



# CHALMERS

---



Foto: Andreas Palm

## **Hållbar dagvattenhantering vid breddning av väg**

### **Flödesberäkning samt utredning av åtgärder vid väg E20**

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

HANNAH PERSSON  
MARIA ÅKERBLOM

---

Institutionen för Bygg- och miljöteknik  
Vatten Miljö Teknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Examensarbete BOMX03-17-25  
Göteborg, Sverige 2017



# Hållbar dagvattenhantering vid breddning av väg

Flödesberäkning samt utredning av åtgärder vid väg E20

*Examensarbete i höskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

HANNAH PERSSON

MARIA ÅKERBLOM

Hållbar dagvattenhantering vid breddning av väg  
Flödesberäkning samt utredning av åtgärder vid väg E20  
*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*  
HANNAH PERSSON  
MARIA ÅKERBLOM

© HANNAH PERSSON/MARIA ÅKERBLOM, 2017

Examensarbete BOMX03-17-25 / Institutionen för Bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2017

Institutionen för Bygg och miljöteknik  
Vatten Miljö Teknik  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:  
Översiktsbild över väg E20 genom Vara, tagen av Andreas Palm

Institutionen för Bygg- och miljöteknik  
Göteborg 2017



Hållbar dagvattenhantering vid breddning av väg

Flödesberäkning samt utredning av åtgärder vid väg E20

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

HANNAH PERSSON

MARIA ÅKERBLOM

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Vatten Miljö Teknik

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Dagvatten är det vatten som tillfälligt befinner sig på mark eller konstruktion, och är något som kan orsaka stora skador på infrastruktur och natur om det inte tas om hand på rätt sätt. I samband med att klimatet förändras kommer även större mängder nederbörd att förekomma, vilket leder till att dagvatten riskerar att orsaka allt mer översvämningar. Detta kommer i framtiden att ställa högre krav på dagvattenhantering för att kunna ta hand om de större flödena. Något som också påverkar dagvattenhantering är då markanvändningen förändras, exempelvis vid anläggning av väg.

Syftet med detta examensarbete är att beräkna och jämföra flöden efter breddning av väg E20, och att utifrån dessa uppgifter utreda vilka åtgärder som är mest lämpliga ifall sådana krävs. Fallstudieområdet som undersöks i denna rapport ligger i Västergötland och sträcker sig mellan Vårgårda-Vara. Två specifika sträckor 170 m och 200 m långa används som underlag för flödesberäkningar samt utredning av åtgärder.

Huvudfokus i rapporten är de flödesberäkningar som endast gäller för väg och dike, då det är dessa flöden som kommer att förändras vid anläggning av en bredare väg. I rapporten undersöks även flödet som tillkommer från omkringliggande mark, dessa är dock inte dimensionerande. Beräkningarna som görs tar hänsyn till de klimatförändringar som kommer att ske med hjälp av en klimatkfaktor inkluderad i beräkningar av flöde. Åtgärderna granskas med avseende på fördröjning av vattnets flöde, och anpassas till de beräkningar som görs med klimatkfaktor. De metoder som har använts för beräkningar är rationella metoden med och utan infiltration, samt metod för vattendjup i dike med Mannings formel och metod för naturmarksflöden.

Från resultatet av beräkningarna framgår det att flödet kommer att bli större vid breddning av väg, då avrinningsytorna från bebyggd mark ökar. Detta gäller för både rationella metoden med och utan infiltration. Det går även att se att de högre flödena uppkommer vid högre regnintensitet. Beräkningarna som har gjorts med klimatkfaktor visar på att högre flöden behöver dimensioneras för i framtiden. Utifrån det resultat som beräkningarna har gett blir den i nuläget mest lämpliga åtgärden att göra ett bredare dike, för att på så sätt omhänderta det nya dagvatten som tillkommit.

Nyckelord: Dagvattenhantering, E20, flödesberäkning, infiltration, klimatförändring, Mannings formel, rationella metoden, åtgärder

# Sustainable Stormwater Management When Broadening Road

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering*

HANNAH PERSSON

MARIA ÅKERBLOM

Department of Civil and Environmental Engineering

Water Environment Technology

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

Stormwater is the water that is temporarily located on ground or construction, and is something that can cause major damage to infrastructure and nature if it is not taken care of properly. As climate change will occur in the future, the precipitation will also increase, which leads to a greater risk that stormwater will cause more floods. In the future this will require higher demands on stormwater management, in order to take care of the increased flows. Something that also affects stormwater management is when land use changes, for example at road construction.

The purpose of this bachelor thesis is to calculate and compare flows before and after the widening of the E20 route, and on the basis of these data determine which measures are the most appropriate to implement. The case study area investigated in this report is located in Västergötland and stretches between Vårgårda-Vara. Two specific sections of the lengths 170 m and 200 m are used as a basis for flow calculations and investigation of actions.

The main focus in this report are the flow calculations that only apply to road and ditch, as these flows will change when constructing a wider road. The report also examines the flow from surrounding land, but these does not count as maximum normal flow. The calculations made take into account the climate change that will occur using a climate factor included in flow estimates. The actions are reviewed with regard to the delay of water flow, and are adapted to the calculations made including the climate factor.

The calculations show that the flow will be greater after the widening of the road, as the run-off areas from impervious land increase. This counts for rationella metoden both with and without infiltration. The result also show that the greater flows appear at a higher rain intensity. The calculations made with a climate factor show that greater flows need to be taken into account in the future. Based on the results given by the calculations, the most appropriate action for now will be to make a wider swale, thus disposing of the new water that has been added.

Key words: Stormwater management, E20, flow calculation, infiltration, climate change, Mannings formula, rationella metoden, actions

# Innehåll

|                                                                           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| SAMMANFATTNING                                                            | I    |
| ABSTRACT                                                                  | III  |
| INNEHÅLL                                                                  | V    |
| FÖRORD                                                                    | VII  |
| BETECKNINGAR                                                              | VIII |
| <br>                                                                      |      |
| 1 INLEDNING                                                               | 1    |
| 1.1 Bakgrund                                                              | 1    |
| 1.2 Syfte och mål                                                         | 2    |
| 1.3 Avgränsningar                                                         | 2    |
| 1.4 Problemformulering och frågeställningar                               | 3    |
| <br>                                                                      |      |
| 2 TEORETISKA GRUNDER                                                      | 4    |
| 2.1 Vägdagvatten                                                          | 4    |
| 2.2 Dagvattenhantering med hänsyn till klimatförändring                   | 5    |
| 2.3 Markavvattning av icke hårdgjorda ytor                                | 6    |
| 2.4 Markavvattning av hårdgjorda ytor                                     | 6    |
| 2.5 Planeringsprocess för dagvattenhantering                              | 7    |
| 2.6 Vanliga dagvattenlösningar                                            | 9    |
| 2.6.1 Artificiell våtmark                                                 | 10   |
| 2.6.2 Dagvattendamm                                                       | 11   |
| 2.6.3 Infiltrationsmagasin/fördröjningsmagasin/stenkista                  | 12   |
| 2.6.4 Permeabel vägbeläggning                                             | 12   |
| 2.6.5 Svackdiken                                                          | 13   |
| <br>                                                                      |      |
| 3 BESKRIVNING AV FALLSTUDIEOMRÅDE                                         | 15   |
| <br>                                                                      |      |
| 4 METOD                                                                   | 16   |
| 4.1 Användning av litteratur                                              | 16   |
| 4.2 Beräkningsmetod med avseende på dagvattenflöde                        | 16   |
| 4.3 Beräkningsmetod med avseende på dagvattenflöde inklusive infiltration | 18   |
| 4.4 Beräkningsmetod för vattendjup i dike                                 | 19   |
| 4.5 Beräkningsmetod med avseende på naturmarksflöde                       | 21   |
| <br>                                                                      |      |
| 5 RESULTAT                                                                | 23   |
| 5.1 Indata för valt område                                                | 23   |
| 5.2 Flödesresultat innan breddning av väg                                 | 24   |
| <br>                                                                      |      |
| <b>CHALMERS</b> , Bygg- och miljöteknik, Examensarbete BOMX03-17-25       | V    |

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| 5.2.1 | Rationella metoden innan breddning av väg                  | 24 |
| 5.2.2 | Rationella metoden med infiltration innan breddning av väg | 26 |
| 5.3   | Flödesresultat efter breddning av väg                      | 28 |
| 5.3.1 | Rationella metoden efter breddning av väg                  | 28 |
| 5.3.2 | Rationella metoden med infiltration efter breddning av väg | 30 |
| 5.3.3 | Mannings formel efter breddning av väg                     | 32 |
| 5.4   | Flödesberäkning av markområde                              | 34 |
| 5.4.1 | Rationella metoden                                         | 34 |
| 5.4.2 | Naturmarksflödesberäkning                                  | 36 |
| 5.5   | Sammanställning av flödesresultat                          | 37 |
| 5.6   | Val av fördröjningsåtgärd                                  | 39 |
| 6     | DISKUSSION                                                 | 40 |
| 7     | SLUTSATSER                                                 | 43 |
| 8     | REFERENSER                                                 | 44 |
| 9     | BILAGOR                                                    | 46 |
|       | Bilaga 1, Specifik medelavrinning $M_q$                    | 47 |
|       | Bilaga 2, Beräkningsexempel sträcka 14.660-14.830          | 48 |

## Förord

Detta examensarbete är skrivet vid Chalmers tekniska högskola våren 2017, på institutionen för Bygg- och miljöteknik. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är den avslutande delen på byggingenjörsprogrammet. Rapport och arbete har utförts i samverkan med Anders Byström, gruppchef i VA-teknik på företaget Sweco, och har handletts av Karin Björklund och Mia Bondelind från avdelning Vatten Miljö Teknik på Chalmers. Examinator har varit Ann-Margret Hvitt Strömwall, också från avdelning Vatten Miljö Teknik.

Vi vill ge vårt varmaste tack till alla medverkande.

Göteborg juni 2017

Hannah Persson

Maria Åkerblom

# Beteckningar

## Latinska versaler

|           |                                                                                                                                    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A$       | Avrinningsområdets storlek [ $\text{m}^2$ ]                                                                                        |
| $EB$      | Efter breddning av väg.                                                                                                            |
| $HQ_T$    | Högsta förväntad vattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] med återkomsttid $T$ år.                                                   |
| $I$       | Bottenlutning [‰]                                                                                                                  |
| $IB$      | Innan breddning av väg.                                                                                                            |
| $L$       | Sträcka [m]                                                                                                                        |
| $M$       | Mannings tal uttrycker den råhet som påverkar friktionsförlusterna vid beräkning med Mannings formel [ $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ] |
| $MHQ$     | Medelhögvattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]. Medelvärde av varje års högsta dygnavvattenföring.                                 |
| $Mq$      | Specifik medelvattenavrinning [ $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ]                                                          |
| $MQ$      | Medelvattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]. Årsmedelvärde för lång period.                                                        |
| $N$       | Ytan hos avrinningsområdet uppströms beräkningspunkten [ $\text{m}^2$ ]                                                            |
| $P$       | Våta perimetern [m]                                                                                                                |
| $Q$       | Flöde [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]                                                                                                    |
| $R$       | Hydraulisk radie [m]                                                                                                               |
| $S$       | Sjöyta inom $N$ [ $\text{m}^2$ ]                                                                                                   |
| $T$       | Rinntid [min]                                                                                                                      |
| $TR$      | Regnvaraktighet [min]                                                                                                              |
| $\bar{A}$ | Återkomsttid [mån]                                                                                                                 |

## Latinska gemena

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| $i$ | Regnintensitet [ $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ] |
| $v$ | Vattnets hastighet [ $\text{m}/\text{s}$ ]               |

## Grekiska gemena

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| $\varphi$ | Avrinningskoefficient [-] |
|-----------|---------------------------|







# 1 Inledning

Dagvatten är tillfälligt vatten på ytan av mark eller konstruktion, som t.ex. smält- och regnvatten. Vid definiering av dagvatten brukar det även skiljas på dagvatten på hårdgjorda ytor och dagvatten på obebyggd mark. Oberoende av fall måste avledning av dagvatten göras omgående för att inte förstöra mark eller konstruktion (Billberger, 2014).

När en väg eller liknande konstruktioner ska byggas måste alltid vattenflöden beaktas. Detta görs genom avvattning och innebär att vid behov vidta åtgärder, för att kunna omhänderta naturligt förekommande vatten i närheten av konstruktion. Konstruktionen behöver vara tillfredsställande dränerad eftersom vatten på olika sätt kan förstöra konstruktionens och även markens bärighet. På hårda ytor som t.ex. vägar ställs högre krav och vattnet måste avledas snabbt. Detta brukar i regel göras med hjälp av lutningar på de hårda ytorna, som transporterar vattnet till ett system som i sin tur leder bort vattnet (Billberger, 2014).

## 1.1 Bakgrund

Avvattning av åkermark är av största vikt för att inte skapa syrebrist hos växter eller orsaka översvämningar, men även mark som används till vägar och bebyggelse behöver fungerande avvattning för att skyddas mot liknande problem. I många fall är diken och rörledningar i jordbruk dimensionerade för den ursprungliga åkermarken, vilket innebär att avvattningssystem behöver förnyas i de fall där markanvändningen förändras, t.ex. genom hårdgörning i form av väg. Om inte dimensioneringen av avvattningssystemen tar hänsyn till detta finns det stor risk att problem uppstår i form av översvämning och potentiella skador på både jordbruksmark, fastigheter och infrastruktur. Även risk för föroreningar i vattnet uppkommer mer sannolikt vid anläggning av väg (Heeb, Johansson, Larsson, Lundmark och Svensson, 2014).

I nuläget har Trafikverket ett projekt som omfattar en breddning av väg E20 för etappen Vårgårda-Vara, delen Ribbingsberg-Vara. Den utfärdade förfrågan av breddningen är gjord med grund i de brister som finns i nuvarande väg och som har anknytning till framkomlighet, trafiksäkerhet, bullerstörningar och miljöpåverkan.

Det som förfrågas i underlaget utöver fullständiga bygghandlingar och byggplatsuppföljning är att även andra projektområden ska utredas, där dimensionering av en ny vattenanläggning ingår. Denna avvattning kommer främst innebära att vattnet får rinna till en vägslänt där det sedan infiltreras, under förutsättning att inte ytterligare krav uppkommer (Andersson & Jildenhed, 2015).

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att beräkna flöden till ett nytt avvattningsystem för ett väg- och åkermarksområde. Dessa flöden dimensioneras vid en förändring av markanvändning i ett studerat område, där en breddning av väg har skett. Beräkning av flödet före och efter breddningen utförs.

Dimensioneringarna sker med hänsyn till:

- 2-, 5- och 10-årsregn med och utan klimatkfaktor.

Målet med beräkningarna är att skapa ett underlag för att kunna utföra eventuella åtgärder för att minska risken för översvämning. Resultatet av dessa beräkningar visar vilka åtgärder som kan behövas och de åtgärder som anses lämpliga för fallstudieområdet utreds ytterligare i rapporten. En jämförelse av olika beräkningsmetoder och deras inverkan på val av åtgärder utförs också. I arbetet har också ingått att göra en fördjupad studie om innehållet av föroreningar i dagvatten och hur dagvattenhantering måste utformas med hänsyn till klimatförändringar.

