



# EXAMENSARBETE

Våren 2015

Sektionen för Lärande och Miljö  
VA- och kretsloppsteknikerprogrammet

## **Tillskottsvatten i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors**

Åtgärdsplan för mätningar och kontroller

Författare

Hannes Rydberg

Handledare

Stefan Trobro

Examinator

Lennart Mårtensson



## **Högskolan Kristianstad**

### **Program**

VA- och kretsloppsteknikerprogrammet

## **Tillskottsvatten i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors Åtgärdsplan för mätningar och kontroller**

### **Författare**

Hannes Rydberg

### **Handledare Högskolan**

Stefan Trobro, Universitetslektor i vatten- och miljöteknik

### **Handledare Extern**

Jenny Forsberg, Teknisk chef, Bollebygds kommun

### **Examinator**

Lennart Mårtensson, Professor i miljöteknik

### **Publikationsdatum**

Augusti, 2015



## Förord

Examensarbetet genomfördes under några veckor våren 2015. Idén till ämne för examensarbetet kom från Bollebygds kommun. Det passade mig bra att få arbeta med en så viktig och aktuell fråga som tillskottsvattnet i Hultafors och Olsfors. Mitt önskemål inför val av frågeställning var att mina ansträngningar skulle komma till praktisk nytta för kommunen. Förhoppningsvis kan denna rapport bidra till att hitta en väg att arbeta vidare med frågan inom kommunen och till att arbetet på sikt ger viktiga förbättringar i ledningsnätet. Ett stort tack riktar jag till arbetskamraterna på Tekniska förvaltningen i Bollebygd som gjort min tid där trevlig och som försett mig med nödvändig information för examensarbetet. Ett stort tack också till er på Svenskt Vatten, olika kommuners VA-förvaltningar och Luleå Tekniska Universitet som besvarat mina frågor och bidragit med tips. Slutligen riktar jag ett riktigt stort tack till Högskolan Kristianstad för all kunskap jag fått där under utbildningen till VA- och Kretsloppstekniker och för möjligheten att göra detta examensarbete.



## Sammanfattning

Hultafors och Olsfors är två mindre samhällen i utkanten av Bollebygds kommun. Samhällena har ett gemensamt spillvattennät med reningsverk i Olsfors. Spillvattnet som kommer till reningsverket är speciellt efter stora nederbörds mängder utspädd av en stor mängd tillskottsvatten. Det beror på att förutom det vatten som spolas ut i fastigheternas avlopp läcker en stor mängd ovidkommande vatten såsom dagvatten, grundvatten, sjövattnet och markvattnet in i ledningssystemet på olika sätt. Tillskottsvatten i stora mängder för med sig problem med bräddningar då reningsverket inte hinner ta emot de stora flöden som ibland uppstår. Att spillvattnet blir utspädd leder också till högre kostnader för pumpning och behandling av spillvattnet. I projektet som beskrivs i denna rapport studeras några rapporter om tillskottsvatten. Vanliga metoder för att lokalisera källorna till tillskottsvatten sammanställs och utgör grunden för ett förslag till åtgärdsplan. Syftet med åtgärdsplanen är att systematisera det pågående arbetet med att identifiera källor till tillskottsvatten i ledningsnätet i Hultafors och Olsfors. Även ett antal nyckeltal för spillvattennätet tas fram. Dessa nyckeltal visar på mängd och typ av tillskottsvatten som förekommer. Genomförande av åtgärdsplanen kommer att innebära ytterligare planering inför vilken bland annat krav och tillgång till resurser behöver specificeras.





# Innehåll

1. Inledning.....	9
1.1 Hultafors och Olsfors.....	9
1.2 Va-systemet i Hultafors och Olsfors .....	9
1.3 Syfte.....	10
1.4 Avgränsningar .....	10
1.5 Tillskottsvatten .....	10
1.6 Tillskottsvattnets ursprung .....	10
1.7 Nyckeltal.....	12
1.8 Undersökningsmetoder .....	14
1.8.1 Nederbördsdata.....	15
1.8.2 Statistisk dataanalys .....	15
1.8.3 Lokalisering av läck- och dräneringsvattentillskott .....	16
1.8.4 Lokalisering av nederbördspåverkan.....	19
1.9 Åtgärder för minskning av Tillskottsvatten.....	23
2. Metod .....	25
3. Resultat.....	26
3.1 Nyckeltal och Basdata .....	26
3.2 Förslag till åtgärdsplan .....	28
3.2.1 Planera.....	29
3.2.2 Dela in i delområden .....	29
3.2.3 Mät flöden och beräkna nyckeltal .....	30
3.2.4 Prioritera delområden.....	31
3.2.5 Undersök delområden med stort tillskott av läck- och dräneringsvatten .....	32
3.2.6 Undersök delområden med stor nederbördspåverkan .....	32
3.2.7 Sammanställ undersökningar och föreslå åtgärder.....	33

4. Diskussion och Slutsatser .....	34
4.1 Nutidsanalys .....	34
4.1.1 Borås kommun .....	34
4.1.2 Staffanstorps kommun.....	34
4.1.3 Göteborgs stad.....	35
4.2 Om frågeställningen .....	35
4.3 Om metodval för projektet .....	35
4.4 Om flödes- och nederbördsdata .....	36
4.5 Om nyckeltalen.....	36
4.6 Om åtgärdsplanen .....	39
4.7 I framtiden .....	40
Referenser.....	41

# 1. Inledning

Projektet som beskrivs i denna rapport syftar till att ta reda på hur tillskottsvatten kan mätas och hur dess källor kan identifieras genom olika undersökningar i ledningsnätet. Nedan presenteras det geografiska område där kunskaper inhämtade i projektet är tänkta att tillämpas. I övrigt innehåller inledningen i denna rapport främst bakgrundsinformation om tillskottsvatten och om undersökningsmetoder som syftar till att hitta källor till tillskottsvatten. Metoden för projektet redovisas sedan i ett separat avsnitt innan resultat presenteras i form av nyckeltal och ett förslag till en åtgärdsplan för att undersöka tillskottsvattnet i Olsfors och Hultafors. I slutet av rapporten resoneras ytterligare kring några teman som har betydelse för projektet.

## 1.1 Hultafors och Olsfors

Bollebygds kommun ligger i Västra Götaland och har 8653 invånare och ytan 263 km<sup>2</sup> (Nationalencyklopedin, 2015). De mindre tätorterna Hultafors (227 invånare; Nationalencyklopedin, 2011a) och Olsfors (623 invånare; Nationalencyklopedin, 2011b) i kommunens östra utkant ligger 15 km respektive 16 km väster om staden Borås. Hultafors och Olsfors ligger i en dalgång och på dess sluttningar. Mycket av bebyggelsen som mestadels är enfamiljshus finns på sluttningarna. Genom området rinner Sörån invid vilken främst industribyggnader är belägna. Marken består enligt SGUs kartering av isälvsediment ett hundratal meter kring Sörån och därovan ungefär av lika stora områden med sandig morän respektive urberg med tunt eller osammanhängande lager av morän. Runt bebyggelsen syns på många ställen berg i dagen. Området är mycket kuperat och omges i övrigt av skog.

## 1.2 Va-systemet i Hultafors och Olsfors

Till reningsverket i Olsfors leds spillvatten i ett separerat avloppsnät från de två samhällena Olsfors och Hultafors. Duplikat system med dagvattenledningar parallellt med spillvattenledningarna finns i en stor del av Olsfors men inte i Hultafors. Området försörjs med dricksvatten som levereras i ledningar från Borås kommun. 976 personer är anslutna till spillvattenledningarna enligt miljörapporten för Olsfors reningsverk 2014. Under året 2014 leddes 266 773m<sup>3</sup> avloppsvatten till reningsverket. Genom att räkna ifrån den fakturerade förbrukningen och VA-verkets egen förbrukning av dricksvatten kan konstateras att reningsverket utsatts för 225 267m<sup>3</sup> tillskottsvatten. Under samma år har 46m<sup>3</sup> avloppsvatten bräddats vid reningsverket, d.v.s. runnit direkt ut i recipienten, Sörån utan att först renas. Bräddning är oftast följden av stora flöden då reningsverket inte har kapacitet att ta hand avloppsvattnet. Andelen tillskottsvatten under 2014 beräknades till 84 % av det totala avloppsvattnet.

