämnen i avrinningsvattnet som inte hålls kvar i taken. Halterna kan hållas nere om mindre näringskrävande växter används på taken och tillförseln av gödande ämnen minimeras.

Gröna tak brukar delas in i intensiva och extensiva tak. Extensiva tak är tunnare (3 – 10 cm) och har mer torktåliga växter, exempel Sedum, och intensiva tak har tjockare jordlager (15 cm eller mer), vilket ger möjligheten att använda en större variation av växtlighet och ger en större fördröjningsvolym (VA-guiden, u.d.). De vanligaste extensiva taken är sedumtak och de intensiva taken kallas för biotoptak. Ett sedumtak kan fördröja ungefär 5 mm nederbörd och ett biotoptak med tjocklek 15 cm kan fördröja och magasinera ca 20 mm. Sedumtak kräver oftast mer gödsling och biotoptak kräver en underliggande takkonstruktion med hög bärlast (över 300 kg/m²).

8.1.1.2. Regnbäddar

En regnbädd för dagvatten är en anläggning som består av en planteringsyta och filtermaterial som kan fördröja och rena dagvatten, se Figur 17. Regnbäddar byggs upp med en väl-dränerad bädd med växter som klarar perioder av både torka och höga vattennivåer, anpassade till klimatet i den region där de anläggs (SVOA, 2023b). Filtermaterialet ska lämpligen vara ett jordmaterial anpassat för växterna och klimatet samt med god hydraulisk konduktivitet. I botten anläggs en dräneringsledning i ett dränerande lager för avtappning vid höga flöden.



Figur 17. Exempel på utformning av nedsänkt regnbädd (Illustration: WRS).

Ytbehovet är ca 2-6 % av den hårdgjorda avrinningsytan och minsta anläggningsdjup är ca 1 meter, där filtermaterialet ska vara minst 500 mm (SVOA, 2023d). Det är viktigt att det finns bräddning för avledning av högre flöden än det dimensionerande, exempelvis med en bräddledning eller kupolbrunn. Bäddens inlopp bör förses med möjlighet till sedimentation samt erosionsskydd.

Utöver att vara en metod för fördröjning och rening så kan regnbäddar bidra till berikning i den bebyggda miljön genom ökad biologisk mångfald och gröna, estetiska miljöer (VA-guiden, u.d.), se Figur 18.

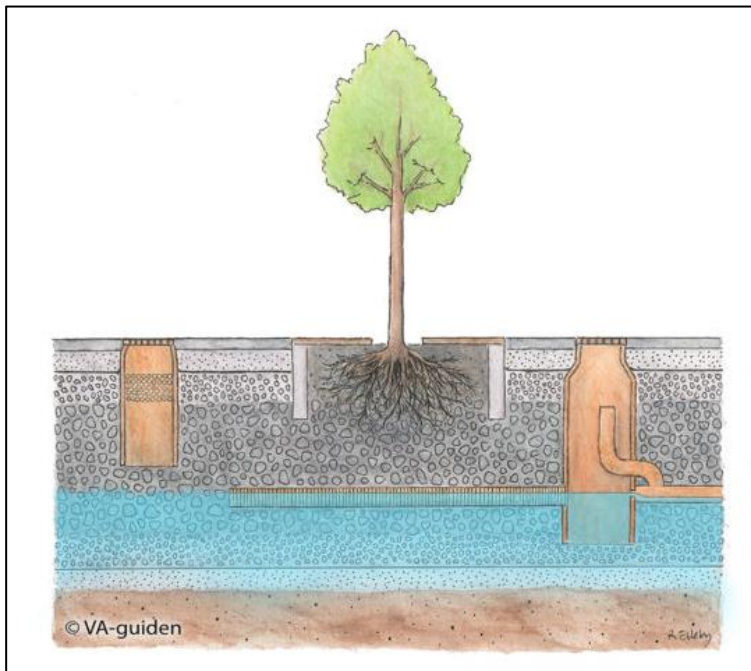


Figur 18. Exempelbilder på regnbäddar. Foto: NIRAS

Regnbäddar erfordrar regelbunden skötsel i form av bevattning, rensning, växtskötsel samt inspektion och rensning av inlopp och bräddavlopp. Föroreningar samlas till största del direkt på eller nära filterytan. Bäddens ytskikt behöver regelbundet bytas ut för att förhindra frisättning av bundna föroreningar då det organiska materialet bryts ner. Regnbäddar kan utformas med en tät eller öppen botten. Tät botten rekommenderas när det finns skäl att begränsa föroreningshalter till underliggande jordlager, exempelvis om grundvattennivån är hög (SVOA, 2023b). För regnbäddar där avvattningen inte kan ske vidare genom marken (tät botten krävs) leds vattnet efter reningsprocessen i regnbädden vidare till nästkommande del i dagvattenkedjan.

