

DAGVATTENUTREDNING – FÖRDJUPAD ÖVERSIKTSPLAN SANDVIKEN ÖSTERSUND

2018-10-12



DAGVATTENUTREDNING – FÖRDJUPAD ÖVERSIKTSPLAN

Sandviken Östersund

KUND

Östersunds kommun

KONSULT

WSP Samhällsbyggnad

Arenavägen 55/57

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm

Besök: Hamngatan 11B

Tel: +46 10 7225000

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Madeleine Erneholm, +46 (0)10 722 78 17

madeleine.erneholm@wsp.com

Linda Hörnsten, +46 (0)10 722 78 07

linda.hornsten@wsp.com

Marie Åslund, +46 (0)10 722 84 41

marie.aslund@wsp.com

UPPDRAGSNAMN
Sandviken Östersund

UPPDRAGSNUMMER
10266032

FÖRFATTARE
Madeleine Erneholm

DATUM
2018-09-20

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av
Linda Hörnsten

Godkänd av
Marie Åslund

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	4
1.1	SYFTE	4
2	SAMMANFATTNING	5
3	FAS 1	7
3.1	LÄGE	7
3.2	GEOLOGI	7
3.3	HYDROLOGI	8
3.4	RECIPIENT	9
3.5	RIKTLINJER FÖR UTREDNING	11
3.6	MILJÖMÅL	11
3.7	PLAN	12
3.8	BERÄKNINGAR	17
3.9	FÖRORENINGSBELASTNING	23
4	FAS 2	25
4.1	DAGVATTENHANTERING: PLANOMRÅDE	25
4.2	DAGVATTENHANTERING INOM KVARTERSMARK	35
4.3	DAGVATTENHANTERING INOM GATUMARK	39
4.4	DAGVATTENHANTERING INOM ALLMÄN PLATS, PARKER, GRÖNSTRÅK OCH NATURMARK	40
4.5	BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGAR	41
4.6	KLIMAT OCH RISKER	46
5	SLUTSATSER	48
5.1	BEHOV AV FORTSATT UTREDNING	49
6	REFERENSER	50
	BILAGA A	51

1 BAKGRUND

I samband med planering av ett nytt bostadsområde i Östersund, har WSP fått i uppdrag att ta fram en dagvattenutredning. Området benämns Sandviken och ligger söder om Vallsundsbron längs väg 592.

Dagvattenutredningen delas upp i två faser:

- **Fas 1** omfattar Sandvikens förutsättningar, målsättningar om flödesmängder, fördröjningsvolym och föroreningsbelastning samt identifierar ytor lämpliga för att hantera dagvattenflöden. Fas 1 innefattar även beräkningar av de dimensionerande flöden samt fördröjningsvolym som kan uppstå inom kvartersmark och allmän platsmark.
- **Fas 2** anger olika utformningsförslag för dagvattenhanteringen och innefattar lokalisering av, samt enklare tekniska beskrivningar för dagvattenanläggningar. Anläggningarnas utformning anpassas efter beräknade flöden och fördröjningsvolym i Fas 1. Fas 2 identifierar även eventuella behov av fortsatta utredningar. Problempunkter i planförslaget rörande ansvarsförhållanden inom kvartersmark analyseras.

1.1 SYFTE

Samtliga beräkningar och resultat är baserade på strukturplan daterad 2018-05-28. Ändring av planutformning kan ske i senare planeringsskeden. Därför ska redovisning av fördröjningsvolym, flöden, placering av magasin etc. endast ses som vägledande.

Syftet med dagvattenutredningen är att kontrollera att hantering av dagvatten är möjlig inom planområdet för Sandviken. Målet med utformningsförslaget är att dagvatten ska kunna renas och fördröjas innan det släpps ut till Storsjön.

2 SAMMANFATTNING

En dagvattenutredning har genomförts för den fördjupade översiktsplanen för bostadsområdet Sandviken, Östersund. Genomförande av den fördjupade översiktsplanen leder till en högre andel hårdgjorda ytor, ett ökat flöde samt en ökad föroreningsbelastning av dagvatten. Sammantaget för hela området ökar flödet med ca. 500 procent.

Fördröjning har som avsikt att utjämna det ökade flödet. Detta blir möjligt i en anläggning som har ett lägre utlopps- än inloppsflöde samt har kapaciteten att låta en större volym dagvatten ansamlas. Fördröjningsanläggningar placeras på öppna ytor avsedda för park- eller torgverksamhet och kan utformas som öppna dagvattenanläggningar (översvämningssyta, svackdike med dämmande sektioner, alternativt dammar).

Planområdet har goda förutsättningar för att rymma fördröjningsanläggningar med nuvarande utformning av strukturplanen. Där öppna dagvattenanläggningar ej är lämpliga, anläggs istället underjordiska magasin.

Lokalt omhändertagande genom fördröjning och rening av 10 mm tillämpas inom hela planområdet, vilket bedöms tillräckligt för att reducera föroreningsbelastningen från området till recipient. 70-80 procent av den totala årsnederbörden utgörs av regn upp till 10 mm (enligt regnstatistik från Stockholm i Svenskt Vattens P110, 2016). Detta beror på att majoriteten av alla regn som inträffar har en liten regnvolym, dvs. det inträffar fler mindre regn än stora under ett år. Eftersom dagvattenreningen ska dimensioneras för dessa regn, resulterar det i att 70-80 % av den totala regnvolymen under året genomgår någon form av rening.

Dagvattenanläggningar som är lämpade för villafastigheter kan vara stenkistor, infiltration i grönytor och gröna tak. För centrumkvarter är lämpliga dagvattenanläggningar växtbäddar, skelettjordar och krossdiken samt gröna tak.

Med avledning av dagvatten avses de anläggningar som leder bort dagvatten från fastigheter, allmänna ytor eller gatumark vidare till fördröjningsanläggningar och ut till recipient.

Avledning av dagvatten inom villakvarter sker via svackdiken. Dessa anläggs mellan fastigheter och anges som allmän platsmark. Avledning av dagvatten inom centrumkvarter sker antingen via gemensamhetsanläggningar (ex. svackdiken) eller hanteras inom varje fastighet.

Vidare avledning av dagvatten från kvartersmark till större fördröjningsanläggningar sker via gatumark. Dagvattnet kan där avledas via ledningar, diken eller stensatta avvattningsstråk. Avvattningsstråken rekommenderas längs gränder med brantare lutning för att förhindra erosion.

För lokalt omhändertagande av dagvatten från gatumark, anläggs skelettjordar och växtbäddar. Anläggs fler eller större anläggningar än vad som erfordras för 10 mm inom gatusektionen, kan även en större volym fördröjas och renas, vilket i sin tur reducerar behovet av större fördröjningsanläggningar nedströms.

Vid ett 100-årsregn kommer anläggningar (både fördröjning och avledning) vara underdimensionerade och vatten rinner längs med gator och diken. Gatorna är höjdsatta för att avleda dagvattnet ner mot recipient. Höjdsättning inom kvartersmark och allmän platsmark i senare skeden skall tillgodose att inga instängda områden förekommer.

3 FAS 1

3.1 LÄGE

Planområdet är lokaliserat ca 4 km sydväst om Östersund. Området Sandviken består i dagsläget av kalhygge och skogsmark och begränsas i norr av väg 592 samt Storsjön. I väst begränsas området av skogsmark, i syd av Böleberget och i öst av skogsmark och befintliga fastigheter, se figur 1. I planområdet ingår även Sandvikens Campingplats, som är lokaliserad i de nordöstra delarna. Området lutar mot nordost, med en kraftigare lutning i södra delarna.



Figur 1: Satellitbild över Sandviken. Planområdet är markerat med gul linje. Bildkälla: Google Maps (modifierad, 2018).

3.2 GEOLOGI

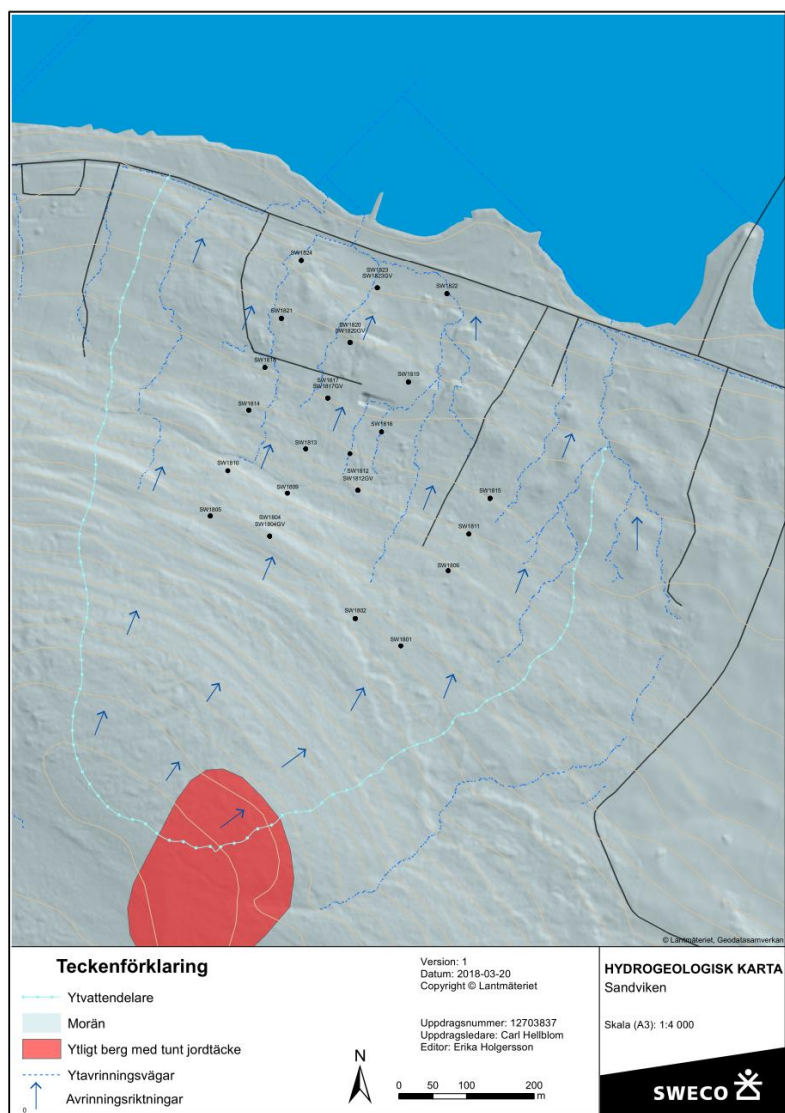
Sweco genomförde vintern 2018 en geoteknisk undersökning. Denna visade på en jordlagerföljd med ca 0,1-0,3 m tjockt organiskt ytskikt. I de södra delarna underlagras de organiska jordarna av siltig-sandig-grusig morän. Vidare norrut, mot Storsjön, underlagras de organiska jordarna istället av mer finkorniga och täta jordarter, i huvudsak silt- och lermorän. Djup till berg är ej känt, dock har slagsonderingar stoppat mot berg, alternativt block, ca. 0,8-7,9 m under befintlig markyta. Siltiga jordar bedöms vara flytbenägna i kombination med vatten, vilket måste beaktas vid planering av eventuella dagvattendiken.

Möjligheter för infiltration och perkolation bedöms vara dåliga i de norra delarna av området eftersom jordarna är ogenomträngliga och täta. I södra delarna som domineras av en mer grovkornig morän, är möjligheterna för infiltration och perkolation bättre. Grundvattennivåerna har mätts i februari och maj. Rören var torra vid båda tillfällena i samtliga undersökningspunkter. Grundvattenrörens djup var mellan ca 1,5-5 m.

3.3 HYDROLOGI

3.3.1 Avrinning

En hydrogeologisk karta har tagits fram av SWECO (2018), och redovisas i figur 2. Planområdet ingår i ett delavrinningsområde som rinner mot Storsjön.



Figur 2: Hydrogeologisk karta. Bildkälla: SWECO, 2018.

3.3.2 Risk för utströmning av infiltrerat vatten

För södra delen av Sandviken bedöms möjligheterna för infiltration vara bättre. Vid infiltration sker avledning av dagvatten helt eller delvis under markytan och vattnet behöver ta vägen någonstans. Enligt ytavrinningskartan i figur 2, är det tydligt att vattnet rinner från syd till norr, vidare mot Storsjön.

Grundvattennivåerna i ett område är inte konstant, utan varierar tydligt med olika årstider. Variationerna kan bero på bl.a. nederbörd, klimat, jordartsförhållanden och terräng. SGU redovisar tidsserier för grundvattennivåer och har mätstationer i Ytterån, ca 3 mil nordväst om Östersund. De uppmätta medelgrundvattennivåerna kunde variera med 0,5-

2,3 m. Figur 3 redovisar årstidsvariationerna i medelnivån på en av Ytteråns mätstationer under 2017. Lägsta nivåer uppmäts under februari-mars och högst i maj-juni vilket är samma perioder som mätningarna genomfördes i Sandviken, se kapitel 3.2.

Grundvattennivå för station: Ytterån_6 (29_6) - meter under markytan



Figur 3: Graf över medelgrundvattennivåer under ett år. Bildkälla: SGU, 2018.

Eftersom grundvatten söker sig till lägre partier av terrängen, kan det i låglänta områden fylla upp marklagren till ytan och flöda ut ur grundvattenzonen i ett s.k. utströmningsområde. Detta gäller även för vatten som inte hunnit bilda grundvatten d.v.s. markvatten. Utströmningsområden är dock vanligare i dalgångar och områden där vattnet blir instängt. Att utströmningsområden kan uppstå i planområdet stöds av det faktum att markvatten rör sig från genomsläppliga (i syd) till mer ogenomsläppliga och täta jordarter (i norr) samt att det förekommer nedströms liggande områden som har nära till berg.

Skärningar som blottlägger berg kan också leda till att risken för utströmningsområden blir högre.

För kontroll att inga utströmningsområden kan uppstå i de norra delarna om dagvatten tillåts infiltrera i syd, bör grundvattennivåerna fortsatt kontrolleras under vår/sommaren och de grunda rören fördjupas. Där skärningar som blottlägger berg uppstår bör det säkerställas att eventuellt utströmmande vattnen kan ledas bort.

3.4 RECIPIENT

Recipienten Storsjön tillhör Indalsälvens avrinningsområde och är Sveriges femte största sjö på ca 464 km². Denna utgör en dricksvattenförekomst för bl.a. invånarna i Östersund. Vattnet utanför Sandviken är en del av Minnesgårdets vattenskyddsområde. Sjön är reglerad sedan 1938-1940 och styrs av en vattendom. Dämningsgränsen i magasinet motsvarar vattennivån vid normal vårfloed före regleringen. Vattenståndet i sjön beräknas som medelvattenståndet vid mätstationerna Norderön och Vattenverket.

Under sommaren står vattnet som högst eftersom vårfloden då har fyllt upp sjön med smältvatten. Den lägsta vattennivån nås i slutet på vinterhalvåret, då tappning av sjön har skett i takt med det ökade elbehovet under vintern. Statistik för Storsjöns vattenstånd finns presenterat i tabell 1 (SMHI, 2018).

Tabell 1: Statistik för Storsjön. Vattenstånd (möh) är omräknat från höjdsystemet RH00 till RH2000 med förutsättningen att skillnaden mellan dessa två höjdsystem är +0,85 m i Östersundsområdet. Källa: SMHI, 2018.

Vattenstånd	Oreglerad (1893-1939), (möh, RH2000)	Reglerad (1940-2016), (möh, RH2000)
Lägsta vattenstånd	+291,87	+291,35
Normalt lågvattenstånd	+292,1	+291,67
Medelvattenstånd	+292,78	+293,15
Normalt högvattenstånd	+294,14	+294,14
Högsta vattenstånd	+295,14	+294,63
10 000-årsvattenstånd		+296,42

3.4.1 Miljökvalitetsnormer

År 2015 antogs de nya miljökvalitetsnormerna (MKN) för vatten av Vattenmyndigheten som en del av processen att följa EU:s ramdirektiv för vatten (2000/16/EG). MKN anger vilken kvalitet och krav som sätts på vattenförekomsten vid en viss tidpunkt. Målet med MKN är att vattenförekomsterna skall uppnå god status eller potential till år 2021 och att denna även inte får försämrats.

Om statusen vid år 2021 inte uppfyller de satta målen, kan ett undantag göras i form av en tidsfrist, mindre stränga kvalitetskrav, om målen är tekniskt omöjliga, kostnaderna är orimliga, om naturliga förhållanden orsakar förvärrad status eller om införandet av vissa samhällsviktiga verksamheter dröjer målsättningen. Statusen får inte försämrats för vattenförekomster, förutom vid tillfälliga situationer.