Olsfors avloppsreningsverk har mekaniskt, kemiskt och biologiskt behandlingssteg. Färdigbehandlat vatten leds ut i Sörån. Verket är dimensionerat för 700 pe och har en anslutning av 381 pe (årsmedel 2014). Toppbelastningen var samma år 617 pe. Anslutna industrier är Hultafors AB samt ett antal verksamheter i Olsfors såsom lager, elfirma, åkeri, bilverkstad och snickerifabrik.

Ledningsnätet i Hultafors och Olsfors har 4 avloppspumpstationer. En översyn av ledningsnätets kondition där man särskilt undersöker tillskottsvatten startades 2012 och har pågått sedan dess. Under år 2012 blev en ny å-förlagd överföringsledning klar mellan Hultafors och Olsfors. År 2014 har 160 m spillvattenledning infordrats vid Joel Kolléns väg. Båda dessa åtgärder har gjorts för att minska tillskottsvattnet.

### 1.3 Syfte

Projektet som beskrivs i denna rapport syftar till att ta fram en åtgärdsplan för hur man kan mäta och lokalisera källor till tillskottsvatten i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors. En lämplig metodik ska föreslås för hur man kan hitta var i spillvattennätet de mest betydelsefulla tillskotten förekommer. I projektet ingår också en studie av tillgänglig statistik för flöden i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors. Flödena studeras tillsammans med nederbördsdata och mängden debiterat dricksvatten för samma område. Nyckeltal för tillskottsvattnet ska beräknas för att ge en inblick i mängd och typ av tillskottsvatten som förekommer i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors.

### 1.4 Avgränsningar

Då det aktuella projektet ska bli klart under en kort tidsperiod och har begränsade resurser ges endast en översiktlig bild av nuläget inom arbete med tillskottsvatten i Sverige, en översiktlig bild av läget i det aktuella spillvattensystemet utifrån en serie nyckeltal och ett förslag till åtgärdsplan som pekar ut en riktning för fortsatta undersökningar. Frågor kring tidsplanering, anpassning av undersökningsmetoder och förslag till lämpliga redskap och eventuella underleverantörer lämnas för framtida undersökningar.

### 1.5 Tillskottsvatten

Ett begrepp som används synonymt med tillskottsvatten är ovidkommande vatten. Betydelsen av de båda begreppen är densamma enligt Bäckman m.fl. (1997). Tillskottsvatten är allt vatten som späder ut spillvattnet. Detta är ungefär detsamma som skillnaden mellan totalt avloppsvattenflöde och distribuerad dricksvattenmängd. Tillskottsvatten är enligt Bäckman m.fl. (1997) en bättre beteckning än ovidkommande vatten. Anledningen är att tillskottsvatten till skillnad från ovidkommande vatten inte ger någon antydning om att allt annat vatten än spillvattnet tillkommit från omedvetet tillkopplade ytor. Begreppet tillskottsvatten är att föredra också eftersom det inte tillför någon juridisk eller ekonomisk värdering (Bäckman m.fl., 1997). I det aktuella arbetet kommer begreppet tillskottsvatten att användas fortsättningsvis eftersom det visat sig vara det mest nyttjade i litteraturen och eftersom det är lämpligast utifrån de aspekter som lagts fram i Bäckman m.fl. (1997). Tillskottsvatten kan enligt Malm, m.fl. (2011) vara exempelvis dagvatten, dräneringsvatten, sjövatten eller dricksvatten från en läcka. Tillskottsvatten är både sådant vatten som tillkommer genom anslutningar och sådant som läcker in i ledningsnätet via skador, fel eller otäta skarvar (Malm m.fl., 2011).

### 1.6 Tillskottsvattnets ursprung

Lundblad och Backö (2012) betonar vikten av att ha ett långsiktigt arbete för att minska tillskottsvatten i spillvattennät. Ett långsiktigt arbete med att minska tillskottsvatten kan spara på resurser och spillvattensystemet kan klara nuvarande belastning såväl som framtida förändringar i klimat och nya tillkopplingar av fastigheter. Tillskottsvatten är orsak till många källaröversvämningar och bräddningar. Första steget i att minska tillskottsvattnet är att identifiera de olika källor som orsakar tillskottsvattnet. Först därefter kan åtgärder vidtas (Lundblad & Backö, 2012).

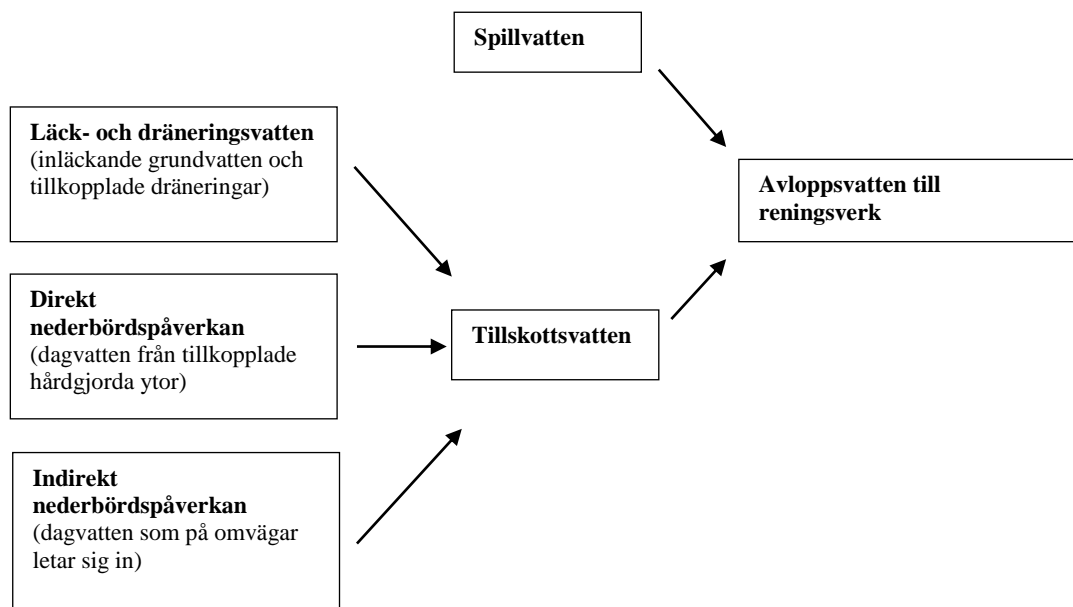
Avloppsvatten kan enligt Bäckman m.fl. (1997) delas in i spillvatten och tillskottsvatten. Tillskottsvattnet är allt i spillvattenledningarna som inte är förorenat vatten från hushåll, industrier, serviceanläggningar och dylikt. För att ange omfattningen av tillskottsvattnet används begreppet utspädningsgrad,  $USG = (\text{Tillskottsvatten} + \text{Spillvatten}) / \text{Spillvatten}$ . Utspädningsgrad anger hur stort avloppsvattnets flöde är i förhållande till det spillvatten som

kommit från hushåll, industrier, serviceanläggningar och dylikt. Utspädningsgrad 1,0 anger exempelvis att inget tillskottsvatten tillförts ledningen (Bäckman m.fl., 1997). Enligt Uusijärvi (2013) kan tillskottsvatten i en spillvattenledning även kvantifieras genom att andelen tillskottsvatten i ledningen anges. Andelen 50 % tillskottsvatten avser då att hälften av vattnet i ledningen är tillskottsvatten. Utspädningsgraden är 2,0 då andelen tillskottsvatten är 50 % (Uusijärvi, 2013).

Tillskottsvatten delas enligt Bäckman m.fl. (1997) in i ”dagvatten till spill” och ”läck- och dränvatten”. ”Läck- och dränvatten” delas i sin tur upp i ”bakgrundsflöde” och ”indirekt nederbördspåverkan”.