8.1.1.3. Träd i skelettjord

Dagvatten kan effektivt omhändertas med hjälp av träd, vars kronor fångar upp och avdunstar nederbörd samtidigt som rotsystemen tar upp vatten (SVOA, 2022), se Figur 19 och Figur 20. Träden kan planteras i en s.k. skelettjord som kan fungera som ett underjordiskt magasin för dagvatten som bidrar med fördröjning och rening. Dagvatten leds ofta till anläggningen via ett sandfång för att minska risken för igensättning. Dagvattnet filtreras genom de olika lagren i skelettjorden och renas genom att partiklar sedimenterar på skelettjordens botten samt genom näringsupptag via trädens rötter. Reningseffekten för partikelbundna föroreningar är 50 – 90 %. Om vatten kan rinna vidare till marken under skelettjorden bidrar det till ytterligare fastläggning av lösta föroreningar.



Figur 19. Exempel på utformning av träd i skelettjord (Illustration: VA-guiden).

Skelettjordar byggs upp genom att fylla en utschaktad grop med grov makadam (SVOA, 2022). Luftiga skelettjordar innehåller endast makadam, vilket innebär högre infiltrations- och fördröjningskapacitet men sämre rening. En luftig skelettjord har en porvolym om ca 30 % av den totala volymen. Vanligt är att skelettjorden innehåller en blandning av makadam, jord och biokol, vilket ger en lägre porvolym om ca 10 % och en lägre infiltrationskapacitet, vilket i sin tur ger en ökad rening av lösta föroreningar. Det är oavsett viktigt att växtbädden förses med dränering så att höga vattenstånd inte uppstår permanent.

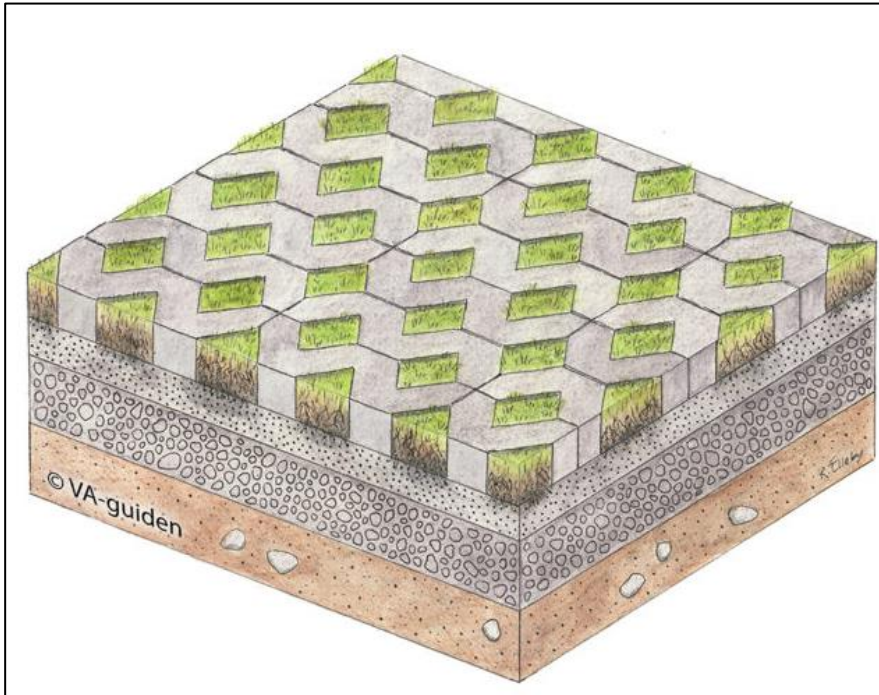
Ytbehovet för en skelettkonstruktion är ca 2-4 % av den hårdgjorda avrinningsytan och minsta anläggningsdjup är 0,5 meter (SVOA, 2022). En bräddfunktion till dagvattennätet behöver installeras för nederbörd som överskrider infiltrationskapaciteten eller fördröjningsvolymen. För att säkerställa tillräckligt med gasutbyte i marken placeras brunnar med luftningsfunktion i anslutning till skelettjorden.