Recipienten Storsjön hade år 2014 och 2016 en statusklassning på "måttlig ekologisk status", respektive "ej god kemisk status". Det förekommer miljöproblem så som förekomst av vandringshinder, måttligt morfologiskt tillstånd, skadad fiskpopulation samt miljögifter (PBDE, kvicksilver och TBT).

På grund av recipientens tillstånd, avviker Storsjön från det generella målet att uppnå god kemisk status år 2021. PBDE och kvicksilver har därför fått mindre stränga krav pga. att det anses saknas tekniska förutsättningar att åtgärda de höga halterna. Den ekologiska statusen skall uppnås till 2021.

Källor till den försämrade statusen anses vara transport och infrastruktur, atmosfärisk deposition, förorenad mark från gamla industrier samt förändring i konnektiviteten genom dammar, barriärer och slussar, (VISS, 2018).

Brandsläckningsmedel innehållandes högfluorerade ämnen har tidigare använts av försvaret i ett område vid Bynäset på Frösön. Undersökningar under 2014 visade på att höga halter förekom i grundvatten och mark och har runnit ut i Storsjön. Råvattnet i Minnesgärdet visar på låga halter av högfluorerade ämnen under februari-juni 2014 (Länsstyrelsen Jämtlands län 2014).

3.5 RIKTLINJER FÖR UTREDNING

Kommunens riktlinjer för denna utredning är att 10 mm av ett regn ska kunna renas och fördröjas för både kvartersmark och allmänna platser (torg, parker, gator). Detta anses som tillräcklig åtgärd beträffande rening. På allmänna platser ska dagvattnet i första hand tas omhand med i huvudsak öppna system. Flödena ska beräknas med klimatkoefficienter.

Flödet till Storsjön ska inte öka i förhållande till nuvarande 10-årsflöden. Därav skall 10-årsregnet fördröjas. 50-årsflödet till trummor under väg 592 får ej öka på ett sådant sätt att trumkapaciteten överskrider enligt riktlinjer från Trafikverkets tekniska krav för avvattning (Trafikverket, 2017). Dock kommer vägen byggas om i samband med utvecklingen av bostadsområdet och eventuella justeringar av trummor kan då tas i beaktande. Därmed är inte 50-årsflödet begränsande. Dagvatten som genereras vid ett 100-årsregn skall kunna rinna ytligt till recipient utan att orsaka skador på byggnaders infrastruktur eller skyddsvärd mark.

3.6 MILJÖMÅL

Recipienten Storsjön utgör en viktig vattenresurs för invånarna i Östersund kommun. Sjön är ett utpekade område för dricksvattenförsörjning och enligt Länsstyrelsen i Jämtlands Vattenplan (Länsstyrelsen Jämtland, 2016), eftersträvas en så hög kvalitet som möjligt i Storsjöns vatten, dels för att det skall kunna användas som dricksvatten men även för att ge en god livsmiljö för vattenlevande växter och djur. Storsjöns vattenareal sträcker sig mellan de fyra kommunerna Östersund, Åre, Krokoms och Berg. Vattenplanen innefattar ställningstaganden som har utvecklats i samarbete mellan de fyra kommunerna. Vattnet utanför Sandviken är även en del av Minnesgårdens vattenskyddsområde.

Enligt vattenplanen förordas en hållbar dagvattenhantering, exempelvis genom fördröjning i öppna lösningar. Detta dagvatten kan användas för bevattning, infiltreras i marken, fördröjas i damm eller ledas till genomsläpplig mark längre bort. Klimatförändringarna innebär mer extrema nederbörds mängder med fler skyfall. Robusta dagvattensystem förordas för att säkerställa minimal påverkan på sjöns vattenkvalitet från dagvatten.

Generella riktlinjer för reningsgrad på dagvatten har ej angetts, dock bör exploateringen inte leda till ökade utsläpp av föroreningar till Storsjön i jämförelse med dagsläget.

3.7 PLAN

Strukturplanen över området (daterad 2018-05-28) finns presenterad i figur 4. Ändringar inom planområde, kvartersmark och gatutformning kan förekomma under senare skeden.



Figur 4: Aktuell strukturplan över Sandviken (Bildkälla: Fojab Arkitekter 2018-05-28).

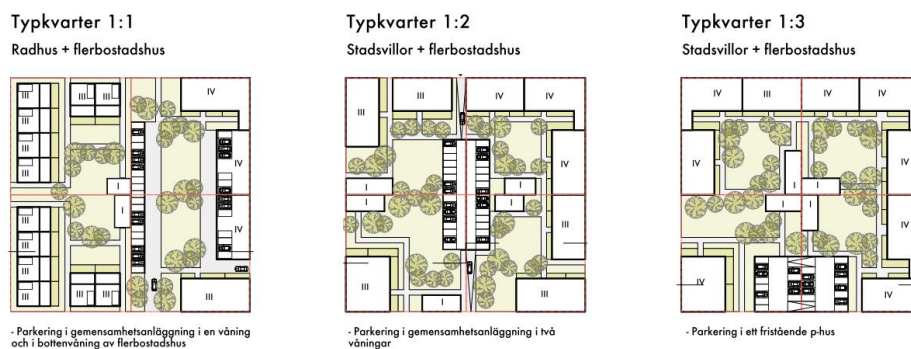
3.7.1 Kvartersmark

Sandviken planeras för bostadsbebyggelse, där villor, radhus och flerbostadshus kan blandas. Tätare och mer stadsmässiga kvarter förekommer i de centrala delarna (närmast väg 592). Dessa benämns som typkvarter 1. I dessa områden bebyggs kvarteren med flerbostadshus (3- till 4-våningar), men även inslag av enplanshus och enfamiljshus kan förekomma. Bebyggelsen grupperas runt en innegård. I halvcentrala lägen bebyggs kvarteren med en blandning av kedjehus, radhus och villor (typkvarter 2). Även mindre flerfamiljshus kan uppföras. Längst i syd, med störst avstånd mot centrumkvarteren, uppförs villor (typkvarter 3). Se figur 5 för översiktlig bild av kvarteren.



Figur 5: Typkvarter med olika täthet. Typkvarter 1 motsvarar de centrala, mer tätbebyggda områdena närmast väg 592. Typkvarter 2 motsvarar kvarter lokaliserade i halvcentrala lägen, något kvarter från huvudgatan. Typkvarter 3 är lokaliserade mer än två kvarter från huvudgatan (Östersunds kommun, 2016).

Utifrån typkvarter 1 förekommer tre kvartersvarianter (1:1, 1:2 och 1:3), se figur 6. Ytkartering av dessa visar på att ca 50-52 % av ytorna kan komma att bli permeabla (gräs och grus). Parkeringar är föreslagna i parkeringshus. Taken är sadeltak, vilket innebär att all avrinning från tak med lutning mot gata leds mot denna. För beräkning av flöden inom typkvarter 1 och 2 används det typkvarter som har minst andel permeabla ytor och därmed genererar högst flöden (dvs typkvarter 1:1). För villaområden beräknas flöde från en större och en mindre tomt.



Figur 6: Varianter på typkvarter 1 (Bildkälla: Fojab Arkitekter 2018-04-12).

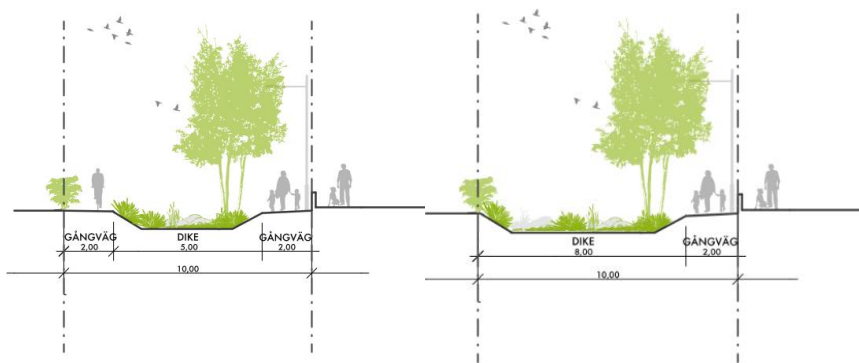
3.7.2 Gator

Sandvikens nya gatunät planeras att följa en liknande hierarki som förekommer i Östersund. I Sandviken resulterar detta i följande typgator; huvudgata, lokalgata samt gränder. Väg 592 sträcker sig längs med Storsjöns strand och dess vägsektion kommer att ändras. Vilka gator som är huvudgata, gränder och lokalgator finns markerad i strukturplanen i figur 8.

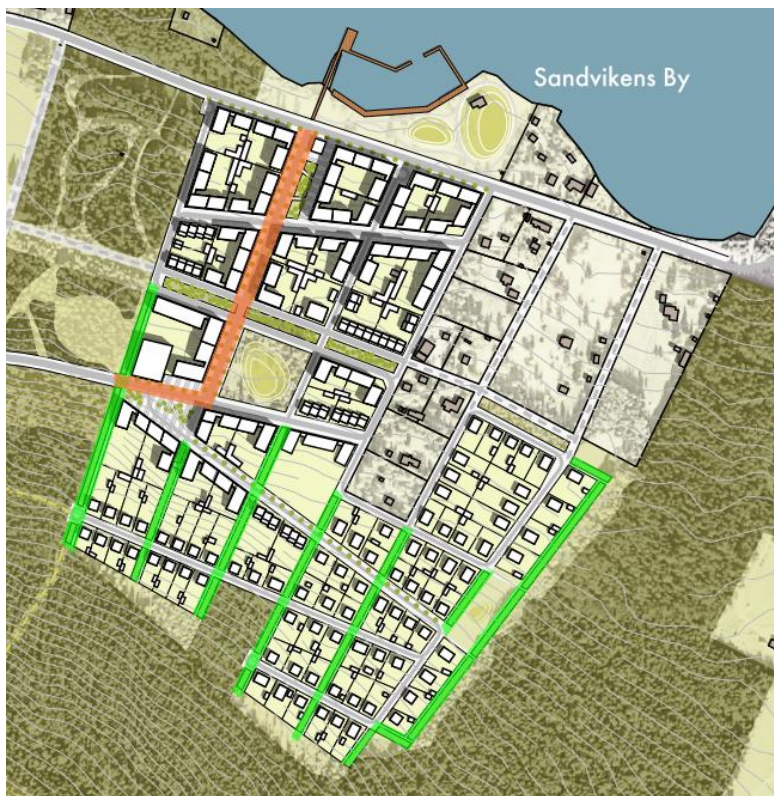
Huvudgata: Den gata som kopplar hela området till väg 592. En busslinje dras längs denna sträcka och gatan kommer att utformas som en trädkantad esplanad med gott om plats för gång- och cykelstråk. Sektionen är 22 m bred med en planteringszon som är aktuell för dagvattenanläggningar (växtbäddar och/eller skelettjordar).

Lokalgator: Övriga gator inom stadsdelen planeras som lokalgator med kantstensparkering. I södra delen av området löper denna gata som en s.k. "serpentin", i vinkel mot slutningen och dras som diagonaler genom kvartersstrukturen. Sektionen är 16,5 m bred med gångbanor på båda sidor av gatan. Trädrader förekommer mellan kantstensparkeringar på båda sidor av gatan. Trädrader förekommer bara på ena sidan av vägen inom den delen av serpentinvägen som kopplar centrumområdet till villaområdet. Trädraderna kan utnyttjas för dagvattenanläggningar som skelettjordar.

Gränder: En gränd, enligt Östersund-mått, är en sluttande smal gata, med utsikt över sundet. Dessa gränder planeras att löpa vinkelrätt mot sjöstranden. Dessa kan komma att bli branta (upp till 11 %) och kan på ställen utformas som trappgränder. Bredden på dessa sektioner är 10 m. Öppna och fria planteringar av träd och buskar kan förekomma och är aktuella för dagvattenlösningar. Gränder med körbara ytor kan ha en begränsande vegetation vilket försvårar anläggning av öppna dagvattenanläggningar. "Gröna gränder" (som visas i figur 7) är aktuella inom områden med lägre exploateringsgrad, dvs. villaområden och områden med radhus. Här presenteras lösningar för gång- och cykelvägar, där sektionen till vänster är lokaliserad mellan kvarter och gatusektionen till höger är lokaliserad mot parkmark eller skogsmark. Dessa har en stor, öppen yta som är lämplig för avledning av dagvatten.



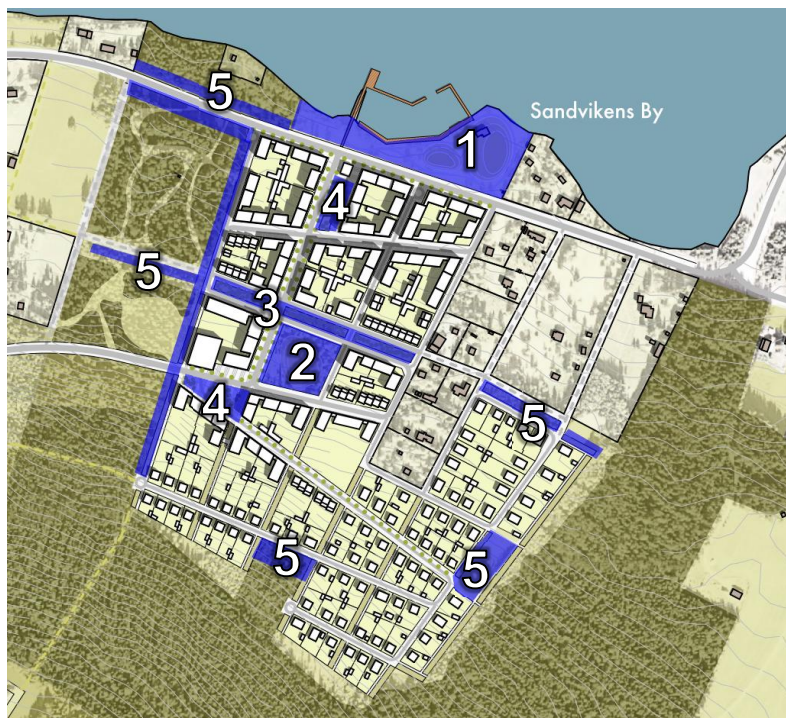
Figur 7: Gatusektioner för GC-väg mellan kvartersmark (Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-03-09).



Figur 8: Gränder med möjlighet till öppen dagvattenavledning är markerade i grönt. Huvudgatan är markerad i orange. Övriga gator är lokalgator och väg 592. Bildkälla: Fojab Arkitekter 2018-05-28 (modifierad).

3.7.3 Identifierade områden för dagvattenhantering

I figur 9 redovisas de områden som identifieras användbara för dagvattenhantering (utifrån plan daterad 2018-04-12).



Figur 9: Identifierade områden för dagvattenhantering. Blått är allmänna ytor användbara för dagvattenhantering (ex torg, parker, grönstråk mm.). Av dessa områden representerar nr 1) Områdesparken, 2) Bostadsnära park, 3) Grönt stråk, 4) Torg och parktorg samt 5) Övriga grönområden. Bildkälla: Fojab Arkitekter 2018-05-28 (modifierad).

- 1) **Områdespark:** Längs med Storsjöns stränder planeras ett parkområde för ex. bad, uthyrning mm. Fördröjning och avledning av dagvatten i parkmiljön är en möjlighet.
- 2) **Bostadsnära park:** Inom stadsstrukturen förekommer parker med plats för lek, vistelse och samvaro. Dessa kan ha varierande storlek och funktion och kan användas för fördröjning av dagvatten.
- 3) **Grönt stråk:** Detta är ett stråk av grönyta med vindskyddande planteringar som utgör en del av gatustrukturen längs med lokalgatan. Det gröna stråket utgörs av en bred mittremsa med höga träd som kan utnyttjas för dagvattenanläggningar som ex. skelettjordar, svackdiken och växtbäddar.
- 4) **Torg och parktorg:** Förekommer längs med huvudgatan i centrala delar av Sandviken. Torgen gestaltas som hårdgjorda ytor med planteringar. Fördröjning av dagvatten i växtbäddar, skelettjordar och underjordiska magasin är möjligt.
- 5) **Övriga grönområden:** Oexploaterad mark i närheten av Sandviken kan utgöra områden lämpliga för avledning och/eller fördröjning av dagvatten.

3.7.4 Rinnvägar

Rinnvägar för gatemark och kvartersmark presenteras i figur 10. Kartan visar inte en systemlösning för dagvatten, utan visar vilken riktning dagvatten rinner vid ytavledning på gatemark (ej i ledning). Detta är användbart både för att kunna förutse konsekvenser vid ett extremt skyfall och som underlag vid planeringen av dagvattenhantering. Gatornas lutning är baserat på underlag till strukturplanen. Övrig marklutning (rinnvägar inom villakvarter) samt lutning för väg 592 är baserat på befintliga höjdkurvor. Streckade linjer motsvarar gator som ej är byggda och ligger på privat mark inom område för frivillig förtätning.



