



Hållbar dagvattenhantering i mittrefug

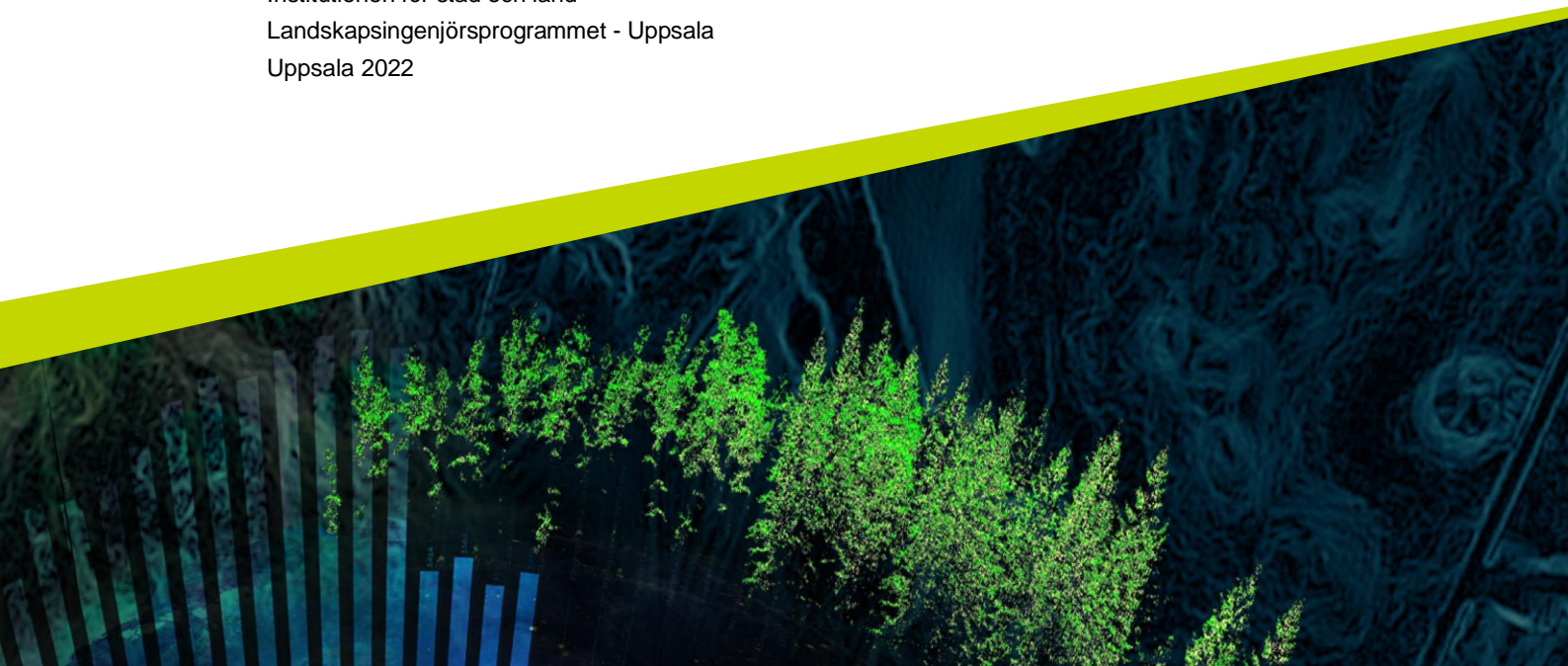
– En studie av Västra Ringvägen i Västerås

*Sustainable stormwater management in traffic island
- A study of Västra Ringvägen in Västerås*

Ida Elgelind

Sandra Villner

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2022



Hållbar dagvattenhantering i mittrefug – En studie av Västra Ringvägen i Västerås

*Sustainable stormwater management in traffic island
– A study of Västra Ringvägen in Västerås*

Ida Elgelind
Sandra Villner

Handledare: Emma Butler, SLU, Institutionen för stad och land
Examinator: Ulla Myhr, SLU, Institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod: EX1004
Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022
Upphovsrätt: Samtliga figurer tillhör författarna, förutom figur 2, 3 och 18 som är taget från Lantmäteriet och publiceras med tillstånd från upphovsrättsinnehavaren enligt SLU's avtal med Lantmäteriet.

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: hållbar dagvattenhantering, mittrefug, gata, infiltrationsanläggning, gräsbeklätt dike, makadamdike

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för stad och land
Avdelningen för landskapsarkitektur

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Dagvattenhanteringen får allt större fokus i stadsplaneringen till följd av klimatförändringar och urbanisering. Städernas kraftiga expansion med fler hårdgjorda ytor medför att den naturliga vattencykeln påverkas och större dagvattenmängder rinner av på ytan istället för att infiltrera. Det orsakar större flöden av dagvatten som ska ledas bort från stadsmiljön i ledningar, vilket kan orsaka översvämningar. Den traditionella metoden att bygga ut det befintliga ledningssystemet är inte möjligt att genomföra av praktiska och ekonomiska skäl. Därför behövs alternativa lösningar som innebär att utnyttja hållbar dagvattenhantering för att fördröja och rena dagvatten lokalt.

Gator utgör en stor del av de hårdgjorda ytorna i en stad och bidrar med stora mängder föroreningar. Dagvatten från gator behöver därför omhändertas genom hållbara lösningar för att minska belastning på ledningsnät och förbättra vattenkvaliteten på utgående vatten. Syftet med denna studie är att undersöka hur enkla dagvattenlösningar kan tillämpas i mittrefuger på gator. Detta görs genom att ta fram ett förslag för dagvattenhantering på Västra Ringvägen i Västerås.

Metoderna som används i studien är en platsstudie med protokoll och beräkningar för dimensionering av dagvattensystem. Protokollet innehåller frågor som används som utgångspunkt för att undersöka om det är möjligt att utnyttja mittrefugen för omhändertagande av dagvatten i en gatumiljö. Den ger även information om data som är nödvändig vid dimensionering. Data från protokollet ligger sedan till grund för beräkningarna. Dessa beräkningar ger specifik information om hur uppbyggnaden av diken kan se ut.

Arbetet presenterar två förslag på utformning av diken för omhändertagande av dagvatten i mittrefugen på Västra Ringvägen. Det första förslaget innebär att utforma mittrefugen som ett nedsänkt gräsbeklätt dike där dagvatten fördröjs ytligt innan det infiltrerar till överbyggnaden. I det andra förslaget utformas mittrefugen som ett makadamdike där dagvatten fördröjs i ett underjordiskt magasin. Båda förslagen bidrar till minskad belastning på ledningsnätet och bidrar med viss rening som förbättrar kvaliteten på utgående vatten, i jämförelse med idag.

Resultatet visar att det är möjligt att omhänderta dagvatten i en mittrefug genom hållbar dagvattenhantering. Utnyttjandet av gräsbeklätt dike och makadamdike i en mittrefug bidrar med att fördröja dagvatten och minska belastningen på ledningsnätet. Detta är en lösning för att gå mot ett mer hållbart samhälle.

Nyckelord: hållbar dagvattenhantering, mittrefug, gata, gräsbeklätt dike, makadamdike

Abstract

Stormwater management is gaining increased focus in urban planning as a result of climate change and urbanization. The rapid expansion of cities leads to an increase in impervious surfaces that affect the natural water cycle and lead to large amounts of stormwater runoff (instead of infiltrating). Consequently, larger flows of stormwater need to be diverted from the urban environment in pipes, resulting in an increased risk of flooding. The traditional method; expanding the existing drainage system, is not possible for practical and financial reasons. Therefore, alternative solutions are needed. This involves sustainable stormwater management to delay and decontaminate stormwater at the point of runoff.

Streets make up a large part of the city's impervious surfaces and contribute to large amounts of pollutants. Therefore, stormwater from streets needs to be managed sustainably in order to reduce the load on the drainage system and to improve the water quality of outgoing water. The purpose of this study is to explore how simple stormwater systems can be applied in a traffic island. This is done by developing a proposal for stormwater management on Västra Ringvägen in Västerås.

The methods used in this study is a site study with protocol and calculations for dimensioning of stormwater systems. The protocol consists of questions that are used as basis for examining if stormwater management is possible in a street with a traffic island. It also provides information about what data is necessary for dimensioning. The data from the protocol is then used as a basis for the calculations. These calculations provide specific information about how the ditches can be constructed.

The study presents two design proposals of ditches for stormwater management in the traffic island of Västra Ringvägen. The first proposal suggests designing the traffic island as a submerged grass-covered swale where stormwater is delayed on the surface before infiltrating into the underlying soil. In the second proposal, the traffic island is designed as an infiltration trench where stormwater is delayed in an underground storage. The proposals contribute to reducing the load on the drainage systems and offer some decontamination of the stormwater which improves the quality of outgoing water, compared with today.

The proposal shows that it is possible to manage stormwater in a traffic island through sustainable stormwater management. The use of a grass-covered swale and an infiltration trench in a traffic island provides the opportunity of delaying stormwater and reducing the load on the drainage system. This is one solution to move towards a more sustainable society.

Keywords: sustainable stormwater management, traffic island, street, grass-covered swale, infiltration trench

Förord

Dagvattenavrinningen i städer har blivit ett stort problem på grund av ökade nederbördsmängder och hårdgörning av ytor. Idag utgör gator majoriteten av de hårdgjorda ytorna i städerna och den ökade dagvattenavrinningen orsakar problem med överbelastade ledningar och översvämningar. Till följd av detta har dagvattenfrågan fått en allt större roll i stadsplaneringen.

Under utbildningen har stort fokus lagts på dyra och komplicerade system för dagvattenhantering. Vårt intresse väcktes kring möjligheten att undersöka enklare lösningar som kan vara tillämpbara på gator. Det finns ofta outnyttjade ytor i gatumiljö, som potentiellt skulle kunna användas för att omhänderta dagvatten. Detta arbete fokuserar på att undersöka denna möjlighet.

Denna studie är ett kandidatarbete inom landskapsingenjörsprogrammet på Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har skrivits av två författare; Ida Elgelind och Sandra Villner. Majoriteten av arbetet har utförts tillsammans, med viss uppdelning gällande informationssök och produktion av text. All text har sedan reviderats gemensamt för att skapa enhetlighet.

Vi vill tillägna ett stort tack till handledaren för arbetet; Emma Butler, för den tid, vägledning och stöd som givits under dessa veckor. Vi vill även tacka Matilda Wistrand, VA enhetschef på Ramboll, som hjälpte till att avgränsa och hitta ett fokus i arbetets början och som gav en viktig inblick i VA-hantering.

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Tabellförteckning | 11 |
| Figurförteckning | 12 |
| Begreppsförteckning | 14 |
| 1. Inledning | 16 |
| 1.1. Bakgrund | 16 |
| 1.1.1. Klimatförändring..... | 16 |
| 1.1.2. Urbanisering och dagvatten | 17 |
| 1.1.3. Ledningssystem..... | 18 |
| 1.1.4. Västerås | 19 |
| 1.2. Platsbeskrivning | 19 |
| 1.3. Litteraturgenomgång | 20 |
| 1.3.1. Hållbar dagvattenhantering | 20 |
| 1.3.2. Ansvarsfördelning- och lagstiftning för dagvatten..... | 23 |
| 1.3.3. Gator | 24 |
| 1.3.4. Mittrefuger | 26 |
| 1.3.5. Infiltrationsanläggningar i gatumiljö | 27 |
| 1.4. Syfte | 34 |
| 1.4.1. Frågeställningar | 34 |
| 1.4.2. Avgränsning..... | 34 |
| 2. Metod | 35 |
| 2.1. Platsstudie med protokoll | 35 |
| 2.2. Dimensionering av dagvattensystem | 37 |
| 2.2.1. Dimensionering av diken | 41 |
| 3. Resultat | 46 |
| 3.1. Platsstudie av Västra Ringvägen | 46 |
| 3.2. Dimensionering av dagvattensystem | 48 |
| 3.2.1. Beräkning av volym och flöde för gata..... | 48 |
| 3.2.2. Dimensionering av gräsbeklätt dike..... | 50 |
| 3.2.3. Dimensionering av makadamdike..... | 51 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.4. | Uppsummering av resultat | 53 |
| 4. | Diskussion | 55 |
| 4.1. | Förändringsförslag för Västra Ringvägen..... | 55 |
| 4.2. | Jämförelse av diken | 56 |
| 4.3. | Utveckling av metod..... | 57 |
| 4.4. | Slutsats..... | 57 |
| | Referenser | 58 |
| | Bilaga 1..... | 62 |

Tabellförteckning

| | |
|--|----|
| Tabell 1: Visar värden för avrinningskoefficient för olika markslag (Svenskt Vatten 2019:68)..... | 40 |
| Tabell 2: Visar värde för Mannings tal för konstruerade diken (Svenskt Vatten 2019:83)..... | 44 |
| Tabell 3: Visar värde för porositet för makadam (Toran & Jedrzejczyk 2017).... | 45 |
| Tabell 4: Visar värde för hydraulisk konduktivitet för makadam ² | 45 |
| Tabell 5: visar en sammanställning av information kring gatans storlek, uppdelning och markslag (Villner 2021). | 47 |

Figurförteckning

| | |
|--|----|
| Figur 1: Fastighetskarta över Västra Ringvägen i Västerås. Kartan visar vart i Västerås Västra Ringvägen är belägen i förhållande till centralstationen, slottet och länsstyrelsen © Lantmäteriet, 2022. | 20 |
| Figur 2: Flygbild över Västra Ringvägen i Västerås. Kartan visar hur gatan ser ut med mittrefugen inringad © Lantmäteriet, 2022. | 20 |
| Figur 3: Hydrologiska kretsloppet. Figuren visar hur vatten faller ned som nederbörd, infiltrerar ned i marken, avdunstar och kondenserar till moln. | 21 |
| Figur 4: Olika stegen i hållbar dagvattenhantering. Figuren visar hur dagvatten tas omhand i privatmark med lokalt omhändertagande till allmän platsmark med fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning..... | 22 |
| Figur 5: Mittrefug mellan två körbanor..... | 27 |
| Figur 6: Mittrefug mellan körbana och gång- och cykelväg. | 27 |
| Figur 7: Gräsbeklätt dikes uppbyggnad med ett makadamlager i botten följt av ett grusskikt, matjord och ett vegetationsskikt bestående av gräs. En dräneringsledning är placerad i botten av diket. | 30 |
| Figur 8: Ett makadamdikes uppbyggnad med fraktionerna 22.4 – 90 mm och en dräneringsledning i botten..... | 31 |
| Figur 9: Förhållandet mellan de ingående parametrarna längd (l), bredd (b) och djup (d) som används vid volymbärkning av ett triangelformat dike..... | 41 |
| Figur 10: Ingående kateterna a och b i en rätvinklig triangel för beräkning av sidolutning (α). | 42 |
| Figur 11: Förhållandet mellan area och våta parametern vid beräkning av hydraulisk radie. | 43 |
| Figur 12: Ingående sidor a, b och c i en rätvinklig triangel vid beräkning av våta parametern..... | 43 |
| Figur 13: Förhållandet mellan höjdskillnad från högsta tillåtna vattennivå och överbyggnadens botten (Δh) och sträckan vatten flödar genom jorden (Δl) i Darcy's lag..... | 45 |
| Figur 14: Mittrefug mellan två körbanor på Västra Ringvägen, mot nordväst..... | 46 |
| Figur 15: Mittrefug, körbana och gångväg på västra sidan av Västra Ringvägen, mot sydöst. | 46 |

- Figur 16: Flygbild över Västra ringvägen med avrinningsområde (streckat), mittrefug (ljusblå markering), brunnar (röda rektanglar) och tvärfall markerat (blåa pilar). © Lantmäteriet, 2021. 47
- Figur 17: Uppbyggnaden av det gräsbeklädda diket. Figuren visar djupet på diket och placeringen av en tät duk, bräddningsbrunn och dräneringsledning . 53
- Figur 18: Uppbyggnaden av makadamdiket. Figuren visar djupet på diket och placeringen av en tät duk, bräddningsbrunn och dräneringsledning. 54

Begreppsförteckning

Avrinningsområde är det område som samlar upp dagvatten som sedan avvattnas till en viss punkt (Svenskt Vatten 2019:33).