Figur 20. Exempelbilder på träd i skelettjord. Foto: NIRAS

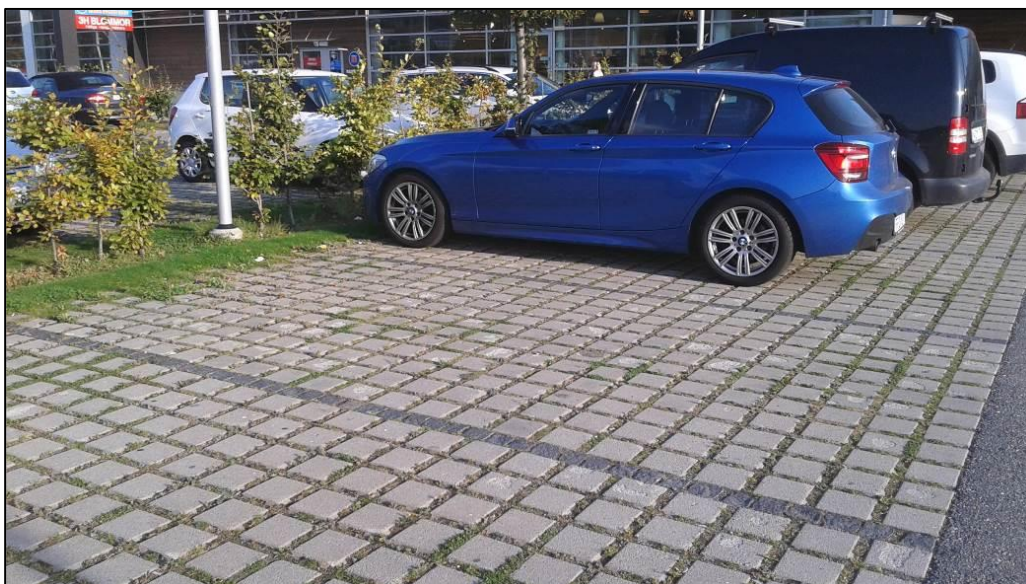
8.1.1.4. Genomsläpplig beläggning

Om det finns möjlighet för infiltration inom ett område som ska hårdgöras så kan markbeläggningen istället anläggas som en genomsläpplig yta (SVOA, 2023c). På det viset minskar avrinningen från ytan och reningen av dagvattnet ökar. Även om det inte går att infiltrera dagvattnet genom underliggande material kan genomsläppliga beläggningar fördröja dagvattnet jämfört med asfalterade ytor. Exempel på genomsläppliga material är hålsten av betong, permeabel asfalt och grus eller en kombination av dessa, se Figur 21 och Figur 22.



Figur 21. Exempel på utformning av genomsläpplig beläggning (Illustration: VA-guiden).

Reningseffekten för partikelbundna föroreningar och lösta föroreningar är 50 – 90 % (VA-guiden, 2022). Anläggningen kan bidra till att oljespill avskiljs och bryts ner. Minsta anläggningsdjup är 10 cm fyllning för att magasinera 20 mm nederbörd. Underhåll beror av beläggningstyp och hur lätt igensättning sker. Generellt ska gräsklippning, ogrärensning, högtrycksspolning, vakuumsugning och byte av igensatt material ske regelbundet. Anläggningen lämpar sig inte för ytor med hög lutning.



Figur 22. Exempelbild på genomsläpplig beläggning. Foto. NIRAS

8.1.1.5. Makadamdike

Makadamdiken är diken som fyllts med makadam och har ett dräneringsrör i botten. Dess magasineringskapacitet förändras beroende av porvolymen på makadamen, vanligast är att porvolymen är ca 30 % (VA-guiden, 2025).