Figur 10: Rinnvägar för planområdet (Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28, modifierad).

3.8 BERÄKNINGAR

En sammanslagen teckenförklaring, förklaringar av begrepp (klimatfaktor, återkomsttid m.fl.) och härledning till antaganden finns presenterade i Bilaga A.

För att avgöra hur stort flöde exploateringen kommer att generera för kvartersmark och gatemark, har flöden för exploaterad markanvändning beräknats för 10-årsregn enligt Svenskt Vattens publikation P110. För att avgöra hur stor flödesökning exploateringen genererar för hela planområdet, beräknas den befintliga naturmarksavrinningen enligt figur 4.4 i Svenskt Vattens P110 (2016).

Flöden efter exploatering ska kunna fördröjas så att flödet ut till Storsjön inte ökar (dvs. utflödet är det befintliga flödet från naturmark beräknat enligt figur 4.4 i P110 med justering 0,8 för att anpassas till Östersund). För samtliga kvarter beräknas även 100-årsflödet. De dimensionerande flödena efter exploatering är beräknade genom rationella metoden enligt följande ekvation (1):

$$Q = A \cdot i \cdot \varphi \cdot k_f \quad (1)$$

Där Q är det beräknade flödet (l/s), A är arean (ha), i är regnintensiteten (l/s, ha) och φ är avrinningskoefficienten. En klimatfaktor (k_f) på 1,25 används enligt de nya riktlinjerna i Svenskt Vattens publikation P110. Vid beräkning har avrinningskoefficienter baserade på Svenskt Vattens P110 använts.

Enligt riktlinjer från Östersunds kommun skall 10 mm nederbörd kunna fördröjas inom fastigheter. Fördröjningsbehovet är beräknat enligt följande formel (2):

$$V_f = A \cdot \varphi \cdot 10 \text{ mm} \quad (2)$$

Där V_f är magasinsvolymen (m^3) som krävs för fördröjning av 10 mm regn.

Erfordrad magasinvolym för fördröjning av ett 10-årsregn beräknas enligt formel (3):

$$V = 3,6 \cdot t \cdot (Q_{(t)} - q) \quad (3)$$

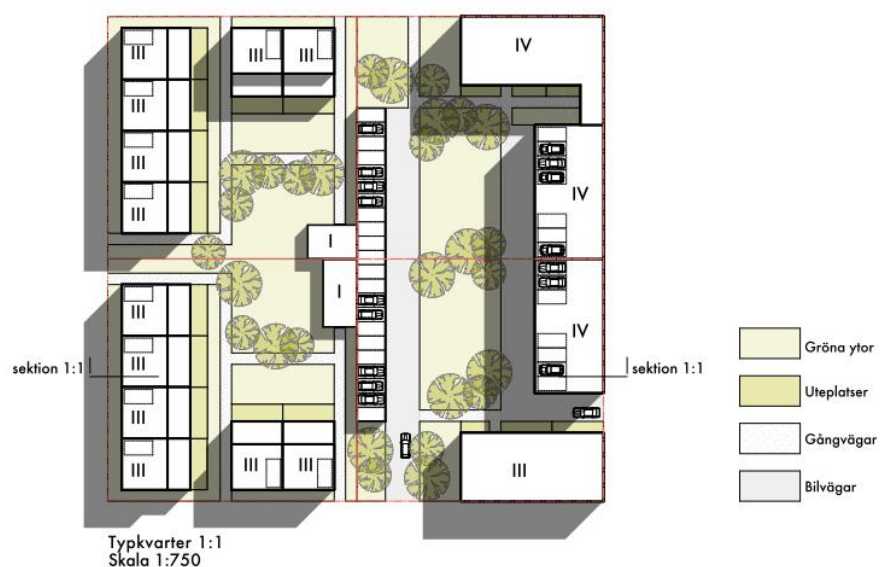
Där V är magasinvolymen (m^3) för fördröjning av ett 10-årsregn, t är regnets varaktighet (h) vid den tidpunkt då en största volym uppstår, q är det bestämda utflödet (l/s) som bestäms utifrån det befintliga flödet för oexploaterad mark och $Q_{(t)}$ är maxflödet (l/s) som uppstår vid regn med regnintensitet vid regnvaraktighet av tiden t.

Vid fördröjning bör uppehållstiden vara 12 timmar för att ge plats till efterkommande regn.

3.8.1 Kvartersmark – Centrumområde

Flöden

För beräkning av flöden inom typkvarter 1 och 2 används det typkvarter som har minst andel permeabla ytor, tar upp störst yta (ca 7400 m²) och därmed genererar högst flöden (dvs typkvarter 1:1), se figur 11. Längden på detta kvarter är 85 m. Detta typkvarter blir ett sk. "worst-case-scenario" för typkvarter 1 och 2, då majoriteten av dessa tar upp mindre yta och har lägre exploateringsgrad. Samtliga parkeringar inom kvarter 1 är under tak i form av parkeringshus eller garage.



Figur 11: Typkvarter 1:1. Bildkälla: Fojab Arkitekter 2018-04-12 (modifierad).

Tabell 2 redovisar de flöden som uppstår för kvartersmark av typ 1:1 efter exploatering.

Tabell 2: Dimensionerande flöden för kvartersmark 1:1 efter exploatering.

Markanvändning	Area (m ²)	Avrinningskoefficient (φ)	Red. Area (m ²)	Dim. flöde 10-årsregn (l/s)	Dim. flöde 100-årsregn (l/s)
Kvarter 1:1					
Asfalt	786	0,8	629	15	31
Tak	2889	0,9	2600	59	127
Gångvägar (grus)	578	0,4	231	5	11
Grönytor, uteplatser	3145	0,1	315	7	15
Totalt	7398	0,51	3775	86	184
+kf (25 %)				107	231

Födröjningsbehov

Födröjningsbehovet för 10 mm beräknas enligt formel (2). Det totala födröjningsbehovet för ett centrumkvarter på 7400 m² (exkl förgårdsmark) och en avrinningskoefficient på 0,51 är ca 38 m³. Förgårdsmark anläggs kring kvarteret och har en bredd på 2 m för gator med N-S riktning och 1 m för gator i Ö-V riktning. Den erforderade födröjningsvolymen för en förgårdsmark kring ett centrumkvarter med bredden och längden 85 m (samt avrinningskoefficient på 0,8) är 4 m³. Totalt skall 42 m³ dagvatten kunna födröjas inom gårdsmark samt förgårdsmark.

Eftersom byggnader i centrumområden kommer byggas med sadeltak, kommer halva mängden av det regn som faller på byggnader placerade vid fastighetsgränsen mot gata att ledas mot förgårdsmarken istället för in mot gårdsytan. Regn som faller på förgårdsmarken kommer inte heller kunna ledas in mot innergården. För att kunna uppnå kravet att födröja 10 mm av det regn som faller på kvartersmarken måste födröjningsåtgärder kunna anläggas inom förgårdsmarken.

Följande beräkning gäller om hus är placerade runt hela kvarteret.

Ytan på ett halvt tak som sträcker sig runt hela kvarteret mot gata är 510 m². Med den reducerade ytan på 459 m² (avrinningskoefficient: 0,9) blir födröjningsbehovet ca 9 l/m² tak. Vid påslag för förgårdsytan (avrinningskoefficient: 0,8) resulterar den erforderade födröjningsvolymen i ca 6 m³ för gator i N-S riktning (2 m förgårdsmark). För gator med förgårdsmark med en bredd på 1 m (Ö-V riktning), blir totala födröjningsbehovet ca 5 m³.

Om samtliga sidor av kvarteret är bebyggda kommer ca 22 m³ behöva födröjas inom förgårdsmarken, varav 4 m³ av dessa rinner direkt på förgårdsmarken. I dessa fall är födröjningsbehovet endast ca 12 m³ inom kvarterets innergård.

3.8.2 Kvartermark – Villaområde

Flöden

För villaområden beräknas flöden för en stor och en liten tomt som har mätts ut i strukturplanen (enligt plan 2018-04-12, Fojab Arkitekter). Tabell 3 och tabell 4 redovisar de dimensionerande flöden som uppstår för en stor respektive liten villatomt efter exploatering. Samtliga flöden är beräknade med en varaktighet på 10 minuter.

Tabell 3: Dimensionerande flöden för en stor villatomt efter exploatering.

Markanvändning	Area (m ²)	Avrinningskoefficient (φ)	Red. Area (m ²)	Dim. flöde 10-årsregn (l/s)	Dim. flöde 100-årsregn (l/s)
Tak	150	0,25	135	3,1	6,6
Gräs	650		65	1,5	3,2
Totalt	800		200	4,6	9,8
+kf (25 %)				5,7	12,2

Tabell 4: Dimensionerande flöden för en liten villatomt efter exploatering.

Markanvändning	Area (m ²)	Avrinningskoefficient (φ)	Red. Area (m ²)	Dim. flöde 10-årsregn (l/s)	Dim. flöde 100-årsregn (l/s)
Tak	100	0,26	90	2,1	4,4
Gräs	400		40	0,9	2
Totalt	500		130	3	6,4
+kf (25 %)				3,7	7,9

Fördröjningsbehov

Det totala fördröjningsbehovet för en stor villatomt är ca 2 m³. Det totala fördröjningsbehovet för en liten villatomt är ca 1,3 m³.

3.8.3 Gator

Flöden

För att underlätta beräkningar av vägars avrinning, kommer all yta avsatt för vägar beräknas som asfalterat, med en avrinningskoefficient på 0,8. Detta räknas med i beräkningen för totala områden. Om en väg är 10 m bred och 50 m lång blir då de dimensionerande flödena enligt tabell 5.

Tabell 5: Dimensionerande flöden för en väg som är 10 m bred och 50 m lång efter exploatering.

Markanvändning	Area (m ²)	Avrinningskoefficient (φ)	Red. Area (m ²)	Dim. flöde 10-årsregn (l/s)	Dim. flöde 100-årsregn (l/s)
Väg	500	0,8	400	9,1	19,6
+kf (25 %)				11,4	24,4

Födröjningsbehov

Det totala födröjningsbehovet (10 mm) för en väg som är 10 m bred och 50 m lång är ca 4 m³.

3.8.4 Övriga områden

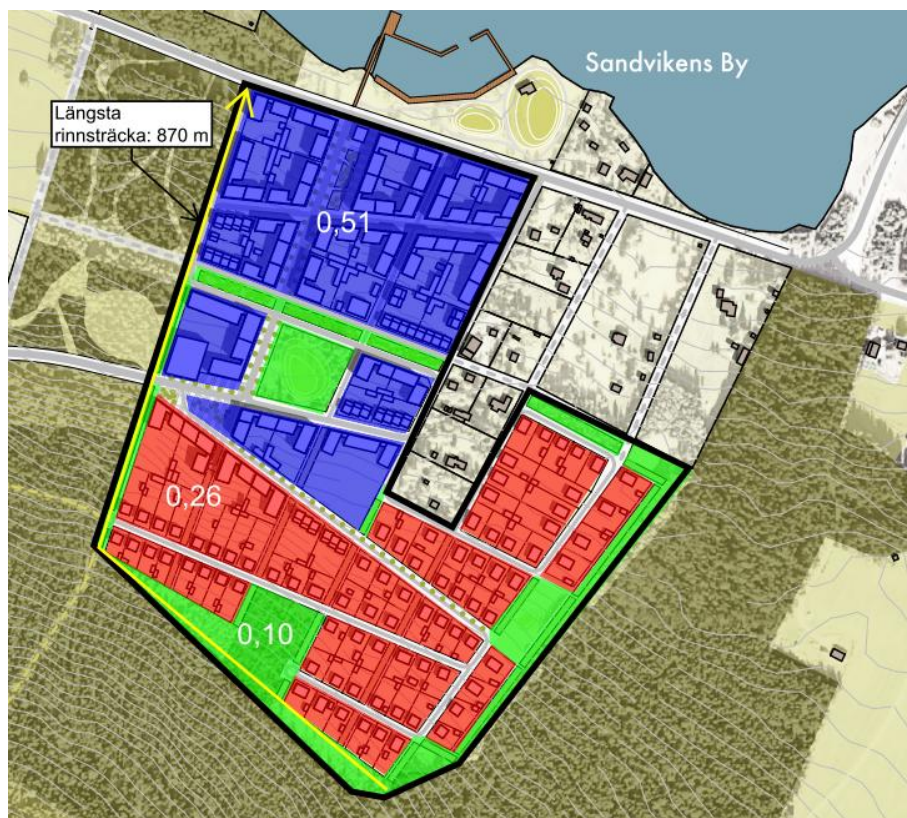
Platser som är delvis hårdgjorda som t.ex. skolor, torg och förskolor beräknas ha samma sammanvägda avrinningskoefficient som ett högexploaterat kvarter, se resultat i tabell 2 och 3. Flöden och födröjningsbehovet beräknas likt centrumkvarteret och kan hanteras på liknande sätt. Allmänna platser som utgörs av en grönyta, t.ex. parker, grönytor inom grönstråk, skogspartier och luckor mellan kvarter beräknas ha samma avrinningskoefficient som skogsmark, dvs. 0,1.

3.8.5 Hela planområdet

Flöden

Totala arean på området är 23,2 ha. Flödet för befintlig markanvändning är bestämt enligt P110 (Svenskt Vatten, 2016), graf 4.4. för specifik naturmarksavrinning för olika stora områden, med justering 0,8 för att anpassas Östersund (se Bilaga A för förklaring till justeringen). Enligt denna är den befintliga naturmarksavrinningen 284 l/s för ett område med en storlek på ca 20 ha och vid ett 10-årsregn. Olika markanvändningsområden samt deras avrinningskoefficienter visas i figur 12.

Längsta rinnsträckan efter exploatering är 870 m, se figur 12. Rinntid efter exploatering beräknas vara ca 30 minuter för avledning i diken och 15 minuter för avledning i ledning. Före exploatering är tiden för samma rinnväg ca. 2,5 h. Dimensionerande flöden efter exploatering finns presenterat i tabell 6. Skillnaden i flöde för 10-årsregn motsvarar en ökning på ca. 500 %.



Figur 12: Indelning av markanvändningsområden, där blått representerar centrumområden och allmänna ytor med avrinningskoefficient på 0,51. Rött representerar villaområden med avrinningskoefficient 0,26 och grönt är grönytor. Resterande yta inom planområdet beräknas som vägar med avrinningskoefficient på 0,8.

Tabell 6: Dimensionerande flöden för det totala planområdet efter exploatering. Flöden är beräknade utifrån en regnvaraktighet på 30 min, dvs. den längsta rinntiden som uppstår vid avledning via diken.

Markanvändningsområden	Area (m ²)	Avrinningskoefficient (φ)	Red. Area (m ²)	Dim. flöde 10-årsregn (l/s)	Dim. flöde 100-årsregn (l/s)
Typkvarter 1 & 2	78218	0,51	39891	623	1429
Villakvarter	79788	0,26	20745	323	743
Grönområden	42212	0,1	4221	66	151
Vägområden	32742	0,8	26194	409	938
Totalt	232960	0,39	91051	1421	3271
+kf (25 %)				1719	4076

Fördröjningsbehov

Fördröjningsbehovet för det totala området beräknas utifrån förutsättningen att 10-årsflödet ej ska öka till Storsjön. Det totala fördröjningsbehovet för området är 1924 m³. Detta beräknas enligt formel (3) och uppnås efter 50 minuter med ett utflöde på 284 l/s. Detta är det fördröjningsbehov som erfordras om endast en fördröjningsanläggning placeras före utsläpp till

Storsjön. Det totala lokala fördröjningsbehovet (LOD) för fördröjning av 10 mm beräknas enligt formel (2) och uppskattas till ca 911 m³.

Infiltration

Vid naturliga förhållanden i den befintliga skogsmarken räknas det med att en stor andel av nederbörden avdunstar, rinner på ytan eller tas upp av växter. Antag att detta motsvarar ca 80 % och endast 20 % av nederbörden bildar grundvatten.

Det område som har infiltrerbara jordar förekommer endast i syd och kommer enligt strukturplanen (daterad 180528) bebyggas med ca 20 % hårdgjorda ytor. För de ytor som inte hårdgjorts, är fördelningen detsamma som ovan (20 % av regnvatten som landar här infiltrerar och 80 % avdunstar, ytavrinner eller tas upp av växtlighet). För de ytor som har hårdgjorts kommer istället ca 80 % rinna till dagvattenanläggningar och infiltrera. 20 % avdunstar.