Lundblad och Backö (2012) gör indelningen med utgångspunkt i Bäckman m.fl. (1997), men på ett lite annorlunda sätt. Det totala tillskottsvattnet delas i Lundblad och Backö (2012) in i följande tre kategorier:

- Påverkan från läck- och dräneringsvatten – grundvatten som genom inläckage och anslutna dräneringar letar sig in i spillvattensystemet (det som i Bäckman m.fl., 1997, benämns ”bakgrundsflöde”)
- Direkt nederbördspåverkan – dagvatten från hårdgjorda ytor som direkt leds ner i spillvattennätet (det som i Bäckman m.fl., 1997, benämns ”dagvatten till spill”)
- Indirekt nederbördspåverkan – flödesökning i samband med regn, som inte beror av direkt anslutna ytor (det som i Bäckman m.fl., 1997, har samma benämning men där sorteras in under begreppet ”totalt läck- och dränvatten” vari även bakgrundsflöde är en del)



**Figur 1.** De tre huvudtyperna av tillskottsvatten som tillsammans med spillvatten utgör avloppsvatten

I det aktuella projektet kommer den indelning av källor till tillskottsvatten som presenteras i Lundblad och Backö (2012) att utnyttjas eftersom den bättre tar hänsyn till de praktiska

svårigheter som enligt Lundblad och Backö (2012) finns i att skilja direkt och indirekt nederbördspåverkan åt. Begreppet ”läck- och dräneringsvatten” kommer fortsättningsvis i denna rapport att inte inkludera indirekt nederbördspåverkan utan enbart vad som i Bäckman m.fl. (1997) avses med begreppet ”bakgrundsflöde”.

Figur 1 visar en uppställning av tre huvudtyper av tillskottsvatten samt hur dessa tillsammans med spillvatten från hushåll, industrier, verksamheter och dylikt utgör det totala avloppsvattnet som genom ledningar transporteras till avloppsreningsverket. Termerna i figuren är de som används genomgående i denna rapport.

Påverkan från **läck- och dräneringsvatten** innebär enligt Lundblad och Backö (2012) grundvatten som rinner in i spillvattensystemet genom inläckage och genom tillkopplade dräneringar. Inläckage kan ta sig in genom otäta fogar och sprickor eller andra skador på spillvattenledningar och brunnar. Omfattningen av påverkan från läck- och dräneringsvatten varierar ofta med grundvattennivån och svarar för den största årliga volymen av tillskottsvattnet, ofta cirka 90 %. Även dricksvattenläckage som fångas upp av spillvattenledningen räknas som läck- och dräneringsvatten (Lundblad & Backö, 2012).

**Direkt nederbördspåverkan** orsakas enligt Lundblad och Backö (2012) av tillkopplade hårdgjorda ytor såsom tak- och asfaltsytor. Direkt nederbördspåverkan kan enligt Bäckman m.fl. (1997) relativt enkelt lokaliseras och åtgärdas genom att ändra dagvattenhanteringen. Även om bidraget av tillskottsvatten från direkt nederbördspåverkan kan vara mycket kraftigt vid stora regn och då orsaka överbelastning i ledningar med bräddningar och översvämningar som följd så motsvarar tillskottsvatten från direkt nederbördspåverkan ofta mindre än 10 % av det totala tillskottsvattnet i ett spillvattensystem (Lundblad & Backö, 2012).

**Indirekt nederbördspåverkan** är enligt Lundblad och Backö (2012) allt inflöde av tillskottsvatten som följer på nederbörd men som inte är en följd av direkt tillkopplade hårdgjorda ytor. Till indirekt nederbördspåverkan hör även överläckage från dagvattenledningar till spillvattenledningar både i det kommunala nätet och på anslutna fastigheter. Dessa överläckage står enligt Lundblad och Backö (2012) ofta för en stor del av tillskottsvattnet i samband med regn. Indirekt nederbördspåverkan kan även bero på att vatten tar sig in genom kända och okända brädd- och nödavlopp samt sammankopplingar mellan dagvatten och spillvatten både i allmänna, d.v.s. kommunala och i privata ledningar (Lundblad & Backö, 2012).

Höga vattennivåer i vattendrag, sjöar eller diken kan leda till att tillskottsvatten rinner in bakvägen i brädd- och nödavlopp. Indirekt nederbördspåverkan kan också ske genom att vatten tar sig in genom otäta brunnslöck i spillvattennätet, som befinner sig i svackor dit regnvatten rinner. Eftersom det i många fall går relativt snabbt för inläckande dagvatten att ta sig in i spillvattenledningar kan man enligt Lundblad och Backö (2012) inte på något enkelt sätt skilja mellan indirekt och direkt nederbördspåverkan vid undersökningar av flöden i spillvattennätet.

## 1.7 Nyckeltal

Nyckeltal är enligt Malm m.fl. (2011) mått eller värden som kan användas för att underlätta jämförelser samt kontrollera och kvalitetssäkra VA-verksamhet. Nyckeltal baseras på sådana parametrar som har stor betydelse för kvalitet och utveckling av VA-system. Genom nyckeltalen kan man se hur verksamheten utvecklas över tid. Till de nyckeltal som varje kommun bör följa upp hör bland andra nyckeltalen för tillskottsvatten (Malm m.fl., 2011).

Hur nyckeltal definieras beror enligt Malm m.fl. (2011) av hur de ska användas. Vill man kunna göra rättvisa jämförelser kan det vara lämpligt att dela exempelvis antalet vattenläckor per år med antalet kilometer ledning för att få ett jämförelsetal. Vill man istället i första hand förmedla hur mycket arbete läckorna inneburit kan man i ett annat sammanhang välja att använda ett nyckeltal för antalet läckor per år utan att relatera det till ledningslängd (Malm m.fl., 2011).

Organisationen Svenskt Vatten har enligt Svensson m.fl. (2011) för de kommuner som väljer att vara medlemmar en insamling och presentation av statistik från VA-verksamhet i Svenska kommuner. Statistiken för databasen som kallas VASS samlas in i form av standardiserad basdata. Basdata är information om bland annat antal, sträckor och kapaciteter när det gäller ledningar, abonnenter, vattenverk och reningsverk inom VA-verksamheten. Nyckeltal beräknas utifrån basdata och verksamhetsmått som beskriver VA-systemets uppbyggnad, funktion och användning. Nyckeltal ska i detta sammanhang vara tydligt definierade, enkelt mätbara och kontrollerbara, lätta att förstå även för icke-specialister och så få som möjligt. Att samla in basdata och beräkna nyckeltal gör det möjligt att mäta vilka effekter en åtgärd haft och att jämföra med andra kommuner eller följa förändringar över tid på det egna VA-systemet (Svensson m.fl., 2011). Följande två nyckeltal för tillskottsvatten tas upp i Svensson, m.fl. (2011) och finns med i VASS-statistiken:

- Tillskottsvatten per km ledning och dygn ( $\text{m}^3/\text{km}$  ledning och dygn)
- Tillskottsvatten per person och dygn (l/pd)

Gustafsson och Svensson (1996) redogör för hur tillskottsvatten närmare kan karakteriseras med hjälp av ytterligare nyckeltal. Genom dessa nyckeltal ges möjlighet att lättare kommunicera och jämföra flödesmängd och flödesvariationer i spillvattennät. Beräkningsmetoder anges för följande fyra nyckeltal:

- Utspädningsgrad, USG
- Ovidkommande flöde per ledningslängd, LDM
- Total dräneringsarea per ledningslängd, TDA
- Bidragande nederbördsarea per ledningslängd, BNA

För att ta fram dessa nyckeltal används följande basdata:

- Dygnsvärden för totalflöden, regnmängd och temperatur från minst 1 år, helst flera år.
- Medelspillvattenflödet
- Debiterad spillvattenvolym eller dricksvattenvolym
- Total längd av ansluten kommunal självfallsledning

För att kunna göra jämförelser mellan spillvattensystem i olika delar av Sverige tas i Gustafsson och Svensson (1996) även fram versioner av nyckeltalen som är oberoende av variationer i den typiska årsnederbörden som skiljer sig åt mellan olika områden.