## 1.3 Avgränsningar

Denna undersökning av markavvattning vid väg E20 är geografiskt begränsad till ett område beläget i Västra Götaland. Den sträcka av E20 som har breddats sträcker sig från Vårgårda-Vara, men begränsningar till vägsträckan Ribbingsberg-Vara gäller för denna studie.

För de flödesberäkningar och den utredning av åtgärder som utförs gäller följande avgränsningar:

- Beräkningar görs på specifika områden där breddning av väg har skett, vilka även ligger till underlag för utredning av åtgärder.
- Återkomsttiderna begränsas till 2-, 5- och 10-årsregn samt dessa inklusive klimatkfaktor, vilket gäller för samtliga beräkningar. 10-årsregn är dimensionerande för beräkningarna, detta enligt Trafikverkets krav (Billberger, 2014, s.59).
- Endast flöden beräknas och inte någon föroreningsmängd i vattnet. Eftersom föroreningar i dagvatten har betydelse vid val av åtgärd kommer dock en teoretisk bakgrund att ges.
- En kortare sträcka där breddning sker väljs ut som exempel i rapporten, för att förtydliga beräkningar samt undersökning av åtgärder.

- Den utvalda sträckan kommer att vara skevad åt det håll avrinningspunkten befinner sig, för att kunna räkna med maximalt flöde från väg.
- Det resultat som beräkningar av flöde från mark ger är inte avgörande vid val av åtgärd.

## 1.4 Problemformulering och frågeställningar

För att genomföra de flödesberäkningar vid breddning av väg, som sedan ligger till grund för utredning av aktuella åtgärder, använder vi i studien ett specifikt fallstudieområde för analys. Detta område används även som utgångspunkt för en jämförelse mellan olika beräkningsmetoder, där ett ytterligare fallstudieområde med en mindre yta kommer att ligga till underlag för dessa beräkningar. Ett flertal frågeställningar har formulerats för att på ett övergripande sätt kunna analysera och undersöka resultatet av dessa studier.

- Hur påverkas flödet vid breddning av befintlig väg?
- Kommer infiltration av dagvatten att vara tillräckligt för omhändertagandet av vattnet, eller behövs ytterligare åtgärder? Vilka fördelar och nackdelar finns det med de olika åtgärderna med avseende på flöden, föroreningar och markanvändning?
- Vilka åtgärder är relevanta för det aktuella området?
- Hur väljs åtgärd på bästa sätt med hänsyn till ett förändrat klimat?

## 2 Teoretiska grunder

Detta kapitel redogör för definitionen av vägdagvatten och dess särskilda företeelser, samt innehållet av föroreningar i dagvattnet. Därefter beskrivs dagvattenhantering med hänsyn till klimatförändringar, hur markavvattning tillämpas samt vilka olika åtgärder som finns för att fördröja vatten.

### 2.1 Vägdagvatten

Med vägdagvatten menas det vatten som uppstår på vägytor och andra hårdgjorda ytor som finns inom vägområdet. Det bör skiljas på vägdagvatten och det dagvatten som rinner vid sidan om vägarna, då dagvatten i regel har sitt ursprung i omkringliggande mark till skillnad från det vägdagvatten som uppstår inom vägområdet (Karlsson, 2011).

Det som är utmärkande för vägdagvatten är att det kan uppkomma stora volymer vatten som behöver tas om hand under kort tid, medan det externa dagvattnet vid sidan om vägen har ett jämnare flöde (Karlsson, 2011). Dessa stora volymer och flöden av vägdagvatten leder i sin tur till bland annat en ökad risk för översvämning och erosion (Rankka & Rydell, 2005). Ytterligare faktor som gäller för vägdagvatten är dess innehåll av föroreningar, vilket är något som måste tas till hänsyn då omhändertagande av vägdagvatten och externt dagvatten sker i kombination. De föroreningar som återfinns inom vägområdet transporteras till större delen bort via luften, och deponeras sedan inom några meter från vägen. Dock kan de kvarstående föroreningarna på vägen vid nederbörd eller snösmältning uppfångas av och transporteras med dagvattnet, vilket gör att detta dagvatten ofta innehåller höga halter föroreningar (Karlsson, 2011).

Dagvatten kan innehålla många olika föroreningar från många olika källor, vilket är ett problem som kommer kräva allt mer forskning i och med det förändrade klimatet (Adielsson, 2015). Föroreningshalten i dagvatten är inte alltid densamma utan påverkas av många olika faktorer som t.ex. regnintensiteten, dagvattnets tidigare avrinningstillfälle, markanvändningen samt årstid (Björklund, 2010).

I trafikerade miljöer har vägdagvatten påvisats innehålla en generellt högre halt föroreningar än annat dagvatten (Björklund, 2010). Föroreningar som kan vara orsakade av trafiken och som ofta återfinns i dagvatten är tungmetaller, såsom koppar, bly och zink. Även oljeprodukter och organiska miljögifter förorenar dagvatten och kommer även de från utsläpp i trafiken, men kan också spridas vid olyckor, småspill och atmosfärisk deposition. Halten föroreningar i dagvattnet som kommer från trafiken har en direkt koppling till trafikens intensitet, vilket innebär att ju mer trafik på vägarna desto mer föroreningar i dagvattnet (Adielsson, 2015).

Föroreningar i dagvatten kan även bestå av näringsämnen fosfor och kväve, som kan leda till övergödning av sjöar och vattendrag (Adielsson, 2015). Ytterligare föroreningar är de organiska föroreningar som kan ha nästan oändligt många olika källor. De organiska föroreningarna som ofta förekommer i dagvatten är till exempel PAH (Polycykliska aromatiska kolväten) eller PBDEs (Polybrominated Diphenyl Ethers som är flamskyddsmedel) och är extra problematiska av flera anledningar, exempelvis eftersom de inte bryts ned av naturen, kan störa hormonsystem i levande organismer samt är direkt toxiska (Björklund, 2010).

## **2.2 Dagvattenhantering med hänsyn till klimatförändring**

Ökade krav på utformandet av lösningar för omhändertagande av dagvatten är en nödvändighet för att klara av framtida klimatförändringar. Behovet av väl dimensionerade dagvattenlösningar är något som utan märkbara problem och alltför stora kostnader kan tillgodoses vid nybyggnation. Desto svårare är det att förbättra den redan befintliga bebyggelsens dagvattenhantering, både när det kommer till praktiska frågor och de ekonomiska förutsättningarna (Svensson, Ljunggren och Bäckman, 2016).

Det hot som dagvatten utgör mot miljön är i först hand en större risk för översvämningar, vilket i sin tur kan bidra till stora skador (Svensson et al., 2016). Detta är något som hände i Malmö, som år 2014 drabbades av en översvämning som resulterade i flertalet konsekvenser. Översvämningen orsakade att en del av infrastrukturen slogs ut, telefoni- och IT-kommunikationer slutade fungera samt trafikstopp rådde i staden. I slutändan beräknas kostnaderna av skadorna ha uppgått till flera miljarder kronor (Lindher, 2015).

När det gäller risk för översvämningar dimensioneras avvattningsanläggningar med hänsyn till nederbörd. Nederbördsstatistiken har sin grund i historiska data, vilket innebär att det inte innefattar hur nederbörden kan tänkas förändras i framtiden. Ska den planerade vattenanläggningen hålla en lång tid så innebär det att de historiska data som finns bör multipliceras med en klimatkfaktor. Denna klimatkfaktor är beroende av hur lång tid anläggningen är planerad att hålla, och lägger även stor vikt vid hur det globala utsläppet av växthusgaser i framtiden bedöms (Svensson et al., 2016).

Kraftiga skyfall är ett problem som kan orsaka översvämning, men detta kan i sin tur också bidra till att förorenad mark översvämmas och sedan transporterar dessa föroreningar vidare till recipienten. Att kontrollera miljöpåverkan av dagvattenutsläpp är en svår och oftast kostsam uppgift, vilket gör att det istället behöver sättas krav på fördröjning och rening av vattnet. Genom att se till att dagvattnet fördröjs är förhoppningen att föroreningar kan brytas ner på vägen till recipienten, eller att de kan omhändertas lokalt t.ex. genom sedimentation. Rening av vattnet kräver avancerad teknik, vilket gör att det istället krävs förbud när det kommer till användning av skadliga material som kan bidra till dessa farliga utsläpp (Svensson et al., 2016).

Hållbar dagvattenhantering är ett begrepp som inte alltid har varit självklart, men är ett koncept som vuxit fram genom åren. Vikten av en kvalitativ hantering av dagvatten som även ska tillföra en gestaltning åt samhället har fått allt större betydelse, istället för de tidigare kvantitativa lösningarna som endast innebar att dagvattnet i första hand skulle ledas vidare. Begreppet hållbar dagvattenhantering innebär att de byggda lösningar som skapas ska så gott som möjligt likna naturens eget sätt att ta hand om dagvattnet, och därmed också förbättra avvattningsanläggningarnas miljöpåverkan (Svensson et al., 2016).

## **2.3 Markavvattning av icke hårdgjorda ytor**

För hantering av dagvatten finns det många olika metoder att tillgå, både för att minska risken för föroreningar samt översvämning. Metoden att leda bort vatten från bebyggd- eller jordbruksmark kallas markavvattning, och vattnet leds då bort till en lämplig verksamhet som exempelvis kan vara en odling eller ett dike. Det är av största vikt att planera markavvattning i ett tidigt skede för att kunna hantera vattnet på ett bra sätt. Mål som vanligen sätts upp för avvattning är att mängden vatten och föroreningar inte ska öka vid bebyggelse (Jordbruksverket, 2016).

För markavvattning av icke hårdgjorda ytor finns regeln att det för att kunna bevara värdefulla våtmarker krävs tillstånd för markavvattning, med några få undantag. När tillstånd ska sökas görs det till länsstyrelsen, som i sin tur prövar ansökan ur miljö- och naturvårdssynpunkt. Då markavvattning endast rör egen fastighet kan beslut tas från länsstyrelsen, och i annat fall skickas ansökan till mark- och miljödomstolen. Om det är flera fastigheter som äger delar av markavvattningen bildas en markavvattningssamfällighet, som sköts enligt lagen om förvaltning av samfälligheter (Jordbruksverket, 2016).

De som äger en markavvattning har också gemensamt ansvar för underhållet. Därför måste alla inblandade parter organisera sig kring markavvattningen, vilket brukar kallas för ett dikningsföretag. Dessa dikningsföretag registreras till lantmäteriet som en juridisk person. Ofta kan personer äga markavvattning utan att veta om det, eftersom diken och liknande anlades för en lång tid sedan och gör att personen inte är medveten om att de finns. Då personen som äger markavvattningen har som ansvar att sköta underhåll av dessa diken, är det viktigt att personen i fråga har koll på sin egen mark (Jordbruksverket, 2016).

## **2.4 Markavvattning av hårdgjorda ytor**

Markavvattning av hårdgjorda ytor innebär att hantera vägdagvatten och dess avrinning på ett säkert sätt. De regler som finns för markavvattning av hårdgjorda ytor är att vägar som ligger i anknytning till samlad bebyggelse tillhör kommunens verksamhetsområde för dagvatten. För vägar som befinner sig utanför ett sådant



område tillfaller ansvaret för dagvattenhanteringen istället till väghållaren (Karlsson, 2011).

Det finns olika typer av anordningar som kan anläggas för avvattning vid väg, och valet av dessa grundar sig i några olika skäl. Hydrauliska motiv är ett alternativ som innebär att önskan är att förebygga skador på omkringliggande mark eller förhindra överbelastning av nedströms belägna trummor, brunnar och ledningar. Det finns även miljömässiga motiv som värnar om att skydda recipienter i området mot föroreningar från dagvattnet, estetiska motiv som önskar skapa en tilltalande vägmiljö och ekonomiska motiv som innebär att en god planering inför avvattningen av vägdagvatten kan minska kostnader. Gemensamt vid val av åtgärd är att avvattningssystemet ska förhindra översvämningar eller andra skador på grundförstärkningen genom att samla upp och avleda dagvattnet från vägen (Karlsson, 2011).

## **2.5 Planeringsprocess för dagvattenhantering**

När en beställare ska starta ett projekt är det en anlitad konsult som bestämmer vilka åtgärder som måste vidtas gällande vattenhanteringen. Detta berättar Johan Jansson (27 april, 2017), specialiststöd i avvattning- och VA-teknik på Trafikverket i Göteborg.

Valet styrs av de styrande och stödjande dokument som Trafikverket har för utformning av avvattningsanläggningar, och avgörs också av förutsättningarna för projektet. Omfattningen av ett projekt styr hur mycket pengar som läggs på VA-delen, vilket gör det svårt att säga hur stor omfattning vattenhanteringen kommer att ha (personlig kommunikation, 27 april 2017).

För att utreda vilka dagvattenlösningar som ska gälla för ett visst projekt kan en generell planprocess, exempelvis den som återfinns i Publikation P105 (Svenskt Vatten, 2011), följas:



*Figur 2.1 Planprocess för val av dagvattenlösning.*

### **1. Översiktsplan**

Vid översiktsplanen tas en översvämningskartering fram. Syftet med översiktsplanen är att utreda de lokala förhållandena och sedan fastställa bebyggelsens utbredning och dess innehåll (Svenskt Vatten, 2011).

### **2. Fördjupad översiktsplan/planprogram**

Ibland krävs en översiktsplan där omgivningen studeras ytterligare, en s.k. fördjupad översiktsplan (FÖP). Där ska dag- och dränvattenhanteringen finnas med, samt identifieringen av dikningsföretag eller andra in- och utflöden från området. Det är en stor fördel att se till att den nya bebyggelsen passar in och anpassar sig till den befintliga. Genom att identifiera in- och utströmningsområden för grundvatten kan begränsningar på den nya bebyggelsen tillkomma. Det är därför viktigt att utreda detta i tidigt skede.

Geotekniska undersökningar ska också vara med i den fördjupade översiktsplanen, då förekomst av olika jordmaterial styr den kommande utformningen av ett avvattningsystem. Om området har delar som är förorenade ska ett beslut tas ifall det förorenade området ska få vara kvar eller åtgärdas, alternativt om bebyggelsen ska utföras eller istället undvikas.

Genom att göra en så kallad vegetationskartering kan ytterligare frågor besvaras, kring exempelvis fuktighet eller hur skyddade områden ska tas till hänsyn ur miljösynpunkt. Det är viktigt att ta ställning till hur mycket av den befintliga växtligheten som ska bevaras för att skapa en trevlig miljö, och samtidigt fördröja samt rena dagvattnet (Svenskt Vatten, 2011).

### **3. Detaljplan**

Utifrån vad som beskrivs i översiktsplanen och den fördjupade översiktsplanen ska en detaljplan upprättas. Det är viktigt att säkerhetshöjande och skadeförebyggande villkor finns med, då det är för sent att ta fram dessa vid bygglovsprövningen. En detaljplan ska innehålla planbestämmelser, planbeskrivning, genomförandebeskrivning och en fastighetsplan.