Detta resulterar i att infiltrationen i villakvarteren i söder kommer öka från 20 % till 32 % av nederbörden.

3.8.6 Sammanfattning

En sammanfattning av erforderade fördröjningsvolymerna presenteras i tabell 7. Fördröjningsbehovet 10 mm motsvarar 1 m³/100 m² reducerad hårdgjord yta.

Tabell 7: Sammanfattning av erforderade fördröjningsvolymerna för vart och ett av delområdena samt det totala planområdet Knyttan. Fördröjningsbehovet för kvarter 1:1 uppnår 38 m³, varav 22,5 m³ av dessa kan fördröjas inom förgårdsmark, förutsatt att byggnader placeras utmed samtliga sidor av kvarteret.

<i>Markanvändnings- område</i>	<i>Red. Yta (m²)</i>	<i>Fördröjningsbehov 10 mm (m³)</i>	<i>Fördröjningsbehov 10-årsregn (m³)</i>
Kvarter 1:1	3775	38	-
Villakvarter (stort)	200	2	-
Villakvarter (litet)	130	1,3	-
Vägområde 500 m ²	400	4	-
Sandviken tot.	91051	911	1924

3.9 FÖRORENINGSBELASTNING

Föroreningsbelastningen utan åtgärder förväntas öka från planområdet i förhållande till dagsläget. Rening sker genom 10 mm fördröjning av dagvatten i olika typer av anläggningar inom kvartersmark och allmän mark. Ökning av föroreningar sker delvis på grund av en ökning av hårdgjorda ytor, vilket leder till ett högre avrinningsflöde.

Källorna till föroreningarna utgörs av de ytor som vattnet rinner över i den, efter exploatering, urbana miljön. Markanvändningen, trafikdensitet samt val av byggnadsmaterial utgör avgörande faktorer inom föroreningsbelastning. Källor till föroreningar kan även ha sitt ursprung inom atmosfärisk deposition, ex. kvicksilver. Schablonvärden för basflödet för dagvattenföroreningar inom olika typer av markanvändningsområden finns presenterade i tabell 8.

Trafik innefattar bl.a. nötning av väg- och trottoarytor, avgaser, drivmedel och slitage av bildelar som ex. däck och bromsbelägg. Dessa bidrar med bland annat suspenderat material och dess nedbrytningsprodukter, PAH:er och metaller. Olja och fosfor i dagvatten har också sitt ursprung från vägar och dess omgivande gräsytor.

Föroreningskällor inom kvartersmark är byggnadsmaterial (ex. tak, fasad) som bidrar till olika typer av metaller samt näringsämnen från planteringar, växtrester, tak och gräsmattor. Även trafik inom kvarteren påverkar föroreningsbelastningen. I de mest exploaterade kvarteren (1:1, 1:2 och 1:3, se figur 6) är det planerat med parkeringar med carport, alternativt parkeringshus. Detta resulterar i en mindre föroreningsbelastning i förhållande till om parkeringarna inte skulle ha tak.

Tabell 8: Basflöde av föroreningar från olika typer av markanvändningsområden. Grönmarkerade rader visar på markanvändningsområden där LOD har tillämpats. Källa: Stormtac, 2016.

Markanvändningsområde	P (µg/l)	N (µg/l)	Pb (µg/l)	Cu (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Hg (µg/l)	SS (µg/l)	Olja (µg/l)	PAH16 (µg/l)	BaP (µg/l)
Vägar	140	2400	3,0	21	30	0,27	7,0	4,0	0,080	63936	774	0,12	0,010
Parkering	100	1100	30	40	140	0,45	15	4,0	0,050	140000	800	1,7	0,060
Villaområde	200	1400	10	20	80	0,50	4,0	6,0	0,015	45000	400	0,60	0,050
Villaområde med total LOD	160	1190	6,0	14	64	0,30	2,8	4,8	0,010	24750	260	0,36	0,060
Flerfamiljshusområde	300	1600	15	30	100	0,70	12	9,0	0,025	70000	700	0,60	0,050
Flerfamiljshusområde med total LOD	240	1360	9,0	21	80	0,42	8,4	7,2	0,020	38500	455	0,36	0,030
Centrumområde	280	1850	20	22	140	1,0	5,0	8,5	0,050	100000	1500	0,60	0,10
Parkmark	120	1200	6,0	15	25	0,30	3,0	2,0	0,020	49000	200	0	0
Skogsmark	35	750	6,0	6,5	15	0,20	0,5	0,5	0,005	34000	100	0	0
Atmosfärisk deposition	32	1800	1,4	2,3	8,5	0,090	0,42	0,60	0,017	0	0	0,1	0,0035

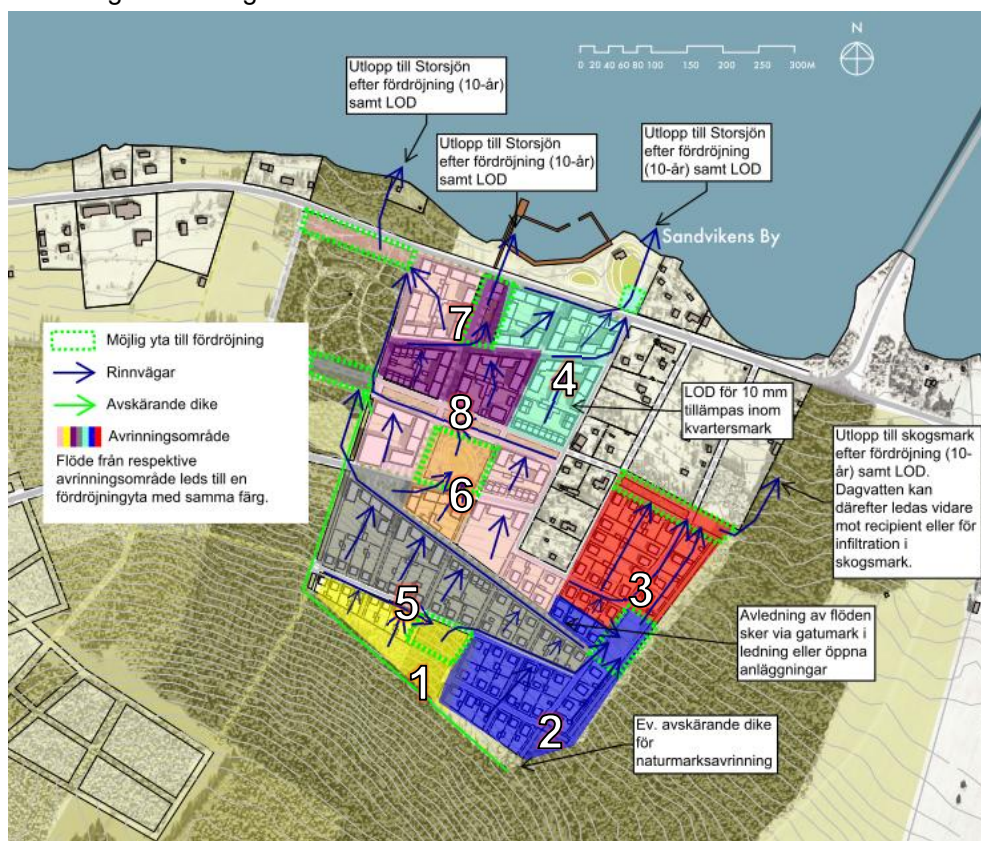
4 FAS 2

4.1 DAGVATTENHANTERING: PLANOMRÅDE

En preliminär dagvattenlösning finns presenterat i figur 13.

Dagvattenlösningen är anpassad till den strukturplan som presenterades 2018-05-28 (av Fojab Arkitekter), och kan ses som vägledande vid förändringar av planen i senare skede. Den totala fördröjningsvolymen för hela området (se kapitel 3.8.5.) är för stor för att fördröja på en plats och även dagvattnets rinnvägar försvårar möjligheten till att leda allt till samma fördröjningsanläggning. Istället har fördröjningen delats upp i olika serier, där utloppet från en anläggning leds till nästa.

Totalt finns det åtta avrinningsområden inom området. Beroende på vilket avrinningsområde som ett kvarter tillhör, leds flödet till en särskild fördröjningsanläggning, se figur 13. Dagvatten kan ledas via gatumark i ledningar eller öppna dagvattenanläggningar, dock är beräkningar utförda på avledning via ledning.



Figur 13: Översiktlig plan över dagvattenhantering. Gult (1), mörkblått (2) och rött (3) avrinningsområde leds till skogsmark. Resterande avrinningsområden (4-8) leds till Storsjön via tre utlopp. Lämpliga ytor till fördröjning visar ej den erforderade arean som krävs för anläggningen.

För befintlig bebyggelse nedströms exploateringarna är det viktigt att säkerställa att dessa skyddas vid skyfall. Detta gäller för fördröjningsanläggningen i avrinningsområde 3. Här bör ett avskärande dike installeras, utöver den åtgärd som planeras för fördröjningen. Utloppen till Storsjön förekommer inom Minnesgårdets vattenskyddsområde. Om det är möjligt ska dagvatten till det mittersta utloppet mot Storsjön ledas till ett annat för att minska konfliktrisen mellan dagvattenutsläpp och ev. badplats.

Alternativt om det går att leda alla tre dagvattenutlopp till det mittersta utloppet och det samtidigt bedöms kunna minska konfliktrisen mellan dagvattenutsläpp och ev. badplats.

Följande indelning av avrinningsområde har gjorts:

1. Utlopp till skogsmark: **gult (1), mörkblått (2) samt rött (3)** avrinningsområde fördröjs i tre grönområden och har till utlopp till skogsmark öster om planområdet. Dagvatten kan ledas vidare via ett dike till recipient eller infiltreras i skogsmark. Om dagvattnet infiltreras bör det kunna tillgodoses att försumpning inte inträffar.
2. Utlopp till Storsjön 1: **ljusblått (4)** avrinningsområde fördröjs norr om väg 592 och leds vidare ut till Storsjön norr om planområdet. Fördröjningsanläggning placeras inom Områdesparken.
3. Utlopp till Storsjön 2: **grått (5), orange (6) samt rosa (7)** avrinningsområde fördröjs på tre ställen och har sitt utlopp till Storsjön väster om planområdet. Fördröjningsanläggning placeras på två grönområden samt en bostadsnära park.
4. Utlopp till Storsjön 3: **lila (8)** avrinningsområde fördröjs inom torgytan öster om huvudgatan och har sitt utlopp till Storsjön.

Inom grönområden och parker placeras öppna fördröjningsmagasin, i den mån som markens lutning och utformningen av parken tillåter detta. Om detta inte är möjligt nyttjas istället underjordiska dagvattenmagasin. Inom hårdgjorda torgytor placeras underjordiska dagvattenmagasin, skelettjordar och växtbäddar. Beräkning av erforderade fördröjningsvolymen följer i kapitel 4.1.1. För beskrivning av samtliga anläggningar, se kapitel 4.5. Det avskärande diket beskrivs i kapitel 4.1.2.

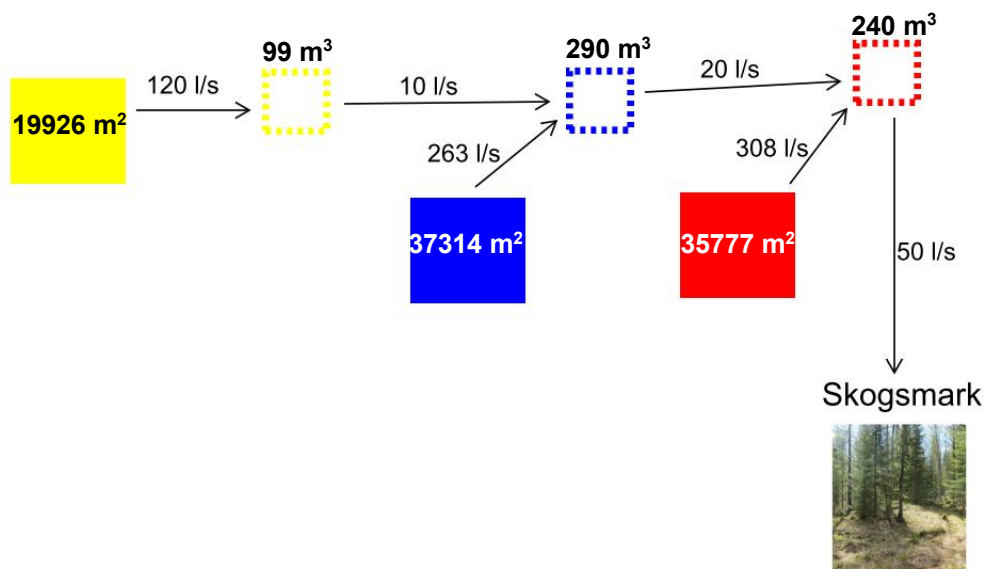
4.1.1 Beräkning av seriefördröjning

Vid beräkning av fördröjning etappvis kommer följande beräkningsförutsättningar följas:

- Totalt för området får endast **284 l/s** släppas ut vid ett 10-årsregn.
- Vid beräkning görs antagandet att avledningen sker i ledning vilket leder till att flöden efter exploatering beräknas med ettregn med varaktighet 10 minuter.
- Hänsyn tas ej till total rinntid som det tar för regnet att rinna från det första avrinningsområdet i en serie till den sista fördröjningsanläggningen i samma serie.
- Hänsyn tas ej till tömningstiden för fördröjningsanläggningar i serie.
- Hänsyn tas ej till lokal fördröjning inom kvartersmark och allmänna platsmarker (10 mm LOD).
- Erfordrad fördröjningsvolym beräknas enligt ekvation (3).
- Erfordrad yta för kassetmagasin beräknas med förutsättningen att dess standarddimensioner är H:0,6xD:0,6xL:1,2 samt en fyllnadskapacitet på 97 %. Arean kan minskas om magasinet anläggs i flera nivåer om förhållandena tillåter detta (ex. jorddjupet).
- Erfordrad längd för rörmagasin är beräknat med diametern 1000 mm, som har en kapacitet att fördröja 785 l/m.
- Erfordrad yta för dagvattendamm eller översvämningsyta är beräknat med en reglernivå respektive djup på 0,3-0,5 m.

1. Utlopp till skogsmark (rött, blått, gult avrinningsområde)

Figur 14 redovisar serien för anläggningar inom avrinningsområden som leder till skogsmark. Tabell 9 redovisar erforderade ytor eller längd på anläggningarna (kassettmagasin, rörmagasin och översvämningssyta). Fördröjningsvolymen för samtliga områden uppnår 629 m³ och utloppet från dessa områden är 50 l/s. Värt att notera är att 50 l/s inte har ett direktutlopp till Storsjön, utan passerar ett större skogsmarkområde först. Dagvattnet kan därefter ledas vidare mot Storsjön via ett dike. Om utsläppet sker direkt mot skogsmark för infiltration bör det kunna tillgodoses att försumpning inte inträffar. Trög avledning via dike leder till att flödet på 50 l/s kommer reduceras ytterligare före utlopp till recipient.

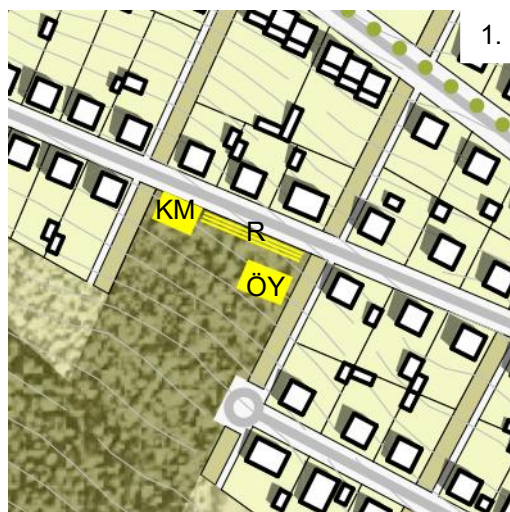


Figur 14: Fördröjningsanläggningar i serie för avrinningsområde 1, 2 och 3.

Tabell 9: Erforderade ytor och längd på olika typer av anläggningar för fördröjningsanläggningar 1, 2 och 3.