I arbetet med att hitta källorna till tillskottsvatten som beskrivs senare i denna rapport är nyckeltalen **basflöde**, respektive **fiktiv ansluten yta** viktiga mått på tillskottsvattnets mängd och karaktär. Basflöde är enligt Lundblad och Backö (2012) det flöde av läck- och dräneringsvatten i spillvattenledningar som förekommer då grundvattennivån är hög.

Fiktivt ansluten yta beräknas genom en jämförelse av flödet i torrväder och flödet vid regn. Vattentillskottet är skillnaden mellan flöde i torrväder och flöde vid regn. Detta vattentillskott i m<sup>3</sup> divideras med regnets storlek omräknad i meter. Resultatet blir den fiktivt anslutna ytan för området. Denna yta behöver inte motsvaras av en lika stor hårdgjord yta som är ansluten till spillvattensystemet eftersom delar av flödet också kan bero av överläckage från dagvattenledning till spillvattenledning eller överläckage vid kända såväl som okända sammankopplingar av dagvatten och spillvatten eller inläckage vid spillvattenbrunnslöck (Lundblad & Backö, 2012). Enligt Forsberg (2011) är det utöver tillkopplade hårdgjorda ytor främst överläckage från dagvattenledningar till spillvattenledningar och ökad dräneringsavrinning från husgrunder som bidrar till storleken av den fiktivt tillkopplade ytan. Ofta påträffas omkring hälften av den fiktivt anslutna ytan såsom ansluten hårdgjord yta vid inventeringar av nederbördspåverkan (Forsberg, 2011).

För beräkningarna av fiktiv ansluten yta behövs flöde vid torrväder och flöde vid regn tillsammans med regnmängden. Som flöde under torrväder väljs enligt Lundblad och Backö (2012) lämpligen ett dygnsflöde vid ett torrvädersdygn. Detta dygn ska vara så nära som möjligt i tiden före ett dygn då det regnar. Från dygnet med regn hämtas dygnsflöde och regnmängd för beräkningarna. För att få rättvisande uppskattning av fiktivt tillkopplad yta räcker det inte med att sammanställa data från ett enda regntillfälle. Det krävs mätning vid omkring 5 regn med varierande intensitet, varav något ska vara ett kraftigt regn på över 10mm med intensiteten 30 l/s/ha under den intensivaste 10-minutersperioden för att få en korrekt uppskattning av fiktiv tillkopplad yta (Lundblad & Backö, 2012). Det förhöjer enligt Lundblad och Backö (2012) kvaliteten på en undersökning att innan detaljmätning vidtas på ett område ha beräknat en fiktiv ansluten yta, eftersom det gör att man vet vilken typ av tillskottsvatten man söker.

Nyckeltal för flöden och nederbörd under flera år kan presenteras i en vattenbudget. I den sätter man samman nyckeltal i en tabell och visar vilka mängder spillvatten respektive tillskottsvatten som runnit genom ett spillvattensystem (Lundblad och Backö, 2012).

### *1.8 Undersökningsmetoder*

Enligt Bäckman m.fl. (1997) bör arbete med att spåra källor till tillskottsvatten ske utifrån en genomtänkt strategi och stegvis med möjlighet att styra nästkommande steg i arbetsprocessen utifrån framkomna resultat. Arbetet med att spåra tillskottsvatten underlättas om man har en översiktlig beskrivning av ledningsnätet och av de geohydrologiska förhållandena i området. Material som visar geologiska förhållanden och storlek på hårdgjorda ytor i området kan vara till hjälp för att bilda sig en uppfattning om var systemet är särskilt känsligt för läck- och dräneringsvatten respektive nederbördspåverkan (Bäckman m.fl., 1997). En strategi för sökning efter källor till tillskottsvatten bör enligt Bäckman m.fl. (1997) utformas mot bakgrund av erfarenhet från VA-personal, tidigare undersökningar i VA-systemet, befintliga flödesuppgifter och tillgängliga resurser som kan tas i anspråk för mätningar och analyser.

Att hitta källor till tillskottsvatten är enligt Uusijärvi (2013) ett tidskrävande arbete som måste planeras långsiktigt. Det är en bra idé att sätta upp delmål för sökandet och att arbeta systematiskt. Att arbeta inom ett begränsat område gör det lättare att se resultaten av åtgärderna. Att samtidigt med spårning av källor till tillskottsvatten leta efter läckor på dricksvattensystemet kan vara lämpligt, eftersom dricksvatten från läckor ofta rinner in i spillvattensystemet (Uusijärvi, 2013).

Ett första steg mot att hitta källorna till tillskottsvatten är enligt Lundblad och Backö (2012) att göra en områdesindelning. Liksom vid annan förnyelseplanering behöver man göra en



prioritering över var åtgärderna gör mest nytta. Efter områdesindelningen är det lämpligt att för varje område redovisa siffror på:

- Spillvatten
- Läck- och dräneringsvattentillskott (basflöde)
- Regnvattentillskott

Dessa siffror redovisas enligt Lundblad och Backö (2012) lämpligen i form av nyckeltal. Nyckeltalen för respektive område ger en idé om vilka åtgärder som kan bli aktuella i olika områden för att identifiera och minska tillskottsvatten av olika ursprung. Det är en fördel om man under de översiktliga mätningarna kan hitta delområden som inte behöver någon insats på grund av att de har förhållandevis låga mängder tillskottsvatten så att åtgärderna kan koncentreras till ställen där åtgärdsbehovet är större (Lundblad & Backö, 2012). Erfarenheter i Uusijärvi (2013) liksom Lundblad och Backö (2012) tyder på att framgångsrika metoder för minskning av tillskottsvatten kännetecknas av att brister i både det allmänna och i privata ledningsnätet åtgärdas.

### **1.8.1 Nederbördsdata**

Nederbördsdata är enligt Lundblad och Backö (2012) viktigt vid undersökningar av tillskottsvatten. Ofta används nederbördsdata endast från regn i beräkningar av påverkan genom tillskottsvatten och modellering av hydrauliska förlopp eftersom regn är den enda form av nederbörd som inte har en inbyggd fördröjning. Tillsammans med flödesmätningar kan nederbördsdata användas för att ta fram nyckeltalet fiktiv tillkopplad yta samt skilja ut andelen av tillskottsvattnet som kommer av nederbördsinverkan från andelen som kommer av läck- och dräneringsvatteninverkan (Lundblad & Backö, 2012).

En vanlig typ av regnmätare är enligt Forsberg (2011) en vippskålgivare som registrerar varje tillfälle 0,2 mm nederbörd fallit. Registreringarna sker med sekundupplösning. Registreringarna räknas sedan normalt om till regnmängd per tidsenhet. Nederbördsdata kan redovisas på olika sätt. Beroende på vilken utredning som ska göras behövs olika hög upplösning i nederbördsmätningar. Normalt anges hur många mm regn som fallit under en tidsenhet som kan vara exempelvis 10 minuter. Dygnsnederbörd avser mängden nederbörd som kommit under ett dygn och mäts i mm/dygn (Forsberg, 2011).

### **1.8.2 Statistisk dataanalys**

En grundlig övergripande analys av all tillgänglig flödes- och nederbördsdata rekommenderas av Uusijärvi (2013). Större kunskaper om totalt tillskottsvatten av olika typer som förekommer ökar chanserna att lyckas i arbetet med att hitta och minska tillskottsvatten i ledningssystemet. Dessutom blir det lättare att göra uppföljning av genomförda åtgärder om utgångsläget är känt (Uusijärvi, 2013). Analys av statistik för flöden och regn kan enligt Lundblad och Backö (2012) ge en inblick i förekomst av olika typer av tillskottsvatten i ett spillvattennät. Då det finns uppgifter lagrade i ett övervakningssystem från fasta flödesmätare och regnmätare kan uppgifter från dessa enligt Lundblad och Backö (2012) användas för statistiska dataanalyser. Ytterligare flödesdata kan enligt Forsberg (2011) hämtas från pumpstationer. Om flödesmätare saknas i pumpstationer är det möjligt att ta fram värden på flödet genom analys av start och stopp hos pumparna respektive nivån i pumpgropen om sådana uppgifter finns kontinuerligt registrerade med någon eller ett fåtal minuters mellanrum (Forsberg, 2011).