Planbestämmelser innehåller krav på områdets utformning för att säkra en uthållig dagvattenhantering. Det kan exempelvis vara maximal hårdgjord yta vid det planerade området. Planbeskrivningen beskriver i sin tur planens innehåll och syfte, såsom geotekniska och geohydrologiska förhållanden. För att kunna utföra det som beskrivs i planen måste ett kommunalt handlingsprogram upprättas som kallas genomförandebeskrivning. Om flera fastigheter kommer att dela anläggningar, dvs. om drän- och dagvatten måste ledas genom en fastighet till en annan, behövs även en fastighetsplan (Svenskt Vatten, 2011).

### **4. Nybyggnadskarta/lovgivning**

Innan projektering av ett projekt startar är det viktigt att nybyggnadskartan inhämtas av byggherren. I dokumentet finns information om marknivåer vid fastighetsgränser och ledningsdimensioner för VA-ledningarna. Det kan också exempelvis hittas information om plushöjder på färdigt golv, dämningarnivåer i dagvatten- och spillvattenledningar och om källarhus är tillåtet (Svenskt Vatten, 2011).

### **5. Genomförande**

Det är viktigt att ge information till fastighetsägare, konsulter och entreprenörer i tid, för att underlätta för dem i planerings- och byggprocessen. Viktigt att ha med är en informationsskrift och gärna tillhörande bilder över hur bland annat höjdsättning och dagvattenhantering ser ut för berörd fastighet. Information ska helst nå berörd fastighet innan bygglov uträttas, då fastighetsägaren redan kan ha utfört en del av projekteringen.

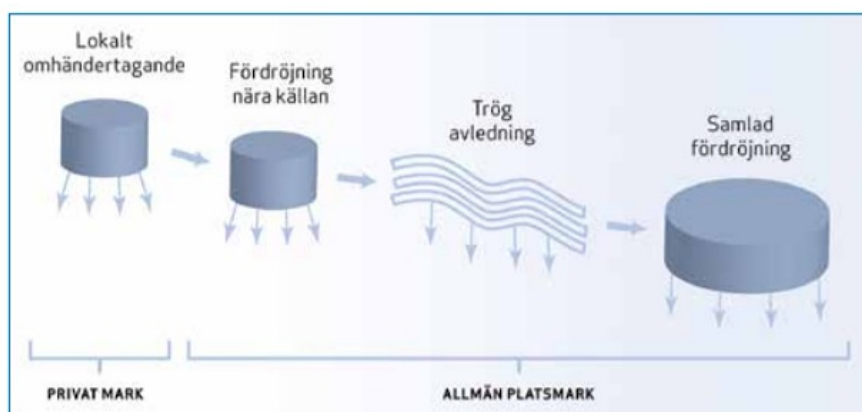
Till varje projekt kopplas ett exploateringsavtal eller markanvisningsavtal, beroende på om fastigheten är kommunal eller privat. I avtalet skall detaljerade riktlinjer för dag- och dränvattenhantering samt höjdsättning finnas. I avtalet utläses vad som gäller enligt planbestämmelserna (Svenskt Vatten, 2011).

## **2.6 Vanliga dagvattenlösningar**

Vanliga dagvattenlösningar är en kombination av slutna och öppna dagvattenlösningar, vilket är att föredra. Skillnaden mellan de slutna dagvattenlösningarna och de öppna är att vattnet syns under avrinningsförloppet i de öppna lösningarna. De öppna systemen utnyttjar naturens egna sätt att ta hand om dagvatten, genom t.ex. infiltration, ytavrinning och fördröjning (Stahre, 2004). Slutna dagvattenlösningar eller slutna rörsystem brukar inte vara tillräckligt för att leda bort

allt dagvatten som bildas, vilket gör att de öppna dagvattenlösningarna som kan ta större flöden ofta används tillsammans med de slutna.

Öppna dagvattenlösningar brukar delas upp i olika kategorier såsom lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning (Figur 2.3) (Svensson et al., 2016). I detta kapitel redovisas några vanliga öppna dagvattenlösningar och dess funktioner.



Figur 2.3 Illustration av olika kategorier av öppna dagvattenlösningar (Svensson et al., 2016).

### 2.6.1 Artificiell våtmark

Artificiella våtmarker används för att fördröja och rena dagvatten. För att avskilja föroreningar sker sedimentation i våtmarken i kombination med fysikaliska, kemiska och biologiska processer, som exempelvis växtupptag och avdunstning. Våtmarker har också potential att reducera näringsämnen i dagvattnet och på så sätt minska näringsinnehållet till recipienter. Detta sker genom ett direktupptag av växter och mikroorganismer. Våtmarker brukar ofta kombineras med dammar, och våtmarken ska då utgöra minst 1 procent av avrinningsområdets area. En våtmark ska vara uppdelad i olika höjdnivåer för att ge bästa förutsättningar till olika växtlighet (VISS, 2015).



*Figur 2.4 Ekeby våtmark (Hangsna, 2014). CC BY-SA.*

Dammar ska helst anslutas till inloppet av våtmarken för att omhänderta den största sedimentationen (Stahre, 2004). Vid utloppet från våtmarken finns en speciell regleringsanordning för att kontrollera dämningshöjd och utloppet från anläggningen. En anlagd våtmark brukar ha en hållbarhet på 25 år (VISS, 2015).

## **2.6.2 Dagvattendamm**

Våta dagvattendammar är dammar som alltid är vattenfyllda och där rening av vattnet sker genom sedimentation av partiklar. Den optimala storleken på en damm, med avseende på fördröjning, är ca 2 procent av avrinningsområdet och 1–2 m djup. Skulle dammen vara för djup riskeras döda bottnar, alltså syrefattiga förhållanden (VISS, 2016).



*Figur 2.5 Dagvattendamm Årstafältet, Stockholm (Fredriksson, 2014). CC BY-SA.*

Dammens förmåga att reducera föroreningar är starkt kopplat till de inkommande koncentrationerna i vatten, där högre inkommande vattenkoncentration generellt leder till större reningsgrad. Det är mycket viktigt att underhålla dammen för att behålla dess funktioner, då kan en damm fylla sin funktion i åtminstone 25 år.

Dagvattendammar skapar även ett mervärde, inte bara genom det estetiska utan också för att de formar en miljö för biologisk mångfald (VISS, 2016).

### 2.6.3 Infiltrationsmagasin/fördröjningsmagasin/stenkista

Denna metod används för att magasinera vattnet, minska flödet och reducera föroreningar. Föroreningarna fastläggs i infiltrationsmaterialet eller i omgivande mark. Infiltrationsmagasin passar mycket bra i områden där det inte är för mycket hårdgjorda ytor, och där övrig mark har god infiltrationsförmåga. Marken får gärna ha små höjdskillnader, lågt grundvatten och mycket organiskt material för att skapa bra förhållanden för infiltration.



*Figur 2.6 Infiltrationsmagasin Milwaukee, Wisconsin, USA (Volkening, 2011). CC BY.*

För att förhindra översvämningar skall överskottsvatten ha möjlighet att ledas bort från anläggningen. Anläggningen kräver en yta på ungefär 2–3 procent av den hårdgjorda yta som bidrar, och kan därför byggas i tätbebyggelse. Infiltrationsmagasin har en varaktighet på 20 år (VISS, 2015).

### 2.6.4 Permeabel vägbeläggning

Genom att göra vägbeläggningar genomsläppliga kan dagvatten som skapas reduceras. Vattnet som hamnar på t.ex. väg filtreras ner i väglaget och leds sedan ner i underliggande mark. Detta kan fungera som stöd för brunnar och vattenledningar, då de inte behöver hantera lika stora mängder vatten. Permeabel vägbeläggning kan också användas som bullerdämpning, och är alltså inte endast gynnsamt för avledning av vatten. Därför brukar denna typ av åtgärd vara fördelaktig att använda på sträckor med låg koncentration av trafik, och nära bebyggelse (VISS, 2015).





*Figur 2.7 Permeabel asfalt (MSU, 2010). CC BY-NC.*

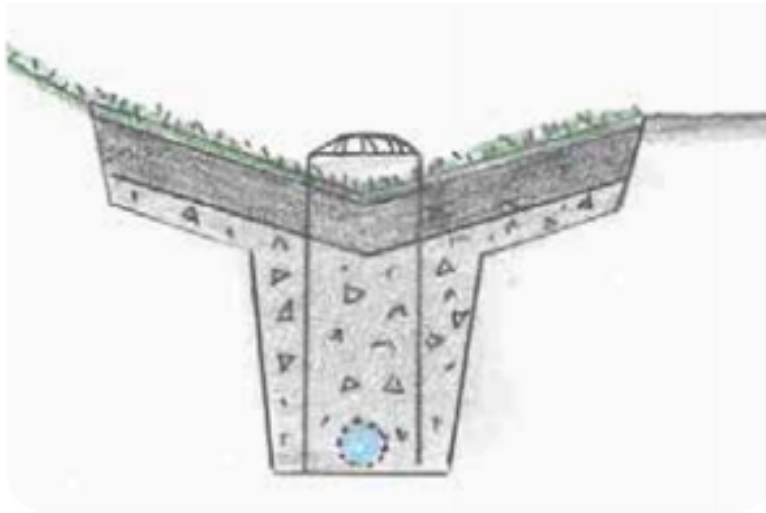
Tyvär har en permeabel vägbeläggning sämre resistens mot slitage och har en varaktighet på ungefär 10 år, och vid högre trafikbelastning kan varaktigheten bli ännu kortare, ungefär 5–6 år (Stahre, 2004). Blir vägbeläggningen igensatt av smuts försvinner egenskaperna av infiltrering och bullerdämpning. För att förhindra igensättning skall sand eller finkornigt material undvikas på väg, och även salt har visat sig försämra förmågan på väg. En traditionell vägbeläggning brukar kosta runt 50-100 kr/m<sup>2</sup> medan den permeabla kostar runt 190–290 kr/m<sup>2</sup> vilket gör det senare alternativet mycket kostsamt (VISS, 2015).

### 2.6.5 Svackdiken

Svackdiken är grunda och breda kanaler som omges av svagt lutande sidor täckta av vegetation. Dessa diken finns oftast längs med vägar och bostadsgator för avvattning, men anläggs de på rätt sätt kan de även fungera som renande åtgärd mot föroreningar (Stahre, 2004). Tack vare all vegetation i diket saktas avrinningen ned och därmed kan föroreningar sedimenteras och fastläggas. Jämfört med traditionella vattenledningar minskar även vattenhastigheten avsevärt, och flödestoppar nedström minskar också. Beroende på vilket material som finns i diket kan detta vara fördelaktigt, då en del av vattnet infiltreras samtidigt som det avvattnar (Djerv, 2010).

För att maximera den våta perimetern (Stahre 2004), ett mått på kontakten mellan botten och vatten (Häggström, 2009), bör inte slänterna till diket luta mer än 1:3 eller 4 procent. För att förhindra erosion bör vattenflödet i diket hållas nere, och därför bör inte dikets lutning i vattenriktningen överstiga 2 procent (Stahre, 2004). Svackdiken är avsedda för små avrinningsområden, riktigt stora diken kan ta emot vatten från ca 4 ha (Djerv, 2010). Svackdiken fungerar bäst vid medelhöga flöden och i samband med

andra dagvattensystem. Exempelvis kan svackdiket rinna ut till en damm eller våtmark. Sköts svackdiket på rätt sätt kan varaktigheten vara åtminstone 25 år (VISS, 2015).



*Figur 5.4 Makadamfyllt dike med dräneringsledning och kupolsil för bräddning av vatten (Pirard & Alm, 2012).*



### 3 Beskrivning av fallstudieområde

Det undersökta fallstudieområdet mellan Ribbingsberg och Vara ligger i Västergötland, beläget nordöst om Göteborg. Projektet i sin helhet gäller sträckan Vårgårda-Vara, medan fallstudieområdet Ribbingsberg-Vara motsvarar ungefär halva den totala sträckan på 19 km (Figur 3.1 och Figur 3.2). Området längs väg E20 består i denna etapp mestadels av åkermark samt mindre bostadsområden. Detta område som ska genomgå en breddning har valts ut som område att undersöka, då detta är en etapp som i nuläget utreds för att dimensionera den nya markavvattningen.



Figur 3.1 Karta över fallstudieområdets läge i Västergötland.



Figur 3.2 Detaljerad karta över gällande fallstudieområde Ribbingsberg-Vara.

## 4 Metod

De metoder som har använts för att besvara frågeställningarna redogörs för nedan. Dessa metoder är litteraturstudie, beräkningar med avseende på dagvattenflöden innan och efter breddning av väg samt utredning av fördröjningsåtgärder för det aktuella området. Detta kapitel ger en detaljerad beskrivning av de olika metoderna.

### 4.1 Användning av litteratur

Den litteratur som användes i detta arbete är i första hand tekniska rapporter och artiklar, men även fakta från hemsidor och böcker används. De vetenskapliga rapporter och artiklar som användes är huvudsakligen från universitet och statliga institutioner. De fakta som hämtas från hemsidor kommer främst från statliga eller kommunala myndigheter men även från branschorganisationer. Utöver dessa fakta inhämtades även information via personlig kommunikation med Anders Byström, gruppleddare för Vatten och miljö på Sweco.

Informationen som är hämtad ur litteraturen utgör en grund för de beräkningsmetoder och antaganden som används för flödesberäkningarna. Litteraturstudien ligger även till bakgrund för teorin bakom de utredningar av åtgärder som utförs och sedan presenteras.

### 4.2 Beräkningsmetod med avseende på dagvattenflöde

Vid beräkning av dimensionerande dagvattenflöde är det vanligt att använda sig av rationella metoden. Den rationella metoden kan tillämpas för dimensionering av avledning av dagvatten, både till rör och diken från olika storlek av bebyggelse. Något som denna metod kan visa på, är vikten av att reglera fördröjningen av dagvatten för att förhindra översvämning eller erosion av områden nedströms (Svensson et al., 2016).