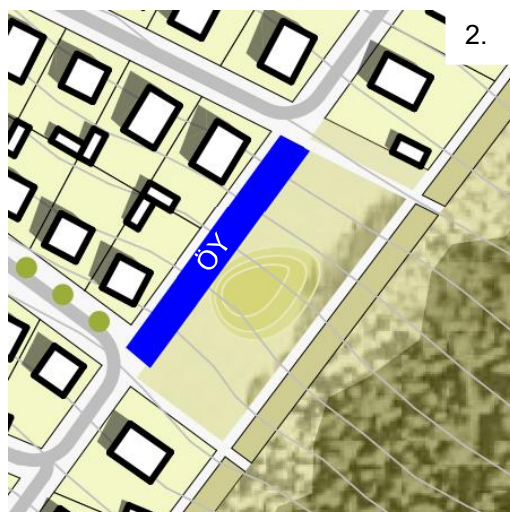
Anläggning	Utlopp (l/s)	Erfordrad fördröjningsvolym (m ³)	Area kassettmagasin (m ²) 0,6x0,6x1,2	Längd rörmagasin (m) 1000 mm	Area översvämningssyta (m ²) Djup: 0,5 m
1:gult	10	99	170	126	198
2:mörkblått	20	290	-	-	580
3:rött	50	240	412	306	480

I figur 15, 16 och 17 redovisas den erforderade ytan eller längden som krävs för kassettmagasin, rörmagasin eller översvämningssyta i förhållande till strukturplanen. Samtliga av dessa alternativa anläggningar kan anpassas utefter plats eller utformning. För avrinningsområde 1 (figur 15) är samtliga tre lösningar möjliga, då endast en liten del av grönyttans mark tas i anspråk. En översvämningssyta kan även anläggas som ett längre dike med ett strypt utlopp söder om gatan. Rörmagasinet är i figuren uppdelat i 3 rör á 42 m.



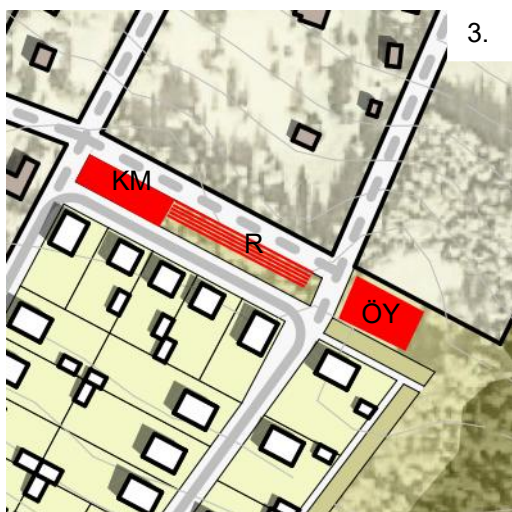
Figur 15: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 1. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningssyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).

För avrinningsområde 2 (figur 16) endast en översvämningssyta. Denna yta tar upp en större andel av grönytans area än för avrinningsområde 1. På grund av områdets lutning föreslås översvämningssytan placeras längs med den gröna gränden, vid grönytans västra kant. Där kan den anläggas som ett svackdike med dämmande sektioner.



Figur 16: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 2. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningssyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).

För avrinningsområde 3 (figur 17) redovisas samtliga alternativa lösningar. Samtliga av dessa är möjliga, dock tar dessa upp en stor del av grönytans area och bör placeras i gata. Översvämningssytan kan placeras som en svacka där kassettmagasinet och rörmagasinet är placerat i figuren. Rörmagasinet är i figuren uppdelat i 5 rör á 61 m. Eftersom befintliga byggnader förekommer nedströms om detta avrinningsområde, bör även ett avskärande dike installeras. Diket säkerställer att dagvatten inte rinner vidare in på fastigheten från söderliggandes bostadsområde vid extrema skyfall.



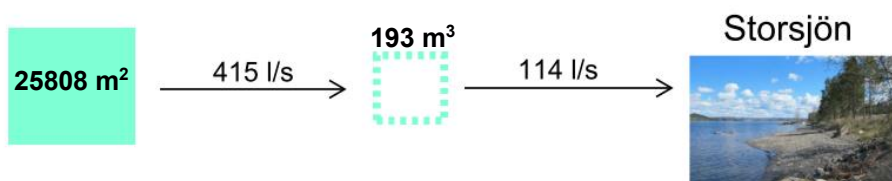
Figur 17: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 3. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningssyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).

2. Utsläpp till Storsjön 1 (ljusblått avrinningsområde)

Figur 18 redovisar serien för anläggningar inom avrinningsområde 4 som leder till Storsjön. Tabell 10 redovisar erforderade ytor eller längd på anläggningarna (kassettmagasin, rörmagasin och översvämningssyta). Fördröjningsvolymen för uppnår 193 m³ och utloppet är 114 l/s. Eftersom utrymme för fördröjningsanläggningar är begränsade för detta avrinningsområde, sätts ett högre utloppsflöde i förhållande till övriga områden.

Tabell 10: Erforderade ytor och längd på olika typer av anläggningar för fördröjningsanläggning 4.

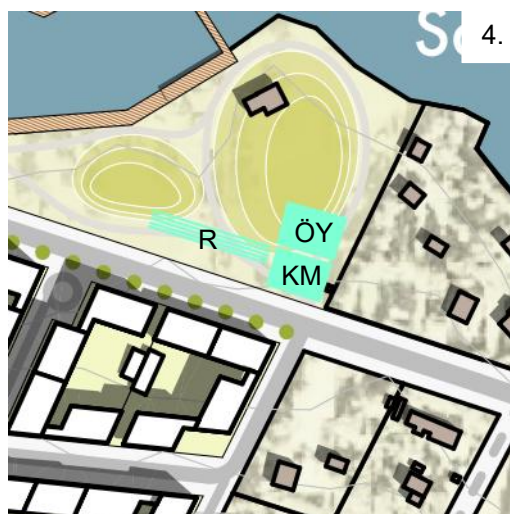
Anläggning	Utlopp (l/s)	Erfordrad fördröjningsvolym (m ³)	Area kassettmagasin (m ²) 0,6x1,2x1,2	Längd rörmagasin (m) 1000 mm	Area översvämningssyta (m ²) Djup: 0,5 m
4:ljusblått	114	193	326	246	386



Figur 18: Fördröjningsanläggning för avrinningsområde 4.

För avrinningsområde 4 redovisas samtliga alternativa lösningar (se figur 19). Underjordiska magasin (kasset- och rörmagasin) kan placeras under hårdgjorda ytor (ex. parkeringar). Vid utformning av den nya väg 592, förekommer en grönyta mellan gata och GC-väg mot Områdesparken. Detta mellanrum kan utnyttjas för översvämningssyta, ex. anläggning av ett dike med dämmande funktioner. Rörmagasinet är i figuren uppdelat på 5 rör á 49 m.

Om det går att leda dagvatten till det mittersta utloppet istället skall detta göras om det samtidigt bedöms kunna minska konfliktrisen mellan dagvattenutsläpp och bad.



Figur 19: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 4. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningssyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).

3. Utsläpp till Storsjön 2 (grått, rosa, orange avrinningsområde)

Figur 20 redovisar serien för anläggningar inom avrinningsområde 5, 6 och 7 som leder till Storsjön. Tabell 11 redovisar erforderade ytor eller längd på anläggningarna (kassettmagasin, rörmagasin och översvämningssyta). Fördröjningsvolymen för uppnår 930 m³ och utloppet är 100 l/s.

Tabell 11: Erforderade ytor och längd på olika typer av anläggningar för fördröjningsanläggningar 5, 6 och 7.

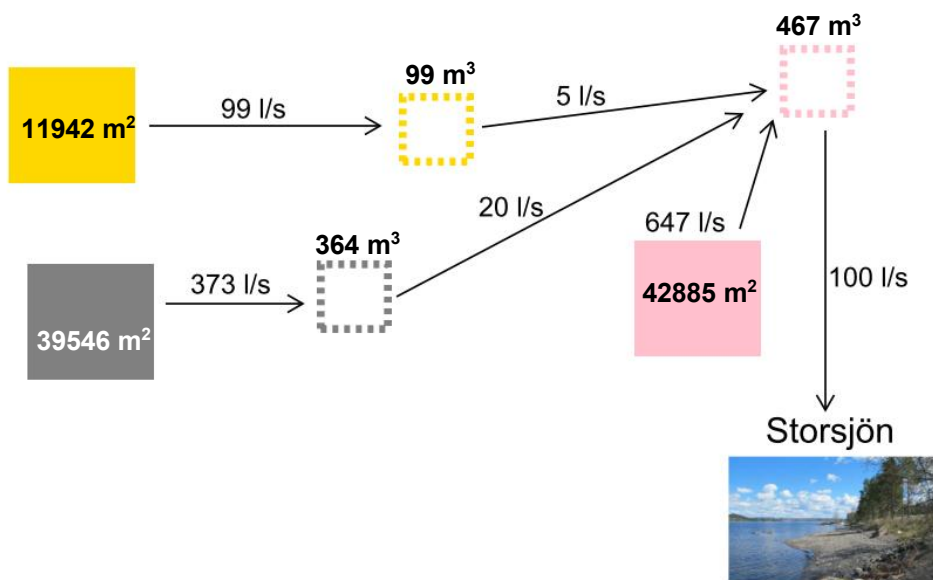
Anläggning	Utlopp (l/s)	Erfordrad fördröjnings- volym (m ³)	Area kassettmagasin (m ²) 0,6x1,2x1,2	Längd rörmagasin (m) 1000 mm	Area översvämningssyta (m ²) Djup: 0,5 m
5:grått	20	364	625	464	625
6:orange	25	99	170	126	198
7:rosa	100	467	802	595	934

I figur 21 redovisas samtliga alternativa anläggningar för avrinningsområde 5. Anläggning 5 och 6 är ej i serie med varandra, deras utlopp ansluts separat till anläggningen i avrinningsområde 7. För avrinningsområde 5 rekommenderas ett svackdike med uppdämmande sektioner, alternativt en översvämningssyta, då denna mark är en grönyta. Rörmagasin eller kassettmagasin rekommenderas om översvämningssytan ej går att integrera med skolans verksamheter. Rörmagasinet för avrinningsområde 5 är uppdelat i 8 rör á 58 m.

För avrinningsområde 6, se figur 22, rekommenderas samtliga fördröjningsanläggningar inom en bostadsnära park. Dessa anläggningar tar endast upp en mindre del av parkens area. En översvämningssyta, alternativt en dagvattendamm kan integreras med parkens utformning och bidra till

estetiska värden för parken. Rörmagasinet för avrinningsområde 6 är uppdelat i 3 rör á 42 m.

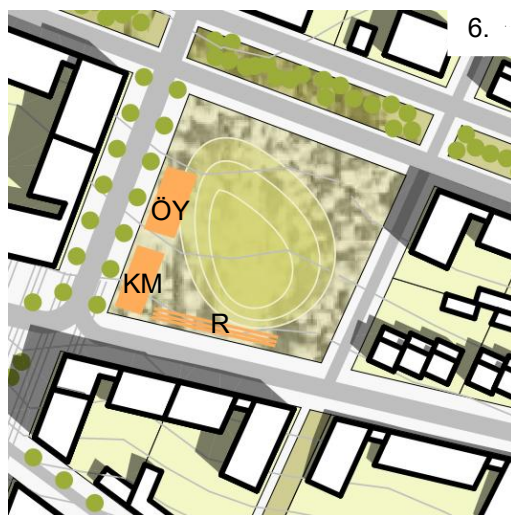
I figur 23 redovisas samtliga alternativa anläggningar för avrinningsområde 7. För avrinningsområde 7 rekommenderas en översvämningssyta som kan anläggas som en långsmal svacka eller dike med dämmande sektioner, till höger i figuren. Denna kan anläggas norr och söderut om väg 592. Rörmagasinet för avrinningsområde 7 är uppdelat i 6 rör á 100 m. Om det går att leda dagvatten till det mittersta utloppet istället skall detta göras om det samtidigt bedöms kunna minska konfliktrisken mellan dagvattenutsläpp och bad.



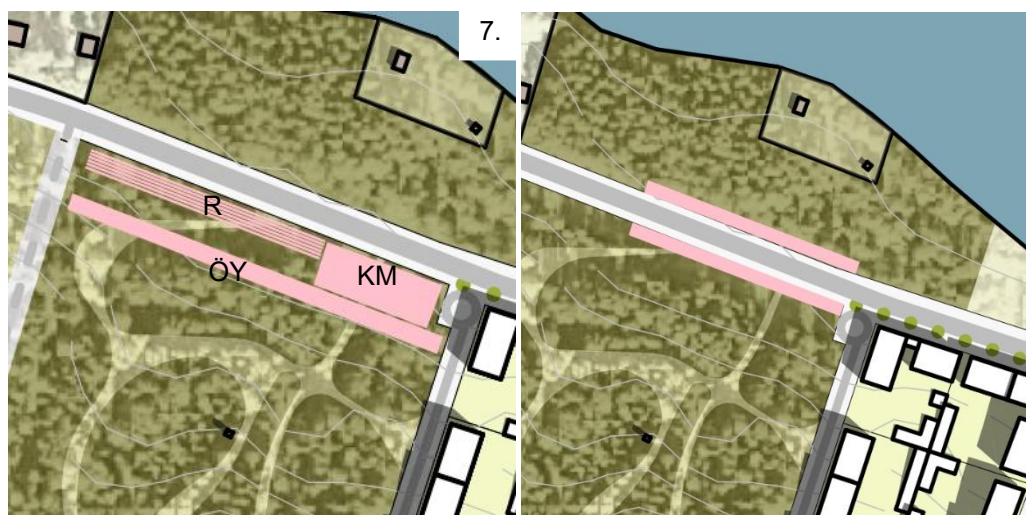
Figur 20: Fördröjningsanläggning för avrinningsområde 5, 6 och 7.



Figur 21: Tv: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 5. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningssyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad). Th: Exempel på översvämningssyta avsedda för ett dämmande dike.



Figur 22: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 6. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningsyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).



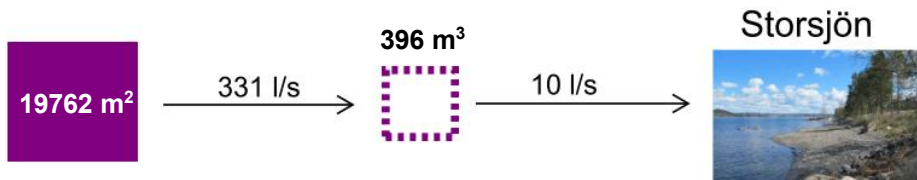
Figur 23: Tv: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 7. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningsyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad). Th: Exempel på översvämningsyta avsedda för två dämmande diken.

4. Utsläpp till Storsjön 3 (lila avrinningsområde)

Figur 24 redovisar serien för anläggningar inom avrinningsområde 8 som leder till Storsjön. Tabell 12 redovisar erforderade ytor eller längd på anläggningarna (kassettmagasin, rörmagasin och översvämningsyta). Fördröjningsvolymen uppnår 396 m³ och utloppet är 10 l/s.

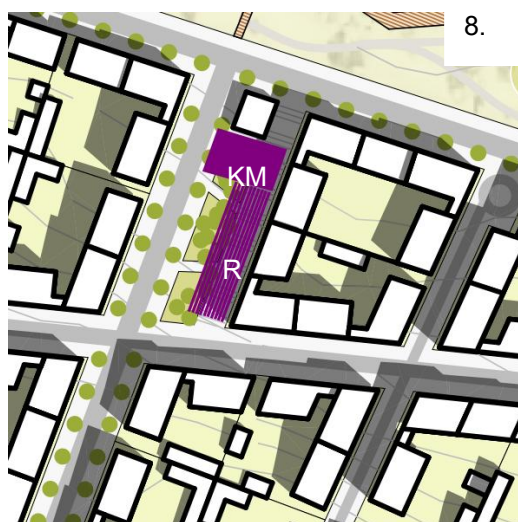
Tabell 12: Erforderade ytor och längd på olika typer av anläggningar för fördröjningsanläggning 8.

Anläggning	Utlopp (l/s)	Erfordrad fördröjnings- volym (m ³)	Area kasset- magasin (m ²) 0,6x1,2x1,2	Längd rörmagasin (m) 1000 mm	Area översvämnings- yta (m ²) Djup: 0,5 m
8:lila	10	396	680	504	-



Figur 24: Fördröjningsanläggning för avrinningsområde 8.

I figur 25 redovisas samtliga alternativa anläggningar för avrinningsområde 8. För avrinningsområde 8 rekommenderas inte en översvämningsyta, pga. att denna mark är en hårdgjord torgyta. Istället rekommenderas rörmagasin eller kassettmagasin. Rörmagasinet för avrinningsområde 8 är uppdelat i 10 rör á 50 m. Om det är möjligt skall dagvatten till detta utlopp mot Storsjön ledas till ett annat för att minska konfliktrisen mellan dagvattenutsläpp och bad. Detta utlopp ligger dock på lägre höjd i förhållande till de övriga två. Detta innebär att det finns möjligheter att leda om övriga två utlopp till detta istället. Om det går att leda alla tre dagvattenutlopp till det mittersta utloppet skall detta göras om det samtidigt bedöms kunna minska konfliktrisen mellan dagvattenutsläpp och bad.