Dagvatten är tillfälligt förekommande vatten på mark eller konstruktion som utgörs av regn- och smältvatten (Alm & Åström 2014:9).

Gata är en allmän plats avsedd för trafik inom en ort; både fordonstrafik och gång- och cykeltrafik (Boverket 2021).

Gräsbeklätt dike är ett öppet dagvattensystem som används för att minska avrinning och bidra med flödesutjämning av dagvatten i väg- eller gatumiljö. De utgörs av nedsänkta diken med skålad form (Stockholm vatten och avfall 2017a).

Huvudgata är en gata avsedd för trafik mellan olika områden (Bodin *et. al.* 2021:78).

Hållbar dagvattenhantering innebär omhändertagande av dagvatten som efterliknar det hydrologiska kretsloppet. Det innebär att dagvattnet omhändertas i olika steg för att tillåta fördröjning, rening och infiltration (Svenskt Vatten 2019:30).

Infiltrationsanläggning är en dagvattenanläggning i mark som omhändertar dagvatten lokalt genom att tillåta infiltration (Svenskt Vatten 2011:69).

Makadam är krossad sten utan nollfraktioner (Stockholm vatten och avfall 2017c).

Makadamdike är ett öppet dike som används för att fördröja- och infiltrera dagvatten i mark. De utgörs av nedsänkta diken som kan vara helt eller delvis fyllda med makadam (Larm & Blecken 2019:76).

Mittrefug är en längre fysisk barriär belägen mellan två motriktade körfält eller mellan en gata och gång- och cykelväg. Mittrefuger används för att öka trafiksäkerheten på gator (Zhou 2014:4).

Recipient är det vattendrag som dagvatten slutligen leds till (Svenskt Vatten 2019:16).

Vattendirektivet anger riktlinjer och gränsvärden på farliga ämnen som EU:s länder måste uppfylla för att god vattenkvalitet i alla vattendrag ska säkerställas och förbättras (Vattenmyndigheterna u.å.a.).

1. Inledning

Dagvattenhantering har under senare år fått allt större fokus i stadsplaneringen (Stahre 2004:10). Förtätningen av städerna i kombination med utbyggnaden av nya bebyggelseområden bidrar med att allt fler hårdgjorda ytor skapas. Detta i kombination med större regn orsakar större flöden som rinner av ytligt istället för att naturligt infiltrera (Stahre 2004:10). Avrinningen leder till att större mängder dagvatten (under kort tid) behöver omhändertas i slutna ledningar. Det leder till ökad risk för överbelastning av de befintliga ledningarnas kapacitet vilket kan få konsekvenser med bland annat översvämningar och spridning av föroreningar (Stahre 2004:11). Under de senaste decennierna har däremot nya tekniker för omhändertagande av dagvatten börjat utnyttjas. Det innebär att utnyttja olika former av lokal fördröjning för att omhänderta dagvatten lokalt innan det leds ut till ledningsnätet (Stahre 2004:11).

1.1. Bakgrund

Det här avsnittet innehåller en introduktion till dagvattenproblematiken och vilken roll klimatförändringar och ökad urbanisering har i detta. Avsnittet innehåller även en kort beskrivning av hur Västerås stad arbetar med dagvattenproblematiken.

1.1.1. Klimatförändring

Dagens samhälle står inför stora utmaningar. Ett förändrat klimat till följd av naturliga och antropogena effekter har konsekvenser för den framtida stadsmiljön (Bogren *et al.* 2019:14). Ackumulerade växthusgaser och stigande temperaturer har stor påverkan på väder och klimat världen över. Ökande frekvens av värmeböljor, nederbörd, torka och tropiska cykloner, samt en minskning av arktisk is, snötäcke och permafrost har observerats, med särskild anknytning till antropogen påverkan (IPCC 2021:6). För stadsmiljön medför detta en ökning av urbana värmeöar, ökad säsongsbetonad nederbörd, ökad risk för översvämningar (Deak & Bucht 2011:1) och höjda vattennivåer i vattendrag, sjöar och hav (Svenskt Vatten 2007:22-23). Enligt European Environment Agency, EEA (2005) är översvämningar den vanligaste typen av naturkatastrofer i Europa och detta förväntas dessutom bli alltmer vanligt förekommande i framtiden. Utifrån Intergovernmental Panel on

Climate Change, IPCC (2021:18) senaste rapport har det konstaterats att den globala medeltemperaturen oavsett åtgärd kommer att fortsätta öka åtminstone till mitten av århundrandet. IPCC konstaterar även att uppvärmningen kommer att överskrida 2°C om inte kraftiga minskningar av utsläpp sker under de kommande decennierna. Fortsatt global uppvärmning kommer att påverka det hydrologiska kretsloppet (IPCC 2021:18).

Klimatförändringarna påverkar hydrologin på olika sätt; en ökning av den globala medeltemperaturen påverkar luftfuktighet, avdunstning, snösmältning och ytavrinning (Bogren *et al.* 2019:209-210). Stigande temperaturer leder generellt till ett fuktigare klimat eftersom den varmare luften bibehåller mer fuktighet. Det leder i sin tur till ökad avdunstning och intensivare nederbörd; med kraftiga regn- och åskväder. Som följd av ökad nederbördsintensitet och ytavrinning finns risk för erosion, översvämning, igenslamning av dammar samt utlakning av näringsämnen i mark (Bogren *et al.* 2019:209-210). Förändringar i fördelning- och nederbördsmängd har dessutom konstaterats i Sverige, liksom en ökning i antalet extrema nederbördstillfällen (Svenskt Vatten 2019:15). Detta medför stora utmaningar i dagens expanderande samhälle.

1.1.2. Urbanisering och dagvatten

Samhällsutvecklingen mot ökande urbanisering medför att Sveriges städer kontinuerligt växer (Boverket 2019). Det leder till att befintliga områden förtätas och bebyggelseområden expanderar. Som följd ökar ständigt mängden hårdgjorda ytor (Stahre 2004:9). Den ökade andelen hårdgjorda ytor skapar ett ogenomträngligt lager över mark som begränsar eller förhindrar markens infiltrationsförmåga. En stor del av det regnvatten som faller på dessa ytor rinner av som dagvatten (Dunnett & Clayden 2007:34). Dagvatten definieras som tillfälligt flödande vatten på mark eller konstruktion som utgörs av regn- och smältvatten (Alm & Åström 2014:9). Dagvatten som rinner över stadens hårdgjorda ytor fångar upp en mängd olika föroreningar. Markanvändning och de ytor dagvattnet rinner över påverkar mängden föroreningar som sprids. Biltrafik är en av de största föroreningskällorna för dagvatten. Gatumiljöer bidrar således med både föroreningar och stora dagvattenmängder (Viklander 2017:4).

I urban miljö orsakar avrinnande dagvatten momentana flöden (Svenskt Vatten 2011:11), så kallade flödestoppar. Dessa flödestoppar, lämnat okontrollerade, är vanligen betydligt större än i naturmiljö. Det beror dels på att avrinningen sker mycket hastigare i bebyggt område än i naturmark, dels för att större mängder dagvatten bildas eftersom mindre andel vatten kan infiltrera och perkolera genom marken, eller avdunsta genom evapotranspiration (Woods Ballard *et al.* 2015:37-38). De ogenomträngliga ytorna medför att dagvattnet förflyttas från den plats där

regnet faller och koncentreras i stora mängder i andra områden. Flödes hastigheten på dagvattnet kan vara två till tre gånger så stora i urbana miljöer bestående av stor andel hårdgjorda ytor i jämförelse med naturmark (Dunnett & Clayden 2007:34). Dessa ökade flödes hastigheter och dagvattenmängder kan orsaka översvämning och erosion av recipient, samtidigt som befintliga ledningssystem riskerar att bli överbelastade vid höga toppflöden (Woods Ballard *et al.* 2015:37-38).

1.1.3. Ledningssystem

Den traditionella strategin för avledning av avloppsvatten fokuserar på att avlägsna överflödigt vatten långt bort från bebyggd miljö (Jia *et al.* 2013). Det historiska avloppssystemet planerades och konstruerades för att snabbt och effektivt samla upp och leda bort avloppsvattnet i ledningar, kanaler (Jia *et al.* 2013) eller diken till närmaste vattendrag. Fram till mitten av 1900-talet var kombinerade avloppsledningssystem det dominerande systemet i tätbebyggt område i Sverige (Svenskt Vatten 2019:16). Detta innebär att dag-, dränerings- och spillvatten transporteras gemensamt i en ledning till reningsverk. Dessa system kompletterades med bräddavlopp för att förhindra översvämningar och undvika att överbelasta reningsanläggningarna. Bräddanordningarna var utformade för att vid höga flöden, avleda orenat vatten direkt ut till recipienten (Svenskt Vatten 2019:16). Under denna tidsperiod uppstod således problem med läckage av föroreningar och näringsämnen ut i vattendrag, vilket bidrog till övergödning (Kärman 1995:1).

Separatsystem började anläggas i de svenska städernas ytterområden i början av 1900-talet (Svenskt Vatten 2019:16). Det innebar att spill- och dräneringsvatten transporterades i en gemensam ledning i mark, medan dagvatten transporterades i öppna diken. I tätorterna pågick övergången från kombinerade ledningssystem till duplikatsystem under 1900-talets andra hälft. Det innebär att ledningssystemet delades upp i två separata ledningar; en ledning som transporterar dagvatten till recipient och en ledning som transporterar dränerings- och spillvatten till reningsanläggningar (Svenskt Vatten 2019:16). Under senare delen av 1900-talet kopplades istället dräneringsvattnet till dagvattenledningen för att undvika rening av relativt rent dräneringsvatten (Svenskt Vatten 2019:18). Denna variant av duplikatsystem är det vanligaste systemet som används idag (Svenskt Vatten 2019:18).

Det befintliga ledningssystemet tillförs alltmer dagvatten till följd av att Sveriges städer växer (Stahre 2004:10). Det kan orsaka problem med överbelastning av ledningarnas kapacitet, främst vid kraftiga och tillfälliga regn. I områden med kombinerade ledningssystem medför detta en ökad risk för källaröversvämningar, utsläpp av orenat avloppsvatten till recipient och försämrad rening i avloppsreningsverk (Stahre 2004:10). I samband med ett förändrat klimat och ökad

urbanisering kommer avloppssystemet påverkas ytterligare, genom ökade dagvattenflöden och stigande recipientnivåer (Svenskt Vatten 2011:16). I framtiden bedöms risken för översvämningar av befintliga avloppssystem vara hög till följd av ökande korttidsnederbörd (Svenskt Vatten 2011:16). För att komma till bukt med problemet krävs anpassningar för att förstärka det befintliga systemet (Svenskt Vatten 2011:17).

1.1.4. Västerås

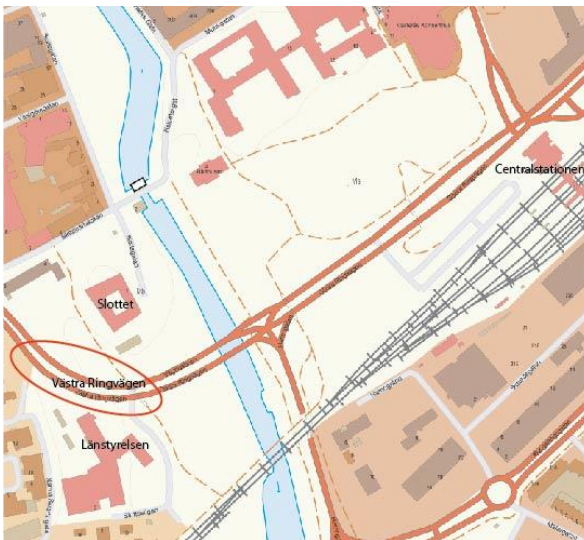
Västerås är en växande stad som under flera decennier har haft en stor befolkningstillväxt, som i framtiden bedöms öka ytterligare. Som följd planeras ett omfattande samhällsbyggande för att möta det ökade behovet av bostäder, verksamheter och infrastruktur (Västerås stad 2017:6). I Västerås översiktsplan (2017:6–8) framgår att planeringen ska främja en hållbar utveckling, med strategier som leder till en attraktiv, hälsosam och långsiktigt hållbar miljö för dagens befolkning och kommande generationer. I planen framgår att miljöpåverkan ska minimeras genom medveten planering och förebyggande åtgärder. Det innebär bland annat att stadens vattendrag ska uppnå god status och att dagvattenhanteringen ska vara anpassad för att möta framtida krav (Västerås stad 2017:74). I handlingsplanen för dagvatten i Västerås (2014:19) tydliggörs att målet är att skapa genomtänkta, kostnadseffektiva och miljöanpassade strategier för dagvattenhantering. Det innebär att dagvattenmängderna ska minska och vattnet ska renas innan det når recipient.

I och med att Västerås växer skapas mer hårdgjorda ytor, vilket i kombination med ökade nederbörds mängder leder till att det befintliga ledningssystemet behöver omhänderta större mängder dagvatten. Det kommer även leda till att högre krav på rening- och fördröjning av dagvatten (Mälarenergi & Västerås stad 2014:2). I dagsläget leds majoriteten av dagvattnet i Västerås i duplikata ledningssystem orenat ut till recipienten, vilket bidrar till att spridningen av föroreningar sker okontrollerat. En mindre del av dagvattnet leds via kombinerade system och riskerar att överbelasta reningsverken. Det medför att även orenat avloppsvatten kan kontaminera recipient (Länstyrelsen Västmanlands län 2009:17). För att uppnå målen i Västerås handlingsplan för dagvatten och motverka problemet med okontrollerad spridning av föroreningar behöver omhändertagande av dagvatten från Västerås gator ske på ett mer hållbart sätt än vad som sker idag.

1.2. Platsbeskrivning

I denna studie redogörs hur dagvattenhantering kan ske på ett mer hållbart sätt genom att studera huvudgatan Västra Ringvägen i Västerås. Västra Ringvägen

ligger placerad i sydvästra delen av Västerås, några hundra meter från centralstation och precis intill slottet och Länsstyrelsen Västmanlands län (se Figur 1). Gatan ligger relativt centralt och med närhet till Svartån samt flertal bostäder, företag, verksamheter, myndigheter, butiker och restauranger. Den är en av de större transportlederna genom Västerås, och har således en hög trafikbelastning med olika trafikslag. All transport till och från centrala Västerås sker via Ringvägen. Studien fokuserar på den gräsbeklädda mittrefugen i södra delen av Västra Ringvägen, som utgörs av en kurva (se Figur 2) Mittrefug och omkringliggande mark består av glacial lera (SGU 2021a) och området har därmed låg naturlig infiltration (SGU 2021b). Idag avvattnas gatan direkt till ledningar. För att skapa en mer hållbar dagvattenhantering krävs nya dagvattenlösningar.



Figur 1: Fastighetskarta över Västra Ringvägen i Västerås. Kartan visar vart i Västerås Västra Ringvägen är belägen i förhållande till centralstationen, slottet och länsstyrelsen © Lantmäteriet, 2022.



Figur 2: Flygbild över Västra Ringvägen i Västerås. Kartan visar hur gatan ser ut med mittrefugen inringad © Lantmäteriet, 2022.