För att den rationella metoden skall vara applicerbar bör det enligt Svenskt Vatten (2004) vara ett i det närmaste rektangulärt område, med en avrinningskoefficient som är jämnt utspridd över området. Rationella metoden som används i denna rapport är följande (Svensson et al., 2016):

$$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(T) \quad (4.1)$$

där

$Q_{dim}$  = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

$\varphi$  = avrinningskoefficient [-]

i = dimensionerande regnintensitet [l/(s · ha)]

T = rinntid [min]

Längsta rinntid (T) beräknas enligt ekvation 4.2:

$$T = \frac{L_{tot}}{v \cdot 60} \quad (4.2)$$

där

T = längsta rinntid [min]

$L_{tot}$  = maximal rinnsträcka [m]

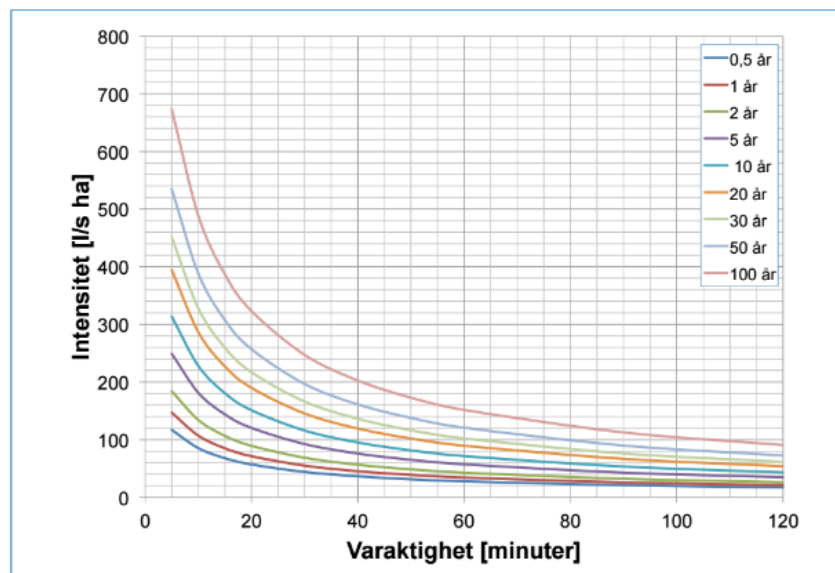
v = vattnets hastighet [m/s]

Vattnets avrinningshastighet väljs enligt Tabell 4.1:

Tabell 4.1 Vattnets avrinningshastighet för olika typer av avledning (Svensson et al., 2016).

| Typ av avledning          | Hastighet [m/s] |
|---------------------------|-----------------|
| Ledning i allmänhet       | 1,5             |
| Tunnel och större ledning | 1,0             |
| Dike och rännsten         | 0,5             |
| Mark                      | 0,1             |

Regnintensitet  $i(T)$  [l/(s·ha)] valdes utifrån beräknad rinntid och fås från Dahlströms diagram (Figur 4.1):



Figur 4.1 Intensitets-varaktighetskurvor baserade på (Dahlström, 2010) (Svensson et al., 2016).

Avrinningskoefficienten  $\varphi$  valdes utifrån Tabell 4.2:

Tabell 4.2 Avrinningskoefficient för olika typer av ytor (Svensson et al., 2016).

| Typ av yta                                                          | Avrinningskoefficient |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Tak                                                                 | 0,9                   |
| Betong- och asfaltyta, berg i dagen i stark lutning                 | 0,8                   |
| Stensatt yta med grusfogar                                          | 0,7                   |
| Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation | 0,4                   |
| Berg i dagen i inte alltför stark lutning                           | 0,3                   |
| Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark                     | 0,2                   |
| Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark               | 0,1                   |
| Odlad mark, gräsyta, ängsmark m.m.                                  | 0-0,1                 |
| Flack tätbevuxen skogsmark                                          | 0-0,1                 |

Avrinningskoefficientens ( $\varphi$ ) värde bestämdes utifrån den maximala andel av ett område som bidrar till avrinning. Koefficienten beror av exploaterings- och hårdgörningsgrad, områdets lutning samt regnintensiteten. Olika typer av ytor har olika koefficient, vilket betyder att en sammanvägd avrinningskoefficient behövs för att visa hur stor andel av ett visst område bidrar till avrinningen. Detta beräknas enligt ekvation 4.3 (Svensson et al., 2016):

$$\varphi_{medel} = \frac{(A_1 \cdot \varphi_1 + A_2 \cdot \varphi_2 + \dots + A_n \cdot \varphi_n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)} \quad (4.3)$$

Vid beräkning av flöde inklusive klimatfaktor multipliceras flödet utan klimatfaktor med en konstant:

$$Q_{år+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant \quad (4.4)$$

Klimatfaktorn rekommenderas vara minst 1,25 för nederbörd som har kortare varaktighet än en timme, och minst 1,2 för nederbörd med varaktighet på upp till ett dygn. Detta är baserat på kunskapsläget 2015, och gäller för hela Sverige (Svensson et al., 2016, s. 34). Klimatfaktorn valdes enligt Tabell 4.3:

Tabell 4.3 Klimatfaktor för regnvaraktighet under och över 60 min.

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| Klimatfaktor, regnvaraktighet <60 min | 1,25 |
| Klimatfaktor, regnvaraktighet >60 min | 1,2  |

### 4.3 Beräkningsmetod med avseende på dagvattenflöde inklusive infiltration

Vid beräkning av dimensionerande dagvattenflöde inklusive infiltration användes också rationella metoden, men med en förändring som innebär att icke hårdgjorda ytor inom vägområdet har en infiltrations- och magasineringskapacitet.

Ett antagande som görs är att magasineringskapaciteten inte överstigs vid dimensionerande nederbörd. När den maximala magasineringen skett infiltreras vattnet sedan vidare till grundvattnet, eller leds bort med hjälp av andra åtgärder.

Det dimensionerande vattenflödet ska bestå av det vatten som blir till överskott, då det för varje enskilt delavrinningsområde inte infiltreras enligt följande:

$$Q_{dim} = i\ddot{A} \cdot A_{h\ddot{a}rdgjord} \cdot \varphi + A_{infiltrerbar} \cdot (i\ddot{A} - f_i) \quad (4.5)$$

där

$Q_{dim}$  = dimensionerande flöde [l/s]

$i\ddot{A}$  = dimensionerande regnintensitet [l/(s · ha)]

$A$  = yta [ha]

$\varphi$  = avrinningskoefficient [-]

$f_i$  = infiltrationskapacitet [l/(s · ha)]

(Billberger, 2014).

Dahlströms ekvation användes för att beräkna dimensionerande nederbörd (Billberger, 2014):

$$i\ddot{A} = 190 \cdot \sqrt[3]{\ddot{A}} \cdot \frac{\ln(TR)}{TR^{0,98}} + 2 \quad (4.6)$$

där

$\ddot{A}$  = återkomsttid [mån]

TR = regnvaraktighet [min]

Avrinningskoefficienten ( $\varphi$ ) för rationella metoden med infiltration valdes enligt Tabell 4.2. Infiltrationskapaciteten ( $f_i$ ) beror av markens genomsläpplighet och väljs för vegetationsklädda ytor till minst 100 l/(s·ha) och för gräsklädda slänter och diken till minst 150 l/(s·ha).

## 4.4 Beräkningsmetod för vattendjup i dike

För att beräkna vattendjup i dike användes en beräkningsmetod med Mannings formel (Billberger, 2014). Denna beräkningsmetod är anpassad för hydraulisk rå strömning och inkluderar Mannings tal (Häggström, 2009). Mannings tal beskriver den råhet som i sin tur påverkar friktionsförlusterna vid beräkning med Mannings formel. Talet ska väljas utifrån de material som finns i botten eller kan utvecklas i trumman/röret. Vanligen väljs Mannings tal mellan 20–60 (Billberger, 2014).

Tabell 4.4 Rekommenderade värden för Mannings tal (Häggström, 2009).

Mannings tal, M, för olika material

| Material         | Mannings tal $m^{1/3} / s$ |
|------------------|----------------------------|
| Stål             | 90 – 100                   |
| Hyvlat trä       | 85 – 95                    |
| Ohyvlat trä      | 70 – 80                    |
| Slät betong      | 80 – 90                    |
| Bräddbetong      | 65 – 75                    |
| Gjutjärn         | 60 – 70                    |
| Slät jord        | 35 – 50                    |
| Lös stenkastning | 25 – 35                    |
| Berg             | 20 – 35                    |

När det dimensionerande flödet är beräknat kan ett maximalt vattendjup i diket passas fram. Mannings formel som användes i denna rapport är följande:

$$Q_{dim} = A \cdot M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (4.7)$$

där

$Q_{dim}$  = dimensionerande flöde [l/s]

A = area [ $m^2$ ]

R = hydraulisk radie [m]

I = bottenlutning [‰]

M = Mannings tal [ $m^{1/3}/s$ ]

(Billberger, 2014).

Arean (A) för diket beräknades enligt följande ekvation (Billberger, 2014):

$$A = b \cdot h + k \cdot h^2 \quad (4.8)$$

där

h = vattendjup [m]

k = släntlutning [%]

b = bottenbredd [m]

Den våta perimetern (P) är ett mått på kontakten mellan botten och vatten (Häggström, 2009), och beräknades enligt följande ekvation (Billberger, 2014):

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + k^2} \quad (4.9)$$

Bottenlutningen (I) är lutningen av dikets botten, och beräknas enligt följande ekvation (Billberger, 2014):

$$I = \left( \frac{HP - LP}{L} \right) \cdot 1000 \quad (4.10)$$

där

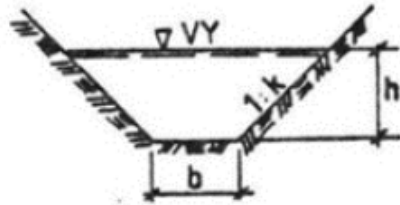
HP = högpunkt [m.ö.h.]

LP = lågpunkt [m.ö.h.]

Den hydrauliska radien (R) för diket beräknades enligt följande ekvation (Billberger, 2014):

$$R = \frac{A}{P} \quad (4.11)$$

Vid beräkning av dikets dimensioner kan följande figur användas som hjälpmedel:



Figur 4.2 Exempel på dikets utformning (Billberger, 2014).

## 4.5 Beräkningsmetod med avseende på naturmarksflöde

Naturflödesberäkning är en metod som gäller för oreglerade vattendrag med ett avrinningsområde med en storlek mellan 0–60 km<sup>2</sup>, där sjöandelen i området är mindre än 20 procent (Billberger, 2014). Är avrinningsområdet större än 20 km<sup>2</sup> eller om sjöandelen överstiger 20 procent bör data från SMHI användas. Formlerna ska ge en konservativ uppskattning av flödet, vilket i regel brukar vara ett överskattat värde men som i sällsynta fall kan vara underskattat. Däremot blir risken för underskattning större när sjöandelen  $S$  inom avrinningsområdet  $N$  ökar. För de fall då två formler är gällande ska högsta värde på vattenföringen vara dimensionerande. De ekvationer som användes i denna rapport är ekvation 4.12 och ekvation 4.15.

Formel för  $N=0-10$  km<sup>2</sup>

$$HQ_{50} = 0,27 + 0,0344 \cdot Mq \cdot N + 0,03 \cdot N - 9 \cdot S/N \quad (4.12)$$

Formel för  $N=8-22$  km<sup>2</sup>

$$HQ_{50} = 1,2 + 0,026 \cdot Mq \cdot N + 0,01 \cdot N - 23 \cdot S/N \quad (4.13)$$

Formel för  $N=20-60$  km<sup>2</sup>

$$HQ_{50} = 5,69 + 0,0122 \cdot Mq \cdot N + 0,02 \cdot N - 30 \cdot S/N \quad (4.14)$$

Medelvattenföringen  $MQ$  beräknas enligt följande ekvation:

$$MQ = Mq \cdot N \quad (4.15)$$

$HQ_{50}$  = högsta förväntad vattenföring med återkomsttid 50 år [ $m^3/s$ ]

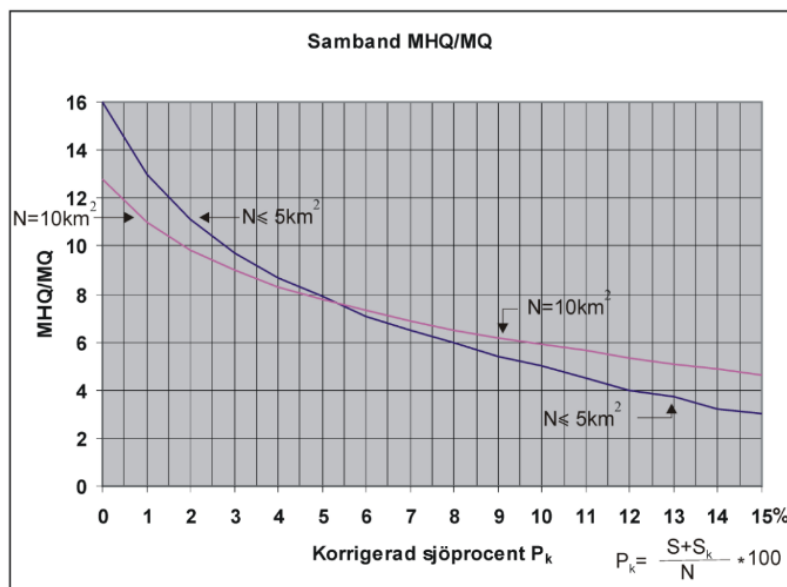
$Mq$  = specifik medelavrinning [ $l/(s \cdot km^2)$ ]

$S$  = sjöyta inom  $N$  [ $km^2$ ]

$N$  = ytan hos avrinningsområdet uppströms beräkningspunkten [ $km^2$ ]

$MQ$  = medelvattenföring [ $m^3/s$ ]. Årsmedelvärde för lång period.

Sambandet mellan avrinningsområdets yta  $N$  och korrigerad sjöprocent ger ett värde på  $MHQ/MQ$  (Figur 4.4). Den korrigerade sjöprocenten är andelen sjöyta  $S$  inom området  $N$ . Utifrån detta kan  $MHQ$  lösas ut ur ekvationen  $MHQ/MQ$ , då  $MQ$  och värdet på  $MHQ/MQ$  är känt. En korrigerad sjöprocent används där en sjö uppströms har stor betydelse. Om beräkning sker med en korrigerad sjöprocent ( $S/N$ ), blir värdet på  $MHQ$  överskattat, vilket är godtagbart (Billberger, 2014).



Figur 4.3 Förhållande mellan  $MHQ$  och  $MQ$  för avrinningsområdet  $N \leq 5 km^2$  och  $N = 10 km^2$  (Billberger, 2014).

$MHQ$  = medelhögvattenföring [ $m^3/s$ ]. Medelvärdet av varje års högsta dygnvattenföring.



## 5 Resultat

De resultat som detta arbete kommit fram till genom litteraturstudie, beräkningar samt utredningar redovisas i detta kapitel. Resultaten redovisar beräkningar före och efter breddning av väg.

### 5.1 Indata för valt område

Indata för det valda studieområdet hämtades och analyserades från en CAD-fil utförd över vägsträckan från Ribbingsberg-Vara. Avståndet mellan Ribbingsberg-Vara är 19 km. För att redovisa de flödesberäkningar som gjorts för breddningen av vägen, valdes ett specifikt område ut. Detta område är en del av sträckan där breddning av vägen kommer att göras, där skevning sker och där vattnet avleds till dikningsföretag. Den sträcka som valts som exempel är 7.360–7.560 m, eftersom den uppfyller dessa krav. Sträckan Vårgårda-Vara har en måttsättning där sträckan 0.000 m befinner sig i Vårgårda, och sträckan 19.000 m befinner sig i Vara. Detta innebär att den valda sträckan 7.360–7.560 m befinner sig 7.360 m från Vårgårda.