Makadamdiken kan fördröja och avleda dagvatten samt att det kan ha en viss renande effekt. Diket kan avskilja ca 50 – 90 % av större partiklar och de föroreningar som finns bundna till dessa. För lösta ämnen är det ca 10 – 20 % som avskiljs. Det finns endast ett fåtal studier på makadamdikets reningseffekt och därför ska siffror endast betraktas som riktvärden. Genom att placera dräneringsröret lite ovanför botten på diket så skapas en sedimentationsvolym vilket kan bidra till ökad rening. Reningen kan även öka om andelen fina fraktioner i diket ökar, men det minskar fördröjningsvolymen och genomsläppligheten. Diket kan riskeras att frysas igen när låga temperaturer förekommer, vilket kan bromsa reningen. Om diket har god genomsläpplighet minskar risken för frysning (VA-guiden, 2025).

Ett makadamdike behöver ett löpande underhåll av renhållning och ogrärensning. Långsiktigt sett kan makadamfyllningen i diket behöva bytas ut. Porer kan sättas igen till följd av sedimentterande partiklar vilket kan minska infiltrationskapaciteten, speciellt om det råder hög belastning på diket (SVOA, 2025).



Figur 23. Exempelbilder på makadamdike. Foto. NIRAS

8.2. Skyfallshantering

Översvämningsrisken vid ett klimatanpassat 100-årsregn bedöms vara låg för utredningsområdet. Det finns en brant sluttning öster och söder om utredningsområdet, där en fåra finns med ett mindre vattendrag som rinner söderut (Figur 3). Där finns goda möjligheter för skyfallsvatten att ansamlas utan att göra någon skada på annan bebyggelse. Utöver att höjdsättningen behöver justeras för att se till att dagvattnet rinner till de föreslagna dagvattenåtgärderna så kan därefter en justerad höjdsättning se till att vatten inte blir ståendes inom området vid skyfall, utan har möjlighet att avrinna mot slänten och bäckfåran. Skyfallssituationen förväntas därmed inte försämrats för omkringliggande fastigheter avseende föreslagen exploatering om hänsyn tas till flödesvägar och rekommendationer i föreliggande utredning. Det bedöms inte föreligga någon risk avseende tillgänglighet till fastigheten för Räddningstjänsten beaktat översvämning vid skyfall

9. Slutsats

I en framtid med häftigare regn på grund av klimatförändringarna riskerar dagvattenflödena inom utredningsområdet bli högre. Den planerade exploateringen kommer bidra till att en större andel av utredningsområdet blir hårdlagt, vilket minskar den naturliga infiltrationen. Den planerade parkeringsplatsen kan komma att bidra till högre föroreningsmängder i dagvattnet. Ett åtgärdsförslag har således tagits fram för att exploateringen ska kunna fortgå utan att belasta omkringliggande bebyggelse eller Göta älv.

Föreslagen dagvattenhantering utgår från Trollhättans stads dagvattenstrategi där fördröjning och omhändertagande av dagvatten ska ske lokalt på kvartersmark så långt som möjligt. Fördröjningen ska motsvara 10 mm per kvadratmeter hårdgjord yta. Fördröjningsbehovet vid planerad exploatering beräknades till ca 105 m³.

För att uppnå tillräcklig rening av dagvattnet inom utredningsområdet rekommenderas att ca 225 m² regnbäddar anläggs, främst kopplade till parkeringsplatserna, samt ca 183 m² makadamdiken i anslutning till den västra parkeringen samt området för torget och multihallen. Dagvattnet kan med fördel ytledes avrinna mot regnbäddarna och makadamdiken med hjälp av höjdsättning. Om utformningen frångår standardvärdena angivna i utredningen kan ytbehovet av regnbäddar komma att ändras.

Anläggande av regnbäddar som åtgärd går i linje med Trollhättans dagvattenstrategi då fördröjning och rening av dagvattnet såldes sker lokalt inom utredningsområdet. Utformningen av regnbäddarna kan också bidra till att berika den bebyggda miljön vilket är ytterligare en av Trollhättans övergripande mål kring dagvattenhantering.

Under arbetsprocessen med den nya detaljplanen och inom ramarna för denna utredning har anläggandet av ett grönt tak på multihallen diskuterats. Ett grönt tak rekommenderas då det är ett sätt att öka biologisk mångfald, berika den bebyggda miljön och fördröja och magasinera dagvatten lokalt. Vid val av grönt tak, utformning och skötseln bör risken för näringsläckage tas i beaktning. Exempel på åtgärder som motverkar läckage är inblandning av oladdat biokol och att välja ett biotoptak framför ett sedumtak.