1.3. Litteraturgenomgång

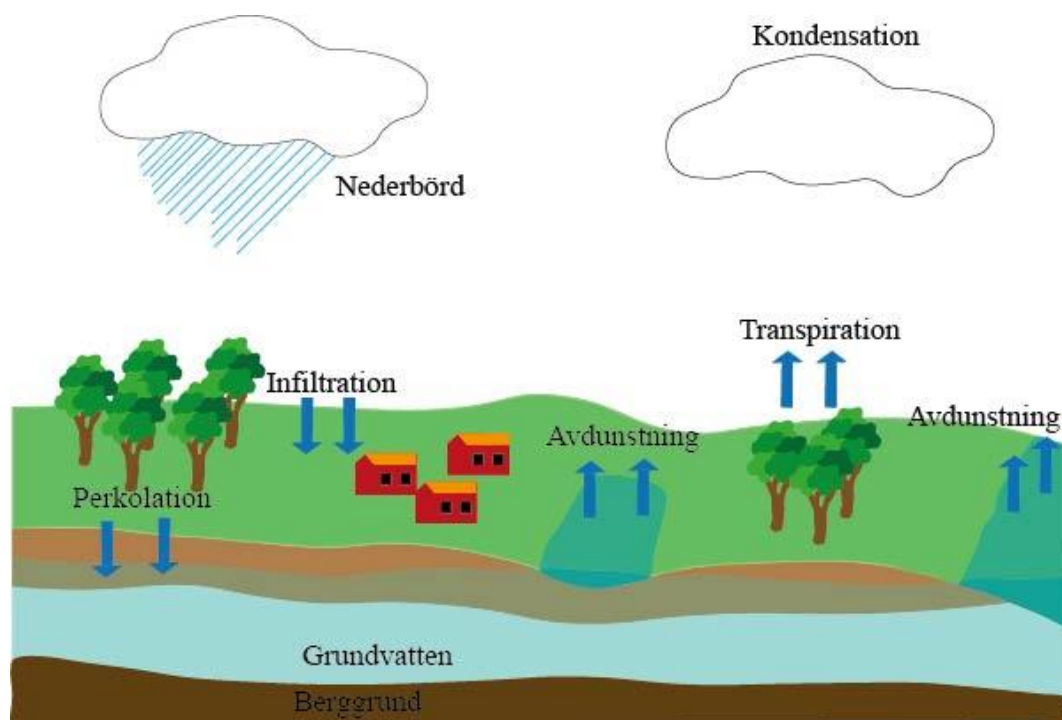
Det här avsnittet innehåller information om hållbar dagvattenhantering och ansvarsfördelning och lagstiftning av dagvatten. Det innehåller även en beskrivning av gator, mittrefuger och infiltrationsanläggningar.

1.3.1. Hållbar dagvattenhantering

Hantering av dagvatten blir en allt viktigare del av samhällsplaneringen (Svenskt Vatten 2011:11). För att åtgärda de problem som finns gällande ökade

nederbörds­mängder, större flöden av dagvatten och överbelastade ledningar krävs åtgärder för att förstärka de befintliga systemen (Svenskt Vatten 2011:11). Den traditionella metoden syftar till att öka ledningskapaciteten genom att bygga ut befintliga ledningssystem, öka kapaciteten genom att installera större dimensioner, anlägga fördröjningsmagasin och byta ut kombinerade ledningar till duplikatsystem. Dessa lösningar är dock mycket kostsamma, tidskrävande att anlägga och har negativa konsekvenser för recipienter (Stahre 2004:10). Alternativa lösningar syftar istället till att bromsa upp tillförseln av dagvattnet innan det når ledningssystemet, genom lokal fördröjning. Sådana lösningar är vanligen mindre kostnadskrävande, oftast enklare att konstruera och mer hållbara (Stahre 2004:10).

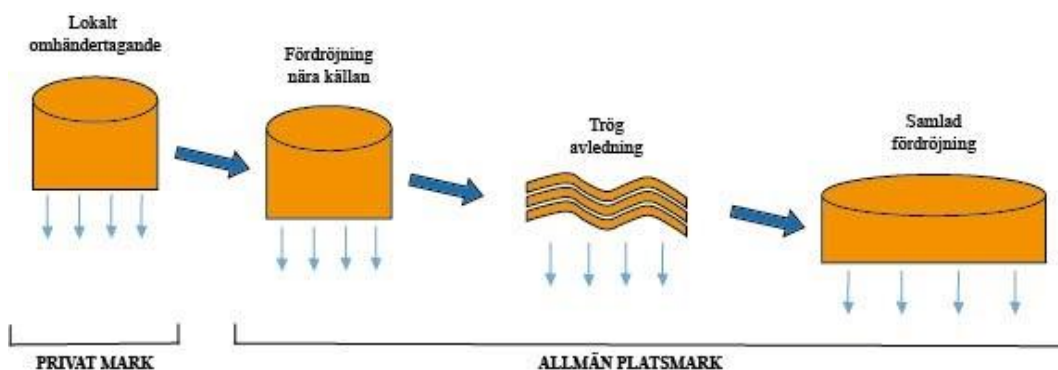
Begreppet hållbar dagvattenhantering syftar till att skapa förutsättningar för hantering av dagvatten som efterliknar det hydrologiska kretsloppet, från att nederbörd når marken till att det slutligen släpps ut i recipienten (Svenskt Vatten 2019:30). Det hydrologiska kretsloppet (se Figur 3) är den process där vatten avdunstar från mark eller hav, kondenserar till moln och faller ned som nederbörd. En del av nederbörden når sjöar och vattendrag. Det som når marken rinner av som ytvatten eller infiltrerar och perkolerar genom marken för att slutligen bilda grundvatten. Resterande del avdunstar direkt från mark, växtlighet eller vattendrag tillbaka till atmosfären. Det utgör den perfekta balans som utan mänskligt ingripande utgör vattnets naturliga kretslopp (Dunnett & Clayden 2007:32). Målet med hållbar dagvattenhantering är att efterlikna denna process.



Figur 3: Hydrologiska kretsloppet. Figuren visar hur vatten faller ned som nederbörd, infiltrerar ned i marken, avdunstar och kondenserar till moln.

Vid planering av hållbara dagvattenlösningar är målet att nederbördsvatten så snabbt som möjligt ska tillföras det naturliga kretsloppet (Stahre 2004:22). Därav är det mest effektiva att minimera andelen hårdgjorda ytor för att därmed minska avrinningen och tillåta infiltration. I miljöer där detta inte är möjligt utnyttjas istället vanligen öppna dagvattenanläggningar som tar hand om dagvatten nära källan och/eller tillåter att dagvattnet avleds i öppna avledningsstråk. Dessa system har god förmåga att minska den hydrauliska belastningen på ledningssystemet (Stahre 2004:22).

Hållbar dagvattenhantering innebär ett helhetstänk där målet är att omhänderta dagvattnet i olika steg för att tillåta fördröjning, rening och infiltration (Svenskt Vatten 2019:30). Det kan ske genom en rad olika åtgärder som kännetecknas av lokalt omhändertagande, fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning (se Figur 4). Genom att utforma hållbara dagvattenanläggningar kan dagvattnet utnyttjas och synliggöras i stadsmiljö, snarare än att betraktas som ett problem. Utformningen kan bidra med att skapa attraktiva, mångfunktionella ytor som bidrar med att skapa en bättre närmiljö (Svenskt Vatten 2011:57).



Figur 4: Olika stegen i hållbar dagvattenhantering. Figuren visar hur dagvatten tas omhand i privatmark med lokalt omhändertagande till allmän platsmark med fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning.

Lokalt omhändertagande av dagvatten kännetecknas av åtgärder för att fördröja eller minska dagvattenavrinningen från privat mark innan det leds vidare till dagvattensystemet (Stahre 2004:23–34). Det innefattar åtgärder för att minska dagvattenavrinning från enskilda tomtmarker, genom bland annat användning av gröna tak, bortkoppling av stuprör från dagvattennät och istället avleda takvatten till gräs- eller vegetationsytor inom tomtmarken. Samt öka användningen av genomsläppliga beläggningar, svackdiken och dammar på privat mark (Stahre 2004:23–34).

Fördröjning av dagvatten nära källan innebär åtgärder som minskar eller fördröjer dagvattenavrinningen i övre delar av det allmänna dagvattensystemet (Stahre

2004:39–46). Till skillnad från vid lokalt omhändertagande anläggs dessa anläggningar på allmän platsmark och ingår i det allmänna VA-systemet och är under kommunens ansvar. Exempel på anläggningar för fördröjning nära källan innefattar genomsläppliga beläggningar och fördröjningsdammar. Andra åtgärder innefattar att tillåta tillfällig uppdamning av dagvatten på lämpliga områden för att minska belastningen på ledningssystemet nedströms (Stahre 2004:39–46).

Trög avledning av dagvatten innefattar system för långsam avledning av dagvatten på allmän platsmark på övre delar av avrinningsområdet (Stahre 2004:49–54). Trög avledning sker ofta i öppna dagvattenstråk och ersätter traditionella dagvattensystem. De kräver dock att det finns utrymme i bebyggelsemiljön eftersom dessa system tar upp mycket plats ovan och under mark. System för trög avledning utgörs av bland annat svackdiken, diken, dagvattenkanaler (Stahre 2004:49–54) och infiltrationsstråk. Det utgörs av system av öppna avvattningstråk med eller utan infiltration (Svenskt Vatten 2011:69).

Samlad fördröjning av dagvatten innebär anläggningar som minskar eller fördröjer dagvattenavrinningen från större avrinningsområden på allmän platsmark (Stahre 2004:59–64). De utgörs av stora öppna anläggningar som ofta etableras i park- eller naturmark. Samlad fördröjning kan ske genom större översvämningssytor, fördröjningsdammar och våtmarker (Stahre 2004:59–64).

1.3.2. Ansvarsfördelning- och lagstiftning för dagvatten

Över åren har kvaliteten på flertalet av världens vattenresurser försämrats av städers urbanisering (Vattenmyndigheterna u.å.a). Byggnadsmaterial, markmaterial och utrustning i städer består till viss del av giftiga ämnen och urlakning av dessa leder till övergödning och miljögifter (Vattenmyndigheterna u.å.a). Europeiska unionen (EU) har tagit fram ett vattendirektiv i syfte att skapa god vattenkvalitet utifrån ett långsiktigt och hållbart perspektiv (Vattenmyndigheterna u.å.a). Sverige antog direktivet för att säkerställa och förbättra vattenkvaliteten i ytvatten (sjöar, vattendrag och kustvatten) och grundvatten. För att uppnå målet behöver förekomsten av giftiga ämnen minska; både genom att förhindra utsläpp och genom att välja mer hållbara material vid samhällsbyggande (Svenskt Vatten 2011:19). Ansvaret ligger hos både myndigheter och kommuner. Sverige har tagit fram åtgärdsprogram och miljökvalitetsnormer (MKN) för att specificera vad som behöver genomföras för att förbättra vattenstatusen (Svenskt Vatten 2011:19).

Kvaliteten på vattnet bedöms baserat på den ekologiska- och vattenkemiska statusen (Svenskt Vatten 2011:19). I Västerås är den ekologiska statusen måttlig till följd av förändrad fysisk påverkan på habitat (Länstyrelsen Västmanlands län u.å.:9). Den vattenkemiska statusen är ej god på grund av förhöjda värden av antracen och tributyltenn (Länstyrelsen Västmanlands län u.å.:10-12). Största delen

av föroreningar kommer från jordbruk, dock är dagvattnet en viktig faktor (Länstyrelsen Västmanlands län u.å.:12). Detta till följd av att Västerås är en gammal industristad där föroreningar finns lagrade i mark och byggnader som transporteras till recipient vid nederbörd (Länstyrelsen Västmanlands län u.å.:12). Västerås dagvatten skulle därmed behöva genomgå rening innan det leds ut till recipient.

I Västerås är det Länsstyrelsen Västmanlands län som har huvudansvaret för att god status i alla vatten uppnås (Mälarenergi & Västerås stad 2014:4). Handlingsplanen för Västerås dagvatten (2014:6) har som mål att skydda grundvattentäcker, minska mängden näringsämnen och miljögifter och lokalt omhändertagande av dagvatten. Mer specifika mål är att reducera fosforhalten med 800 kg/år till 2021 och minska halten tungmetaller och miljögifter med 20% jämfört med år 2011. Mälarenergi är VA-huvudman i Västerås och har som ansvar att avleda och rena dagvatten från allmänna platser. Dessutom sköter de alla allmänna VA-anläggningar som ledningar, infiltrationsanläggningar och diken. Huvudfokus är lokal dagvattenhantering och rening av dagvatten sker när det är tekniskt och ekonomiskt hållbart (Mälarenergi & Västerås stad 2014:19). Dock har Västerås ett stort fokus på att begränsa föroreningar vid källan, det är mer långsiktigt kostnadseffektivt och hållbart (Mälarenergi & Västerås stad 2014:19). Föroreningar som ska begränsas vid källan är tungmetaller, PCB, PAH och petroleumprodukter. Dessa är exempelvis vanligt förekommande vid trafikytor (Mälarenergi & Västerås stad 2014:19).

För att lokal dagvattenhantering ska vara möjligt krävs att platsen ha vissa förutsättningar. Enligt plan- och bygglagen, PBL är kommunen ansvarig för planering av mark och vattenanvändning (Mälarenergi & Västerås stad 2014:4). I 5 Kap 4 § i miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsförvaltning (SFS 2018:1407) framgår att vattenkvaliteten inte får försämrans på ett otillåtet sätt vid åtgärd eller ändring av markanvändning. Vidare framgår det i 9 Kap 2 § (SFS 2012:907) att dagvatten som avleds från detaljplanlagt område räknas som avloppsvatten. Utsläpp av detta vatten räknas som miljöfarligt och måste därmed renas. För att säkerställa att vattenresurserna i Västerås har en god vattenstatus är det viktigt att dagvatten i så stor utsträckning som möjligt renas och tas omhand lokalt.

1.3.3. Gator

Gator är allmänna platser som främst är planerade för trafik inom en ort; både fordonstrafik och gång- och cykeltrafik. De är avgränsade från huvudnätet och utgör en del av lokalnätet (Boverket 2021). Huvudgator är till för trafik genom olika områden (Bodin *et al.* 2021:78).

Befolkningsmängden i Västerås växer kraftigt och ökningen av invånarantalet bedöms innebära en ökning av antalet fordon på Västerås gator. Det kommer leda till omfattande stadsbyggande där befintlig infrastruktur som gator kommer behöva omvandlas och kompletteras (Västerås stad 2017:6-8).

Västerås stad (2019) har ett långsiktigt mål att minska antalet dödade och skadade i trafiken (nollvisionen) med huvudfokus på oskyddade trafikanter. Utformningen av gator spelar en viktig roll i att uppfylla det målet (Västerås stad 2019). Det ställs därför höga krav på säkerhet för samtliga trafikanter men speciellt för oskyddade trafikanter. Idag utformas gator ofta med låg framkomlighet genom exempelvis minskad bredd och separering av körbanor, förekomst av farthinder och refuger, störningsfri omgivning och beläggning som minskar hastigheterna. Utöver krav på säkerhet ställs det även krav på tillgänglighet (Trafikverket 2021:41-43). En gata ska under hela livstiden ha god kvalitet gällande standard, funktion och användbarhet och det är även viktigt att utformningen uppfyller de krav som ställs på gestaltning, miljö och hälsa (Trafikverket 2021:41-43).

Avvattning av gator

I stadsmiljö sker avvattningen med brunnar och nedgrävda dagvattenledningar. Av utrymmesskäl används sällan öppna diken eller större öppna dagvattenanläggningar. De hårdgjorda ytorna lutar med tvärfall mot dagvattenbrunnar som är placerade vid rännstenar längs kantstöd, så kallade rännstensbrunnar (Granhage 2009:51 & 59).

Den traditionella principen; att dagvattnet avvattnas direkt till brunnar, medför dock att dagvattensystemet belastas och dagvattnet ofta rinner ut direkt, orenat till recipient (Stahre 2004:10). Problematiken med överbelastade ledningar är något som branschen under senare år blivit alltmer medveten om och dagvattenfrågan får en alltmer central roll i planeringsarbetet¹. Vid ny exploatering är det viktigt att anläggningarna följer alla lagar och riktlinjer som finns för dagvattenhantering. Idag är det vanligt att beställaren ställer krav på lokal dagvattenhantering¹. Vid nyproduktion leds ofta dagvattnet ned till underjordiska fördröjningsmagasin eller till större fördröjningsanläggningar utanför lokalmark istället för att leda ut vattnet direkt till recipient¹.

Vid exploatering får inte vattenkvaliteten försämrats och därför är det viktigt att dagvattnet renas¹. Förorenat dagvatten från gatumiljöer renas dock enbart ytligt om det finns tillräckligt med plats och kostnaderna är inom rimliga ramar¹. Vid nyproduktion planeras dock alltid fördröjande åtgärder och dagvatten leds inte direkt ut i recipient från nybyggda gator eller stadsområden¹.