Tabell 5.1 Indata för fallstudieområde på sträckan 7.360–7.560 m.

| Högpunkt     | Lågpunkt     | Sträcka |
|--------------|--------------|---------|
| +90,50 m.ö.h | +90,00 m.ö.h | 200 m   |



Figur 5.1 Fallstudieområdet och dess avgränsningar.

Röd linje: arean för mark, Grön linje: area för väg, Mörkgrön/svart linje: area för dike, Blå pil: riktning för vattnets avrinning, Blå cirkel: vattnets avrinningspunkt från alla avrinningsområden.

## 5.2 Flödesresultat innan breddning av väg

Beräkning av dagvattenflödet innan breddning av väg gjordes med både rationella metoden och rationella metoden inklusive infiltration. Vid beräkningar innan breddning av väg användes inte Mannings formel, då det går att utläsa från vägens tvärsnitt att det inte förekommer något dike i dagsläget.

### 5.2.1 Rationella metoden innan breddning av väg

De beräkningar som gjordes med rationella metoden följer ekvation 4.1. Indata till beräkningarna anges i Tabell 5.2. Arean har mätts på en CAD-ritning och avrinningskoefficient för väg och dike valdes från Tabell 4.2.

Tabell 5.2 Indata för flödesberäkning med rationella metoden innan breddning.

| Area (A)                            | Väg      | Dike     |
|-------------------------------------|----------|----------|
|                                     | 0,256 ha | 0,071 ha |
| Sammanlagd area ( $A_{tot}$ )       | 0,327 ha |          |
| Avrinningskoefficient ( $\varphi$ ) | 0,8      | 0,1      |
| Vattenhastighet ( $v$ )             | 0,5 m/s  |          |
| Klimatfaktor, rinntid <60 min       | 1,25     |          |

Längsta rinntid (T) beräknades enligt ekvation 4.2. Längsta rinnsträcka mättes från CAD-ritning och hastigheten för dike,  $v = 0,5$  m/s, fås från Tabell 4.2:

$$T = \frac{L_{tot}}{v \cdot 60} \quad (4.2)$$

$$T = \frac{(200 + 3,57)}{(0,5 \cdot 60)} \approx 6,786$$

$$T = 6,786 \Rightarrow 10 \text{ min}$$

Dagvatten från hårdgjorda ytor har sällan en rinntid som är kortare än tio minuter, vilket ger att rinntiden här antogs vara tio minuter (Svensson et al., 2016). Regnintensiteten  $i(T)$  utlästes ur Dahlströms diagram (Figur 4.2), vilket gav följande värden för återkomsttiderna 2-, 5- och 10 år (Tabell 5.3).

Tabell 5.3 Indata för regnintensitet.

|                                     |     |     |     |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|
| Årsregn [år]                        | 2   | 5   | 10  |
| Återkomsttid [mån]                  | 24  | 60  | 120 |
| Regnintensitet [ $l/(s \cdot ha)$ ] | 134 | 181 | 228 |

Den

sammanvägda avrinningskoefficienten ( $\varphi_{medel}$ ) beräknades enligt ekvation 4.3:

$$\varphi_{medel} = \frac{(A_{våg} \cdot \varphi_{våg} + A_{dike} \cdot \varphi_{dike} + \dots + A_n \cdot \varphi_n)}{(A_{våg} + A_{dike} + \dots + A_n)} \quad (4.3)$$

$$\varphi_{medel} = \frac{(0,256 \cdot 0,8 + 0,071 \cdot 0,1)}{(0,256 + 0,071)} \approx 0,647$$

$$\varphi_{medel} = 0,647$$

Beräkning av flödet för de olika återkomsttiderna gjordes med ekvation 4.1. Flödesberäkning inklusive klimatfaktor utfördes enligt ekvation 4.4.

Återkomsttid 2 år

$$Q_{2\text{år}} = A_{tot} \cdot \varphi_{medel} \cdot i_{2\text{år}} = 0,327 \cdot 0,647 \cdot 140 = 29,671 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år

$$Q_{5\text{år}} = A_{tot} \cdot \varphi_{medel} \cdot i_{5\text{år}} = 0,327 \cdot 0,647 \cdot 180 = 38,149 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 10 år

$$Q_{10\text{år}} = A_{tot} \cdot \varphi_{medel} \cdot i_{10\text{år}} = 0,327 \cdot 0,647 \cdot 230 = 48,746 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 2 år + klimatfaktor

$$Q_{2\text{år}+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant = 29,671 \cdot 1,25 = 37,089 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år + klimatfaktor

$$Q_{5\text{år}+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant = 38,149 \cdot 1,25 = 47,686 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 10 år + klimatfaktor

$$Q_{10\text{år}+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant = 48,746 \cdot 1,25 = 60,932 \text{ l/s}$$

Tabell 5.4 Resultat av dimensionerande flöde med och utan klimatfaktor.

|                   |                        |                        |                         |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Återkomsttid [år] | 2                      | 5                      | 10                      |
| Dim. flöde [l/s]  | 29,7                   | 38,1                   | 48,7                    |
| Återkomsttid [år] | 2 år +<br>klimatfaktor | 5 år +<br>klimatfaktor | 10 år +<br>klimatfaktor |
| Dim. flöde [l/s]  | 37,1                   | 47,7                   | 60,9                    |

### 5.2.2 Rationella metoden med infiltration innan breddning av väg

För rationella metoden med infiltration gäller till stor del samma förutsättningar som för den rationella metoden. Den infiltrerbara ytan uppskattades endast till slänten mellan dikets botten och vägkonstruktionen. Avrinningskoefficienten valdes till 0,8 enligt Tabell 4.3 och regnvaraktigheten utifrån återkomsttid och omvandlades till månader.

Tabell 5.5 Indata för flödesberäkning med rationella metoden med infiltration.

| Area (A)                            | Hårdgjord yta  |        | Infiltrerbar yta |
|-------------------------------------|----------------|--------|------------------|
|                                     | 0,256 ha       |        | 0,061 ha         |
| Avrinningskoefficient ( $\varphi$ ) | 0,8            |        |                  |
| Regnvaraktighet (TR)                | 10 min         |        |                  |
| Infiltrationskapacitet ( $f_i$ )    | 150 l/(s · ha) |        |                  |
| Årsregn                             | 2 år           | 5 år   | 10 år            |
| Återkomsttid                        | 24 mån         | 60 mån | 120 mån          |

Regnintensitet  $i_{\text{Å}}$  beräknades enligt ekvation 4.6:

$$i_{\text{Å}} = 190 \cdot \sqrt[3]{\text{Å}} \cdot \frac{\ln(\text{TR})}{\text{TR}^{0,98}} + 2 \quad (4.6)$$

Återkomsttid 24 mån

$$i_{\text{Å}} = 190 \cdot \sqrt[3]{24} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 134 \text{ l/(s · ha)}$$

Återkomsttid 60 mån

$$i_{\text{Å}} = 190 \cdot \sqrt[3]{60} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 181 \text{ l/(s · ha)}$$

#### Återkomsttid 120 mån

$$i\ddot{A} = 190 \cdot \sqrt[3]{120} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 228 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$$

*Tabell 5.6 Resultat för beräkning av regnintensitet.*

| Återkomsttid [år]            | 2   | 5   | 10  |
|------------------------------|-----|-----|-----|
| Regnintensitet<br>[l/(s·ha)] | 140 | 180 | 230 |

Beräkning av dimensionerande flöde för de olika återkomsttiderna utfördes med ekvation 4.5:

$$Q_{dim} = i\ddot{A} \cdot A_{h\ddot{a}rdgjord} \cdot \varphi + A_{infiltrerbar} \cdot (i\ddot{A} - f_i) \quad (4.5)$$

#### Återkomsttid 24 mån

$$Q_{24} = 134 \cdot 0,256 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (134 - 150) = 26,467 \text{ l/s}$$

#### Återkomsttid 60 mån

$$Q_{60} = 181 \cdot 0,256 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (150 - 181) = 35,178 \text{ l/s}$$

#### Återkomsttid 120 mån

$$Q_{120} = 228 \cdot 0,256 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (150 - 228) = 41,936 \text{ l/s}$$

*Tabell 5.7 Resultat av dimensionerande flöde inklusive infiltration.*

| Återkomsttid [mån]             | 24   | 60   | 120  |
|--------------------------------|------|------|------|
| Flöde m. infiltration<br>[l/s] | 26,5 | 35,2 | 41,9 |

## 5.3 Flödesresultat efter breddning av väg

Beräkning av dagvattenflödet efter breddning av väg utfördes med hjälp av både rationella metoden och Mannings formel. De beräkningar som gjordes med rationella metoden gäller flödesberäkning, medan de beräkningar som gjordes med Mannings formel beräknar ett dimensionerande flöde som i sin tur ger vattenhöjden i diket. Även rationella metoden med hänsyn till infiltration användes för flödesberäkning efter breddning.

### 5.3.1 Rationella metoden efter breddning av väg

De beräkningar som gjordes med rationella metoden följer ekvationen 4.1. Indata till beräkningarna anges i Tabell 5.12. Arean har mätts på en CAD-ritning och avrinningskoefficient för väg och dike valdes från Tabell 4.1.

Tabell 5.8 Indata för flödesberäkning med rationella metoden efter breddning.

| Area (A)                            | Väg      | Dike     |
|-------------------------------------|----------|----------|
|                                     | 0,280 ha | 0,071 ha |
| Sammanlagd area ( $A_{tot}$ )       | 0,351 ha |          |
| Avrinningskoefficient ( $\varphi$ ) | 0,8      | 0,1      |
| Vattenhastighet ( $v$ )             | 0,5 m/s  |          |
| Klimatfaktor för rinntid <60 min    | 1,25     |          |

Längsta rinntid ( $T$ ) beräknades enligt ekvation 4.2. Längsta rinnsträcka mättes från CAD-ritning och hastigheten för dike,  $v = 0,5$  m/s, togs från Tabell 4.2.

$$T = \frac{L_{tot}}{v \cdot 60} \quad (4.2)$$

$$T = \frac{(200+3,57)}{(0,5 \cdot 60)} \approx 6,786$$

$$T = 6,786 \text{ min} \Rightarrow 10 \text{ min}$$

Dagvatten från hårdgjorda ytor har sällan en rinntid som är kortare än tio minuter, vilket ger att rinntiden här antogs vara tio minuter (Svensson et al., 2016). Regnintensiteten  $i(T)$  utlästes ur Dahlströms diagram (Figur 4.2), vilket gav följande värden för återkomsttiderna 2-, 5- och 10 år (Tabell 5.13).

Tabell 5.9 Indata för regnintensitet.

|                            |     |     |     |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| Återkomsttid [år]          | 2   | 5   | 10  |
| Regnintensitet [ l/(s·ha)] | 140 | 180 | 230 |

Den sammanvägda avrinningskoefficienten ( $\varphi_{medel}$ ) beräknas enligt ekvation 4.3:

$$\varphi_{medel} = \frac{(A_{våg} \cdot \varphi_{våg} + A_{dike} \cdot \varphi_{dike} + \dots + A_n \cdot \varphi_n)}{(A_{våg} + A_{dike} + \dots + A_n)} \quad (4.3)$$

$$\varphi_{medel} = \frac{(0,280 \cdot 0,8 + 0,071 \cdot 0,1)}{(0,256 + 0,071)} \approx 0,6578$$

$$\varphi_{medel} = 0,6578$$

Beräkning av flödet för de olika återkomsttiderna utfördes med ekvation 4.1. Flödesberäkning inklusive klimatfaktor gjordes enligt ekvation 4.4.

Återkomsttid 2 år

$$Q_{2\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 0,351 \cdot 0,6578 \cdot 140 = 32,359 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år

$$Q_{5\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 0,351 \cdot 0,6578 \cdot 180 = 41,605 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 10 år

$$Q_{10\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 0,351 \cdot 0,6578 \cdot 230 = 53,162 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 2 år + klimatfaktor

$$Q_{2\text{år}+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant = 32,359 \cdot 1,25 = 40,449 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år + klimatfaktor

$$Q_{5\text{år}+klimatfaktor} = Q_{dim} \cdot konstant = 41,605 \cdot 1,25 = 52,006 \text{ l/s}$$

### Återkomsttid 10 år + klimatfaktor

$$Q_{10\text{år}+\text{klimatfaktor}} = Q_{\text{dim}} \cdot \text{konstant} = 53,162 \cdot 1,25 = 66,452 \text{ l/s}$$

Tabell 5.10 Resultat av dimensionerande flöde med och utan klimatfaktor.

| Återkomsttid [år] | 2                      | 5                      | 10                      |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Dim. flöde [l/s]  | 32,4                   | 41,6                   | 53,2                    |
| Återkomsttid      | 2 år +<br>klimatfaktor | 5 år +<br>klimatfaktor | 10 år +<br>klimatfaktor |
| Dim. flöde [l/s]  | 40,4                   | 52,0                   | 66,5                    |

### 5.3.2 Rationella metoden med infiltration efter breddning av väg

För rationella metoden med infiltration gäller till stor del samma förutsättningar som för den rationella metoden. Den infiltrerbara ytan uppskattades endast till slänten mellan dikets botten och vägkonstruktionen. Avrinningskoefficienten valdes till 0,8 enligt Tabell 4.3 och regnvaraktigheten utifrån återkomsttid och omvandlades till månader.