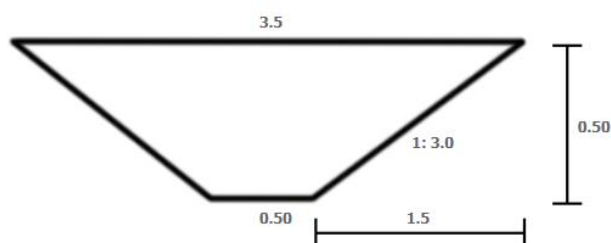
Figur 25: Fördröjningsanläggningar för avrinningsområde 8. KM: kassettmagasin, R: rörmagasin och ÖY: översvämningsyta. Bildkälla: Fojab Arkitekter, 2018-05-28 (modifierad).

4.1.2 Beskrivning av avskärande dike

Det avskärande dike som leder vatten från naturmarken söder om utredningsområdet och vidare mot väster skall tillgodose att smältvatten vid vårflood samt dagvatten vid extrema skyfall inte rinner in på planerade fastigheter.

Exempeldimensioner nedan har baserats på ett 100-års regn. Totala arean på naturområdet är 19 ha. Flödet för befintlig markanvändning är bestämt enligt P110 (Svenskt Vatten, 2016), graf 4.4. för specifik naturmarksavrinning för olika stora områden, med justering 0,8 för att anpassas Östersund (se Bilaga A för förklaring till justeringen). Enligt denna är den befintliga naturmarksavrinningen 547 l/s för ett område med en storlek på ca 20 ha och vid ett 100-årsregn.

Detta flöde kan ledas bort i ett dike med en bottenbredd på 0,5 m, djup: 0,5 m, släntlutning på 1:3 samt en längsgående lutning på 5 ‰, se figur 26. Ett sådant dike tar upp en bredd på 3,5 m och har en kapacitet på ca 740 l/s. På grund av att området är kuperat, kan justeringar behöva göras på detta dike och ett bredare område kan tas i anspråk.



Figur 26: Exempelutformning på svackdike.

4.2 DAGVATTENHANTERING INOM KVARTERSMARK

4.2.1 Centrumområde

Dagvattenanläggningar beskrivs ytterligare i kapitel 4.5. Fördröjning och rening av 10 mm regn sker inom varje centrumfastighet. För ett kvarter som har en sammanvägd avrinningskoefficient på 0,51 krävs en fördröjning på 38 m³/kvarter. Detta innebär att ca 9,5 m³ skall fördröjas/fastighet. Detta motsvarar ex.:

- Skelettjordar med en porositet på 0,3 kräver en volym på ca 32 m³. Vid plantering av träd med skelettjord anläggs 15 m³ per träd. Detta motsvarar ca. 2 träd/tomt.
- 47,5 m² av växtbäddar med ett anläggningsdjup på 20 cm.

På grund av bostadsområdets lutning, samt att bebyggelsen i centrumkvarteren grupperas mot en innergård, förekommer svårigheter beträffandes avledning av 10-årsflödet. För att undvika att dagvatten rinner mot nedströms liggandes fastigheter kan avledning av 10-årsflödet lösas med en av dessa två åtgärder (beroende på ansvarsfördelning för fastigheterna);

1. **Gemensamhetsanläggningar.** Ansvaret för anläggningen för dagvattenavledning är fördelat mellan fastigheterna som anläggningen berör. Detta innebär att anläggningen inte byggs, sköts eller bekostas av kommunen eller enskilda fastigheter utan i samverkan av fastigheterna. En samfällighetsförening förvaltar anläggningen. I denna är medlemmarna de ägare av fastigheter som har andel i anläggningen.

Anläggningar som är lämpliga för denna typ av lösning är avledningsstråk i form av svackdiken eller krossdiken. Dessa placeras som avskärande diken ovan byggnader, se figur 27.

2. **Enskild avledning inom fastigheterna:** Hantering av dagvatten sköts inom fastigheterna. Ansvar, kostnader och förvaltning av anläggningen läggs på fastigheten.

För att säkerställa att dagvatten inte rinner in på nästa fastighet krävs det att marken höjsätts så att vatten leds bort från byggnader och mot anläggningar inne på fastigheterna.

Som tidigare nämnt kommer en förgårdsmark anläggas kring kvarteret, Dessa har tillsammans en erforderad fördröjningsvolym på 4 m³. Byggnader i centrumkvarter byggs med sadeltak och halva mängden av det regn som faller på byggnader placerade vid kvartersgränsen leds mot en förgårdsmark istället för in mot innergården. Fördröjningsåtgärder kommer att anläggas inom förgårdsmarken vilket reducerar fördröjningsbehovet inom innergården. Föreslagen anläggning inom förgårdsmarken är ett täckt krossdike, stenkista eller en växtbädd.

I figur 27 tillämpas gemensamhetsanläggningar gällande diken, där syftet är att avleda dagvatten från byggnader mot allmän anläggning i gata. Här presenteras en lösning med skelettjordar, diken och gröna tak, där

skelettjordarna fördröjer en volym på 9,5 m³/tomt. Här visas de volymer som gäller om dagvatten från samtliga takytor kan ledas in mot gården.

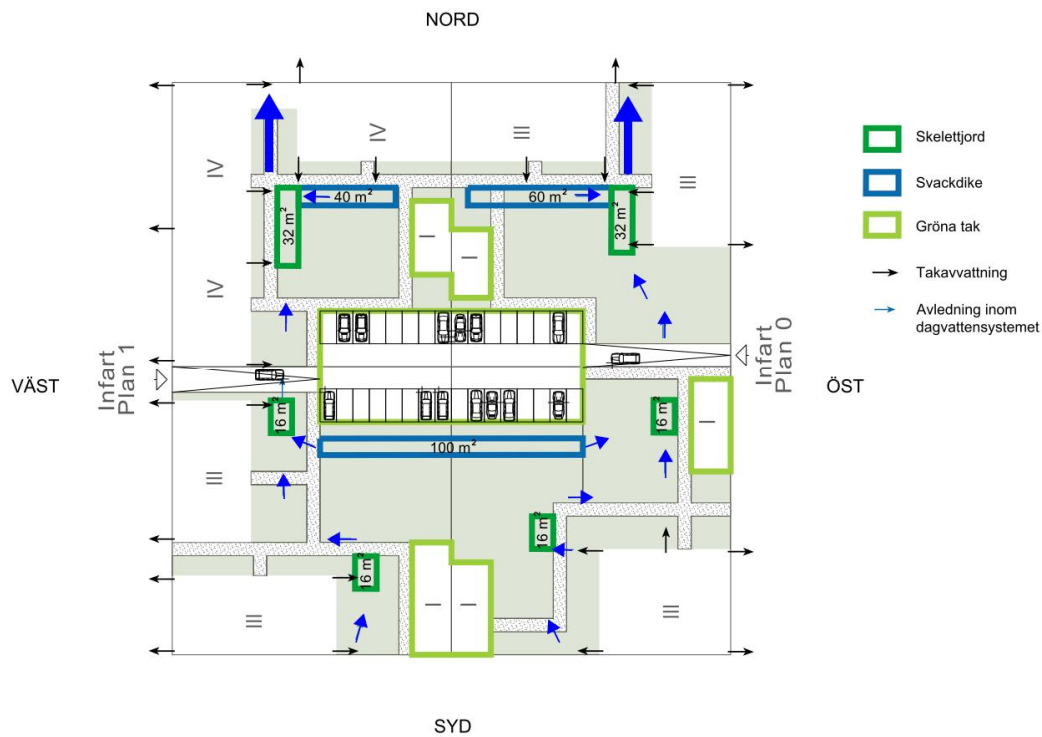
I figur 28 presenteras en lösning där hälften av de takytor som är med i illustrationen avvattnas ut mot gata och fördröjs i förgårdsmark. I detta fall presenteras ett täckt krossdike (porositet 0,3) med dimensionerna D:1xB:1 m längst med förgårdsmarken. I figur 28 avvattnas en takyta på 522 m² till västra förgårdsmarken, 300 m² till östra och 276 m² till norra. Ingen takavvattning längst med den södra gatan leds till dennes förgårdsmark. Erfordrad fördröjningsvolym samt yta för krossdike på förgårdsmarkerna blir följande:

- Väst: 6 m³, varav 4,7 m³ leds från tak. Detta motsvarar ett täckt krossdike som är 20 m långt.
- Öst: 4 m³, varav 2,7 m³ leds från tak. Detta motsvarar ett täckt krossdike som är ca. 13 m långt.
- Norr: 3,2 m³, varav 2,5 m³ leds från tak. Detta motsvarar ett täckt krossdike som är 11 m långt.
- Syd: Fördröjning krävs inte för takavvattningen. Förgårdsmarken har ett fördröjningsbehov på 0,8 m³. Detta motsvarar ett täckt krossdike som är ca 4 m långt.

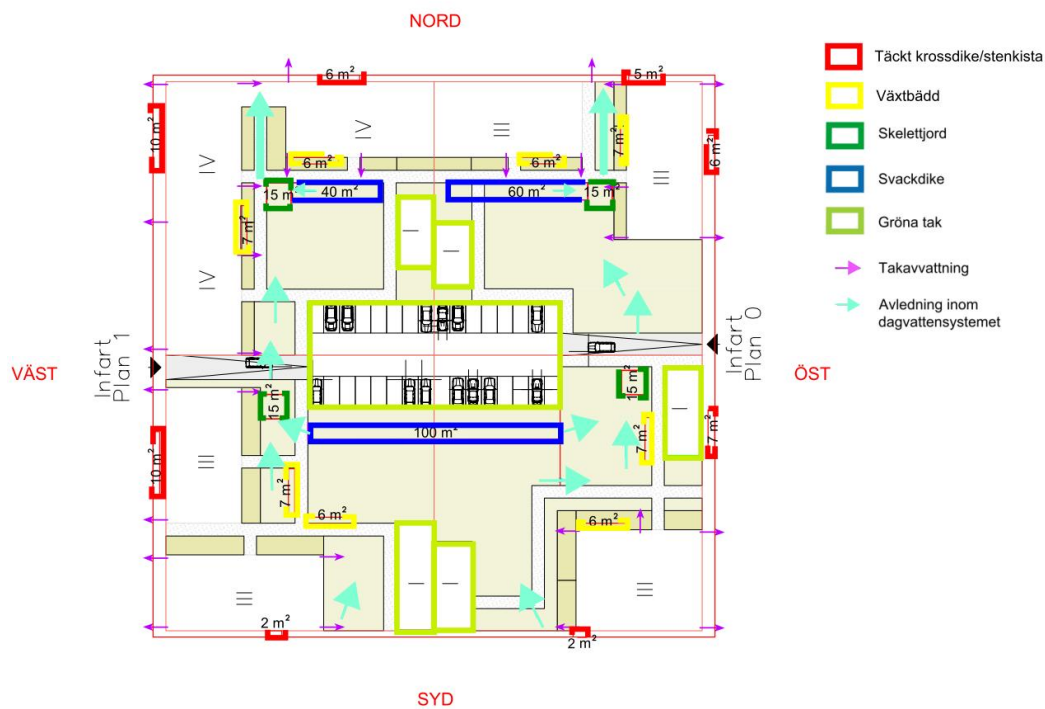
Totalt leds 10 m³ av takavvattningen till förgårdsmarken. Detta innebär att fördröjningsbehovet inom kvarteret reduceras från 38 m³ till 28 m³. Detta resulterar i att 6 skelettjordsträd á 15 m³ krävs inne på varje kvarter. Alternativt ett träd samt 13 m² växtbäddar med ett överdämningsdjup på 0,2 m anläggs på varje fastighet, se figur 28. Detta är förutsatt att alla fastigheter inom ett kvarter har samma exploateringsgrad och fördröjningsbehov.

För dagvattenhantering inom förgårdsmark krävs det att anläggningarna tätas ex. med tätduk eller i gjutna tråg. Orsaken till detta är att de inte får skada grundläggningen av byggnader då anläggningarna placeras i närhet till byggnaderna. Om det istället för ett täckt krossdike anläggs en växtbädd med ett anläggningsdjup på 20 cm och en bredd på 1 m, krävs istället en längd på 30 m (V), 20 m (Ö), 16 m (N) samt 4 m (S).

I händelse av skyfall krävs det även att dagvatten kan rinna fritt från innergården för att förhindra stående vatten mot byggnader. Detta innebär ett krav på höjdsättningen vid detaljplanering samt att öppningar finns som bryter upp fasaden där dagvattnet kan rinna ut. Om fasad önskas längst med hela kvartersgränsen kan kraven tillgodoses genom att byggnaderna förses med en eller flera portiker.



Figur 27: Systemlösning för ett centrumkvarter med skelettjordar, täckta krossdiken, gröna tak och svackdiken. Samtligt dagvatten kan ledas in på gårdsmarken.



Figur 28: Systemlösning för ett centrumkvarter med växtbäddar, skelettjordar, täckta krossdiken, gröna tak och svackdiken. En andel av takavvatningen leds mot förgårdsmark.

4.2.2 Villaområde

Fördröjning och rening av 10 mm regn sker inom varje villatomt. Detta kan utföras via infiltrerbara ytor, stenkistor, gröna tak eller infiltrerbara gräsytor, se kapitel 4.5. för beskrivning av anläggningar.

Fördröjningsbehovet för en stor villatomt är ca 2 m³ och fördröjningsbehovet för en liten villatomt är ca 1,3 m³. Detta motsvarar ex.:

- En stenkista som är D:1xB:1xL:6,7 m och har en porositet på 0,3. Vid tömning genom perkolation kan anläggningens dimensioner behöva justeras till markens aktuella genomsläpplighet.
- Ett grönt tak som har en tjocklek på 30 mm och en dränerbar porositet på 0,2 kan infiltrera 6 mm regn. Ett tjockare grönt tak kan infiltrera mer (100 mm kan infiltrera 20 mm regn).
- En infiltrerbar grönyta med en hålrumsvolym på 25 % samt en tjocklek på 0,15 m som är 53, respektive 35 m². En ökad tjocklek (till ca 0,3 m) leder till ett minskat ytbehov på 27, respektive 17 m².

På grund av planområdets lutning, kommer resterande dagvatten som inte fördröjs rinna mot fastigheten nedströms. För att lösa detta anläggs svackdiken inom en allmän platsmark som är placerad mellan fastigheterna, se figur 29. Svackdiket skall kunna hantera ett 10-årsregn efter fördröjning inom villatomten och leder vidare dagvattnet mot dagvattenanläggningar inom gatumark (till ledningar eller öppna anläggningar).



Figur 29: Avledning av dagvatten sker nedströms om tomter vars fastighetsgräns gränsar till en annan fastighet. Till höger i figuren visas ett exempel på ett svackdike med grusad botten mellan två fastigheter.

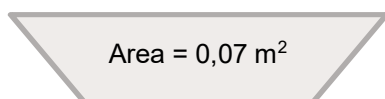
Dimensionerande utflöde för svackdiken från villatomter beräknas med 10 mm fördröjning samt ett 100-årsregn (för klimatsäkring). Detta beräknas enligt ekvation (1), men med hänsyn till att 10 mm regn faller på 2 minuter vid ett 100-årsregn (inklusive klimatfaktor 25 %). Rinntiden för ett villaområde har tidigare bestämts till 10 minuter.

Sammanlagt erhålls en dimensionerande varaktighet på regn på 12 minuter. Intensitet på ett 12-minutersregn är 552 l/s, ha. Vid fördröjning av 10 mm lokalt blir det dimensionerande utflödet 11 l/s för en stor villatomt samt 7,2 l/s för en liten villatomt. Detta är en minskning på ca 15-20 % i förhållande till flöde utan 10 mm fördröjning.

Tabell 13 samt figur 30 visar på ett dike med kapacitet att avbörda 31 l/s, vilket även är tillräckligt för tillkommande flöden från flera villatomter. Ett 18 m (ungefärlig bredd på villatomt) långt dike kan magasinera 1,26 m³.

Tabell 13: Exempelutformning svackdike för omhändertagande av 10-årsregn.

Dimensio- ner	Dj up (m)	Släntlut ning (y:x)	Längslut ning (%)	Bottenbr edd (m)	Ytbre dd (m)	Län gd (m)	Flöde s- kapac itet (l/s)
Svackdi ke	0,0 5	1:2	10	0,5	0,9	<18	31



Figur 30: Exempelutformning svackdike.

4.3 DAGVATTENHANTERING INOM GATUMARK

Gatumark skall dels kunna hantera en fördröjning och rening på 10 mm, men även hantera avledning från ovanliggande bostadsområden.