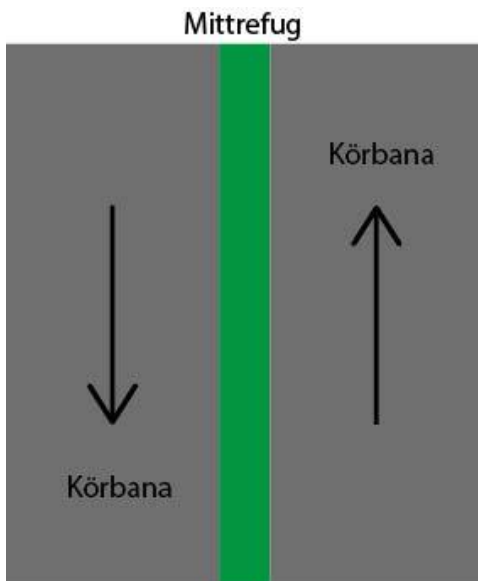
¹ Matilda Wistrand, Enhetschef VA-teknik, Ramboll, Intervju, 2021-11-11

Föroreningar i gator

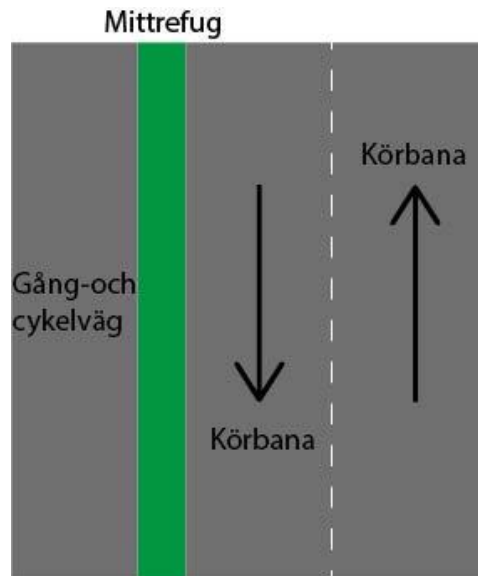
Biltrafik är en betydande källa till föroreningar i dagvatten och en bidragande orsak till försämringen av kvaliteten på vattenresurserna (Hwang *et al.* 2016:334-335). Fordonstrafiken släpper ut stora mängder giftiga föroreningar som exempelvis bränsleförbrukningsbiprodukter, spårmetaller, olja, fett och bränsletillsatser (Hwang *et al.* 2016:335). Förhöjda värden av koppar och zink i vattenförekomster orsakade av slitage av däck och bromsbelägg försämrar vattenkvaliteten. Även vägsalt som används vid vinterunderhåll av gator bidrar med försämrad vattenkvalitet (Hwang *et al.* 2016:335). Under torra perioder deponeras föroreningar även på närliggande områden. Vid nederbörd binder dessa till dagvattnet som transporterar bort de till närliggande dagvattensystem som sedan når recipient (Hwang *et al.* 2016:335). Största koncentrationen av föroreningar transporteras med det första flödet av ytavrinningen och sker vid början av nederbörd och kallas ”First Flush” (Qian *et al.* 2021). Som nämns tidigare resulterar en större mängd hårdgjorda ytor till en ökad avrinningsvolym och hastighet. Större volymer av snabbt strömmande dagvatten har större erosionskraft vilket även leder till ökad mobilisering av deponerade föroreningar (Hwang *et al.* 2016:335). På grund av detta behöver det förorenade dagvattnet från gator genomgå rening.

1.3.4. Mittrefuger

Refuger är fysiska barriärer i trafikmiljöer som avgränsar körfält och används för att öka trafiksäkerheten på gator (Usami 2017). Längre refuger, även kallade mittrefuger är långa remsor som avgränsar över ett längre avstånd belägna mitt på en gata mellan två motriktade körfält (se Figur 5) eller mellan en gata och gång- och cykelväg (se Figur 6) (Zhou 2014:4). Refuger kan utformas på olika sätt beroende på vilken funktion och estetik som krävs på platsen. De kan antingen vara upphöjda eller grävda- och fyllda diken. Upphöjda och grävda diken kan vara beklädda med asfalt, sten, plattor eller gräs (Usami 2017). Fyllda diken används när refugen måste vara överkörningsbar och den bör visuellt skiljas från körbanan. Överkörningsbar refug behövs till exempel för utryckningsfordon som behöver kunna göra vänstersväng vid utfart (Sundbyberg stad 2021).



Figur 5: Mittrefug mellan två körbanor.



Figur 6: Mittrefug mellan körbana och gång- och cykelväg.

Vid användning av en mittrefug ökar avståndet mellan två motriktade körfält medan bredd på körbanor minskar (Usami 2017). Det resulterar i lägre hastigheter och minskar risken att förare av misstag kommer i motsatt körfält. Detta i sin tur leder till minskat antal frontalkrockar. Dessutom tas möjligheten att göra vänstersväng och U-svängar bort, samt försvåras möjligheten att göra omkörningar (Usami 2017).

Mittrefuger ökar tillgängligheten för oskyddade trafikanter som korsar gatan där övergångsställe inte finns tillgängligt genom att fungera som rastplats. Dock kan fotgängsolyckor öka när oskyddade trafikanter korsar gator utan ordentligt skydd av ett övergångsställe (Usami 2017). Det är viktigt med fri sikt på gator, därför ska mittrefugen inte innehålla föremål eller växtlighet som kan skymma sikten för förare och därmed minska säkerheten (Trafikverket 2021:227). Mittrefuger är viktiga element för trafiksäkerhet men står dock ofta oanvända och kan därmed användas till dagvattenhantering.

1.3.5. Infiltrationsanläggningar i gatumiljö

Klimatförändringar och urbanisering har lett till att större dagvattenflöden måste omhändertas, renas och flödesutjämnas. I Sverige har infiltrationsanläggningar anlagts i ökande takt i städer under de senaste åren för att avlasta ledningsnät och rena dagvatten innan det når recipient (Larm & Blecken 2019:68). Anläggningarna är billiga och yteffektiva (Siriwardene *et al.* 2007). Dessa system är inte enbart mer hållbara och miljövänliga än traditionell avvattnings av gator (dagvatten avvattnas till ledningsnät), utan kan även konstrueras och utnyttjas till lägre kostnad (Błażejowski *et al.* 2018).

Infiltrationsanläggningar omhändertar dagvatten lokalt, renar, fördröjer och ger ökad grundvattenbildning genom att tillåta infiltration (Svenskt Vatten 2011:69). De kan konstrueras på olika sätt beroende på deras syfte (Błażejowski *et al.* 2018). Exempel på lokal dagvattenhantering som ofta används är gräsbeklädda diken och makadamdiken. Dessa fördröjer och till viss del renar dagvatten, samt minskar dagvattenvolymen genom infiltration när markförhållanden tillåter det (Locatelli *et al.* 2015). Det finns dock en risk för att infiltrationsanläggningar misslyckas på grund av att de lätt sätts igen (Siriwardene *et al.* 2007).

Infiltration i stadsmiljö är begränsat av befintlig infrastruktur, ekonomiska aspekter, markföroreningar, grundvattennivåer och vattenuttag av dricksvatten. Däremot har det visats att infiltration minskar toppflöden till avloppssystem och minskar därmed översvämningar av kombinerade avloppssystem (Locatelli *et al.* 2015). Infiltrationsanläggningar med dess goda förmåga att avleda och rena dagvatten är därför ett mer hållbart alternativ mot traditionella dagvattensystem.

Gräsbeklätt dike

Gräsbeklädda diken är nedsänkta diken med skålad form som används för att minska avrinning och bidra med flödesutjämning av dagvatten i väg- eller gatumiljö. Gräsbeklädda diken kan utformas som svackdiken eller infiltrationsstråk (Stockholm vatten och avfall 2017a). Dessa anläggningar tillåter goda infiltrationsmöjligheter (Stockholm vatten och avfall 2017b) och bidrar med grönska och växttillgängligt vatten i stadsmiljö. De är kostnadseffektiva lösningar och kräver generellt mindre naturresurser än användning av traditionella ledningssystem (Bäckström 2002).

Historiskt har gräsbeklädda diken använts för avvattning av vägar (Davis *et al.* 2012) och de betraktas som en av de enklaste (Deletic & Fletcher 2006) och vanligaste dagvattensystem för vägvattning runt om i världen (Ekka *et al.* 2021). De har påvisat god förmåga att minska ytavrinning och flödestoppar och således minska risken för översvämningar (Ekka *et al.* 2021). Gräsbeklädda diken kan fungera som komplement eller alternativ till traditionell dagvattenhantering (Blecken 2016:75) och fungerar även bra att använda i kombination med andra dagvattensystem (Stockholm vatten och avfall 2017a).

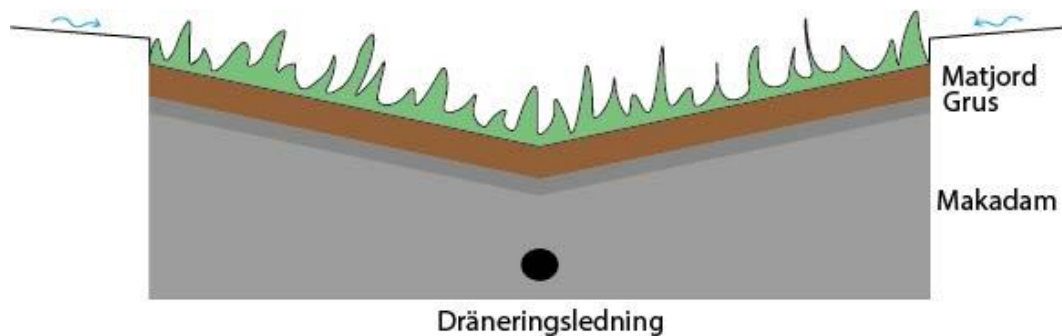
Gräsbeklädda diken utformas med grunt djup och svagt sluttande slänter. Sidolutningen bör inte överstiga 10 grader (Stockholm vatten och avfall 2017b). Dikena bör vara nedsänkta mot angränsande hårdgjorda ytor, ungefär 5 centimeter (Stockholm vatten och avfall 2017b). Det beror på att gräsytan höjer sig över tid vilket efter hand hindrar dagvattnet från att rinna ned i diket (Svenskt Vatten 2011:74). Diket ska med fördel vara utformad med en bottenbredd på minst 0.5 meter och svag lutning i längdled, högst en procent (Stockholm vatten och avfall

2017b). För optimal effekt bör lutningen i längdled uppgå till 2–5 promille och således kan den relativt plana skålade ytan utnyttjas fullständigt. Därmed bör vägar och gator utföras plana i längdriktning, och istället med större sidofall (Svenskt Vatten 2011:74).

För att förebygga risken för erosionsskador är det betydande att flödes hastigheten inte överstiger 1 m/s och att diket är dimensionerat för att hantera majoriteten av nederbördsmängderna (Stockholm vatten och avfall 2017a). Vid längre sammanhängande stråk (Stockholm vatten och avfall 2017b) eller där marken lutar kan dämmen bidra med flödesreglering (Stockholm vatten och avfall 2017a) genom att dela upp diket i terrasserade sektioner (Stockholm vatten och avfall 2017b). Dagvatten rinner vanligen in på bred front mot diket längs hela ytan. Koncentrerade flöden bör undvikas eftersom det kan orsaka erosionsskador. Om avvattnings av någon anledning måste ske via koncentrerade inlopp bör erosionsskydd placeras vid inloppet (Stahre 2004:50).

Ett gräsbeklätt dike byggs upp med makadamfyllning i botten, följt av ett grusskikt, sandblandad matjord och ett vegetationsskikt, vanligen gräs (se Figur 7) (Stockholm vatten och avfall 2017b). Om underliggande mark inte tillåter infiltration, kan en tät duk placeras mot befintlig mark och en dräneringsledning i dräneringslagret. Dräneringsledningen placeras en bit över botten och kopplas till en dagvattenbrunn med vattenlås och sandfång (Stockholm vatten och avfall 2017b). Flöden som överstiger infiltrationskapaciteten och magasineringens volymen kan avledas med bräddningsbrunnar. Dessa ska placeras i höjd med maximal tillåten vattennivå och inte i botten av diket (Stockholm vatten och avfall 2017b). Överkanten av bräddningsbrunnen bör placeras ungefär 10 centimeter under nivån för den hårdgjorda ytan och 10–50 centimeter över diket botten. Därmed utnyttjas hela diket volym och en stor del av vattnet tillåts infiltrera och renas genom dräneringslagret innan det leds vidare till dagvattensystemet (Svenskt Vatten 2011:72). Bräddningsbrunnar och dräneringsledningen kan även vara kopplade till anordningar längre nedströms, där vattnet leds till fördörjningsmagasin eller dammar, innan det leds ut till recipient^{1, 2}.

¹ Matilda Wistrand, Enhetschef VA-Teknik, Ramboll, Intervju, 2021-11-11



Figur 7: Gräsbeklätt dikes uppbyggnad med ett makadamlager i botten följt av ett grusskikt, matjord och ett vegetationsskikt bestående av gräs. En dräneringsledning är placerad i botten av diket.

Reningseffekten i gräsbeklätt dike är mycket god (Stockholm vatten och avfall 2017b). Minskning av partikelhalt, metaller, oljor och näringsämnen har uppskattats till upp mot 90 procent (Blecken 2016:76). Störst avskiljning uppnås vid mindre regn och för diken med svag lutning, god genomsläpplighet, tät gräsbevaxning och lång uppehållstid (Blecken 2016:76). Reningseffekten påverkas av jordlagrets djup, infiltrationskapacitet och substratets förmåga att binda till föroreningar (Stockholm vatten och avfall 2017b). Grövre material ökar infiltrationskapaciteten och förbättrar därmed avledningen av dagvatten, men tillhandahåller låg reningseffekt. På motsvarande sätt ökar istället finare material reningsförmågan genom filtrering och absorption av suspenderade partiklar, men minskar infiltrationskapaciteten (Blecken 2016:76).

Vid utformning behöver en avvägning göras mellan krav på infiltrationskapacitet, förekomst av dagvattenföroreningar, önskad reningseffekt och risk för förorening av grundvattnet (Blecken 2016:76). Om anläggningen konstrueras med en tät duk mot befintlig mark och dräneringsledning placeras högre än botten, kan en stor del av finpartiklar och slam ansamlas i botten av stråket, och således öka kvaliteten på utgående vatten (Svenskt Vatten 2011:71–72). Utmaningen med infiltrationsanläggningar är att det finns risk för igensättning med fina partiklar vilket minskar eller begränsar anläggningens infiltrationskapacitet över tid (Blecken 2016:76).

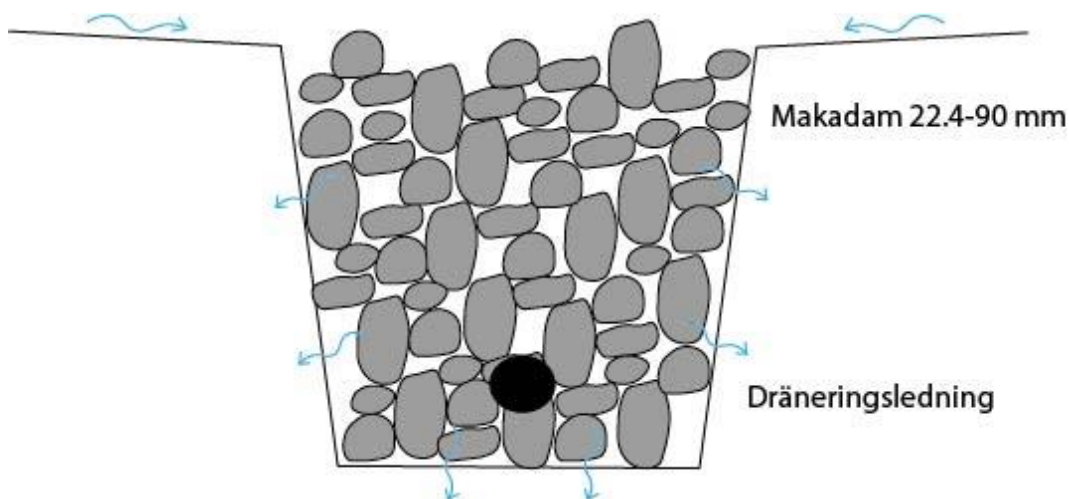
Nyanlagda diken ska sås med snabbväxande gräs tidigt efter anläggandet. Gräset motverkar ogräsetablering och minskar risken för erosion, vilket är viktigt för att diket ska fungera optimalt (Stockholm vatten och avfall 2017a; Stockholm vatten och avfall 2017b). Gräs som bildar täta tuvor bör väljas eftersom det ökar kontaktytan mot vattnet vilket förbättrar rening och minskar erosionsrisken (EPA 1999). För ökad reningseffekt och/eller estetiska värdena kan specifika grässorter eller växter väljas (EPA 1999). En växthöjd av gräset på 50–150 centimeter anses optimalt för att fånga in partiklar. Det är högre än för traditionella gräsytor och kräver därför särskild tillsyn (Blecken 2016:77). Gräsbeklädda diken kan bidra med

grönska i stadsmiljön samtidigt som de har en god förmåga att fördröja och rena dagvatten.