Tabell 5.11 Indata för flödesberäkning med rationella metoden med infiltration.

| Area (A)                            | Hårdgjord yta  |        | Infiltrerbar yta |
|-------------------------------------|----------------|--------|------------------|
|                                     | 0,28 ha        |        | 0,061 ha         |
| Avrinningskoefficient ( $\varphi$ ) | 0,8            |        |                  |
| Regnvaraktighet (TR)                | 10 min         |        |                  |
| Infiltrationskapacitet ( $f_i$ )    | 150 l/(s · ha) |        |                  |
| Årsregn                             | 2 år           | 5 år   | 10 år            |
| Återkomsttid                        | 24 mån         | 60 mån | 120 mån          |

Regnintensitet  $i_A$  beräknas enligt ekvation 4.6:

$$i_A = 190 \cdot \sqrt[3]{A} \cdot \frac{\ln(TR)}{TR^{0,98}} + 2 \quad (4.6)$$



#### Återkomsttid 24 mån

$$i\ddot{A} = 190 \cdot \sqrt[3]{24} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 134 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$$

#### Återkomsttid 60 mån

$$i\ddot{A} = 190 \cdot \sqrt[3]{60} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 181 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$$

#### Återkomsttid 120 mån

$$i\ddot{A} = 190 \cdot \sqrt[3]{120} \cdot \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 228 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$$

*Tabell 5.12 Resultat för beräkning av regnintensitet.*

| Årsregn [år]               | 2   | 5   | 10  |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| Återkomsttid [mån]         | 24  | 60  | 120 |
| Regnintensitet [ l/(s·ha)] | 134 | 181 | 228 |

Beräkning av dimensionerande flöde för de olika återkomsttiderna sker med ekvation 4.5:

$$Q_{dim} = i\ddot{A} \cdot A_{h\ddot{a}rdgjord} \cdot \varphi + A_{infiltrerbar} \cdot (i\ddot{A} - fi) \quad (4.5)$$

#### Återkomsttid 24 mån

$$Q_{24} = 134 \cdot 0,28 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (134 - 150) = 29,040 \text{ l/s}$$

#### Återkomsttid 60 mån

$$Q_{60} = 181 \cdot 0,28 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (150 - 181) = 38,653 \text{ l/s}$$

#### Återkomsttid 120 mån

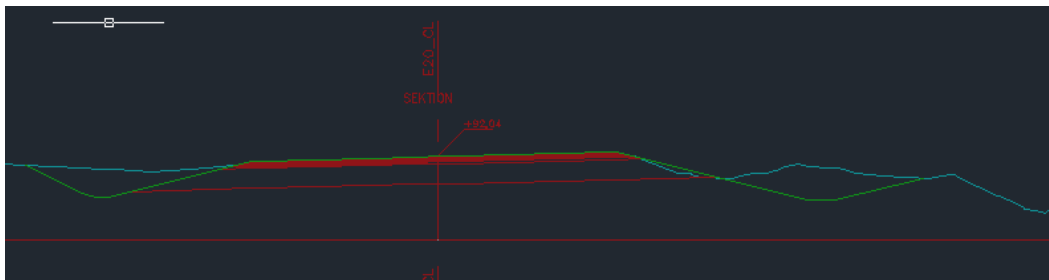
$$Q_{120} = 228 \cdot 0,28 \cdot 0,8 + 0,061 \cdot (150 - 228) = 46,314 \text{ l/s}$$

Tabell 5.13 Resultat av dimensionerande flöde inklusive infiltration.

|                             |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|
| Återkomsttid [år]           | 24   | 60   | 120  |
| Flöde m. infiltration [l/s] | 29,0 | 42,4 | 55,8 |

### 5.3.3 Mannings formel efter breddning av väg

Beräkningar som utfördes med Mannings formel följer ekvation 4.7. För indata till beräkningarna användes ett tvärsnitt av diket som hjälpmedel (Figur 5.2), där det efter breddning är den gröna linjen som läses av för breddning av väg och det nya diket.



Figur 5.2 Del av vägsträckan i tvärsnitt.

Blå linje: Befintlig väg och dike; Grön linje: Breddning av väg och nytt planerat dike.

I detta fall antogs diket som beräkningarna utgick ifrån ha ett material motsvarande lös stenkastning. Den rekommendation som finns för materialet är att välja ett tal mellan 25–35 och därför väljs  $M=30$ , vilket är ett medelvärde för materialet.

Tabell 5.14 Indata för flödesberäkning med Mannings formel.

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| Bottenbredd (b)  | 1 m                           |
| Mannings tal (M) | $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ |
| Släntlutning (k) | 4 %                           |

Beräkning av arean (A) utfördes med ekvation 4.8

$$A = b \cdot h + k \cdot h^2 \quad (4.8)$$

$$A = 1 \cdot h + 2,5 \cdot h^2 = h + 2,5 \cdot h^2 \text{ m}^2$$

$$A = h + 2,5 \cdot h^2 \text{ m}^2$$

Beräkning av den våta perimetern (P) gjordes med ekvation 4.9

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{(1 + k^2)} \quad (4.9)$$

$$P = 1 + 2 \cdot h \cdot \sqrt{(1 + 0,251^2)} = 1 + 2,062h \text{ m}$$

$$P = 1 + 2,062h \text{ m}$$

Beräkning av den hydrauliska radien (R) gjordes med ekvation 4.11

$$R = \frac{A}{P} \quad (4.11)$$

$$R = \frac{0,89h + 2,5 \cdot h^2}{1 + 2,062h} \text{ m}$$

$$R = \frac{0,89h + 2,5 \cdot h^2}{1 + 2,062h} \text{ m}$$

Beräkning av bottenlutning (I) utfördes med ekvation 4.10

$$I = \left( \frac{HP - LP}{L} \right) \quad (4.10)$$

$$I = \left( \frac{(90,5 - 90)}{200} \right) = 2,5 \text{ ‰}$$

$$I = 2,5 \text{ ‰}$$

Det dimensionerande flödet beräknades med hjälp av ekvationen 4.7:

$$Q_{dim} = A \cdot M \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{dim} = h + 2,5 \cdot h^2 \cdot 30 \cdot \frac{0,89h + 2,5 \cdot h^2}{1 + 2,062h}^{\frac{2}{3}} \cdot 2,5^{\frac{1}{2}} = 12,321 \text{ l/s} \quad (4.7)$$

Dimensionerande flöde från beräkningar med ekvation 4.5 användes sedan för att beräkna vattendjupet (h) i diket. Detta gjordes genom att h passas fram ur ekvation 4.7, och gav följande resultat:

Tabell 5.15 Vattendjup utifrån dimensionerande flöde av Mannings formel.

| Återkomsttid [år] | Flöde [l/s] | Vattendjup [m] |
|-------------------|-------------|----------------|
| 2                 | 32,8        | 0,09           |
| 5                 | 47,5        | 0,11           |
| 10                | 62,2        | 0,13           |

## 5.4 Flödesberäkning av markområde

De beräkningar som görs för omkringliggande mark sker med rationella metoden och naturflödesberäkningar. Både rationella metoden och naturflödesberäkningar används för att beräkna dimensionerande flöde.

### 5.4.1 Rationella metoden

De beräkningar som utfördes med rationella metoden följer ekvationen 4.1.

Tabell 5.16 Indata för flödesberäkning med rationella metoden.

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Area (A)                            | 6,352 ha |
| Avrinningskoefficient ( $\varphi$ ) | 0,1      |
| Vattenhastighet ( $v$ )             | 0,5 m/s  |
| Klimatfaktor för rinntid <60 min    | 1,25     |

Längsta rinntid (T) beräknades enligt ekvation (4.2)

$$T = \frac{L_{tot}}{v \cdot 60} \quad (4.2)$$

$$T = \frac{(402,56)}{(0,5 \cdot 60)} \approx 67,093$$

$$T = 67,093 \text{ min}$$

Regnintensiteten  $i(T)$  utläses ur Dahlströms diagram (Figur 4.2), vilket ger följande värden för återkomsttiderna 2-, 5- och 10 år (Tabell 5.3).

Tabell 5.17 Indata för regnintensitet.

|                               |    |    |    |
|-------------------------------|----|----|----|
| Återkomsttid [år]             | 2  | 5  | 10 |
| Regnintensitet [<br>l/(s·ha)] | 40 | 55 | 65 |

Beräkning av flödet för de olika återkomsttiderna utfördes med ekvation 4.1. Flödesberäkning inklusive klimatfaktor görs enligt ekvation 4.4.

Återkomsttid 2 år

$$Q_{2\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 6,352 \cdot 0,1 \cdot 40 = 25,406 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år

$$Q_{5\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 6,352 \cdot 0,1 \cdot 55 = 34,933 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 10 år

$$Q_{10\text{år}} = A \cdot \varphi \cdot i(T) = 6,352 \cdot 0,1 \cdot 65 = 41,285 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 2 år + klimatfaktor

$$Q_{2\text{år}+\text{klimatfaktor}} = Q_{\text{dim}} \cdot \text{konstant} = 25,406 \cdot 1,25 = 31,757 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 5 år + klimatfaktor

$$Q_{5\text{år}+\text{klimatfaktor}} = Q_{\text{dim}} \cdot \text{konstant} = 34,933 \cdot 1,25 = 43,666 \text{ l/s}$$

Återkomsttid 10 år + klimatfaktor

$$Q_{10\text{år}+\text{klimatfaktor}} = Q_{\text{dim}} \cdot \text{konstant} = 41,285 \cdot 1,25 = 51,606 \text{ l/s}$$

Tabell 5.18 Resultat av dimensionerande flöde med och utan klimatfaktor.

|                   |                        |                        |                         |
|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Återkomsttid [år] | 2                      | 5                      | 10                      |
| Dim. flöde [l/s]  | 25,4                   | 34,9                   | 41,3                    |
| Återkomsttid      | 2 år +<br>klimatfaktor | 5 år +<br>klimatfaktor | 10 år +<br>klimatfaktor |
| Dim. flöde [l/s]  | 31,8                   | 43,7                   | 51,6                    |

## 5.4.2 Naturmarksflödesberäkning

De beräkningar som utfördes med naturmarksflödesmetoden för flöde från markområde gjordes enligt ekvation 4.12.

Tabell 5.19 Indata för naturmarksflödesberäkning.

|                         |                        |                         |                     |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| MHQ                     | HQ <sub>50</sub>       | MQ                      | Mq                  |
| 8,130 m <sup>3</sup> /s | 0,89 m <sup>3</sup> /s | 0,508 m <sup>3</sup> /s | 8 m <sup>3</sup> /s |

Beräkning av HQ<sub>50</sub>, högsta förväntad vattenföring med återkomsttid 50 år utfördes med ekvation 4.12 som gäller för N=0–10 km<sup>2</sup>.

$$HQ_{50} = 0,27 + 0,0344 \cdot Mq \cdot N + 0,03 \cdot N - 9 \cdot S/N \quad (4.12)$$

$$HQ_{50} = 0,27 + 0,0344 \cdot 8 \cdot 0,0635 + 0,03 \cdot 0,0635 - 9 \cdot 0/0,0635 = 0,289 \text{ m}^3/\text{s}$$

Beräkning av medelvattenföring MQ utfördes med ekvation 4.15

$$MQ = Mq \cdot N \quad (4.15)$$

$$MQ = 8 \cdot 0,0635 = 0,508 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{MHQ}{MQ} = 16 \quad (\text{Figur 4.4})$$

$$MHQ = 0,508 \cdot 16 = 8,130 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabell 5.20 Resultat av naturmarksflödesberäkning.

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Avrinningsområdets yta (N)   | 0,0635 km <sup>2</sup>   |
| Specifik medelavrinning (Mq) | 8 l/(s·km <sup>2</sup> ) |
| Sjöyta inom N (S)            | 0 km <sup>2</sup>        |

## 5.5 Sammanställning av flödesresultat

Efter att beräkning med rationella metoden med och utan infiltration har utförts går det att utläsa att det dimensionerande flödet blir högre efter breddning av väg. Resultatet visar även att skillnaden i flöde innan och efter breddning är som störst vid högre regnintensitet. Ytterligare går det att se att flödet blev lägre när rationella metoden inklusive infiltration har använts, vilket tyder på att en andel av flödet infiltreras i marken.

Tabell 5.21 Sammanställning av flödesresultat med rationella metoden med och utan infiltration, gällande beräkningar utan klimatkfaktor.

| Sammanställning av flödesresultat | Rationella metoden |                 | Rationella metoden med infiltration |                 |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
|                                   | Innan breddning    | Efter breddning | Innan breddning                     | Efter breddning |
| Flöde 2 år [l/s]                  | 29,7               | 32,4            | 26,5                                | 29,0            |
| Flöde 5 år [l/s]                  | 38,1               | 41,6            | 35,2                                | 38,7            |
| Flöde 10 år [l/s]                 | 48,7               | 53,2            | 41,9                                | 46,3            |

Vid små markytor brukar rationella metoden räcka för att räkna på flödet som bidrar från mark. Detta ger en uppskattning vilket flöde som kommer att uppkomma men går inte riktigt att jämföra med naturmarksflöde då det beräknar flöde från större areor och varar under ett längre intervall.

Tabell 5.22 Flödesresultat från markområde med rationella metoden.

| Flöde med bidrag från markområdet | Naturmarksavrinning |
|-----------------------------------|---------------------|
| MHQ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]     | 8,13                |
| Mq [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]      | 8,00                |
| MQ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]      | 0,51                |
| HQ50 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]    | 0,89                |

Tabell 5.23 Flödesresultat från markområde med naturmarksavrinning.

| Återkomsttid [år] | Flöde [ $\text{l/s}$ ] | Vattendjup [m] |
|-------------------|------------------------|----------------|
| 2                 | 32,8                   | 0,09           |
| 5                 | 47,5                   | 0,11           |
| 10                | 62,2                   | 0,13           |

För att beräkna vattenhöjden i diket har Mannings formel använts och resultatet visar att en högre regnintensitet även gav ett högre flöde, som i sin tur ställer högre krav på diket utformning.

Tabell 5.24 Vattendjup utifrån dimensionerande flöde av Mannings formel.

| Flöde med bidrag från markområdet | Rationella metoden |
|-----------------------------------|--------------------|
| Flöde 2 år [ $\text{l/s}$ ]       | 25,4               |
| Flöde 5 år [ $\text{l/s}$ ]       | 34,9               |
| Flöde 10 år [ $\text{l/s}$ ]      | 41,3               |



## 5.6 Val av fördröjningsåtgärd

För omhändertagande av dagvattenflöden från och vid väg finns åtgärder som är mer lämpade än andra. Gällande för alla avvattningssystem vid väg är dock att de ska avleda dagvatten från vägytan och vägområdet för att förhindra översvämning, skadlig grundvattensänkning eller skador på dränering och känslig miljö (Trafikverket, 2005).

Vid breddning av väg ska alltid statusen från befintliga avvattningssystem kontrolleras. De befintliga systemen kan vara väl utformade men inte underhållna på rätt sätt vilket kan skapa problem. Ett exempel på detta är om innerslänterna vid vägen är hydrauliskt täta, eftersom vatten då kan ansamlas i vägen och inte nå diken eller ledningar. Avvattningen från väg sker från vägkropp ut med stödremsan och förbi innerslanten, sedan ner i dike eller ledning (Trafikverket, 2017).

I dagsläget är infiltrerbara, vegeterade sidoområden med öppna diken det som används flitigast där vägdagvattnet kan infiltrera i vägens/dikets slänt från vägens hårdgjorda yta (Karlsson, 2011). Det är därmed lämpligt att välja diken med utformning som ett svackdike. Svackdiket är lämpligt eftersom det skapar en större yta för infiltration vilket är fördelaktigt. Vattnets hastighet reduceras med hjälp av vegetationen som finns i diket och även föroreningar avskiljs genom sedimentering och infiltrering (VISS, 2015).

## 6 Diskussion

Det resultat som beräkningarna av dimensionerande flöde gav var som förväntat högre efter breddning av väg. Detta var förväntat eftersom den ökade arean av vägen också borde leda till ett ökat flöde enligt de ekvationer som använts. Den största skillnaden i flöde sker vid högre regnintensitet vilket också var ett förväntat resultat. En procentuell skillnad i det dimensionerande flödet på 9–10 % går att utläsa för samtliga återkomsttider, en något större skillnad kan utläsas för de längre återkomsttiderna.

Gällande resultatet från beräkningarna med rationella metoden inklusive infiltration så blir det dimensionerande flödet lägre än när rationella metoden utan infiltration används, då en del av vattnet infiltreras. Detta visar på att den rationella metoden inklusive infiltration är en beräkningsmetod som stämmer bättre överens med verkligheten, då det sällan uppkommer fall där inget vatten infiltreras i marken. Från en beställares perspektiv är detta även en metod som ger ett mer rimligt resultat när det kommer till utgifter, då det blir mer kostsamt att dimensionera för ett högre flöde.