Avledningsanläggningar kan ex. vara ledningar, diken eller krossdiken, se beskrivningar i kapitel 4.5. Fördröjningsanläggningar kan ex. vara skelettjordar eller växtbäddar. Skelettjordar kan anläggas i samband med trädplantering och kan tillsammans med växtbäddar bidra till grönska i vägområdet.

Utöver att bidra till grönska tillåter dessa fördröjningsanläggningar att föroreningar samt flödesutjämning åtgärdas i direkt anslutning till källan. Detta överensstämmer med riktlinjer som anges av Svenskt Vatten P110, där en hållbar dagvattenhantering beskrivs som att efterlikna naturens sätt att hantera nederbörd (Svenskt Vatten (2016)). Genom ett lokalt omhändertagande av flöde samt föroreningar direkt i gatumarken, minskas belastningen på nedströms liggande anläggningar. Växtligheten tar även upp näringsämnen, dämpar buller och regnvatten fångas upp av trädkronorna och lövverket.

För ett vägområde som är 10 m brett och 50 m långt är fördröjningsbehovet 4 m³. För en skelettjord med porositeten 0,3 resulterar detta i ett totalt volymbehov på ca. 13 m³. Vid plantering av träd med skelettjord anläggs 15 m³ per träd. Detta innebär att för en väg som är 10 m bred, kan 1 träd anläggas ungefär var 50:e meter. Eftersom träd i strukturplanen planteras tätare än så, skulle en viss andel av dagvatten som fördröjs inom större fördröjningsanläggningar istället kunna fördröjas inom gatusektionen.

Gröna gränder kan utnyttjas för avledning av vatten från villaområden samt längs med planområdets gränser. Vägsektioner till dessa finns i figur 7 och en stor andel av dessa gränder är avsatta för diken. Eftersom lutningen på dessa gränder är branta, passerar dagvattnet genom dessa stråk i en större hastighet. Troligtvis kommer inte dikesbredden uppnå 5-8 m likt gatusektionerna i figur 7, då en större lutning på ett dike resulterar i en större

flödeskapacitet. Istället för gräsbeklädda svackdiken som riskerar erosion vid de höga flödena rekommenderas hårdgjorda avledningsstråk, likt de i figur 31. Dessa kommer större delen av tiden vara torrlagda.



Figur 31: Exempelbilder på hårdgjorda avledningsstråk.

4.4 DAGVATTENHANTERING INOM ALLMÄN PLATS, PARKER, GRÖNSTRÅK OCH NATURMARK

Inom grönområden och parker placeras öppna fördröjningsmagasin. Om detta inte är möjligt nyttjas istället underjordiska dagvattenmagasin. Inom hårdgjorda torgytor placeras underjordiska dagvattenmagasin, skelettjordar och växtbäddar. Se beskrivningar av anläggningar i kapitel 4.5.

Vid anläggning av damm måste stor hänsyn tas till att uppfylla estetiska värden till parker. Det bör kunna tillgodoses att den permanenta vattennivån i dammen eller ett minsta vattendjup kan bibehållas och att vattnet har en god omsättning för att undvika alltför stillastående vatten och försumpning. Vid svårigheter av anläggning av dammar, bör främst diken och översvämningsytor anläggas.

Installation av ytliga fördröjningsanläggningar och utlopp kan påverka områdets hydrologi genom att skära av befintliga naturmarksflöden. Detta kan inträffa vid eventuell installation av dike vid fördröjningsanläggningen i avrinningsområde 5, se figur 21. Där riskeras det att flödet i naturmarken uppströms skärs av och nedströms liggandes naturområde får en försämrad tillgång till vatten. Beroende på val av fördröjningsanläggning och om det bedöms påverka skogen till det negativa kan detta behöva åtgärdas.

För utloppet (1) till skogsmark passeras ett större skogsmarkområde före eventuellt utsläpp till Storsjön. Dagvattnet kan därefter ledas vidare mot Storsjön via ett dike. Om utsläppet sker direkt mot skogsmark för infiltration bör det kunna tillgodoses att försumpning inte inträffar.

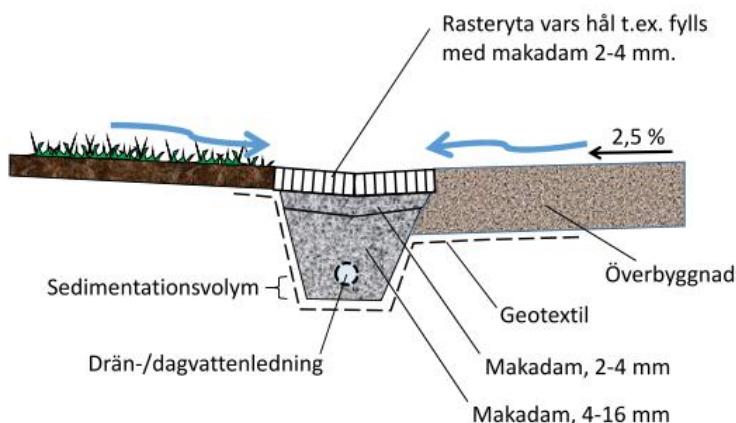
Övriga fördröjningsanläggningar och utlopp bedöms ej påverka områdets hydrologi ytterligare än de hydrologiska förändringar som exploateringen är orsak till.

4.5 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGAR

4.5.1 Krossdiken

Ett krossdike (även kallad makadamdike) är en anläggning som både fördröjer och renar dagvatten. Ett krossdike är ett grävt dike som fylls upp med makadam med ett dräneringsrör i botten som ansluts till dagvattennätet, se figur 32. Botten på diket kan vara tät eller öppet, beroende på infiltrationskapaciteten samt föroreningsbelastningen.

Reningsförmågan i diket är god, och rening sker främst genom avskiljning av partiklar samt partikelbundna föroreningar. För reningseffekt, se tabell 14 i kapitel 4.5.10. Bottenbredden bör vara minst 0,5 m. Fördröjningsvolymen skapas av porvolymen i fyllningen vilket utgör ca 30 % av den totala volymen. Drift och underhåll av anläggningen inbegriper bl.a. renhållning, inspektion och ogräsrening. Efter ett tag kan även makadamen behöva bytas ut.



Figur 32: Principskiss över ett krossdike (Bildkälla: WRS, 2017).

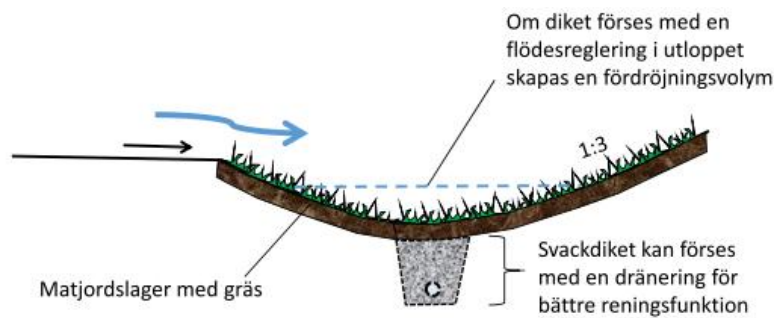
4.5.2 Svackdiken

Svackdiken är breda diken med strypta utflöden som fördröjer och renar vatten under regn men annars står torra, se figur 33. De kan bestå av en dräneringsledning i botten som är täckt med ett lager makadam, och högst upp ett lager matjord som formats till en gräsbevuxen svacka. Huvudsyftet är att få till trög avledning av dagvattenflöden utan dränering, om inte markförhållandena är gynnsamma för infiltrering (vilket ej är fallet för planområdet). Flödesutjämningen kan förstärkas med installation av dämmande sektioner, se figur 33. Detta tillämpas i ett flertal fördröjningslösningar i kapitel 4.1.

Utformningen på svackdiken är svag till måttlig släntlutning. Dimensionering på svackdiken sker främst för att ta hand om stora volymer men med låg flödes hastighet som inte bör överstiga 1 m/s.

Svackdiken avskiljer grövre sediment vilket gynnar efterkommande anläggningar då igensättningsrisken minskar. Ett kort dike med utlopp via brunn eller dike fångar främst upp sand och föroreningar bundna till grövre partiklar. Ett längre dike med strypt utlopp har högre förmåga att avskilja både grövre och finare partiklar och därmed en högre grad partikelbundna föroreningar, se tabell 14 i kapitel 4.5.10.

Drift och underhåll för svackdiken inbegriper gräsklippning, renhållning och sedimentrensning för att minska risken att föroreningar spolar bort eller frisätts genom nedbrytning av organiskt material.



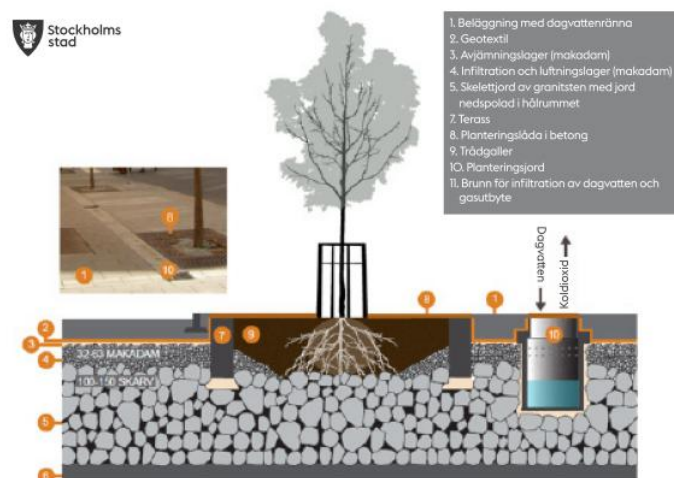
Figur 33: Principskiss samt exempelbild på ett svackdike (Bildkälla: WRS, 2017)

4.5.3 Skelettjordar

En skelettjord består av förstord planteringsgrop som fylls med makadam/skärv. I dessa kan träd och andra planteringar placeras för att utnyttja dagvattnet som samlas, se principskiss i figur 34. Skelettjorden kan fungera som ett underjordiskt magasin, men bidrar även till rening genom sedimentation av partiklar samt genom trädets upptag av vatten och näringsämnen.

Två olika typer av skelettjordar används; 1) luftig skelettjord vars fyllnad endast består av makadam, samt 2) vanlig skelettjord, där jord beblandas med makadamen och överlagras av ett luftigare lager med högre porositet än det underliggande lagret. Avledning av vatten kan ske via dräneringsledning. Vatten leds in till skelettjorden via rännstensbrunnar, dräneringsledning alternativt via kombinerade luftnings- och dagvattenbrunnar.

För reningseffekt, se tabell 14 i kapitel 4.5.10. Drift och underhåll av skelettjordar inbegriper bl.a. rensning av brunnar samt utbyte av jord (vid högre föroreningsbelastning och partikelmängd).



Figur 34: Principskiss över en skelettjord (Bildkälla: Stockholms trädhandbok, 2017).

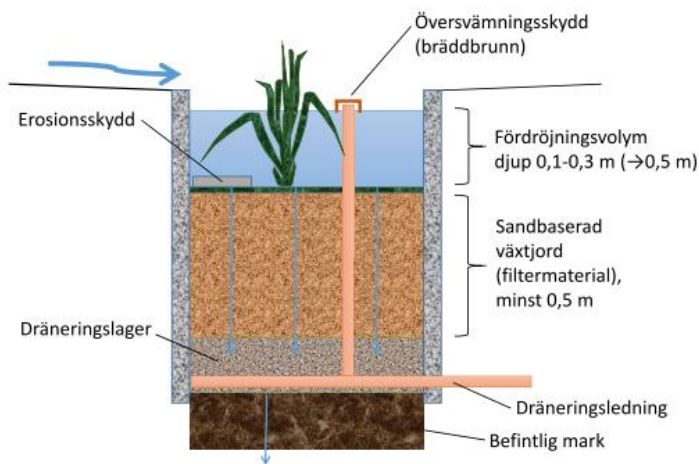
4.5.4 Stenkista

En stenkista är en underjordisk fördröjningsanläggning som består av sten eller makadam. Oftast är det en utgrävd grop som fylls med ett grövre material och täcks över på nytt. Dagvattnet kan ansamlas i fyllnadsmaterialets porer (30% porositet) och därefter infiltrera eller ledas vidare från anläggningen. Beroende på underliggande jordarters genomsläpplighet har dessa en tät eller infiltrerbar botten/sidor.

4.5.5 Upphöjda och nedsänkta växtbäddar

Upphöjda och nedsänkta växtbäddar (även kallad biofilter, regnbädd, rain gardens) är planteringsytor utformade för att fördröja och rena dagvatten, se figur 35. Detta kan exempelvis vara en rabatt där växtjorden är nedsänkt i förhållande till markytan eller en upphöjd rabatt placerad längst med husväggar dit takvatten kan rinna. Anläggningsdjupet (skillnaden i höjden mellan inflöde och växtjord) utgör magasinvolymen. Dagvatten leds till en nedsänkt bädd via ytavrinning, sandfång eller brunnar. Botten på växtbädden kan antingen vara tät eller öppen, beroende på infiltrationskapaciteten i underliggande mark. I botten förekommer en även en dräneringsledning som omgivs av makadam. Ovanför makadamlagret förekommer ett filtrerande lager av ex. jord/sandblandning. I bäddens översta lager förekommer en tillsats av ex. kompost. Reningen orsakas både av filtreringen när dagvatten passerar ned genom filtermaterialet samt av biologisk rening. För reningseffekt, se tabell 14 i kapitel 4.5.10.

Drift och underhåll av en nedsänkt växtbädd inbegriper bl.a. regelbunden vattning (specifikt under torrperioder), rensning av dött organiskt material, plantering, ogräsrensning samt inspektion av inlopp och bräddavlopp.



Figur 35: Principskiss över en växtbädd (Bildkälla: WRS, 2017).

4.5.6 Kassetmagasin och rörmagasin

Dessa magasin utnyttjas för fördröjning av dagvatten. En viss sedimentation uppnås inom magasinerna. Kassetmagasinen består av kassetter med dimensionerna H:0,6xD:0,6xL:1,2 samt en fyllnadskapacitet på 97 %. Dessa kan byggas på som ett lego-system och både läggas bredvid varandra samt byggas på höjden. Ett rörmagasin beräknas (i denna utredning) med en innerdiameter på 1000 mm. Dessa kan läggas bredvid varandra.

4.5.7 Översvämningssytor och dagvattendammar

Torra dammar, även kallade översvämningssytor eller överdämningssytor, anläggs som komplement till andra dagvattenlösningar för att främst fördröja extrema regn och till viss del rena dagvattenflöden. Utformningen av en torr damm är en nedsänkt grön yta där vatten redan antingen infiltreras ner genom markytan eller leds bort via ett dike eller strypt utlopp, se figur 36. Desto mer vatten som kan infiltrera desto bättre reningsförmåga av partikelbundna föroreningar kan uppnås, se tabell 14 i kapitel 4.5.10.



Figur 36: Exempelbild på en översvämningssyta.

En torr damm bör utformas med täckande vegetation för att undvika erosion. Om en blandning av gräs och halvgräs används kan oljeföroreningar fastna för att sedan brytas ned när ytan blir torr och exponeras för sol. Lutningen på slänterna bör inte vara mer än 10 % för att underlätta skötsel. För ett minsta anläggningsdjup vara 0,5 m. Gräsbeklädda överdämningssytor behöver slås minst en gång per år. Träd och buskar som kommer upp på ytan bör tas bort. Under vintern behövs som regel ingen skötsel och under smältperioden fungerar de som fördröjning av flöden.

Dagvattendammar (våta dammar och våtmarker) anläggs för att fördröja och rena större volymer i slutet på dagvattensystem. I en våt damm sker rening främst genom att partiklar sedimenterar, medan i en våtmark sker även rening av lösta föroreningar genom biologiska processer. En långsmal damm ger bättre hydrauliska förutsättningen för rening jämfört en kort och bred. Eftersom en dagvattendamm inom planområdet för Sandviken endast avses för att uppnå fördröjande effekter samt estetiska värden, utformas inte dammen för att uppnå maximal reningseffekt.

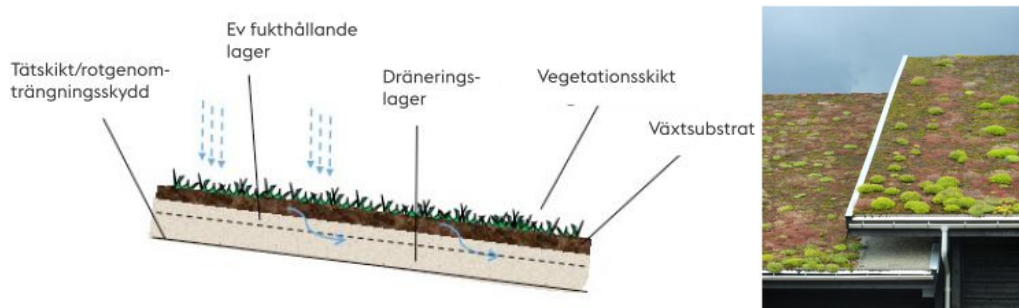
Våtmark och våt damm kan utöver rening bidra med biologisk mångfald, skönhetsvärden och rekreationsvärden. Dock är det viktigt att ta säkerheten i beaktning. En damm med branta slänter kan vara en säkerhetsrisk, även ett svagt istäcke kan innebära en risk. Riskerna kan minimeras med val av släntmaterial, växter och tät vegetation vid strandkant samt släntlutning som bör vara högst 1:3.