Makadamdike

Makadamdiken är öppna diken som är helt eller delvis fyllda med sten för att skapa en underjordisk reservoar för dagvatten (Larm & Blecken 2019:76). De används för att magasinera dagvatten och tillåter infiltrering till omgivande jordar från botten och sidorna i diket. Dessutom avlägsnar de föroreningar och infiltrerar dagvatten tillbaka ner i marken. Infiltreringen bidrar till minskade toppflöden och minskad avrinningsvolym (Larm & Blecken 2019:76).

Vid anläggning grävs ett dike på minst 0.5 meter djup, som fylls med makadam (se Figur 8) (Stockholm vatten och avfall 2017c). Makadam är krossad och storleksorterat sten utan nollfraktion (Stockholm vatten och avfall 2017c). Kornstorleken på stenmaterialet i diket ska vara 22,4–90 millimeter (Trafikverket 2005:15). Botten bredden bör minst vara 0.5 meter med en maximal längd lutning på en procent (Stockholm vatten och avfall 2017c). Sidoytorna på diket är vertikala eller med en svag lutning (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). Makadamdiken kan utformas på olika sätt och används främst intill vägar och parkeringar (Larm & Blecken 2019:22). De har god kapacitet att flödesutjämna låga- och dimensionerande flöden, men har lägre kapacitet för extrema regn. Även om infiltrationskapaciteten är god kan avledning av stora flöden vara problematiskt. Därför används makadamdiken ofta i kombination med andra dagvattenanläggningar (Larm & Blecken 2019:76-77).



Figur 8: Ett makadamdikes uppbyggnad med fraktionerna 22,4 – 90 mm och en dräneringsledning i botten.

På grund av den relativt smala formen kan makadamdiken anpassas till många olika typer av platser och kan anläggas på befintlig infrastruktur. De är därför praktiska i stadsmiljö där tillgänglig yta för dagvattenhantering är begränsad (Toran &

Jedrzejczyk 2017:2). Till skillnad från andra dagvattenanläggningar kan makadamdiken enkelt anpassas till smala utrymmen som exempelvis mittrefuger (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). De kan även anläggas på gator som kräver utrymningsväg där mittrefugen måste vara överkörningsbar (Trafikverket 2005:14).

Makadamdiken dimensioneras efter ett specifikt flöde som vid nederbörd ska avledas från gator och magasineras i diket (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). Det dimensionerade flödet kan variera i olika delar av anläggningen. Storlek och fördröjningsvolym kan därför vara olika längs med diket (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). Fördröjningsmagasinet utgörs av porvolymen som skapas mellan makadamen, normalt är det cirka 30 procent av den totala volymen. Om en dräneringsledning används utgörs fördröjningsvolymen enbart av porvolymen under ledningen (Toran & Jedrzejczyk 2017:8). Om dräneringsledningen stryps kan dock hela fördröjningsmagasinet utnyttjas. Detta genom att avtappningen av diket sker med låg hastighet och vatten kan därmed magasineras över dräneringsledningen (Toran & Jedrzejczyk 2017:8).

Inloppen till diket kan utformas på olika sätt; dagvatten kan rinna på bred front ner i diket, alternativt ledas in genom släpp i kantsten eller genom brunn ifall kantsten behövs av säkerhetsskäl (Toran & Jedrzejczyk 2017:3). Observationer har visat att släpp i kantsten är ineffektivt för att vatten har svårt att svänga 90 grader från gatan in i anläggningen (SWECO 2011). Brunnar har visat vara mer effektiva och bättre ur driftsynpunkt (speciellt vid snöröjning) när kantstödslinjen är obruten. Från brunnen rinner dagvattnet via en ränna till makadamdiket som ligger cirka 10–15 centimeter lägre än gatan (SWECO 2011).

Dagvatten magasineras i diket och därefter infiltreras dagvattnet gradvis till omkringliggande mark genom dikets botten och sidor ner till jorden och perkolerar ner till grundvattnet (Larm & Blecken 2019:76). Genom att avleda dagvattnet till omkringliggande jord bevaras den naturliga vattenbalansen på platsen genom tillflöde av grundvatten. Dessutom bidrar det med förbättrad vattenkvalitet genom rening (Larm & Blecken 2019:77). Infiltration till omkringliggande mark sker endast när grundvattennivån minst är 0.5 meter under dikets botten och jord med god porositet (Larm & Blecken 2019:77). Placering av makadamdiken måste ske noggrant för att undvika risken för föroreningar i grundvatten (Larm & Blecken 2019:77-78). Om marken runt diket är förorenad eller om grundvattennivån är hög, placeras en tät duk på dikets sidor och botten för att täta mot omkringliggande mark (Toran & Jedrzejczyk 2017:9).

Vid anläggning av ett makadamdike är det viktigt att undvika komprimering av jord och att säkerställa att finare fraktioner inte deponeras i diket, då detta kan leda till

tidig igensättning (Toran & Jedrzejczyk 2017:3). Om bräddning av vatten i diket kan skada närliggande infrastruktur krävs det att flöden större än det dimensionerande leds till ett översvämningsskydd, exempelvis en bräddningsbrunn (Larm & Blecken 2019:77). För att säkerställa att bräddning inte sker i onödan ska bräddningsbrunnen ligga i diket lågpunkt och i samma nivå som maximal tillåten vattennivå. Utflöde av magasinerat dagvatten sker dels genom dräneringsledning som placeras på diket botten och är kopplad till ledningssystemet, dels genom infiltration till omkringliggande mark (Larm & Blecken 2019:77).

Makadamdiken kan avlägsna en mängd olika föroreningar från dagvatten på grund av makadammet och omgivande jords naturliga filtreringsegenskaper (Larm & Blecken 2019:23). Detta sker genom filtrering i jordmaterialet och omkringliggande mark, samt genom biologiska och kemiska processer i jorden (Larm & Blecken 2019:23). Reningsförmågan hos diken är god för grövre- och partikelbundna förorening, men diken har låg potential att rena dagvatten från lösta föroreningar. Grövre- och partikelbundna föroreningar sedimenteras i diket botten och studier har visat att rening av partikelbundna föroreningar ligger mellan 50–90 procent (Stockholm vatten och avfall 2017c; Larm & Blecken 2019:23). Om dräneringsledning placeras en bit ovanför diket botten ökar reningsförmågan av grövre- och partikelbundna föroreningar i och med att en sedimentationsvolym skapas under dräneringsledningen (Stockholm vatten och avfall 2017c).

Ett ytterligare sätt för effektiv sedimentation av föroreningar är genom ett strypt utlopp där avtappningsflödet kan regleras (Larm & Blecken 2019:77). Genom att styra hastigheten på tömningstiden kan flera mindre föroreningar sedimenteras, vilket kan öka reningseffekten av lösta föroreningar (Larm & Blecken 2019:77). Makadam har svårt att adsorptivt binda lösta föroreningar på grund av att det är ett grovt material. Adsorption innebär att föroreningen binder till ytan på markpartikeln (Larm & Blecken 2019:77). Antalet adsorptivt bundna föroreningar kan öka genom att en större andel finare fraktioner används. Dock minskar fördröjningsvolymen och infiltrationskapaciteten med större andel finare fraktioner (Stockholm vatten och avfall 2017c). Rening av lösta metaller och näringsämnen uppskattas ligga mellan 10–20 procent (Stockholm vatten och avfall 2017c). Jordsubstratet i makadamdiken kan således väljas utifrån önskad effekt på rening eller fördröjning. Makadamdiken är därmed ett hållbart alternativ för dagvattenhantering.

1.4. Syfte

Syftet med kandidatarbetet är att redogöra hur hållbar dagvattenhantering kan tillämpas i gatumiljö. Fokus är att lyfta fram hur enkla lösningar kan användas för dagvattenhantering i mittrefug på gator.

1.4.1. Frågeställningar

- Hur kan dagvatten fördröjas i en mittrefug genom hållbar dagvattenhantering?
- Vilka förutsättningar krävs för att omhändertagande av dagvatten i en mittrefug ska fungera?
- Hur kan en infiltrationsanläggning dimensioneras med hjälp av beräkningar?

1.4.2. Avgränsning

Arbetet fokuserar på hållbar dagvattenhantering och är avgränsat till fördröjning av dagvatten. Fokus är på huvudgator med mittrefug. Studien är begränsad till att undersöka och lyfta fram två förslag för ett utsnitt av Västra Ringvägen i Västerås. Valet av gata är gjort efter kommunikation med landskapsarkitekt på Västerås stad som belyste att gatan var i behov av en omdaning.

2. Metod

För att besvara frågeställningarna har arbetet bestått av två metoder. En platsstudie med protokoll som undersöker möjligheten för dagvattenhantering i mittrefug och beräkningar som tar fram specifika mått och egenskaper för dimensionering av dagvattenanläggningar.

2.1. Platsstudie med protokoll

En platsstudie genomförs med hjälp av nedanstående protokoll för att avgöra om en befintlig gata har potential för omhändertagande av dagvatten i mittrefugen. Protokollet är framtaget av författarna av detta kandidatarbete och baseras på informationen som redovisas i litteraturgenomgången. Denna information har noga sammanställts genom ämnesrelevant litteratur, vetenskapliga artiklar och genom intervju med enhetschef på VA-teknik på Ramboll. Urvalet av litteratur har sammanställts för att presentera en bakgrundsinformation om gatumiljöer och vilka krav och riktlinjer som finns gällande dagvattenhantering. Fakta kring gators avvattning och föroreningsbelastning har också undersökts. Därutöver har information sammanställts kring hållbar dagvattenhantering, och specifikt inriktats mot enkla dagvattenlösningar (diken) som har potential att utnyttjas i gatumiljöer.

Litteraturgenomgången presenteras som en introduktion till ämnet och som underlag för protokollets uppbyggnad. Protokollet är framtaget med ett antal kriterier och ställningstaganden som anger vilka förutsättningar som krävs för omhändertagande av dagvatten i mittrefugen i en gatumiljö. Protokollet innehåller även frågor som används som utgångspunkt för att avgöra gatans befintliga förutsättningar. Frågorna är indelade i huvudgrupper; mittrefug, avrinningsområde, lutning, föroreningar och befintlig mark. En sammanställning av frågorna presenteras i Bilaga 1. För att gator med mittrefug ska kunna omhänderta dagvatten i mittrefugen behöver dessa kriterier uppfyllas och efterföljande frågor besvaras.

Mittrefug:

Hållbar dagvattenhantering vid gator uppfylls vid trög avledning och sker ofta i öppna dagvattenstråk som ersätter (eller kompletterar) traditionella

dagvattensystem. Gatan behöver därför vara utrustad med en mittrefug där dagvattensystem kan anläggas.

Säkerhet och framkomlighet på gator är av yttersta vikt. Mittrefugen ska fungera som barriär och tillåta god sikt. Därför får bredd på mittrefugen inte förändras och eventuell kantsten inte tas bort. Om mittrefugen behöver vara överkörningsbar kan endast dagvattenlösningen makadamdike anläggas.

Inlopp till dike kan ske på bred front, genom släpp i kantsten eller med brunn. Av säkerhetsskäl och driftsynpunkt kan kantsten vara nödvändigt. Vid koncentrerat inlopp bör ett erosionskydd placeras ut.

- Har gatan en mittrefug?
- Hur stor är mittrefugen (längd och bredd)?
- Finns krav på att mittrefug ska vara överkörningsbar?
- Behöver mittrefugen vara utrustad med kantsten?

Avrinningsområde:

Avrinningsområdets storlek påverkar hur stor dagvattenvolym och flöde som diket ska omhänderta. Detta påverkas även av vilket ytmaterial som avrinningsområdet består av, eftersom olika ytmaterial bidrar med olika mycket dagvattenavrinning. Avrinningsområdets början och slut bestäms utifrån platsspecifik information om gatans lutning och placering av brunnar.

- Hur stort är avrinningsområdet?
- Vilket ytmaterial har avrinningsområdet (avrinningskoefficient)?
- Hur sker avvattningen av avrinningsområdet?

Lutning:

Gator bör ha ett tvärfall mot mittrefugen för att avvattning ska ske till dagvattenanläggningen. Om befintliga gatan inte uppfyller detta bör lutningen eventuellt förändras. Längdlutning i infiltrationsanläggning får inte överstiga en procent, om detta inte är möjligt bör diket terrasseras.

- Har gatan ett tvärfall mot mittrefug?
- Är gatans längdlutning en procent eller lägre?

Föroreningar:

Gator är ofta källa till en stor del föroreningar och därför behöver det vid platsbesök tas ställning till om dagvattnet kan renas i dagvattenanläggningen (diket). Om reningsgraden är otillfredsställande eller om omkringliggande mark är förorenad behöver en tät duk placeras mot angränsande mark för att förhindra att föroreningar sprids.

- Har gatan en hög föroreningsbelastning?
- Är omkringliggande mark förorenad?

Befintlig mark:

Vid dimensionering är det viktigt att ta hänsyn till marken som omger diket. Om omkringliggande mark har låg infiltrationskapacitet eller om grundvattennivån är placerad högre än 0.5 meter över dikets botten behöver diket avgränsas med en tät duk mot angränsande mark.

- Har jordsubstratet i omkringliggande mark god infiltrationskapacitet?
- Är grundvattennivån under 0.5 meter från dikets botten?

2.2. Dimensionering av dagvattensystem

Dimensionering av dagvattensystem är en komplicerad process som kräver noggrann information om platsspecifika förhållanden. Det innefattar information om bland annat tillgänglig anläggningsarea, grundvattennivåer, topografiska- och geotekniska förhållanden, anslutande ledningar, avrinningsområdets karaktär, recipient och befintlig infrastruktur (Larm & Blecken 2019:28). För att dimensionera dagvattensystem krävs därmed utförliga beräkningar med hydrauliska datorprogram. Vid överslagsberäkningar över planerade anläggningar lämpar sig dock handberäkningar av dagvattenmängder och dagvattenflöden inom ett avrinningsområde (Svenskt Vatten 2019:64). Handberäkningar är metoden som beskrivs i detta avsnitt.

Nederbördsintensiteten [$l/s \times ha$] beskriver hur mycket regn som faller inom ett område under en viss tid. Vid beräkning av nederbördsintensiteten tas hänsyn till regnvaraktighet och återkomsttid (se Ekvation 1) (Svenskt Vatten 2019:32-33). Regnvaraktigheten anger under hur lång tid nederbörden varar, det vill säga hur länge det regnar (Svenskt Vatten 2019:33). Återkomsttiden anger en säkerhetsnivå för att en regnhändelse ska inträffa. Återkomsttiden bestäms utifrån en standardiserad analys av historiska nederbördsserier som är baserade på långa

mätserier från nederbördsräknare. Säkerhetsnivån är inte statistisk över tid utan påverkas av olika faktorer inom avrinningsområdet (Svenskt Vatten 2019:34). Avrinningsområde är det område som samlar upp dagvatten som sedan avvattnas till en viss punkt. Ökad mängd hårdgjorda ytor utan fördröjning medför en lägre säkerhetsnivå i jämförelse med om fördröjningsmöjligheter för dagvatten finns. Det innebär även att en specifik regnhändelse kan inträffa slumpmässigt, även om sannolikheten för att regnhändelsen ska inträffa kan variera (Svenskt Vatten 2019:34).