När beräkningar av dimensionerande flöde vid valt fallstudieområde och utredningar av olika åtgärder har gjorts går det att se vilka åtgärder som verkar mest lämpade. De enligt resultatet mest lämpade åtgärderna, och de som oftast utförs i liknande sammanhang, är olika utformningar av diken för att avvattna vägen. Just dessa åtgärder kan argumenteras vara mest lämpade med anledning att de är enkla att utföra, billiga att anlägga och enkla att underhålla. Billiga och enkla åtgärder är också de åtgärder som oftast utförs, dyrare åtgärder implementeras mer sällan eller underhålls inte. Att utföra åtgärder som inte kräver så mycket tid och kostar mindre är därför ofta prioriterat vilket är något som även gäller för detta projekt. Just tidsbrist har för detta uppdrag varit en viktig aspekt och det har därför resulterat i att mer komplicerade och tidskrävande åtgärder har uteslutits.

Den åtgärd som har valts att utföra är en breddning av diket i kombination med att göra diket flackare, ett så kallat svackdike. Svackdiket kommer att kunna omhänderta medelhöga flöden av vatten, vilket lämpar sig bra då klimatet förutspås att förändras i form av en ökad regnintensitet de kommande åren. Svackdiken är även passande för just den typ av område som har studerats i denna rapport, då det gäller en åkermark utan någon nära bebyggelse. Vid detta val av åtgärd är det tänkt att vattnet i diket skall infiltreras i marken.

Med den ökade regnintensitet som framtiden förutspår kommer det ligga stor vikt i att motarbeta översvämningar. Översvämningen i Malmö är ett exempel på hur ett samhälle kan ta skada av för stora mängder vatten. Breddningen av E20 och staden Malmö måste dock ses som två olika fall då E20 inte befinner sig i en urban miljö. Däremot kan översvämning av E20 också skapa stora problem, såsom stopp i trafiken och utslagna odlingsmöjligheter som i sin tur skulle leda till stora indirekta kostnader

för samhället. Det bör därför anses vara väldigt relevant att förebygga översvämningar i god tid.

I nuläget kommer de diken som Sweco dimensionerat för att vara tillräckliga, men för att öka chanserna för att vara säkrare mot översvämningar i framtiden bör även andra åtgärder tas i åtanke. Dessa nya diken som Sweco föreslagit tar endast hänsyn till regn med en intensitet på 10 år vid dimensionering, vilket kan ses som otillräckligt ur ett framtidsperspektiv. Exempel på åtgärder som exempelvis kan vara aktuella för att se det ur ett mer långsiktigt perspektiv där det nya klimatet är inkluderade är anläggning av våtmark eller damm. Vid dessa åtgärder tas även hänsyn till en reduktion av föroreningar vilket är fördelaktigt med avseende på framtida miljöskador som föroreningar kan orsaka. Anläggning av våtmark och damm är två åtgärder som anses mindre lämpliga med avseende på ekonomi och tid, men är enligt förutspådda klimatförändringar aktuella att utvärdera. Dessa åtgärder kan med fördel magasinera större mängder vatten än diken, men är trots det åtgärder som inte har funnits i Swecos åtanke eftersom åtgärderna enligt dem är för dyra att både anlägga och underhålla. Våtmark och damm tar även upp stora ytor och blir ofta torrlagda, vilket är några av faktorerna till varför de inte används i samma utsträckning som diken.

Något som också är värt att ta i åtanke är att det genom att anlägga en damm eller våtmark skulle kunna gynna flora och fauna i området. Eftersom marken kring väg E20 domineras av åkermark kan det ha bidragit till att naturliv slagits ut i området. Att ta hänsyn till klimatförändringar och bevarande av natur och biodiversitet är frågor som har blivit mycket omdiskuterade under senare år. En nackdel är dock att något som inte diskuteras lika mycket som andra miljöpåverkande faktorer som t.ex. koldioxidutsläpp, är de små kretsloppen och habitaterna. En damm eller våtmark skulle här kunna vara en lösning till att återställa naturlivet i området och därmed bibehålla eller i bästa fall öka biodiversiteten.

Åtgärder som infiltrationssystem och permeabel vägbeläggning utreds också i rapporten. Dessa lösningar är inte lika aktuella att använda för detta område på grund av att avrinningsområdet anses vara för stort. Infiltrationssystem brukar främst användas i urbana miljöer där större dagvattenlösningar brukar vara svåra att anlägga. Däremot kan infiltrationsmagasin användas som rening och inte enbart för att avlägsna överflödigt vatten, vilket är positivt med avseende på miljöproblem orsakade av föroreningar. Ett annat problem är att infiltrationssystem i dagsläget är för små, och därför inte tillräckligt effektivt att använda om öppna dagvattenlösningar går att utnyttja.

Permeabel vägbeläggning är främst till för att sänka bullernivån och är mycket dyrt i förhållande till vanlig asfaltsbeläggning. Problemet är att den permeabla vägbeläggningsen ofta blir igensatt av damm och liknande partiklar, vilket resulterar i att funktionen försvinner. I och med detta betyder det att de investerade pengarna bara kommer att ge önskad effekt ett visst antal år. När det gäller en väg med såpass hög

belastning som E20 kan livslängden endast bli 5–6 år och är därför inte hållbart. Därmed fungerar permeabel vägbeläggning bäst vid små områden där trafiken inte är lika hårt belastad för att göra det hållbart i längden, och inte på en väg som E20.

Efter alla åtgärder som har diskuterats är det fortfarande svackdiken som är mest lämpliga att använda för denna fallstudie, med avseende på ekonomi och tid. Men för att se byggnationen utifrån ett längre- och helhetsperspektiv bör ändå våtmark och dagvattendamm finnas i åtanke.

## 7 Slutsatser

- Dimensionerande flöde efter breddning av väg visar sig bli högre än innan. Den största skillnaden i flöde innan och efter breddning ges vid de högre regnintensiteterna.
- Med hänsyn till skillnader i dimensionerande flöde innan och efter breddning kommer ett väl utformat dike att vara tillräckligt för att ta hand om det ökade vattenflödet. Detta innebär ett dike med bredare och svackare slänter samt med djupare botten än det som finns i dagsläget.
- Efter beräknat dimensionerat flöde så väljs en utformning av ett brett och svackt dike som mest lämpliga åtgärd.
- Utifrån ett förändrat klimat anses våtmark och dagvattendamm vara de mest hållbara lösningarna för fallstudieområdet på lång sikt.
- Det dike som väljs som åtgärd för gällande område är fördelaktigt då det är enkelt att anlägga och mindre kostsamt, men har som nackdel att det inte är lika hållbart ur ett långsiktigt perspektiv då det inte kan ta så höga flöden. Fördelarna med våtmark och dagvattendamm är istället att de kan ta högre flöden vilket gynnar ett förändrat klimat, men nackdelen är att de kostar mer, kräver större områden och tar längre tid att anlägga.

Det som är fördelaktigt med permeabel vägbeläggning är att den inte kräver någon ytterligare markanvändning än den befintliga vägen, den minskar buller och kan infiltrera dagvatten på väg. Nackdelarna är dock att vägbeläggningen är dyr att anlägga och har en kort livslängd. Infiltrationssystem har positiva effekter som att det renar och magasinerar dagvatten och kan användas vid trångt bebyggda miljöer. Däremot lämpas inte denna åtgärd då det inte kan ta emot flöden från en så stor avrinningsyta som vägen utgör.

## 8 Referenser

- Adielsson, S. (2015). *Översiktligt om föroreningar i dagvatten*. Hämtad från <http://dagvattenguiden.se/2015/12/15/oversiktligt-om-fororeningar-i-dagvatten/>
- Andersson M., Jildenhed S. (2015). *Uppdragsbeskrivning konsultuppdrag: Väg E20 Vårgårda-Vara, delen Ribbingsberg-Vara*. Göteborg: Trafikverket.
- Billberger, M. (2014). *Avvattningsteknisk dimensionering och utformning: MB 310*. Trafikverket. Hämtad från <http://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=7d5b1465-cd76-4087-bfb7-f0d280fab376>
- Björklund, K. (2010). *Föroreningar i trafikdagvatten*. Hämtad från [http://www.renaremark.se/filarkiv/rmvest/2010/4\\_Karin\\_Bjorklund.pdf](http://www.renaremark.se/filarkiv/rmvest/2010/4_Karin_Bjorklund.pdf)
- Djerv, H. (2010). *Torra svackdiken: Känslighetsanalys genom hydrologisk modellering av påverkansfaktorer för avrinning och vattenbalans*. Hämtad från <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=2026546&fileId=2026547>
- Fredriksson, J. (2014). *Dagvattendamm på Årstafältet, södra Stockholm* [Elektronisk bild]. Hämtad från [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%85rstaf%C3%A4ltet,\\_dagvattendamm.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%85rstaf%C3%A4ltet,_dagvattendamm.jpg)
- Hangsna (2014). *Ekeby våtmark, vy från fågelskådartorn* [Elektronisk bild]. Hämtad från [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ekeby\\_v%C3%A5tmark,\\_vy\\_fr%C3%A5n\\_f%C3%A5gelsk%C3%A5dartorn01.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ekeby_v%C3%A5tmark,_vy_fr%C3%A5n_f%C3%A5gelsk%C3%A5dartorn01.JPG)
- Heeb, A., Johansson T., Larsson T., Lundmark M., Svensson B. (2014). *Äga och förvalta diken och andra vattenanläggningar i jordbrukslandskapet*. Hässleholm: AM-Tryck & Reklam.
- Häggström, S. (2009). *Hydraulik för samhällsbyggnad*. Stockholm: Liber AB.
- Jordbruksverket. (2016). *Markavvattning och dagvatten*. Hämtad från <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/draneringochbevattning/markavvattningochdagvatten.4.7a446fa211f3c824a0e8000171076.html>
- Karlsson, M. (2011). *Vägdagvatten: Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärd*. Trafikverket. Hämtad från <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17023>
- Lindher, F. (2015). *Granskningsrapport klimatsäkrat Malmö: Kraftigt skyfall med risk för översvämning*. Malmö Stad. Hämtad från <http://malmo.se/download/18.5f3af0e314e7254d70e6adda/1491304217217/RAPP+KOLL+150923+Klimats%C3%A4krat+Malm%C3%B6.pdf>
- MSU (2010). *Utility repair: Permeable pavement* [Elektronisk bild]. Hämtad från <https://www.flickr.com/photos/msueasrecords/6243556962>
- Pirard, J., Alm, H. (2012). *Dagvattenhantering: Exempelsamling* [Elektronisk bild]. Hämtad från [http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala\\_vatten/Dokument/Rapporter%20och%20redovisningar/dagvatten\\_exempelsamling.pdf](http://www.uppsalavatten.se/Global/Uppsala_vatten/Dokument/Rapporter%20och%20redovisningar/dagvatten_exempelsamling.pdf)

- Rankka, K., Rydell, B. (2005). *Erosion och översvämningar: Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat*. Hämtad från <http://www.lansstyrelsen.se/norrboten/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/Anpassning%20till%20f%C3%B6r%C3%A4ndrat%20klimat/Bebyggelse,%20byggnader%20och%20industrier/Erosion%20och%20%C3%B6versv%C3%A4mningar%20SGI-V560-2.pdf>
- Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: Planering och exempel*. Malmö: Ljungbergs Tryckeri, Klippan.
- Svenskt Vatten. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering: Råd vid planering och utformning*. Solna: Litografia Alfaprint AB.
- Svensson, G., Ljunggren O., Bäckman H. (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten: Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem: Del 1- Policy och funktionskrav för samhällets avvattning*. Svenskt Vatten. Hämtad från <http://vattenbokhandeln.manager.nu/Default.aspx?module=63&content=5&fwsite=1&lang=SV&pid=627>
- Trafikverket. (2005). *Avvattning och dränering*. Hämtad från [http://www.trafikverket.se/contentassets/c19c23215b0f477a8e179c8aa4082c98/kapitel\\_d\\_avvattning\\_och\\_drainering.pdf](http://www.trafikverket.se/contentassets/c19c23215b0f477a8e179c8aa4082c98/kapitel_d_avvattning_och_drainering.pdf)
- Trafikverket. (2017). *Breddning av väg – Handbok*. Hämtad från [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/17786/Ineko.Product.RelatedFiles/2017\\_030\\_breddning\\_av\\_vag\\_handbok.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/17786/Ineko.Product.RelatedFiles/2017_030_breddning_av_vag_handbok.pdf)
- Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2015). *Artificiella våtmarker*. Hämtad från <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000786>
- Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2016). *Dagvattendamm*. Hämtad från <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000785>
- Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2015). *Infiltrationsmagasin*. Hämtad från <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000788>
- Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2015). *Permeabel vägbeläggning*. Hämtad från <http://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000801>
- Vatteninformationssystem Sverige, VISS. (2015). *Svackdiken*. Hämtad från <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000787>
- Volkening, A. (2011). *Roadside stormwater bioretention/biofilters in Milwaukee, Wisconsin* [Elektronisk bild]. Hämtad från <https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/17354040756>

## 9 Bilagor



## Bilaga 1, Specifik medelavrinning $M_q$



TRAFIKVERKET

RÅD

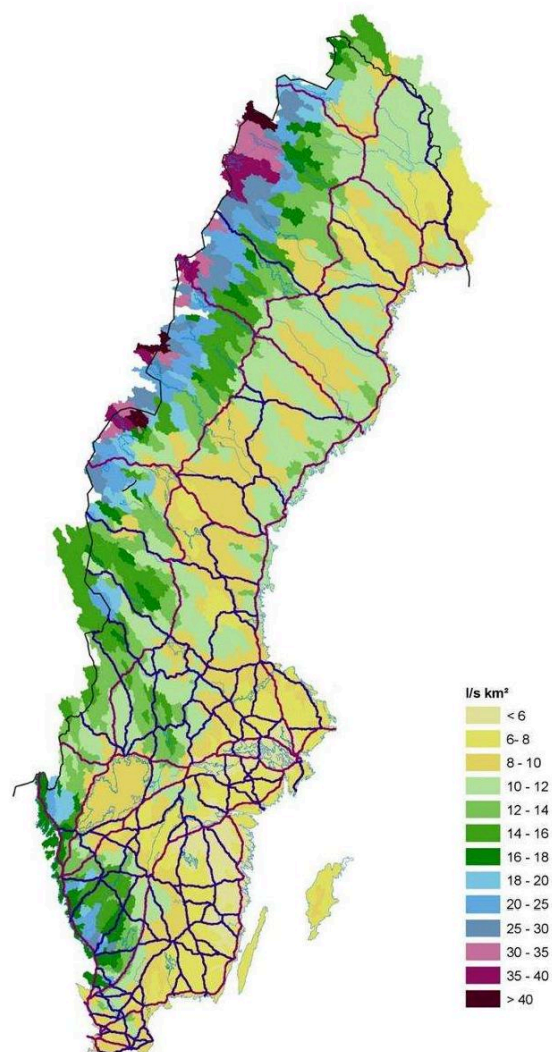
39 (63)

|                              |                                                                                |                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| DokumentID<br>TDOK 2014:0051 | Dokumenttitel<br>Avvattnings teknisk dimensionering och<br>utformning - MB 310 | Version<br>1.0 |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|

### 6.2 Specifik medelavrinning, $M_q$

Beräknad specifik medelavrinning för perioden 1961-2004,  $M_q$  ( $l/(s \cdot km^2)$ ), källa SMHI.