Lundblad och Backö (2012) föreslår upprättandet av en vattenbudget utifrån statistik på: fakturerad dricksvattenmängd, flöden till avloppsreningsverk och nederbörd. För att få en uppfattning av läck- och dräneringsvattnets storlek behövs statistik för 3-5 år tillbaka i tiden. Då dricksvattenförbrukning, avloppsvattenmängd, tillskottsvattenmängd och nederbörd för varje år sätts samman i en tabell ges möjlighet till värdefulla jämförelser.

Utifrån data om flödesökningar till avloppsreningsverket i samband med regn kan man enligt Lundblad och Backö (2012) göra en uppskattning av nyckelvärdet fiktiv tillkopplad yta. Regn- och smältvattentillskott till spillvattnet under ett år kan tas fram genom att multiplicera årets totala nederbörd med den fiktiva ytan. Ett varaktighetsdiagram kan tas fram genom att dagar under en period av exempelvis 640 dygn sorteras i storleksordning och lutningar på kurvan som utgör dagsflödena studeras. Ett varaktighetsdiagram som visar hur flöden under markytan varit kan erhållas genom att från samma diagram ta bort de dygn då regn eller snösmältning förekommit (Lundblad och Backö, 2012).

### 1.8.3 Lokalisering av läck- och dräneringsvattentillskott

Den statistiska dataanalys som beskrivits tidigare inklusive vattenbudget och varaktighetsdiagram är enligt Lundblad och Backö (2012) en start på arbetet med att identifiera läck- och dräneringsvattentillskott. Ytterligare metoder som därefter utnyttjas för att lokalisera tillskott av läck- och dräneringsvatten hämtade från Lundblad och Backö (2012) presenteras i tabell 1.

**Tabell 1.** Läck- och dräneringsvattentillskott samt undersökningsmetoder

Källor till läck och dräneringsvattentillskott	Undersökningsmetod
Inläckage av olika typer	Flödesmätning
	Okulärbesiktning
	TV-inspektion
	Ammoniummetoden
Vattentillskott från dräneringar	Kartläggning av anslutningar med befintliga register
	TV-inspektion

Ledningsnätets läck- och dräneringsvattentillskott kan enligt Lundblad och Backö (2012) approximeras som lägsta nattflödet i ledningarna så som även beskrivits av Bäckman m.fl. (1997). Lundblad och Backö (2012) föreslår att utgå från följande tre nyckeltal för att prioritera i vilka områden man bör arbeta med läck- och dränvattentillskott:

- Uppmätt flöde, läck- och dräneringsvattentillskott (l/s)
- Ett procenttal för hur stor del av det totala läck- och dräneringsvattentillskottet som kommer från aktuellt område.
- Läck- och dräneringsvattentillskott i området räknat per meter ledning (LDM)

För områden som man väljer att gå vidare med utifrån prioriteringen ovan rekommenderar Lundblad och Backö (2012) följande steg:

- Dokumentera vilka fastigheter som har källare. Dräneringar från fastigheter på privat mark kan enligt Lundblad och Backö (2012) vara en viktig orsak till tillskottsvatten. Även om dagvattenledning finns i området är det vanligt att dräneringar tillkopplats spillvattennätet eftersom läggningsdjupet för dagvattennätet ofta inte är tillräckligt för självfäll från dräneringarna (Lundblad & Backö, 2012). Nivån på källarens golv kan enligt Jenny Forsberg på Bollebygds kommun (personlig kommunikation den 17 juni, 2015) lämpligen jämföras med vattengång i dagvatten- och spillvattenledningar. I vissa fall finns det enligt Uusijärvi (2013) ritningar som talar om ifall dräneringar är anslutna till spillvattennätet eller inte. Det kan också finnas rörmynningar i brunnar där man ser var dräneringsledningar kommer fram (Uusijärvi, 2013).
- Avgränsa ledningssträckor som har ett betydande läck- och dräneringsvattentillskott. Detta kan göras genom okulärbesiktning och genom flödesmätningar.
- Gör en TV-inspektion av de ledningssträckor som bedömts ha betydande läck- och dräneringsvattentillskott.
- Analysera TV-inspektionerna och gör bedömning av storlek och läge på inläckage. En bedömning bör även göras av hur stor del av tillskottsvattnet som kommer från servisledningarna i området.

Nedan beskrivs de metoder som nämnts. Även ammoniummetoden som föreslås i Uusijärvi (2013) ges en kort beskrivning då den enligt Lundblad och Backö (2012) är ett väl fungerande komplement till övriga metoder.

#### *Flödesmätning (läck- och dräneringsvatten)*

Flödesmätning kan enligt Lundblad och Backö (2012) ske antingen genom att utnyttja fasta mätare eller genom kampanjmätning. Kampanjmätning innebär att tillfälliga mätare placeras ut till exempel i nedstigningsbrunnar. Flödesmätningen kan även utföras med en kombination av fasta och flyttbara mätare.

Vid flödesmätning med flyttbara flödesmätare sker enligt Lundblad och Backö (2012) mätning av flöde i inlopp till nedstigningsbrunnar ofta med hjälp av en elektronisk batteridrivna v/h-mätare, som utifrån elektronisk registrering av hastighet och nivå automatiskt beräknar och loggar flödet.

Vid kontinuerlig mätning loggas flödets storlek med bestämda intervall, medan vid momentanmätning spårar man tillskottsvatten genom att successivt flytta nivåmätare uppströms för att se under vilka ledningssträckor stora mängder tillskottsvatten tillkommer. Tillskottsvattnet märks som en ökning av flödet nedströms (Lundblad & Backö, 2012). Noggrannheten i mätningar med v/h-mätare blir enligt Forsberg (2011) dålig i ledningar som är 225mm eller mindre eller då flödet understiger 5 l/s eller vattennivån understiger 5cm. Vid mätning av momentanflöde kan enligt Lundblad och Backö (2012) då istället mätöverfall användas. Mätöverfall ger noggrannare mätningar jämfört med v/h-mätare vid flöden mindre än 10 l/s och ledningsdiameter 400mm eller mindre (Lundblad & Backö, 2012). En fördel med v/h mätaren är enligt Forsberg (2011) att det blir tydligt i data om dämning förekommit nedströms mätpunkten eftersom flödets hastighet då minskar. v/h-mätare kräver regelbunden

tillsyn eftersom igensättningar vid källaren gör att hastighetsmätningen slutar att fungera. (Forsberg, 2011).

För att kunna urskilja vad som är inläckage från vad som är spillvatten från hushåll, industrier och andra verksamheter görs flödesmätning vanligen nattetid enligt Lundblad och Backö (2012). För att erhålla bästa nyckeltal för basflöde av läck- och dräneringsvatten bör flödesmätning ske då grundvattnet är högt, men ingen nederbörd förekommer. Om nattmätningar görs av momentant flöde är det viktigt att även registrera vilket totalflödet i hela eller del av spillvattennätet varit under det aktuella dygnet för att ha något att relatera flödesmätningarna till (Lundblad & Backö, 2012).

Att man genom flödesmätning får veta storleken på tillskottsvattnet ger enligt Lundblad och Backö (2012) goda möjligheter att beräkna kostnadseffektivitet av olika åtgärder. Tillsammans med TV-inspektion ger också flödesmätning en god möjlighet att bedöma hur stor andel av tillskottsvattnet som kommer ur serviser och hur stor andel som härstammar från inläckage i det allmänna ledningsnätet (Lundblad & Backö, 2012).

### *Okulärbesiktning (läck- och dräneringsvatten)*

Okulärbesiktning för att hitta läck- och dräneringsvattentillskott bör enligt Lundblad och Backö (2012) göras vid högt grundvatten, under ett regnfritt dygn. Uppskattningar görs av brunnars inkommande flöden. Det är lämpligt att passa på att gå ner i brunnar för att samtidigt bedöma om inläckage förekommer i själva brunnen. Om inspektionen görs nattetid stör spillvattenflödet i mindre utsträckning (Lundblad & Backö, 2012). Även Uusijärvi (2013) rekommenderar att flöden bedöms genom att titta ner i brunnar. Man bör då börja nedströms och gå uppströms. Undersökningen kan många gånger ge en klar bild av var större mängder tillskottsvatten tillkommer. Höga flöden även vid relativt torra markförhållanden kan tyda på att läckande dricksvatten fångas upp av ledningen (Uusijärvi, 2013).