(Ekvation 1)

$$i(t_r) = 190 \times T^{\frac{1}{3}} \times \frac{\ln t_r}{t_r^{0.98}} + 2$$

$i(t_r)$: nederbördintensitet [l/s×ha]

T: återkomsttid [mån]

t_r : varaktighet [min]

Sambandet mellan varaktighet och återkomsttid är viktigt att observera vid jämförelse mellan olika regn (Svenskt Vatten 2019:33). Ett regn med kort varaktighet och lång återkomsttid, kan medföra lika stor nederbördsvolym som ett regn med lång varaktighet och kort återkomsttid (Svenskt Vatten 2019:33). Vid jämförelse av den relativa skillnaden mellan ett regn med en bestämd varaktighet framgår att ett 10-års regn är ungefär dubbelt så stort som ett 1-års regn, och ett 100-års regn är ungefär dubbelt så stort som ett 10-års regn (Svenskt Vatten 2019:33).

Vid planering av nya exploateringsområden och dagvattenanläggningar anges vanligen en lägsta säkerhetsnivå som anläggningen kan hantera för att säkerställa att risken för bland annat översvämningar minimeras (Svenskt Vatten 2019:34). Denna säkerhetsnivå anges i [mm], och utgör ett mått på nederbörd per nederbördstillfälle och är ofta angivet av kommuner (Svenskt Vatten 2019:34). Säkerhetsnivån (se Ekvation 2) kan bestämmas vid en bestämd varaktighet och återkomsttid (Svenskt Vatten 2019:34).

(Ekvation 2)

$$\text{Säkerhetsnivå} = i(t_r) \times t_r$$

Säkerhetsnivå [mm]

$i(t_r)$: nederbördsintensitet [l/min×m²]

t_r : varaktighet [min]

Vid dimensionering av dagvattenanläggningar för fördröjning tas hänsyn till den dagvattenvolym som samlas upp inom avrinningsområdet (se Ekvation 3) (Lidström 2021). Den dimensionerande volymen (V_Q) beror av avrinningsområdets area (A), avrinningskoefficient (φ), nederbördsintensitet ($i(t_r)$) och varaktighet (t_r) (Lidström 2021).

(Ekvation 3)

$$V_Q = A \times \varphi \times i(t_r) \times k_f \times t_r$$

V_Q : dimensionerad volym [m³]

A : avrinningsområdets area [m²]

φ : volymavrinningskoefficient [enhetslös]

$i(t_r)$: nederbördsintensitet [l/min×m²]

t_r : varaktighet [min]

k_f : klimatfaktor [enhetslös]

Avrinningsområdets area (A) bestäms av den area som deltar i avrinningen och bidrar med dagvattenflöde (Svenskt Vatten 2019:67).

Vid beräkning används en klimatfaktor (k_f) för att ta hänsyn till förväntad ökning av nederbörd i framtiden. Svenskt Vatten (2019:35) rekommenderar att en klimatfaktor på minst 1.25 används vid beräkning av nederbörd med en varaktighet kortare än en timme.

Avrinningskoefficienten (φ) beskriver hur stor andel av avrinningsområdet som bidrar med avrinning. Det beror på exploateringsgrad, andel hårdgjorda ytor, områdets lutning och regnintensitet (Svenskt Vatten 2019:67). Ett högt värde på avrinningskoefficienten innebär att en stor del av nederbörden bidrar till avrinning. Resterande del utgörs av förluster som avgår genom infiltration, avdunstning, adsorption av vegetation eller magasinering i mark (Svenskt Vatten 2019:67).

Värdet på avrinningskoefficienten är alltid mindre än ett (Svenskt Vatten 2019:67). I Tabell 1 redovisas värdet på avrinningskoefficienten för olika typer av markslag.

Tabell 1: Visar värden för avrinningskoefficient för olika markslag (Svenskt Vatten 2019:68).

| Markslag | Avrinningskoefficient, φ |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Betong- och asfaltsyta | 0.8 |
| Plattyta med grusfogar | 0.7 |
| Odlad mark, gräsyta, ängsmark | 0.1 |

Om ett avrinningsområde består av flera delområden med olika markslag, kan det vid överslagsberäkningar vara nödvändigt att ta fram en sammanvägd avrinningskoefficient, $\varphi_{\text{sammanvägd}}$ (se Ekvation 4), där A_n anger area av respektive delområde och φ_n anger delområdets avrinningskoefficient (Svenskt Vatten 2019:67).

(Ekvation 4)

$$\varphi_{\text{sammanvägd}} = \frac{A_1 \times \varphi_1 + A_2 \times \varphi_2 + \dots + A_n \times \varphi_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$\varphi_{\text{sammanvägd}}$: sammanvägd avrinningskoefficient [enhetslös]

A_n : area av delområdet [m^2]

φ_n : avrinningskoefficient av delområdet [enhetslös]

Vid dimensionering av dagvattenanläggningar tas hänsyn till det dimensionerande flödet (Q_{dim}) inom avrinningsområdet. Detta beräknas med hjälp av rationella metoden (se Ekvation 5) och anger det maximala flödet inom avrinningsområdet (Svenskt Vatten 2019:77-78). Vid beräkning utifrån rationella metoden tas hänsyn till avrinningsområdets storlek (A), markytans beskaffenhet (φ), nederbördens intensitet ($i(t_r)$) och en klimatfaktor (k_f) (Svenskt Vatten 2019:77-78).

(Ekvation 5)

$$Q_{dim} = A \times \varphi \times i(t_r) \times k_f$$

Q_{dim} : dimensionerat flöde [l/s]

A: avrinningsområdets area [ha]

φ : avrinningskoefficient [enhetslös]

$i(t_r)$: nederbördsintensitet [l s \times ha]

t_r : varaktighet [min]

k_f : klimatfaktor [enhetslös]

2.2.1. Dimensionering av diken

Vid dimensionering av diken beräknas magasineringsvolym och flöde, samt sidolutning och hastighet för det gräsbeklädda diket (Lidström 2021).

Gräsbeklätt dike

Den dagvattenvolym som ett gräsbeklätt dike kan magasinera ska vara lika med eller högre än den dimensionerande volymen (Lidström 2021).

$$V_{dike} \geq V_{dim}$$

För triangelformade diken beräknas volymen (V) med hänsyn till dikets längd (l), bredd (b) och djup (d) (se Ekvation 6 och Figur 9) (Lidström 2021).

(Ekvation 6)

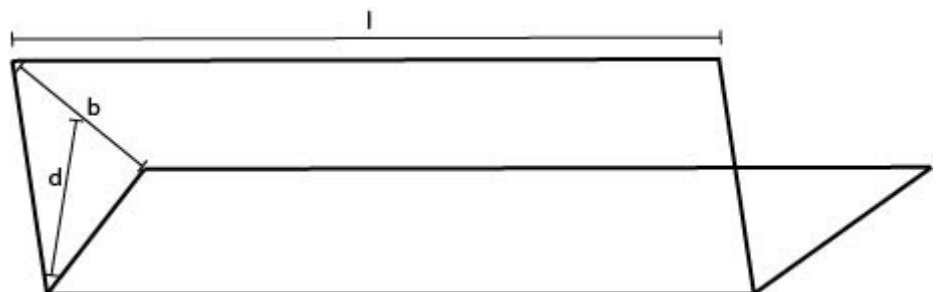
$$V = \frac{l \times b}{2} \times d$$

V: volym [m³]

l: längd [m]

b: bredd [m]

d: djup [m]

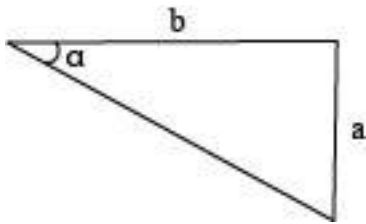


Figur 9: Förhållandet mellan de ingående parametrarna längd (l), bredd (b) och djup (d) som används vid volymberäkning av ett triangelformat dike.

Gräsbeklädda diken bör utformas med en låg sidolutning. Sidolutningen (α) för triangelformade diken beräknas med hänsyn till dikets bredd och djup (se Ekvation 7 och Figur 10) (Stockholm vatten och avfall 2017b).

(Ekvation 7)

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$



Figur 10: Ingående kateterna a och b i en rätvinklig triangel för beräkning av sidolutning (α).

Maximala flödeskapaciteten i gräsbeklädda diken beräknas med Mannings formel, (se Ekvation 8) och ska vara lika med, eller högre än det dimensionerande flödet från avrinningsområdet (Lidström 2021).

$$Q_{dike} \geq Q_{dim}$$

Vid beräkning med Mannings formel tas hänsyn till dikets tvärsnittsarea (A), hydraulisk radie (R), längd lutningen i diket (S) och Mannings tal (M) (Lidström 2021).

(Ekvation 8)

$$Q = A \times R^{\frac{2}{3}} \times M \times S^{\frac{1}{2}}$$

Q: flöde [m^3/s]

A: tvärsnittsarea [m^2]

R: hydraulisk radie [m]

S: längd lutning [enhetslös]

M: Mannings tal [$m^{\frac{1}{3}}/s$]

Hydraulisk radie (R) är ett teoretiskt begrepp som inte går att illustrera utan är en relation mellan yta och längd (se Ekvation 9) (Lidström 2021). För att beräkna den hydrauliska radien behövs den våta parametern (P) (se Figur 11). Den våta parametern är den sträcka där vatten är i kontakt med marken (Lidström 2021).

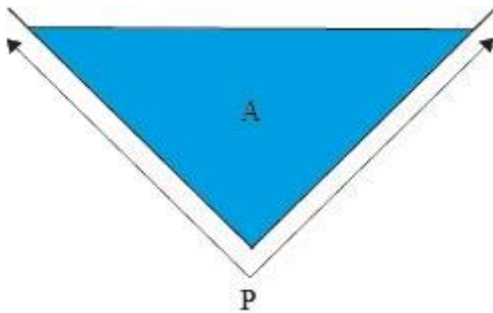
(Ekvation 9)

$$R = \frac{A}{P}$$

R: hydraulisk radie [m]

A: tvärsnittsarea [m²]

P: våta parametern [m]

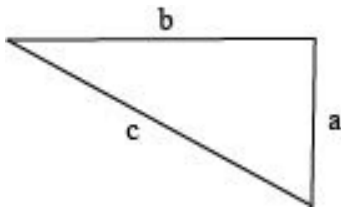


Figur 11: Förhållandet mellan area och våta parametern vid beräkning av hydraulisk radie.

För att beräkna den våta parametern på ett triangelformat dike används pythagoras sats (se Ekvation 10 och Figur 12) (Lidström 2021).

(Ekvation 10)

$$c^2 = a^2 + b^2$$



Figur 12: Ingående sidor a, b och c i en rätvinklig triangel vid beräkning av våta parametern.

Mannings tal är en konstant och har olika värden beroende på vilket material som diket är beklätt med (Svenskt Vatten 2019:82). Höga värden på Mannings tal betyder låg friktion och hög hastighet på vattnet. Värdet för Mannings tal i gräsbeklädda diken redovisas i Tabell 2. Över tid kommer diken få lägre och lägre värden på Mannings tal på grund av att diken successivt växer igen. Detta är viktigt att ta hänsyn till vid dimensionering (Svenskt Vatten 2019:82).

Tabell 2: Visar värde för Mannings tal för konstruerade diken (Svenskt Vatten 2019:83).

| Typ av sektion | Mannings tal, M |
|----------------------------------|-----------------|
| Grävda diken med viss vegetation | 30 |

Vid dimensionering av anläggningar med reningsförmåga är det viktigt att hänsyn till vattenhastigheten i diket. Vid beräkning av hastighet (v) tas hänsyn till dikets flöde (Q) och tvärsnittsarea (A) (se Ekvation 11) (Lidström 2021).

(Ekvation 11)

$$v = \frac{Q}{A}$$

v : hastighet [m/s]

Q : flöde [m³/s]

A : tvärsnittsarea [m²]

Makadamdike

Ett makadamdikes effektiva volym (V_{eff}) är den faktiska volym som anläggningen kan magasinera². Vid dimensionering tas hänsyn till att makadamdiket kan magasinera hela den dimensionerande volymen^{2, 3}.

$$V_{\text{dike}} \geq V_{\text{dim}}$$

Vid beräkning av makadamdikets effektiva volym (V_{eff}) (se Ekvation 12), tas hänsyn till anläggningens area (A_{sf}), substratets höjd (h_{subst}) och substratets porositet (n_{subst}) (se Tabell 3)².

(Ekvation 12)

$$V_{\text{eff}} = A_{\text{sf}} \times h_{\text{subst}} \times n_{\text{subst}}$$

V_{eff} : effektiv volym [m³]

A_{sf} : anläggningens area [m²]

h_{subst} : substratets höjd [m]

n_{subst} : substratets porositet [enhetslös]

² Karin Blombäck, forskare, SLU, Intervju, 2021-11-29

Tabell 3: Visar värde för porositet för makadam (Toran & Jedrzejczyk 2017).

| Material | Porositet, n_{subst} |
|----------|------------------------|
| Makadam | 0.3 |

Vid dimensionering av makadamdiken är det viktigt att flödet i makadamdiket är lika med eller högre än det dimensionerande flödet från avrinningsområdet (Lidström 2021).

$$Q_{dike} \geq Q_{dim}$$

Flödet in i makadamdiket beräknas med Darcy's lag (se Ekvation 13)². Vid beräkning tas hänsyn till materialets hydrauliska konduktivitet (K) som är ett mått på materialets vattenledande förmåga (se Tabell 4), tvärsnittsarea (A), förändring av vattnets lägespotential mellan två punkter (Δh) och sträckan som vattnet flödar genom jorden (Δl) (se Figur 13)^{2, 4}.

(Ekvation 13)

$$Q = K \times A \times \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

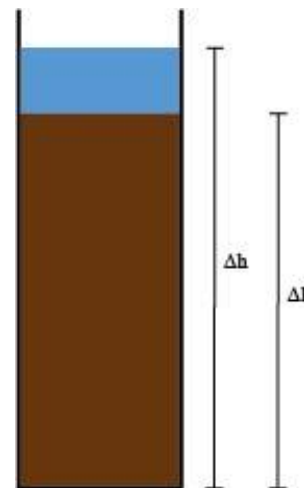
Q: flödet [m^3/s]

K: markens hydrauliska konduktivitet [m/h]

A: tvärsnittsarea [m^2]

Δh : höjdskillnad från högsta tillåtna vattennivå och överbyggnadens botten [m]

Δl : sträckan som vattnet flödar genom jorden [m]



Figur 13: Förhållandet mellan höjdskillnad från högsta tillåtna vattennivå och överbyggnadens botten (Δh) och sträckan vatten flödar genom jorden (Δl) i Darcy's lag.

Tabell 4: Visar värde för hydraulisk konduktivitet för makadam².

| Jordmaterial | Hydraulisk konduktivitet, K [m/h] |
|--------------|---------------------------------------|
| Makadam | 1 |

² Karin Blombäck, forskare, SLU, Intervju, 2021-11-29

3. Resultat

Nedan redovisas resultatet av platsstudie och beräkningar för dimensionering av dagvattensystem för Västra Ringvägen.

3.1. Platsstudie av Västra Ringvägen

Den andra december 2021 genomförde Sandra Villner ett platsbesök av Västra Ringvägen. Protokollet (se Bilaga 1) användes och sammanställningen redovisas nedan. Resultatet av platsstudien påvisar att det är möjligt att anlägga ett dagvattensystem i mittrefugen på Västra Ringvägen.

Mittrefug:

Västra Ringvägen har en mittrefug som löper längs hela gatuutsnittet (se Figur 14 & Figur 15). Måtten på mittrefugen redovisas i Tabell 5. Det finns inget krav på att mittrefugen ska vara överkörningsbar. Kantstöd ska av säkerhetsskäl anläggas i södra delen av mittrefugen på grund av korsningen. Om resterande del av mittrefugen däremot ska omges av kantstöd bestäms av väghållaren. I detta fall finns inga specifika krav.



Figur 14: Mittrefug mellan två körbanor på Västra Ringvägen, mot nordväst.



Figur 15: Mittrefug, körbana och gångväg på västra sidan av Västra Ringvägen, mot sydöst.

Avrinningsområde:

Avrinningsområdet är totalt 2998.6 m² (se streckat område på Figur 16). Gatusektionen består av dubbelriktade körfält på vardera sida om mittrefugen, en gångväg på västra sida och en gång- och cykelväg på östra sidan. Ytmaterialet på gatans ingående delar redovisas i Tabell 5. Idag avvattnas Västra ringvägen till brunnar som är placerade intill kantstöd (se blåa pilar på Figur 16). Det finns tre brunnar placerade på västra sidan och två brunnar på östra sidan (se rödmarkering på Figur 16).