TMALL 0172 Råd v 1.0



## **Bilaga 2, Beräkningsexempel sträcka 14.660-14.830**

IB\_14.660-14.830

## Rationella metoden

$$q_{\text{dim}} = A * \varphi * i(T)$$

$q_{\text{dim}}$ =dimensionerande flöde [l/s]

$A$ =avrinningsområdets area [ha]

$\varphi$ =avrinningskoefficient [-]

$i(T)$ =dimensionerande regnintensitet [l/s\*ha]

$T$ =längsta rinntid [min]

$v$ = vattenhastighet [m/s]

Klimatfaktor under 60 min

1,25



|  |           |
|--|-----------|
|  | Area mark |
|  | Area dike |
|  | Area väg  |

|              |  |
|--------------|--|
| HP=+81,27m   |  |
| LP=+78,50m   |  |
| STRÄCKA=170m |  |

Area (A) [ha]

Område

|       |       |       |            |
|-------|-------|-------|------------|
| $A =$ | Väg   | Dike  | väg + dike |
|       | 0,228 | 0,061 | 0,289      |

Längsta rinntid (T)

Område Dike + väg

$T =$  5,770

Antar 10

Regnintensitet (i)

|                         |     |     |     |
|-------------------------|-----|-----|-----|
|                         | 2   | 5   | 10  |
| $i_{\text{dike+väg}} =$ | 140 | 180 | 230 |

Värden för  $i$  hittas i Dahlströms diagram

Vattenhastighet (v)

Område

Mark

Dike

$v =$

0,1

0,5

Avrinningskoefficient (f)

0,8 Asfalt

0,1 Mark och dike

$$\varphi_{\text{medel}} = (\varphi_1 * A_1 + \varphi_2 * A_2 + \dots) / (A_1 + A_2 + \dots)$$

0,651764706

Flödesresultat innan breddning (Q)

Inklusive klimatfaktor

| Regn          | 2          | 5      | 10     | 2          | 5      | 10      |
|---------------|------------|--------|--------|------------|--------|---------|
| Område        | Dike + väg |        |        | Dike + väg |        |         |
| Flöde [l/s] = | 26,370     | 33,905 | 43,323 | 32,963     | 42,381 | 54,1535 |

## Rationella metoden med infiltration

$$Q = i_{\text{Å}} * A_{\text{hårdgjord}} * \varphi + A_{\text{infiltrerbar}} * (i_{\text{Å}} - f_i)$$

Q= dimensionerande flöde [l/s]

$i_{\text{Å}}$  = dimensionerande regnintensitet [l/(s\*ha)]

A = yta [ha]

$\varphi$  = avrinningskoefficient [-]

$f_i$  = infiltrationskapacitet [l/(s\*ha)]

$$i_{\text{Å}} = 190 * (\text{Å})^{1/3} * (\ln(\text{TR})/\text{TR}^{0,98}) + 2$$

$i_{\text{Å}}$  = regnintensitet [l/(s\*ha)]

TR= regnvaraktighet [min]

Å = återkomsttid [mån]

| År             | 2   | 5   | 10  |
|----------------|-----|-----|-----|
| Åkerkomstid    | 24  | 60  | 120 |
| $i_{\text{Å}}$ | 134 | 181 | 228 |

### Indata:

$\varphi = 0,9$  [-]

TR= 15 min

A<sub>hårdgjord</sub> = 0,2278 m<sup>2</sup>

A<sub>infiltrerbar</sub> = 0,0527 m<sup>2</sup>

$f_i$  = 150

$$Q = i_{\text{Å}} * A_{\text{hårdgjord}} * \varphi + A_{\text{infiltrerbar}} * (i_{\text{Å}} - f_i)$$

### Flödesresultat innan breddning (Q)

| Regn              | 2            | 5            | 10           |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| Område            | Väg och Dike | Väg och Dike | Väg och Dike |
| med infiltration= | 23,577       | 31,352       | 37,440       |

[l/s]

EB\_14.660-14.830

## Rationella metoden

$$q_{\text{dim}} = A \cdot \varphi \cdot i(T)$$

$q_{\text{dim}}$ =dimensionerande flöde [l/s]

$A$ =avrinningsområdets area [ha]

$\varphi$ =avrinningskoefficient [-]

$i(T)$ =dimensionerande regnintensitet [l/s\*ha]

$T$ =längsta rinntid [min]

$v$ = vattenhastighet [m/s]

Klimatfaktor under 60 min

1,25



|  |           |
|--|-----------|
|  | Area mark |
|  | Area dike |
|  | Area väg  |

|              |
|--------------|
| HP=+81,27m   |
| LP=+78,50m   |
| STRÄCKA=170m |

Area (A) [ha]

Område

$A =$

Väg

0,238

Dike väg + dike

0,061

0,299

Längsta rinntid (T)

Område

Dike + väg

$T =$

5,770

Antar 10

Regnintensitet (i)

$i_{\text{dike+väg}} =$

2

140

5

180

10

230

Värden för  $i$  hittas i Dahlströms diagram

Vattenhastighet (v)

Område

Mark

Dike

$v =$

0,1

0,5

Avrinningskoefficient (f)

$$\varphi_{\text{medel}} = (\varphi_1 \text{ väg} \cdot A_{\text{väg}} + \varphi_{\text{dike}} \cdot A_{\text{dike}}) / (A_{\text{väg}} + A_{\text{dike}})$$

0,8 Asfalt

$\varphi_{\text{Medel}}:$

0,1 Mark och dike

0,65682

Flödesresultat efter breddning (Q)

Inklusive klimatfaktor

| Regn         | 2 år       | 5år    | 10år   | 2år        | 5år    | 10år    |
|--------------|------------|--------|--------|------------|--------|---------|
| Område       | Dike + väg |        |        | Dike + väg |        |         |
| Flöde [l/s]= | 27,513     | 35,374 | 45,200 | 34,391     | 44,217 | 56,4995 |

## Rationella metoden med infiltration

$$Q = i_{\text{Å}} * A_{\text{hårdgjord}} * \varphi + A_{\text{infiltrerbar}} * (i_{\text{Å}} - f_i)$$

$Q$  = dimensionerande flöde [l/s]

$i_{\text{Å}}$  = dimensionerande regnintensitet [l/(s\*ha)]

$A$  = yta [ha]

$\varphi$  = avrinningskoefficient [-]

$f_i$  = infiltrationskapacitet [l/(s\*ha)]

$$i_{\text{Å}} = 190 * (\text{Å})^{1/3} * (\ln(\text{TR})/\text{TR}^{0,98}) + 2$$

$i_{\text{Å}}$  = regnintensitet [l/(s\*ha)]

TR = regnvaraktighet [min]

Å = återkomsttid [mån]

| År             | 2   | 5   | 10  |
|----------------|-----|-----|-----|
| Åkerkomsttid   | 24  | 60  | 120 |
| $i_{\text{Å}}$ | 134 | 181 | 228 |

### Indata:

$\varphi = 0,9$  [l]

TR = 15 min

$A_{\text{hårdgjord}} = 0,238 \text{ m}^2$

$A_{\text{infiltrerbar}} = 0,0527 \text{ m}^2$

$f_i = 150$

$$Q = i_{\text{Å}} * A_{\text{hårdgjord}} * \varphi + A_{\text{infiltrerbar}} * (i_{\text{Å}} - f_i)$$

## Flödesresultat efter breddning (Q)

| Regn               | 2            | 5      | 10           |
|--------------------|--------------|--------|--------------|
| Område             | Väg och Dike |        |              |
| med infiltration = | 24,670       | 32,829 | 39,301 [l/s] |

## Mannings formel

Sb= släntlutning [‰]

A=area [m<sup>2</sup>]

M= Mannings tal [m<sup>1/3</sup>/s]

R= hydraulisk radie [m]

I=bottenlutning

### Indata

h= sökes

b= 1,000

k= 4,000

I= 15,389 [‰]

M= 30,000

$$Q = A_n \cdot M \cdot R^n \cdot I^{1/2}$$

h= vattendjup [m]

b= bottendjup [m]

k= släntlutning [1:k]



Del av vägsträckan i tvärsnitt

**Area(A)**  $b \cdot h + k \cdot h^2$

A=  $h + 4 \cdot h^2$  [m<sup>2</sup>]

**Våta perimetern (P)**  $b + 2 \cdot h \cdot (1 + k^2)^{1/2}$

P=  $1 + 2 \cdot h \cdot 3$

**Hydraulisk radie (R)**  $A/P$

R=  $h + 4 \cdot h^2 / 1 + 2 \cdot h \cdot 3$  [m]

**Flödesresultat m. infiltration (Q)**  $A_n \cdot M \cdot R^n \cdot I^{1/2}$

Genom passningsräkning kan h beräknas utifrån de flöden vi fick i Rationella metoden m. infiltration

## VATTENFLÖDESBERÄKNING ENLIGT MANNINGS FORMEL

2ÅRSREGN FLÖDE 27,860 l/s

Inmätta förhållanden

### Indata

bottenbredd b = 1,00 meter

släntlutning k = 4,00 1:k

bottenlutning i = 1,5%

Mannings tal M = 30

### Resultat

vattendjup 

|                 |
|-----------------|
| h = 0,051 meter |
|-----------------|

 HHQ

ger flöde Q = 0,02779 m<sup>3</sup>/s 0,00

och hast v = 0,45 m/s

vattenarea: A = 0,06 m<sup>2</sup>

## VATTENFLÖDESBERÄKNING ENLIGT MANNINGS FORMEL

5ÅRSREGN FLÖDE 40,404 l/s

*Inmätta förhållanden*

### Indata

|               |     |            |
|---------------|-----|------------|
| bottenbredd   | b = | 1,00 meter |
| släntlutning  | k = | 4,00 1:k   |
| bottenlutning | i = | 1,5%       |
| Mannings tal  | M = | 30         |

### Resultat

|             |     |                           |      |
|-------------|-----|---------------------------|------|
| vattendjup  | h = | 0,063 meter               | HHQ  |
| ger flöde   | Q = | 0,04033 m <sup>3</sup> /s | 0,00 |
| och hast    | v = | 0,51 m/s                  |      |
| vattenarea: | A = | 0,08 m <sup>2</sup>       |      |

## VATTENFLÖDESBERÄKNING ENLIGT MANNINGS FORMEL

10ÅRSREGN FLÖDE 52,948 l/s

*Inmätta förhållanden*

### Indata

|               |     |            |
|---------------|-----|------------|
| bottenbredd   | b = | 1,00 meter |
| släntlutning  | k = | 4,00 1:k   |
| bottenlutning | i = | 1,5%       |
| Mannings tal  | M = | 30         |

### Resultat

|             |     |                           |      |
|-------------|-----|---------------------------|------|
| vattendjup  | h = | 0,0734 meter              | HHQ  |
| ger flöde   | Q = | 0,05296 m <sup>3</sup> /s | 0,00 |
| och hast    | v = | 0,56 m/s                  |      |
| vattenarea: | A = | 0,09 m <sup>2</sup>       |      |

|            | Flöde [l/s] | Vattendjup [m] |
|------------|-------------|----------------|
| 2 årsregn  | 27,86       | 0,051          |
| 5 årsregn  | 40,404      | 0,063          |
| 10 årsregn | 52,948      | 0,0734         |



14.660-14.830

## Naturflödesberäkning

$$HQ_{50} = 0,27 + 0,0344 \cdot M_q \cdot N + 0,03 \cdot N - 9 \cdot S/N \quad (N=0-10 \text{ km}^2) \quad T=50\text{år}$$

Formel för  $N = 8-22 \text{ km}^2$

$$HQ_{50} = 1,2 + 0,026 \cdot M_q \cdot N + 0,01 \cdot N - 23 \cdot S/N$$

Formel för  $N = 20-60 \text{ km}^2$

$$HQ_{50} = 5,69 + 0,0122 \cdot M_q \cdot N + 0,02 \cdot N - 30 \cdot S/N$$

$N$ = Ytan hos avrinningsområdet uppströms beräkningspunkten [ $\text{km}^2$ ]

$M_q$ = Specifik medelavrinning [ $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ]

$S$ = Sjöyta inom  $N$  [ $\text{km}^2$ ]

$MQ$ = Medelvattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]. Årsmedelvärde för lång period.

$MHQ$ = Medelhögvattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]. Medelvärde av varje års högsta dygnvattenföring.

$HQ_{50}$ = Högsta förväntad vattenföring [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] med återkomsttid 50 år.

### Indata:

$$N = 0,00142 \text{ km}^2$$

$$M_q = 8 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2) \quad \text{Valdes från figur 6.2 i MB310}$$

$$S = 0 \text{ km}^2$$

$$MQ = M_q \cdot N = 0,01137$$

$$MHQ/MQ = 16 \text{ (Utläses från Figur 2.1 i MB310)}$$

$$MHQ = 0,181943$$

$$HQ_{50} = 0,27043$$

## Rationella metoden

$$q_{\text{dim}} = A * \varphi * i(T)$$

$q_{\text{dim}}$ =dimensionerande flöde [l/s]

Klimatfaktor under 60 min

1,25

$A$ =avrinningsområdets area [ha]

$\varphi$ =avrinningskoefficient [-]

$i(T)$ =dimensionerande regnintensitet [l/s\*ha]

$T$ =längsta rinntid [min]

$v$ = vattenhastighet [m/s]



Area mark  
Area dike  
Area väg

HP=+81,27m  
LP=+78,50m  
STRÄCKA=170m

Area beräknad utifrån mätningar av CAD-ritning

$A = 0,142$

### Längsta rinntid (T)

Område Mark  
 $T = 41,667$

### Regnintensitet (i)

$i_{\text{mark}} = \begin{matrix} 2 & 5 & 10 \\ 60 & 80 & 100 \end{matrix} \text{ [l/s*ha]}$

Värden för  $i$  hittas i Dahlströms diagram

### Vattenhastighet (v)

Område Mark  
 $v = 0,1$

### Avrinningskoefficient (f)

0,1 Mark och dike

## Flödesresultat innan breddning (Q)

| Regn<br>Område | Inklusive klimatfaktor |       |       | Inklusive klimatfaktor |         |         |
|----------------|------------------------|-------|-------|------------------------|---------|---------|
|                | 2                      | 5     | 10    | 2                      | 5       | 10      |
| Flöde=         | 0,853                  | 1,137 | 1,421 | 1,06607                | 1,42143 | 1,77679 |

[l/s]