### *TV-inspektion*

För att hitta läck- och dräneringstillskottsvatten bör filmning enligt Lundblad och Backö (2012) göras under ett torrvädersdygn med högt grundvatten. Kameran förs in genom ledningen och flyttar sig framåt i ledningen på hjul. Det är en fördel om utrustningen även ger möjlighet att sticka in en kamera i serviser, så kallad servisfilmning. Genom TV-inspektion kan skador och inläckage upptäckas. Flöden i servisledningar kan bedömas utifrån filmen. TV-inspektion bör föregås av både flödesmätning och okulärbesiktning för att det ska vara möjligt att korrekt bedöma bland annat hur stor del av flödet som kommer från inläckage i allmänna ledningar och hur stor andel som kommer från serviser (Lundblad & Backö, 2012). Uusijärvi (2013) rekommenderar att spolning görs innan TV-inspektion för att kameran ska ha bättre sikt och lättare kunna ta sig igenom ledningen.

### *Ammoniummetoden*

Ammoniummetoden har enligt Lundblad och Backö (2012) tagits fram av Norrköping Vatten. Undersökningen utförs dagtid. Provtagning av ammoniumhalt sker enligt Uusijärvi (2013) i brunnar i knutpunkter och flödet följs uppströms. Ammoniumhalter analyseras på plats. Låga halter antyder utspädning och ytterligare prover tas då uppströms för att lokalisera tillskottsvatten. Då höga halter av ammonium återfinns uppströms en sträcka med mer utspätt avloppsvatten anses tillskottsvattnet vara inringat. Ammoniummetoden utvecklades för att lokalisera tillskottsvatten, men visade sig lika effektiv för att hitta läckor i dricksvattenssystemet eftersom dricksvatten ofta läcker in i spillvattenledningar (Uusijärvi, 2013).

Liksom vid okulärbesiktning och TV-inspektion är det enligt Lundblad och Backö (2012) utifrån ammoniummetoden svårt att kvantifiera tillskottsvattnet.

### 1.8.4 Lokalisering av nederbördspåverkan

Statistisk dataanalys som beskrivits tidigare i denna rapport är en start på arbetet med att finna tillskottsvatten som beror av nederbördspåverkan. Därefter utnyttjas enligt Lundblad och Backö (2012) ett antal olika metoder. Dessa presenteras i tabell 2 nedan. Både direkt och indirekt nederbördspåverkan registreras tillsammans eftersom det är mycket svårt att särskilja dem genom variationer i flödet (Lundblad & Backö, 2012).

**Tabell 2.** Nederbördspåverkan och undersökningsmetoder

Källor till nederbördspåverkan	Undersökningsmetod
Felaktigt anslutna ytor	Undersökning med färgat vatten
	Undersökning med rök
Vattentillskott via kända brädd- och nödavlopp	Okulärbesiktning och Funktionskontroll
	Instrumentell övervakning
Vattentillskott via okända brädd- och nödavlopp	Dämning av dagvattenledningar
	Undersökning med rök
Överläckage mellan dagvattenledningar och spillvattenledningar	Undersökning med vatten
	Undersökning med rök
	Undersökning med spårämne
Vattentillskott via otäta spillvattenbrunnslöck	Okulärbesiktning

För att kunna göra prioriteringar av vilka delområden som behöver ytterligare undersökningar när det gäller nederbördspåverkan är det enligt Lundblad och Backö (2012) lämpligt att ta fram flödesdata för flera delområden. Lundblad och Backö (2012) föreslår att följande tre nyckeltal beräknas för respektive delområde:

- Fiktiv yta i m<sup>2</sup>, ha eller m<sup>3</sup>/mm regn
- Delområdets procentuella andel av regnvattentillskottet (eller andel av fiktiva ytan) av det totala området
- Regnvattentillskottet för området i liter per meter ledning och år vid representativ årsnederbörd

Med dessa nyckeltal kan enligt Lundblad och Backö (2012) delområden prioriteras utifrån hur stort regnvattentillskottet är i respektive område. Ytterligare undersökning av nederbördspåverkan kan sedan göras i de mest påverkade delområdena var för sig. Det är en fördel om vissa områden genom flödesmätning visar sig ha väsentligt lägre nederbördspåverkan eftersom resurser då istället kan användas i områden med stor nederbördspåverkan där eventuella åtgärder gör större skillnad (Lundblad & Backö, 2012).

Följande undersökningar bör enligt Lundblad och Backö (2012) genomföras i de prioriterade delområdena:

- Identifiera hårdgjorda ytor som är direkt anslutna till spillvattennätet (så kallade felaktigt anslutna ytor).
- Klargör om och i så fall var det finns okända överkopplingar mellan dagvattenledningar och spillvattenledningar.
- Klargör om och i så fall var det finns överläckage från dagvattenledningar till spillvattenledningar.
- Identifiera otäta spillvattenbrunnslock som ligger i lågpunkter där det är risk för inläckage.
- Kontrollera om det förekommer vattentillskott via kända brädd- och nödvattenavlopp.

Samtliga undersökningar ovan bör enligt Lundblad och Backö (2012) ske i så väl allmänna som privata delar av ledningsnätet. Fastighetsägare ska underrättas om undersökningarna i förväg och brandförsvaret ska underrättas innan sökning med rök ska utföras (Lundblad & Backö, 2012).

Bäckman m.fl. (1997) förslår en delvis annorlunda metod jämfört med Lundblad och Backö (2012). Undersökning av indirekt nederbördspåverkan kan enligt Bäckman m.fl. (1997) göras genom kontinuerlig flödesmätning för att registrera flödesökningen som sker i samband med regntillfällen. Desto större och långsammare flödesökning som noteras efter ett regntillfälle desto större är den indirekta nederbördspåverkan. Det är möjligt att med datorhjälpmedel såsom beskrivs i Gustavsson och Svensson (1996) separera läck- och dränvattenflöde i dels ett basflöde och dels indirekt nederbördspåverkan (Bäckman m.fl., 1997). Lundblad och Backö (2012) hävdar dock, vilket beskrivits tidigare, att det ofta är omöjligt att skilja mellan direkt nederbördspåverkan och indirekt nederbördspåverkan. Ett exempel på en sådan svårighet är när indirekt nederbördspåverkan består i överläckage från dagvattenledning till spillvattenledning vilket liksom direkt nederbördspåverkan har ett snabbt förlopp (Lundblad & Backö, 2012).

#### *Flödesmätning (nederbördspåverkan)*

Flödesdata kan enligt Lundblad och Backö (2012) samlas in genom kontinuerlig mätning med hjälp av fasta eller flyttbara flödesmätare. Flödesdata kan också samlas in genom mätning av flera momentanflöden i samband med regn. Nyckeltalet fiktiv ansluten yta om det tas fram för respektive delområde visar vilken typ av inläckage man sedan ska söka efter (Lundblad & Backö, 2012). Flödets variation i samband med nederbörd visar enligt Forsberg (2011) på storleken av den uppströms fiktiva anslutna ytan.

#### *Undersökning med färgat respektive ofärgat vatten*

Undersökning med vatten kan enligt Lundblad och Backö (2012) göras för att hitta felaktigt anslutna ytor såväl som att hitta vattentillskott via okända brädd- och nödvattenavlopp och överläckage mellan dagvattenledningar och spillvattenledningar.

För att hitta felaktigt inkopplade ytor kan färgat alternativt ofärgat vatten spolas i dagvattenanordningar såsom stuprör, spygatter och rännstensbrunnar. Då man samtidigt tittar i spillvattenbrunnar och dagvattenbrunnar nedströms är det enligt Lundblad och Backö (2012) möjligt att följa vart dagvatten leds från stuprör, spygatter och rännstensbrunnar. Användning av färgat vatten har fördelen att det går att följa det spolade vattnet oavsett andra flöden.