Dammar och våtmarker är generellt driftstabla reningsanläggningar. Regelbundna kontroller av in- och utlopp samt erosionsskador behövs göras. Bottensediment och flytande alger behöver avlägsnas vid jämna mellanrum.

4.5.8 Gröna tak

Ett grönt tak används för fördröjning och reducering av mängden dagvatten. Det är ett vegetationsklätt tak som kan ha varierande tjocklek på jordlager och typ av växtlighet. Ett extensivt tak utgörs av en tunn matta av sedumarter, alternativt torktåliga gräs- och ängsarter. En sedummatta med 40-55 mm tjocklek är det vanligaste förekommande gröna taket. Ett extensivt tak kan ha ett jordlager med mäktighet upp till 15 cm och valmöjlighet av växter är större.

Ett grönt tak har låg lutning och består av ett tätskikt med överliggande dränerings-, jord- och vegetationslager, se figur 37. Taklutning, tjocklek och typ av vegetation är avgörande för dess förmåga att reducera och magasinera dagvattenvolymer. När taket är mättat på vatten är avrinningen detsamma som för ett vanligt tak. Ett grönt tak har ingen reningsförmåga utan kan istället bidra med föroreningar i form av näringsämnen och vissa metaller. Dock bedöms föroreningsbelastningen av metaller vara högre i ett vanligt tak. För reningseffekter, se tabell 14 i kapitel 4.5.10.



Figur 37: Principskiss samt ett exempel på ett grönt tak (Bildkälla: WRS, 2017).

Drift och underhåll av ett grönt tak inbegriper (under etableringsfasen) bevattning, plantering och ogräsrensning. De löpande underhållet innefattar inspektion, rensning av dött organiskt material, bevattning (speciellt för tjockare tak) och gödsling.

4.5.9 Infiltration i grönyta

I områden med jordarter med god genomsläplighet samt infiltrationsvänliga ytor, erhålls goda möjligheter för infiltration. Grönytor kan användas till infiltration inom villaområden. Matjorden måste innehålla en viss andel sand och grus för att dagvattnet skall kunna infiltrera i gräsytan. Tjockleken på matjordslagret bör vara minst 0,15 m. Ju tjockare lagret är, desto större volym dagvatten kan infiltreras i anläggningen.

Infiltration bör anläggas en bit från byggnader för att kunna säkerställa att dagvattnet inte skadar grundläggningen. Takavvattning sker via hängrännor och stuprör, som i sin tur förses med utkastare för avledning av dagvatten från husgrund. Dagvatten bör ledas till grönytan på en bred front. Grönytan kan även anläggas som en svagt skålformad yta. På så sätt kan dagvattnet bli tillfälligt stående och sakta infiltreras.

Om utrymme saknas för att infiltrera 10 mm regnvolum i marken, kan det infiltrerade dagvattnet även ledas till en stenkista.

En infiltrerbar grönyta kan fånga upp en hög andel av partikelbundna föroreningar. Reningseffekten påverkas av bl.a. dimensioneringen av anläggningen (jorddjup, infiltrationskapacitet) men även av jordens kapacitet

att binda föroreningar till sig. Grönytor har en god förmåga att infiltrera smältvatten och kan även användas för snöförvaring.

Drift och underhåll inbegriper (under etableringsfasen) bevattning, plantering och ogräsrensning. När grönytan redan är bevuxen inbegriper underhållet renhållning samt gräsklippning. Då anläggningen fångar upp partiklar i närhet, eller direkt på ytan. Detta innebär att genomsläppligheten kan minska efterhand och ytlagret kan behöva luckras upp eller tas bort.

4.5.10 Reningseffekt

Samtliga reningseffekter för olika typer av anläggningar redovisas i tabell 14.

Tabell 14: Reningseffekter för olika typer av anläggningar (Stormtac, 2016).

Anläggning	P (%)	N (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Cd (%)	Cr (%)	Ni (%)	Hg (%)	SS (%)	Olja (%)	PAH16 (%)	BaP (%)
Krossdike	60	55	85	85	85	85	85	90	45	90	90	60	60
Svackdike	30	40	70	65	65	65	60	50	15	70	85	60	60
Skelettjord	55	48	83	75	80	85	70	83	50	85	75	75	75
Växtbädd	65	40	80	65	85	85	25	75	50	80	60	85	85
Torr damm	20	25	80	30	45	80	45	60	10	55	75	60	60
Grönt tak*	-220	-120	65	-100	20	20	25	35	-35	90	-	-	-

*Grönt tak används i första hand för att minska avrinningen och på så sätt minska flöden och därmed föroreningsbelastningen

4.6 KLIMAT OCH RISKER

4.6.1 100-årsregn

Vid ett 100-årsregn kommer dagvattenanläggningar vara underdimensionerande. Dagvatten rinner istället längst med vägar ned mot Storsjön enligt rinnvägar i figur 10. Höjdsättning av fastigheter i senare skeden får ej projekteras på ett sådant sätt att instängda områden som ej avses var översvämningssytor förekommer. Avskärande diken mellan och inom fastigheter bör dimensioneras för att avleda 100-årsregnet ut mot gatumark eller annan allmän platsmark.

Utspolning av fördröjningsanläggningar skulle kunna leda till att tidigare avsatta föroreningar kan spolats ut i naturen. Eftersom inloppet till fördröjningsanläggningar är begränsade, förhindras en utspolning av magasin att ske, därav är inte detta en risk.

Trafikverkets krav för avvattning behöver tas i beaktande vid ombyggnad av väg 592.

4.6.2 Vid händelse av brand

Vid händelse av brand är det bra att kunna hindra eventuella utsläpp att nå mark eller vattendrag. Därav bör det finnas möjlighet till avstängning (ex. med hjälp av avstängningsventiler) av dagvattenledningsnät för omhändertagande av släckvatten. Avstängningsventiler kan installeras i fördröjningsmagasinen.

4.6.3 Snöupplag

Grönytor, diken och förgårdsmark kan utnyttjas till snöupplag under vinterhalvåret. Det är inte lämpligt att lagra snö på ytor för samlad fördröjning. Det kan vara lämpligt att lagra snö i direkt anslutning till översilningsytor och öppna dammar då smältvattnet renas. De gröna övergångszonerna kan vara lämpliga för snöupplag.

Vid snösmältning passerar en stor del av smältvattnet samma reningssteg som vid nederbörd och endast en begränsad del av årsavrinningen kommer inte till att renas. Vid extrem snösmältning kan dagvattenanläggningar vara underdimensionerade och rinnvägarna är detsamma som vid 100-årsregn.

5 SLUTSATSER

- Sammanlagt för hela området ökar flödet med ca. 500 %. Utifrån strukturplanen daterad 2018-05-28 förekommer goda förutsättningar för fördröjningsanläggningar för att utjämna ett flöde vid ett 10-årsregn. Målsättningen är att flödet till Storsjön inte skall öka.
- Fördröjningsanläggningar för 10-årsregn placeras på öppna ytor avsedda för park- eller torgverksamhet och kan utformas som antingen öppna dagvattenanläggningar (översvämningssytor, svackdiken med dämmande sektioner, dammar) eller underjordiska magasin.
- För kvarterersmark tillämpas en 10 mm fördröjning och rening, vilket bedöms tillräckligt för att reducera föroreningsbelastningen för området. Dagvattenanläggningar som är lämpade för villafastigheter kan vara ex. stenkistor, infiltration i gräsyta och gröna tak.
- Infiltration är möjligt i villakvarter, men utströmningsområden för grundvatten bör lokaliseras och säkerställas för att förhindra skador på fastigheter nedströms. Riskområden för utströmning förekommer i höjd med förskolan.
- Avledning av dagvatten inom villakvarter sker via svackdiken. Dessa är placerade mellan fastigheterna inom områden som anges som allmän platsmark.
- För centrumkvarter är lämpliga dagvattenanläggningar växtbäddar, skelettjordar, krossdiken, svackdiken samt gröna tak. Dessa skall kunna fördröja ca 42 m³ dagvatten inom gårdsmark samt förgårdsmark med nuvarande hårdgörningsgrad.
- Avledning av dagvatten inom centrumkvarter sker antingen via diken (då det krävs en gemensamhetsanläggning) eller genom en välplanerad höjdsättning som leder till att dagvatten hanteras och avleds inom varje fastighet. Planering av avledning inom centrumkvarter i senare skeden bör kunna tillgodose att inga nedströms liggandes byggnader riskerar skador.
- För skolor, förskolor och torg tillämpas liknande dagvattenlösningar som för centrumkvarter.
- Vidare avledning av dagvatten från kvarter till större fördröjningsanläggningar sker via gatumark. Dagvattnet kan där avledas via ledningar, diken eller stensatta avvattningsstråk. Avvattningsstråken rekommenderas vid gränder med brantare lutning, där erosion kan förekomma.
- 10 mm fördröjning och rening bör även anläggas för gatumark. Dagvattenanläggningar som skelettjordar och växtbäddar nyttjas för detta syfte. För en 10 m bred väg krävs ca. 1 träd/50 meter. En större volym kan fördröjas inom vägområden om fler skelettjordar anläggs.
- Vid ett 100-årsregn kommer fördröjningsanläggningar och ledningar vara underdimensionerade och vatten rinner längst med vägar. Höjdsättning i senare skeden skall tillgodose att inga instängda områden förekommer.
- För snöupplag utnyttjas grönytor, diken och förgårdsmark.

5.1 BEHOV AV FORTSATT UTREDNING

- Kompletterande dagvattenutredningar i senare skeden bör genomföras då detta endast är en utredning för översiktlig hantering av dagvatten. Ändringar i plan kan leda till att ovan nämnda lösningar ej är aktuella.
- Utformning av dagvattenanläggningar i detalj med exakta dimensioner och placering genomförs i bygglovsskede för fastigheter.
- Om det är möjligt skall dagvatten till det mittersta utloppet mot Storsjön ledas till ett annat för att minska konfliktrisken mellan dagvattenutsläpp och bad. Alternativt om det går att leda alla tre dagvattenutlopp till det mittersta utloppet och det samtidigt bedöms kunna minska konfliktrisken mellan dagvattenutsläpp och bad.
- Eventuellt utströmmande grundvatten bör lokaliseras och avledas.
- Ansvarsfördelning för avledning av dagvatten i kvarter inom centrumområden behöver beslutas.
- Utformning av trumma under väg 592 skall kunna tillgodose genomledning av ett 50-årsflöde.
- Vatten Östersund och Samhällsbyggnad behöver utreda fördelning av kostnader för anläggning, drift och underhåll av dagvattenanläggningar då dagvattensystemet kräver nya samarbetsformer.
- Plats för snöupplag under snörika vintrar då vägområdet inte räcker som yta för snöupplag behövs utredas vidare.

6 REFERENSER

Fojab Arkitekter (2018-03-09). Diskussionsunderlag. Stockholm

Fojab Arkitekter (2018-04-12). Diskussionsunderlag. Stockholm

Fojab Arkitekter (2018-05-28). Strukturplan. Stockholm

Länsstyrelsen Jämtlands län (2014). *Screening av miljögifter i Storsjön 2012-2013*. Rapport 2014:28. Östersund: Länsstyrelsen Jämtlands län

Länsstyrelse Jämtlands län (2016). *Vattenplan för Storsjön, Jämtlands län 2016*. Rapport 2016:33. Östersund: Länsstyrelsen Jämtlands län.

SMHI (2018). *Kunskapsbanken - Fakta om Storsjön*. Tillgänglig på: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-storsjon-1.5084>, inhämtades: 2018-05-30

Stormtac (2016). *Schablonhalter för dagvatten*.

Svenskt Vatten AB (2016). *P110 – Avledning av dag-, drän- och spillvatten*. ISSN: 1651-4947. Stockholm

SWECO (2018). *PM Geoteknik Sandviken*. Sweco Civil AB: Östersund Geoteknik.

Trafikverket (2017). *Trafikverkets tekniska krav för avvattning – TK Avvattning*. TDOK 2014:0045 ver. 2.0.

VISS (2018). *Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgänglig på: <http://viss.lansstyrelsen.se/>, Inhämtades: 2018-05-30.

WRS (2017). *Bildkällor för tekniska lösningar för Stockholm Vatten och Avfall*. Tillgängliga på: <http://www.stockholmvattenochavfall.se/dagvatten/tekniska-losningar2/>, Inhämtades: 2018-05-30.

Östersunds kommun (2016). *Stadsdel söder om Vallsundsbron – Fördjupad översiktsplan*. Tillgänglig på: <http://www.ostersund.se/bygga-bo-och-miljo/oversiktsplaner-och-detaljplaner/oversiktsplanering/stadsdel-soder-om-vallsundsbron.html>, inhämtades: 2018-04-17.

2000/60/EG. *Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område*. Tillgänglig på: <http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/300L0060.htm> [04-06-2018]

BILAGA A

Q = Beräknat flöde (l/s). Det flöde som uppstår på en area (A) som har en viss avrinningskoefficient (ϕ) vid ett regn med intensiteten (i).

A = Area (ha).

i = Regnintensitet (l/s, ha). Regnintensiteten är beroende av regnvaraktigheten (t_r) samt återkomsttiden (T) enligt följande formel (4). Ett regn med längre varaktighet och kort återkomsttid har lägre intensitet än ett regn med kort varaktighet och lång återkomsttid.

$$i(t_r) = 190 \cdot \sqrt[3]{T} \cdot \frac{\ln(t_r)}{t_r^{0,98}} + 2 \quad (4)$$

ϕ = Avrinningskoefficient. Avrinningskoefficienten är ett mått som alltid är <1. Avrinningskoefficienten uttrycker hur stor del av ett regn som bidrar till avrinningen efter avdunstning, infiltration, absorption av växter eller magasinering i gropar i markytan. Exempelvis så bedöms en gräsyta ha en avrinningskoefficient på ca. 0,1 och en asfaltsyta bedöms ha 0,8. Den *sammanvägda avrinningskoefficienten* är mått för ett område som består av flera delområden med olika avrinningskoefficienten.

k_f = Klimatfaktor (%). En klimatfaktor läggs till på flödet vid nederbörd för att tillgodose att dimensionerade anläggningar kan klara av framtida klimatförändringar. 25 % är baserat på riktlinjer från Svenskt Vattens P110.

Återkomsttid = Återkomsttid är ett begrepp som används inom dimensionering av olika typer av dagvattenanläggningar eller för att säkerställa att anläggningar inte skall drabbas vid översvämningar vid planering av exploatering. Återkomsttiden anger hur ofta en händelse inträffar. Återkomsttiden bestäms utifrån analyser av historiska mätningar av nederbördshändelser. Ju längre återkomsttid som väljs, desto mer sällan inträffar händelsen.

$Q_{(t)}$ = Maxflödet (l/s) som uppstår vid ett regn med varaktigheten t.

q = Utflöde från fördröjningsanläggning (l/s).

V = Magasinsvolym (m^3) på fördröjningsanläggning.

t = varaktighet för regn (h). I dessa beräkningar motsvarar detta den längsta tiden det tar för en regndroppe att nå utloppet på den bestämda ytan, efter det att den har fallit till marken.

Reducerad area = En reducerad area beräknas fram genom avrinningskoefficienten (ϕ) multiplicerat med arean där flödet skall beräknas.

V_f = Fördröjningsbehov (m^3): Fördröjningsbehovet motsvarar den magasinvolym som anläggningar skall dimensioneras efter för att uppnå kravet på att 10 mm regn måste fördröjas och renas.

Justering (0,8) för Östersund enligt beräkning i kapitel 3.8.5. = Flödet för befintlig markanvändning är bestämt enligt P110 (Svenskt Vatten, 2016), graf 4.4. för specifik naturmarksavrinning för olika stora områden. Diagrammet är baserat på uppmätta flöden i sydvästra Sverige i områden med liten andel sjöyta. För områden med lägre nederbörd, reduceras flödet med 20 %, därav justeras flödet genom att multipliceras med 0,8.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB
Hamngatan 11B
891 33 Örnsköldsvik
Besök: Hamngatan 11B

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