Tabell 5: visar en sammanställning av information kring gatans storlek, uppdelning och markslag (Villner 2021).

| Marktyp | Ytmaterial | Längd, l [m] | Bredd, b [m] | Area, A [m ²] | Avrinningskoefficient, ϕ |
|------------------------|------------|--------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|
| Gångväg väst | Plattor | 153 | 2.2 | 336.6 | 0.7 |
| Körbana väst | Asfalt | 150 | 8 | 1 200 | 0.8 |
| Mittrefug | Gräs | 90 | 3.9 | 351 | 0.1 |
| Körbana öst | Asfalt | 143 | 8 | 1 144 | 0.8 |
| Gång- och cykelväg öst | Asfalt | 60 | 4.5 | 270 | 0.8 |



Figur 16: Flygbild över Västra ringvägen med avrinningsområde (streckat), mittrefug (ljusblå markering), brunnar (röda rektanglar) och tvärfall markerat (blåa pilar). © Lantmäteriet, 2021.

Lutning:

Körbanan och gångvägen på västra sidan har ett tvärfall mot mittrefugen (se blåa pilar på Figur 16). Den östra körbanan har ett tvärfall bort från mittrefugen och lutar istället mot gång- och cykelvägen i öst. Gång- och cykelvägen i öst har ett tvärfall mot östra körbanan. Gatusektionen lutar även kraftigt mot söder längs hela utsnittet och lutningen är högre än en procent.

Föroreningar:

Gatan har en mycket hög trafikbelastning och därför anses föroreningsbelastningen vara hög. I och med att Västerås är en gammal industristad antas att omkringliggande mark är förorenad, och därför bör inte infiltration ske.

Befintlig mark:

Som nämnts i litteraturgenomgången består omkringliggande mark av glacial lera som har en låg genomsläpplighet. Information om grundvattennivån har inte kunnat undersökas.

3.2. Dimensionering av dagvattensystem

Beräkningsförslag har tagits fram för att få nödvändig information till dimensionering av två typer av diken; gräsbeklätt dike och makadamdike. Värdena som beräknas är volym, flöde, sidolutning och hastighet i diket. I beräkningsförslaget tas hänsyn till att hela gatuutsnittet bidrar med avrinning till mittrefugen.

3.2.1. Beräkning av volym och flöde för gata

Vid dimensionering av nya förslag på dagvattenhantering på Västra Ringvägen i Västerås har ett regn med återkomsttid 10 år och varaktighet 10 minuter använts. Dessa värden uppgavs av landskapsarkitekt på Västerås stad. Regnintensiteten togs fram genom Ekvation 1 och uppgår till $228 \text{ l/s} \times \text{ha}$, vilket motsvarar 13.2 mm enligt Ekvation 2.

$$i(t_r) = 190 \times T^{\frac{1}{3}} \times \frac{\ln t_r}{t_r^{0.98}} + 2$$

$$T = 10 \text{ år} = 120 \text{ mån}$$

$$t_r = 10 \text{ min}$$

$$i(t_r) = 190 \times 120^{\frac{1}{3}} \times \frac{\ln 10}{10^{0.98}} + 2 = 227.959 \text{ l/s} \times \text{ha} \approx 228 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

$$\text{Säkerhetsnivå} = i(t_r) \times t_r$$

$$\begin{aligned} \text{Säkerhetsnivå} &= 227.959 \text{ l/s} \times \text{ha} = 227.959 \text{ l/s} \times \text{ha} \times 60 \text{ s} \times 10^{-4} \text{ ha} \\ &= 1.368 \text{ l/min} \times \text{m}^2 = 1.368 \text{ l/min} \times \text{m}^2 \times 10 \text{ min} \\ &= 13.368 \text{ l/m}^2 = 13.168 \text{ mm} \approx 13.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Den dimensionerande dagvattenvolymen inom gatuutsnittet beräknas med Ekvation 3 och uppgår till 40.4 m³. Fördröjningsmagasinet avser den del från dikesbotten upp till bräddningsbrunnen. Det innebär att dikets volym ska vara ≥ 40.4 m³ för att fördröja den dimensionerade dagvattenvolymen. Sammanvägda avrinningskoefficienten beräknades med Ekvation 4 med värden från Tabell 5.

$$V_Q = A \times \varphi \times i(t_r) \times k_f \times t_r$$

$$A = 2998.6 \text{ m}^2 = 0.29986 \text{ ha}$$

$$\varphi_{\text{sammanvägd}} = \frac{A_1 \times \varphi_1 + A_2 \times \varphi_2 + \dots + A_n \times \varphi_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{sammanvägd}} &= \frac{A_{\text{Asfalt}} \times \varphi_{\text{Asfalt}} + A_{\text{Plattor}} \times \varphi_{\text{Plattor}} + A_{\text{Gräs}} \times \varphi_{\text{Gräs}}}{A_{\text{Asfalt}} + A_{\text{Plattor}} + A_{\text{Gräs}}} = \\ &= \frac{2614 \times 0.8 + 336.6 \times 0.7 + 351 \times 0.1}{2614 + 336.6 + 351} = 0.788 \end{aligned}$$

$$i(t_r) = 227.959 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

$$k_f = 1.25$$

$$t_r = 10 \text{ min} = 10 \times 60 = 600 \text{ s}$$

$$V_Q = 0.29986 \times 0.788 \times 227.959 \times 1.25 \times 600 = 40398.270 \text{ l} \approx 40.4 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{dike}} \geq 40.4 \text{ m}^3$$

Dikena ska utöver att magasinera en viss volym även kunna avleda ett visst flöde. Det dimensionerande flödet beräknas med Ekvation 5 och uppgår till ungefär $0.067 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q_{dim} = A \times \varphi \times i(t_r) \times k_f$$

$$A_{tot} = 2998.6 \text{ m}^2 = 0.29986 \text{ ha}$$

$$\varphi = 0.788$$

$$i(t_r) = 227.959 \text{ l/s} \times \text{ha}$$

$$k_f = 1.25$$

$$Q_{dim} = 0.29986 \times 0.788 \times 227.959 \times 1.25 = 67.330 \text{ l/s} \approx 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.2. Dimensionering av gräsbeklätt dike

Det gräsbeklädda diket dimensioneras med en fördröjningsvolym som är $\geq 40.4 \text{ m}^3$. Djupet i diket beräknas med Ekvation 6, med värden från Tabell 5. Fördröjningsvolymen i diket bestäms även med Ekvation 6. Ett djup på 0.3 m ger en fördröjningsvolym på 52.65 m^3 . Det innebär att diket uppfyller kravet på magasinering.

$$V = \frac{l \times b}{2} \times d \Leftrightarrow d = \frac{2V}{l \times b}$$

$$V_{dike} \geq 40.4 \text{ m}^3$$

$$b_{dike} = 3.9 \text{ m}$$

$$l_{dike} = 90 \text{ m}$$

$$d_{dike} = \frac{2 \times 40.4}{90 \times 3.9} = 0.230 \text{ m} \approx 0.3 \text{ m}$$

$$V = \frac{90 \times 3.9}{2} \times 0.3 = 52.65 \text{ m}^3$$

Dikets sidolutning bestäms med Ekvation 7. Ett djup på 0.3 meter innebär att sidolutningen i diket uppgår till 9 grader , vilket innebär att även kravet för maximal sidolutning på 10 grader uppfylls.

$$\tan v = \frac{a}{b} \Leftrightarrow v = \tan^{-1} \frac{a}{b}$$

$$v = \tan^{-1} \frac{0.3}{1.95} = 8.746^\circ \approx 9^\circ$$

Flödet i det gräsbeklädda diket beräknas med Ekvation 8 och ska vara större eller lika med flödet in till diket. Det vill säga $Q_{\text{dike}} \geq 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$. Hydrauliska radien (R) beräknas med hjälp av Ekvation 9, där djupet bestäms till 0.3 m utifrån ovanstående beräkning. Våta parametern beräknas med Ekvation 10. Mannings tal (M) hämtas från Tabell 2. Värdet på längd lutningen är vald efter maximalt tillåtna lutning på 1%. Flödet i diket uppgår till $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket innebär att kravet uppfylls.

$$Q = A \times R^{\frac{2}{3}} \times M \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 \Leftrightarrow c = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = \frac{b \times d}{2} = \frac{3.9 \times 0.3}{2} = 0.585 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.585}{2 \times (1.95^2 + 0.3^2)^{\frac{1}{2}}} = 0.148$$

$$M = 30$$

$$S = 1 \% = 0.01$$

$$Q = 0.585 \times 0.148^{\frac{2}{3}} \times 30 \times 0.01^{\frac{1}{2}} = 0.491 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vattnets hastighet i diket bör ej överstiga 1 m/s för att minimera risken för erosion. Hastigheten på vattnet i det gräsbeklädda diket beräknas med Ekvation 11 och uppgår till ungefär 0.8 m/s, vilket medför att kravet uppfylls.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 0.491 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.585 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0.491}{0.585} = 0.839 \text{ m/s} \approx 0.8 \text{ m/s}$$

3.2.3. Dimensionering av makadamdike

Makadamdiket ska dimensioneras med en fördröjningsvolym som är $\geq 40.4 \text{ m}^3$. Djupet i diket beräknas med Ekvation 12, med värden från Tabell 3 och Tabell 5. Fördröjningsvolymen i diket bestäms även med Ekvation 12. Ett djup på 0.4 m ger

en fördröjningsvolym på 42.12 m^3 . Det innebär att diket uppfyller kravet på magasinering.

$$V_{eff} = A_{sf} \times h_{subst} \times n_{subst} \Leftrightarrow h_{subst} = \frac{V_{eff}}{A_{sf} \times n_{subst}}$$

$$V_{eff} \geq 40.4 \text{ m}^3$$

$$l_{dike} = 90 \text{ m}$$

$$b_{dike} = 3.9 \text{ m}$$

$$A_{sf} = l \times b = 90 \times 3.9 = 351 \text{ m}^2$$

$$n_{subst} = 0.3$$

$$h_{subst} = \frac{40.4}{351 \times 0.3} = 0.384 \text{ m} \approx 0.4 \text{ m}$$

$$V_{eff} = 351 \times 0.4 \times 0.3 = 42.12 \text{ m}^3$$

Makadamdiket dimensioneras för att klara ett flöde som är $\geq 0.067 \text{ m}^3/\text{s}$. Flödet in i makadamdiket beräknas med Ekvation 13 med värden från Tabell 4 och Tabell 5. Värden på Δh och Δl utgörs av jordsubstratets höjd, som uppgår till 0.4 m (se ovanstående beräkning). Flödet i diket uppgår till $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$, vilket innebär att kravet uppfylls.

$$Q = K \times A \times \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

$$K = 1 \text{ m/h} = \frac{1}{3600} \text{ m/s}$$

$$l_{dike} = 90 \text{ m}$$

$$b_{dike} = 3.9 \text{ m}$$

$$A_{dike} = 90 \times 3.9 = 351 \text{ m}^2$$

$$\Delta h = 0.4 \text{ m}$$

$$\Delta l = 0.4 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{3600} \times 351 \times \frac{0.4}{0.4} = 0.0975 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.4. Uppsummering av resultat

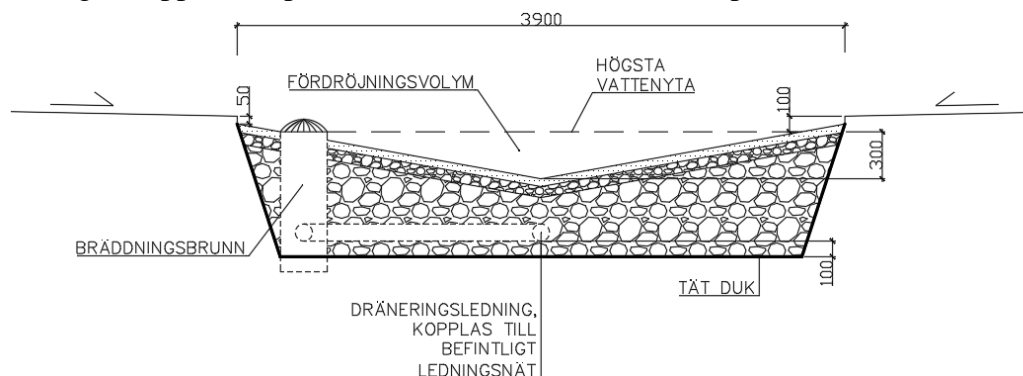
Baserat på svaren från protokollet och värdena framtagna genom beräkningar har två förslag för omhändertagande av dagvatten i mittrefugen på Västra ringvägen tagits fram; ett gräsbeklätt dike och ett makadamdike.

Utifrån protokollet framgår att enbart västra sidan avvattnas mot mittrefugen. För att omhänderta dagvatten från hela gatuutsnittet behöver lutningen på östra körbanan justeras genom att körbanan lutar mot mittrefugen istället för mot gång- och cykelvägen. Det innebär att gatan behöver byggas om. Utifrån protokollet framgår även att gatans längdlutning är högre än en procent. Av den anledningen bör diken terrasseras för att minska erosionsrisken och tillåta att hela den dimensionerande dagvattenvolymen kan magasineras. Dessutom framgår att föroreningsbelastningen är hög och omkringliggande mark är förorenad och därför ska en tät duk placeras i dikets sidor och botten. Den täta duken förhindrar infiltration till omkringliggande mark, och minskar spridningen av föroreningar.

Beräkningarna redovisar att diken uppfyller kraven för omhändertagande av dagvatten i mittrefugen. Kraven som uppfylls är magasineringsvolym, flöde, sidolutning och vattenhastighet. Beräkningarna ger specifik information om hur diken kan byggas upp. Förslaget på uppbyggnad presenteras nedan.

Uppbyggnad av gräsbeklätt dike

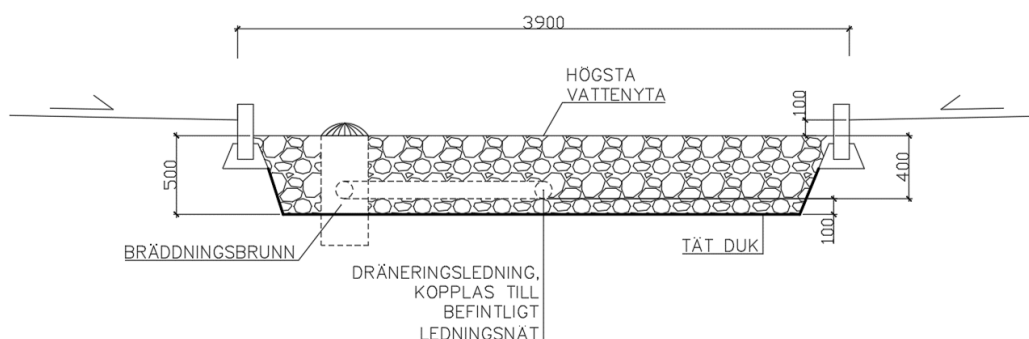
Förslaget för det gräsbeklädda dikets uppbyggnad redovisas i detalj enligt Figur 17. Det utformas som ett triangelformat dike med ytlig fördröjning, med ett djup på 0.3 meter. Diket börjar 5 centimeter under nivå för gatan för att ta hänsyn till att gräsmattan höjer sig över tid och för att säkerställa att vatten fritt kan flöda in i diket. En bräddningsbrunn placeras 10 centimeter under nivå för gatan för att skapa en säkerhetsnivå och minska risken för översvämning av gatan. Dräneringsledningen placeras 10 centimeter ovan terrassen för att skapa en sedimentationsvolym där sediment kan avlagra utan att förhindra avtappning till ledning. Inloppet sker på bred front utan kantsten för att optimera inflödet till diket.



Figur 17: Uppbyggnaden av det gräsbeklädda diket. Figuren visar djupet på diket och placeringen av en tät duk, bräddningsbrunn och dräneringsledning

Uppbyggnad av makadamdike

Förslaget för makadamdikets uppbyggnad redovisas i detalj enligt Figur 18. Diket utformas som en parallelltrapets och har en underjordisk fördröjning. Djupet på fördröjningsvolymen är 0.4 meter. Dikets totala djup uppgår dock till 0.5 meter på grund av att en dräneringsledning placeras 10 centimeter ovan terrassen för att skapa en sedimentationsvolym. Dräneringsledningen ges möjlighet att kunna strypas för att tillåta att hela makadamdiket kan utnyttjas för fördröjning av dagvatten. En bräddningsbrunn placeras 10 centimeter under nivån för gatan för att skapa en säkerhetsnivå och minska risk för översvämning. Inloppet sker via brunnar satta vid kantsten av säkerhetsskäl.