Ofärgat vatten har fördelen att risk för färgspill elimineras. Felkopplade ledningar såväl som överläckage mellan dagvatten och spillvatten i servisledningarna registreras vid undersökningen (Lundblad & Backö, 2012).

För att hitta vattentillskott via okända brädd- och nödavlopp samt överläckage från dagvattenledning till spillvattenledning kan man enligt Lundblad och Backö (2012) spola vatten i dagvattenledningar och sedan titta i spillvattensystemet nedströms för att se om ett ökat flöde förekommer. Färgning av vatten underlättar identifikation av att det är just det vattnet man spolat som återkommer i spillvattensystemet. För mindre ledningsdimensioner kan ibland en brandpost användas för att spola i dagvattenledningen. För upptäckt av flertalet överläckage är det nödvändigt att dämna en sektion av en dagvattenledning med hjälp av en propp nedströms. Användning av vatten för att söka läckor är praktiskt lämpligt på rördimensioner upp till 400mm. Efter att man funnit indikationer på felaktigheter och läckage bör man genomföra en filmning av spillvattenledningen för att bedöma vad felet består i (Lundblad & Backö, 2012).

#### *Undersökning med rök*

Rök från en specialbyggd rökalkstrande maskin kan enligt Lundblad och Backö (2012) användas för att spåra såväl felaktigt inkopplade ytor som vattentillskott via okända brädd- och nödavlopp och överläckage mellan dagvattenledningar och spillvattenledningar. För att söka felaktigt tillkopplade ytor rökfylls en sektion av spillvattennätet åt gången. Felkopplade ytor visar sig då genom att rök kommer upp ur dagvattenanordningar såsom stuprör, spygatter och rännstensbrunnar. Metoden kräver att vattenlås i brunnar först sugits torra. Rökmetoden behöver ofta kompletteras med spolning av färgat eller ofärgat vatten eftersom röken inte alltid ger utslag då man inte hittat eller kommit åt alla vattenlås. Dessutom når röken ofta inte fram i alla stuprör oavsett vattenlås. Rök som tillsätts i dagvattensystemet kan påvisa rättkopplade dagvattenanordningar (Lundblad & Backö, 2012).

För att hitta överläckage respektive okända överkopplingar mellan dagvatten och spillvatten krävs enligt Lundblad och Backö (2012) att dagvattenledningen pluggas och rökfylls med hjälp av en kraftig fläkt som skapar ett starkare tryck av rök i dagvattenledningen. Indikationer på överläckage visar sig då som rök någonstans i spillvattennätet. Brunnslöck och rännstensbrunnar behöver tätas för att röken inte ska läcka ut genom dem. Då man påträffat indikationer på överkopplingar eller överläckage behövs normalt TV-inspektion för att precisera vad som är fel och felets exakta läge (Lundblad & Backö, 2012).

#### *Undersökning med spårämne*

Ett spårämne tillsatt vid dämning av dagvattenledningar kan enligt Lundblad och Backö (2012) användas för att spåra överläckage såväl som okända överkopplingar mellan dagvattenledningar och spillvattenledningar. Spårämnet tillsätts vid dämning av dagvattenledning. Provtagning görs sedan i spillvattensystemet nedströms. Metoden kan ge svar på förekomst såväl som storlek av överläckage. Även om man får reda på mellan vilka brunnar och hur mycket överläckage som sker behövs ytterligare undersökning såsom TV-inspektion för att säga exakt var överläckaget sker (Lundblad & Backö, 2012).

#### *Okulärbesiktning (nederbördspåverkan)*

Okulärbesiktning utförs enligt Lundblad och Backö (2012) dels för att undersöka om bakvatten uppkommer i kända brädd- och nödavlopp och dels för att bedöma om inläckage förekommer genom otäta brunnslöck.

En metod för att undersöka om vattentillskott i form av bakvatten sker i kända brädd- och nödavlopp är enligt Lundblad och Backö (2012) okulärbesiktningar av anordningar i brädd- och nödavloppen. Okulärbesiktning ska ge svar på om risk föreligger att bakvatten tar sig in genom brädd- och nödavloppen vid höga vattennivåer i närområdet (Lundblad & Backö, 2012).

Okulärbesiktning används enligt Lundblad och Backö (2012) även för att kontrollera om inläckage förekommer genom otäta brunnslock i spillvattensystemet. Kartläggning av otäta brunnslock som ligger i lågpunkter bör ske under regn då det är tydligare var åtgärder behövs för att undvika vattentillskott genom brunnslock (Lundblad & Backö, 2012).

### *Funktionskontroll*

Funktionskontroll görs tillsammans med okulärbesiktning av brädd- och nödavlopp. Funktionskontrollen ska visa om bakvattenluckor och backventiler fungerar som de ska (Lundblad & Backö, 2012).

### *Instrumentell övervakning*

Då det inte är möjligt eller praktiskt att i samband med större regn och höga vattennivåer kolla upp om vattentillskott skett genom så kallat bakvatten i brädd- och nödavlopp kan man enligt Lundblad och Backö (2012) sätta in mätutrustning för detta i brunnar. Det är då möjligt att få larm både vid bräddning och vid bakvatten. Moderna pumpstationer är normalt utrustade med elektronisk instrumentell övervakning som kan skicka larm vid bräddningar och andra funktionsproblem. Även enklare metoder såsom vattenlöslig färg på en platta, en bräda med koppar på eller en flottör på en lina kan användas för att ta reda på en högsta vattennivå som förekommit mellan två besök på platsen för ett brädd- eller nödavlopp (Lundblad & Backö, 2012).

### *Hydraulisk modell*

Enligt Forsberg (2011) ger en hydraulisk datormodell av ett ledningsnät det bästa underlaget för åtgärdsplanering. Flödesmätning och nivåmätning kan enligt Forsberg (2011) utnyttjas för att bygga upp en hydraulisk modell av ett spillvattensystem. Modellen kan användas som hjälp för att hitta och kartlägga tillskottsvatten från nederbördspåverkan. Programvara kallad SWMM, som är gratis tillgänglig över internet, kan användas för modelleringen. För att göra en modell måste ledningsnätets dimensioner, lägeskoordinater och läggningsdjup läggas in i modellen. Därefter läggs uppmätta flöden och nivåer vid mätpunkter i ledningssystemet in i modellen tillsammans med uppmätt nederbörd i området. Efter varje regntillfälle är det möjligt att i diagramform granska hur väl uppmätt flöde stämmer överens med av modellen beräknat flöde. Fiktiv inkopplad yta läggs in på olika ställen i modellen utifrån uppmätta flöden. Med data från flera regn justeras de fiktiva ytornas storlek. När rätt storlek på de fiktiva ytorna justerats in kan modellen förutsäga på ett ungefär vilka flöden som belastar olika delar av ledningsnätet vid olika typer av regn. För att kunna sammanställa en bra hydraulisk modell är det bäst om mätningar av flöden och nivåer kan göras under en period av 3-4 månader. Ungefär 5 regntillfällen behöver analyseras för att komma fram till en tillförlitlig modell av spillvattensystemet. Målet med den hydrauliska modellen är framtagandet av en kvalitetssäkrad sammanställning över fiktiva tillkopplade ytor i olika delar av ledningssystemet (Forsberg, 2011).

### *Nivåmätare*

Forsberg (2011) rekommenderar särskilt användandet av nivåmätare på flera olika ställen i ett områdes ledningssystem kombinerat med en flödesmätare som visar flödet i utloppet från



området. Fördelen med nivåmätare är att de kostar väsentligt mindre än flödesmätare samt att de inte är känsliga för igensättningar. En nackdel med nivåmätning utan hastighetsmätning är dock att resultatet blir svårt att tolka och använda för flödesberäkning då man inte kan avgöra i hur hög grad dämning nedströms påverkat uppmätt nivå. Det är inte möjligt att beräkna ett enskilt flöde utifrån ledningsdimension, lutning och uppmätt nivå (Forsberg, 2011). Av ovanstående anledningar anser man vid Borås kommuns VA-förvaltning att nivåmätare ger ett alltför svårtolkat resultat. Trots att man i Borås kommun har tillgång till flera nivåmätare utan hastighetsmätning låter man dem ligga oanvända och använder istället enbart v/h-mätare som även mäter hastighet för att spåra tillskottsvatten (Joakim Ekberg, Borås Energi och Miljö, personlig kommunikation den 22 maj, 2015). Just användandet av ett flertal nivåmätare tillsammans med en flödesmätare har dock enligt Forsberg (2011) visat sig ge goda förutsättningar för att sammanställa en hydraulisk datormodell av ett spillvattensystem.