Översvämningsrisken vid ett klimatanpassat 100-årsregn bedöms vara låg för utredningsområdet. Det finns en brant sluttning öster och söder om utredningsområdet, där en fåra finns med ett mindre vattendrag som rinner söderut. Där finns goda möjligheter för skyfallsvatten att ansamlas utan att göra någon skada på annan bebyggelse. Utöver att höjdsättningen behöver justeras för att se till att dagvattnet rinner till de föreslagna dagvattenåtgärderna så kan därefter en justerad höjdsättning se till att vatten inte blir ståendes inom området vid skyfall, utan har möjlighet att avrinna mot slänten och fåran. Skyfallssituationen förväntas därmed inte försämrats för omkringliggande fastigheter avseende föreslagen exploatering om hänsyn tas till flödesvägar och rekommendationer i föreliggande utredning. Det bedöms inte föreligga någon risk avseende tillgänglighet till fastigheten för räddningstjänsten beaktat översvämning vid skyfall

10. Litteraturförteckning

- Bohusgeo AB. (2025). *Projekterings-PM/Geoteknik, Multihall Skogshöjden*.
- Capener, C. (2021). *Grönatakhåndboken*.
- Fransson, A.-M. (2020). *Biokolhåndboken - för användare*.
- Göteborg stad. (2020). *Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient*. Göteborg.
- Göteborg Stad. (2021). *Reningskrav för dagvatten*. Göteborg.
- Jordnära Miljökonsult AB. (2023). *Miljöteknisk undersökning av mark*.
- Ljungberg, A. F. (2021). *Biotoptak - med praktiska exempel från Malmö*. Alnarp: Landskapsarkitekturprogrammet, SLU.
- Länsstyrelsen Västra Götaland. (2022). *Beslut om vattenskyddsområde för Vänersborgsviken och Göta älvs vattentäcker*.
- Naturvårdsverket. (u.d.). Hämtat från Skyddad natur: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/> den 07 09 2023
- SGU. (u.d.). *Jorddjup*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jorddjup.html> den 21 09 2023
- SGU. (u.d.). *Kartvisare jordarter 1:25000 - 1:100000*. Hämtat från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html> den 07 09 2023
- Silverhielm, R. (2017). *Fördröjningsbädd på bjälklagsgård*.
- SMHI. (2023). *Skyfall*. Hämtat från Klimatanpassning.se: <https://www.klimatanpassning.se/klimatanpassa/vagledning-for-klimatanpassning/hantera-risker/skyfall-1.89213> den 10 08 2023
- Svenskt Vatten. (2013). *Kunskapssammanställning dagvattenrening*. Svenskt Vatten AB.
- SVOA. (den 11 Mars 2022). *Tekniska lösningar Trädplanteringar Dagvatten*. Hämtat från stockholmavfall.se: https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/skelett_h.pdf
- SVOA. (den 03 Augusti 2023a). *Vegetationsklädda tak*. Hämtat från Anläggningsbeskrivningar: https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/vegtak_h2.pdf
- SVOA. (2023b). *Nedsänkt växtbädd*. Hämtat från Anläggningsbeskrivningar: <https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/nvb.pdf>
- SVOA. (2023c). *Genomsläpplig beläggning*. Hämtat från <https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/gb.pdf>
- SVOA. (den 17 April 2023d). *Dagvattenwebben Tekniska lösningar I mark*. Hämtat från stockholmavfall.se: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/nvb.pdf>
- SVOA. (den 21 02 2025). *Makadamdiken*. Hämtat från https://www.stockholmavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf
- Trollhättans stad. (2021). Hämtat från Dagvattenstrategi anpassad till klimatförändringar: <https://www.trollhattan.se/startside/nyheter/aktuella-nyheter/dagvattenstrategi-anpassad-till-klimatforandringar/>
- VA-guiden. (u.d.). Hämtat från Vegetationsklädda tak: <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/vegetationskladda-tak/> den 12 09 2023
- VA-guiden. (2022). *Genomsläppliga beläggningar*. Hämtat från <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/genomslapplig-belaggning/>
- VA-guiden. (den 10 02 2025). *Makadamdiken*. Hämtat från <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/makadamdike/>
- VA-guiden. (u.d.). *Nedsänkta växtbäddar*. Hämtat från <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/> den 08 09 2023
- VISS. (2021). *Göta älv - Slumån till Stallbackån*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA16165459> den 12 09 2023