Figur 18: Uppbyggnaden av makadamdiket. Figuren visar djupet på diket och placeringen av en tät duk, bräddningsbrunn och dräneringsledning.

4. Diskussion

Resultatet visar att dagvatten kan omhändertas i gatumiljö genom att anlägga ett gräsbeklätt dike eller ett makadamdike i mittrefugen. Utnyttjandet av diken för fördröjning av dagvatten i mittrefugen bidrar med att dagvatten fördröjs lokalt och därmed avlastar ledningsnätet. Förslaget för Västra ringvägen (se Figur 17 & Figur 18) uppfyller dessutom Västerås stads krav och mål för dagvattenhantering.

Utnyttjandet av ett gräsbeklätt dike eller ett makadamdike för dagvattenhantering är etablerade metoder som används i stadsmiljöer (Larm och Blecken:22). Förslaget som presenteras i detta arbete är däremot ett nytt sätt att utnyttja dessa befintliga system men i en ny miljö; specifikt i mittrefugen.

Faktorer som storlek på avrinningsområde, mittrefugens storlek och krav på fördröjningsvolym påverkar huruvida det är möjligt att fördröja dagvatten i mittrefugen eller ej. Att utnyttja mittrefuger för dagvattenhantering är därför inte möjligt i alla gatumiljöer, utan bör beaktas som en platsspecifik lösning. Att omhänderta dagvatten i mittrefuger bör således betraktas som en del av lösningen på dagvattenproblematiken.

4.1. Förändringsförslag för Västra Ringvägen

För att genomföra förslaget för dagvattenhantering i mittrefugen på Västra ringvägen krävs vissa anpassningar av gatan och dikena. Förslaget framtaget i resultatet förutsätter att tvärfallet på östra körbanan kan justeras för att luta mot mittrefugen. Det krävs för att hela gatuutsnittet ska avvattnas mot mittrefugen. Det innebär dock att hela östra körbanan behöver omkonstrueras vilket innebär ett större ingrepp än om endast mittrefugen behövts byggas om. Om östra körbanan däremot inte lutades om skulle konsekvensen bli att enbart västra körbanan avvattnas mot dagvattenanläggningen. Det innebär att en mindre del av avrinningen fördröjs i diket.

Resultatet visar även att dikena på Västra Ringvägen behöver terrasseras eftersom gatans längd lutning är brant. Det medför dock en stor omkonstruktion. Konsekvensen av att inte terrassera dikena medför däremot en stor begränsning i

fördröjningskapacitet, ökad erosionsrisk och höga flödes hastigheter på dagvattnet. För Västra Ringvägen är därför terrassering det bästa alternativet.

Vidare visar resultatet för Västra Ringvägen att en tät duk bör placeras i diken botten och kanter för att förhindra infiltration till omkringliggande mark. Det medför dock som konsekvens att reningen blir begränsad. Fördelen är däremot att risken för kontaminering av grundvattnet minskar (Toran & Jedrzejczyk 2017:9). För gator där protokollet visar på att infiltration till omkringliggande mark dock är möjligt är detta att föredra.

4.2. Jämförelse av diken

En viktig skillnad mellan gräsbeklätt dike och makadamdike är dess användningsområde. Makadamdiken kan utnyttjas på fler platser då den inte är lika beroende av mittrefugens storlek (bredd) (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). I gatumuljör där mittrefugens bredd är begränsad kan därmed makadamdiken ändå användas genom att diket görs djupare (Toran & Jedrzejczyk 2017:2). För gräsbeklädda diken är detta dock svårare att uppnå eftersom ett djupare dike skulle innebära en brantare sidolutning (Stockholm vatten och avfall 2017b).

Trots att makadamdiken har ett större användningsområde, har gräsbeklädda diken en större säkerhetsmarginal vid dagvattenfördröjning. Detta beror på att gräsbeklädda diken har en yttlig fördröjning som säkerställer att den dimensionerande volymen kan omhändertags (Stockholm vatten och avfall 2017b). Detta sker oberoende av om jordsubstratets sätts igen (Stockholm vatten och avfall 2017b). För makadamdiken innebär dock igensättning att diket funktion markant försämras eftersom all fördröjning sker underjordiskt (Stockholm vatten och avfall 2017c).

Ytterligare fördelar med att använda gräsbeklädda diken är att de bidrar med grönska i gatumuljön (Stockholm vatten och avfall 2017a). Makadamdiken är däremot enklare att anlägga och kan användas på platser där det finns krav på att mittrefugen ska vara överkörningsbar (Trafikverket 2005:14).

En likhet med de båda diken är att de kan konstrueras med samma typer av inlopp. Ur avvattningssynpunkt är inlopp på bred front är att föredra eftersom det säkerställer att vatten fritt kan flöda in längs hela diket (Sweco 2011). Inlopp på bred front bidrar dessutom till ett jämnare inflöde och minskar således risken för erosion. En nackdel med makadamdiken är dock att inlopp på bred front ibland inte är möjligt av trafiksäkerhetsskäl (Sweco 2011). Gräsbeklädda diken utan kantsten

är däremot säkrare ur trafiksynpunkt eftersom diket är nedsänkt och fungerar därmed som barriär.

Både makadamdiken och gräsbeklädda diken har för- och nackdelar. Det dike som är att föredra varierar beroende på platsspecifika förhållanden. Resultatet visar dock att båda alternativ bidrar med en mer hållbar dagvattenhantering i jämförelse mot traditionella dagvattensystem.

4.3. Utveckling av metod

För att utveckla metoden och resultatet ytterligare hade ett komplett förslag av dikenas utformning kunnat utföras genom att presentera; terrassering, val av jordsubstrat och dimensionering av brunnar och ledningar. Arbetet skulle kunnat utvecklas ytterligare genom att samtala med yrkesverksamma inom ämnet som exempelvis en anställd på park- och gatuenheten. I detta arbete genomfördes endast mailkontakt vilket begränsade utbytet av information. Ett samtal eller intervju skulle varit mer informativt. Studien skulle även kunnat fördjupas ytterligare om den jämfördes med andra studier som undersökt liknande anläggningar.

4.4. Slutsats

Hållbar dagvattenhantering går att tillämpa i gatumiljö genom att anlägga enkla dagvattenlösningar i mittrefugen. Ett gräsbeklätt dike och ett makadamdike i en mittrefug bidrar med att avleda och fördröja dagvatten lokalt, och därmed minska avrinning och minska belastningen på ledningsnätet. Utnyttjandet av mittrefugen för hållbar dagvattenhantering är därför en av lösningarna på dagens dagvattenproblematik och ett steg mot ett mer hållbart samhälle.

Förslag på fortsatta studier är att fördjupa kunskapen inom rening, skötsel och växtlighet. Undersökningar om anläggningarnas reningsförmåga kan utföras där exempelvis olika material och fraktioner testas. Förslagen skulle även kunna testas på flera gator med olika förutsättningar. Det skulle även vara intressant och testa förslagen i praktiken och exempelvis mäta effektivitet gällande fördröjning, föroreningshalt och reningsförmåga. Ytterligare förslag på fortsatt arbete är att undersöka vilka mervärden som utnyttjandet av mittrefuger för dagvattenhantering kan bidra med.

Referenser

- Alm, H. & Åström, A. (2014). *Kommunal dagvattenhantering- juridiska och finansiella aspekter*. (2014:07). Bromma: Svenskt Vatten Utveckling.
- Błażejowski, R., Nieć, J., Murat-Błażejowska, S. & Zawadzki, P. (2018). Comparison of infiltration models with regard to design of rectangular infiltration trenches. *Hydrological Sciences Journal*. 63(11), 1707-1716. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1523616>
- Blecken, G. (2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening*. (2016:05). Bromma: Svenskt Vatten.
- Bodin, A., Hidemark, J., Stintzing, M. & Nyström, S. (2021). *Arkitektens handbok*. 31:1 uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Bogren, J., Gustavsson, T. & Loman, G. (2019). *Klimatförändringar: naturliga och antropogena orsaker*. 4 uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Boverket (2019). *Urbanisering*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsfor-sorjning/flyttningar/urbanisering/> [2021-11-10]
- Boverket (2021). *Gata*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-allman-plats/gata/> [2021-11-18]
- Bäckström, M. (2002). *Grassed swales for urban storm drainage*. Diss. Luleå tekniska universitet. Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Davis, A.P., Stagge, J.H., Jamil, E. & Kim, H. (2012). Hydraulic performance of grass swales for managing highway runoff. *Water research*. 46(20), 6775-6786. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.017>
- Deak, J. & Bucht, E. (2011). Planning for climate change: the role of indigenous blue infrastructure, with a case study in Sweden. *The Town Planning Review*. 82(6), 669-685.
- Deletic, A. & Fletcher, T.D. (2006). Performance of grass filters used for stormwater treatment- a field and modelling study. *Journal of Hydrology*. 317(3-4), 261-275. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.05.021>
- Dunnett, N. & Clayden, A. (2007). *Rain gardens- Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Portland: Timber press.
- EEA (2005). *Climate change and river flooding in Europe*. (2005:01). Copenhagen: European Environment Agency.

- Ekka, S.A., Rujner, H., Leonhardt, G., Blecken, G.-T., Viklander, M. & Hunt, W.F. (2021). Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach. *Journal of Environmental Management*. 279, 111756. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111756>
- EPA (1999). *Storm Water Technology Fact Sheet: Vegetated Swales*. Washington DC: United States Environmental Protection Agency.
- Granhage, L. (2009). *Kompendium i vägbyggnad*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Hwang, H.-M., Fiala, M.J., Park, D. & Wade, T.L. (2016). Review of pollutants in urban road dust and stormwater runoff: part 1. Heavy metals released from vehicles. *International Journal of Urban Sciences*. 20(3), 334-360. <https://doi.org/10.1080/12265934.2016.1193041>
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Intergovernmental panel on climate change.
- Jia, H., Yao, H. & Shaw, L.Y. (2013). Advances in LID BMPs research and practice for urban runoff control in China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. 7(5), 709-720. <https://doi.org/10.1007/s11783-013-0557-5>
- Kärroman, E. (1995). *Ledningsteknik: Utvärdering av olika avloppssystem, metod- och fallstudier*. (1995:1). Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Larm, T. & Blecken, G. (2019). *Utförning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. (2019:20). Bromma: Svenskt Vatten.
- Lidström, V. (2021). [Föreläsning]. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Locatelli, L., Mark, O., Mikkelsen, P.S., Arnbjerg-Nielsen, K., Wong, T. & Binning, P.J. (2015). Determining the extent of groundwater interference on the performance of infiltration trenches. *Journal of Hydrology*. 529(3), 1360-1372. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.08.047>
- Länstyrelsen Västmanlands län (2009). *Dagvatten: Ökad kunskap och förståelse för dagvattnet som ett miljöproblem*. (2009:22). Västmanlands län: Länstyrelsen Västmanlands län.
- Länstyrelsen Västmanlands län (u.å.). *Bleckens, Väsbyvikens, Västerås hamnområdes, Västeråsfjärdens, Granfjärdens, Sörfjärdens, Oxfjärdens och Gisselfjärdens närområdes åtgärdsområden - underlag till åtgärdsprogram*. Västerås: Länstyrelsen Västmanlands län.
- Mälarenergi & Västerås stad (2014). *Handlingsplan för dagvatten i Västerås*. Västerås: Mälarenergi.
- Qian, G., Zhang, J., Li, X., Yu, H., Gong, X. & Chen, J. (2021). Study on pollution characteristics of urban pavement runoff. *Water Science and Technology*. 84(7), 1745-1756. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.371>
- SFS 2012:907. *Miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsförvaltning*. Miljöbalken.
- SFS 2018:1407. *Miljö kvalitetsnormer och miljö kvalitetsförvaltning*. Miljöbalken.

- SGU (2021a). *Västerås*. Jordarter 1:25000 - 1:100000 [Kartografiskt material].
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html?zoom=586833.9452316486,6608352.349631101,587505.9465756514,6608691.500309402> [2021-12-08]
- SGU (2021b). *Västerås*. Genomsläpplighet [Kartografiskt material].
<https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-genomslapplighet.html> [2021-12-08]
- Siriwardene, N.R., Deletic, A. & Fletcher, T. (2007). Clogging of stormwater gravel infiltration systems and filters: Insights from a laboratory study. *Water research*. 41(7), 1433-1440.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.12.040>
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.
- Stockholm vatten och avfall (2017a). *Svackdike*. [Faktablad]. Stockholm: Stockholm vatten och avfall.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/svd_h.pdf [2021-11-21]
- Stockholm vatten och avfall (2017b). *Infiltrationsstråk*. [Faktablad]. Stockholm: Stockholm vatten och avfall.
https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/infist_rak_h.pdf [2021-11-21]
- Stockholm vatten och avfall (2017c). *Makadamdike*. [Faktablad]. Stockholm: Stockholm vatten och avfall.
http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/md_h.pdf [2021-11-21]
- Sundbyberg stad (2021). *Hastighetsbekämpande åtgärder*. Sundbyberg: Sundbyberg stad.
- Svenskt Vatten (2007). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem: Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. (1651:6893). Bromma: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering: Råd vid planering och utformning*. (Publikation P105 1651:4947). Bromma: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten (2019). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. (Publikation P110 1651:4947). Bromma: Svenskt Vatten.
- SWECO (2011). *Norra Djurgårdsstaden: Dagvattenstrategi*. Stockholm: Stockholm stad.
- Toran, L. & Jędrzejczyk, C. (2017). Water level monitoring to assess the effectiveness of stormwater infiltration trenches. *Environmental & Engineering Geoscience*. 23(2), 113-124.
<https://doi.org/10.2113/gsegeosci.23.2.113>
- Trafikverket (2005). *Avvattning och dränering*. I: Trafikverket. (red.) *ABT VÄG 2005*. 1-48.

- Trafikverket (2021). *Krav – VGU, Vägars och gators utformning*. (2021:001). Borlänge: Trafikverket.
- Usami, D.S. (2017). *Installation of Median*. European Road Safety Decision Support System.
- Vattenmyndigheterna (u.å.a). *EU:s vattendirektiv*.
<https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/eus-vattendirektiv.html> [2021-11-17]
- Viklander, M. (2017). *Förroreningar i dagvatten*. Luleå: Luleå Tekniska universitet.
- Västerås stad (2017). *Västerås översiktsplan 2026: med utblick mot 2050*. Västerås: Västerås stad.
- Västerås stad (2019). *Handlingsplan för trafiksäkerhet 2020-2023*. Västerås: Västerås stad.
- Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R. & Kellagher, R. (2015). *The SuDS Manual*. (2016:5). London: CIRIA.
- Zhou, L. (2014). *Areal uncertainty in traffic island polygons extracted from airborne laser point clouds*. Diss. University of Twente. Enschede: University of Twente.

Bilaga 1

| Protokoll - dagvattenanläggningar i mittrefug | | |
|---|---|------|
| | Frågor | Svar |
| Mittrefug | Har gatan en mittrefug? | |
| | Hur stor är mittrefugen (längd och bredd)? | |
| | Finns krav på att mittrefug ska vara överkörningsbar? | |
| | Behöver mittrefugen vara utrustad med kantsten? | |
| Avrinningsområde | Hur stor är avrinningsområdet? | |
| | Vilket ytmaterial har avrinningsområdet (avrinningskoefficient)? | |
| | Hur sker avvattningen av avrinningsområdet? | |
| Lutning | Har gatan ett tvärfall mot mittrefugen? | |
| | Är gatans längdlutning en procent eller lägre? | |
| Föroreningar | Har gatan en hög föroreningsbelastning? | |
| | Är omkringliggande mark förorenad? | |
| Befintlig mark | Har jordsubstratet i omkringliggande mark god infiltrationskapacitet? | |
| | Är grundvattennivån under 0.5 meter från dikets botten? | |
| | | |
| | | |