### *1.9 Åtgärder för minskning av Tillskottsvatten*

Planering bör enligt Lundblad och Backö (2012) genomföras så att man gör åtgärder på de platser där det gör bäst nytta i förhållande till de resurser åtgärderna tar i anspråk. Det är inte möjligt att åtgärda varenda felaktighet som påträffas. Därför är prioritering av åtgärder mycket viktig. Åtgärder som normalt bör vidtas innefattar att dräneringsvatten och hårdgjorda ytor som är anslutna till spillvattensystemet om möjligt kopplas om så att dränerings- och dagvatten går till dagvattenledning eller omhändertas lokalt (Lundblad & Backö, 2012).

För att minska tillskottsvatten har det enligt Lundblad och Backö (2012) visat sig ge resultat att efter en ingående undersökning göra punktinsatser på källor till tillskottsvatten som har påträffats både i de allmänna och i de privata delarna av spillvattensystemet. Punktinsatser kan bestå i att laga skador av olika slag, att sätta in backventiler vid brädd- och nödavlopp och att täta brunnar, brunnslock och ledningar. Många gånger är kostnader för sådana åtgärder relativt små (Lundblad & Backö, 2012).

Fastighetsägarna ansvarar enligt Lundblad och Backö (2012) för åtgärder på de privata ledningssystemen som kopplats till spillvattensystemet. Lösningar för att koppla ifrån dränerings- och dagvatten på respektive fastighet kan se olika ut och ibland innebära installation av pumpar (Lundblad & Backö, 2012). Enligt Lundblad och Backö (2014) är det i de flesta fall möjligt att ålägga fastighetsägare att koppla från stuprör och dräneringar från spillvattennätet på egen bekostnad. Om kommunen vill ålägga fastighetsägaren att åtgärda inläckage eller överläckage till spillvattenservis på tomtmark krävs dock att kommunen bevisar att inläckage eller överläckaget verkligen förekommer. Sveriges kommuner har i sina respektive ABVA möjlighet att ge föreskrifter för hur kommunens VA-system får nyttjas. Genom att införa formuleringar i kommunens egen ABVA som förbjuder annat än spillvatten att tillföras spillvattenledningarna blir det i allmänhet fastighetsägarens ansvar att se till att dag- och dräneringsvatten avleds i dagvattenledning om sådan finns eller annars omhändertas lokalt. Detta gäller oavsett vad som framgår av bygglov och tidigare överenskommelser. I vissa fall blir kommunen skyldig att delfinansiera fastighetsägarens fränkoppling av dag- och dräneringsvatten från spillvattenledningar efter att ändringar gjorts i föreskrifterna. Detta gäller bland annat om fastighetsägarens kostnader varit särskilt stora eller fått fastigheten att hamna i ett sämre ekonomiskt läge (Lundblad & Backö, 2014).

Lundblad och Backö (2012) har gjort en undersökning där man via en webb-enkät fått in svar från 96 personer som arbetar med VA om vilka åtgärder som varit lyckade respektive misslyckade när det gäller att minska tillskottsvatten i spillvattennätet. Åtgärder som angetts vara lyckade i flera av svaren var följande:

- bortkoppling av felkopplade takytor
- relining av ledningar (i flera fall relinades även servisledningar samtidigt)
- renovering av brunnar
- bakvattenstopp vid bräddpunkter
- bakvattenluckor på dagvattenutlopp för att hindra stående vatten i dagvattensystem
- dräneringsledning i botten av ledningsgrav

I samma undersökning gjord av Lundblad och Backö (2012) tas även följande exempel på återkommande misslyckade åtgärder upp:

- relining av enbart allmänna ledningar utan att servisledningar samtidigt åtgärdas
- relining där man inte lyckats få tätt runt brunnar och i anslutning av servisledningar.

## 2. Metod

En litteraturstudie gav ett urval metoder för lokalisering och minskning av tillskottsvatten. För litteraturstudien söktes artiklar, rapporter och böcker över internet, med allmänna sökmotorer, på vetenskapliga databaser och i bibliotekskataloger. Platsspecifik information om spillvattennätet i Hultafors och Olsfors inhämtades genom studier av digitala kartor och dokument från Bollebygds kommun, genom fältstudier vid det aktuella spillvattennätet samt i samtal med personal som har hand om VA-verksamheten på Bollebygds kommun. Tillgänglig statistik från flödesmätning i dricks- och spillvattensystemet och från nederbörds-mätning hämtades från VA-verksamhetens kontrollsystem och analyserades genom sammanställning på ett kalkylblad i dator. Ett förslag till åtgärdsplan sattes samman med utgångspunkt i inhämtad information om allmänna tillvägagångssätt och specifika förutsättningar för spillvattennätet i Olsfors och Hultafors som framkommit i studien. Ett studiebesök på Borås kommunala bolag för VA-verksamhet och konversationer över e-post med personer i VA-verksamheter vid Svenskt vatten, vid andra kommuner och vid Luleå Tekniska Universitet gav inblick i nuläget inom arbete med tillskottsvattenproblematik.

### 3. Resultat

Resultatet av projektet är en vattenbudget och nyckeltal för tillskottsvatten följt av ett förslag till åtgärdsplan för undersökningar av tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors. Åtgärdsplanen är tänkt som en instruktion för att vägleda det systematiska arbetet med att söka efter källor till tillskottsvatten i ledningsnätet. Åtgärdsplanen är så allmänt skriven att den till stor del kan användas i arbetet med att kartlägga tillskottsvatten även i andra spillvattennät på landsbygden.

#### 3.1 Nyckeltal och Basdata

En vattenbudget har tagits fram för perioden 2011-2014. Tabell 3 visar dricksvattenförbrukning i Hultafors och Olsfors tillsammans med inkommande flöde till reningsverket i Olsfors (avloppsvatten) och nederbörd för varje år. Dricksvattenförbrukningen för 2014 har använts för alla åren eftersom endast närmevärden för dricksvattenförbrukning förekommit på tidigare årsrapporter. Mängderna avloppsvatten är hämtade från övervakningssystemet för VA-verksamheten. Från ovanstående värden är mängden tillskottsvatten, andelen tillskottsvatten och utspädningsgraden (USG) beräknad. Nederbördsmängden har hämtats från mätaren vid reningsverket i Olsfors. Nedersta raden i tabell 3 visar medelvärden för de fyra åren 2011-2014.

**Tabell 3.** Vattenbudget 2011-2014

År	Dricksvatten (inkl. egen förbrukning)			Avloppsvatten			Tillskottsvatten					Neder- börd
	(m <sup>3</sup> /år)	(m <sup>3</sup> / dygn)	(l/s)	(m <sup>3</sup> /år)	(m <sup>3</sup> / dygn)	(l/s)	(m <sup>3</sup> /år)	(m <sup>3</sup> / dygn)	(l/s)	%	USG	mm
2011	41506	114	1,32	354122	970	11,2	312616	856	9,91	88	8,5	908
2012	41506	114	1,32	303360	831	9,62	261854	717	8,30	86	7,3	781
2013	41506	114	1,32	189039	518	5,99	147533	404	4,48	78	4,6	539
2014	41506	114	1,32	266773	731	8,46	225267	617	7,14	84	6,4	639
<b>Medel</b>	<b>41506</b>	<b>114</b>	<b>1,32</b>	<b>278324</b>	<b>763</b>	<b>8,83</b>	<b>236818</b>	<b>649</b>	<b>7,51</b>	<b>85</b>	<b>6,7</b>	<b>717</b>

Basdata för Hultafors och Olsfors som behövs för att räkna fram ytterligare nyckeltal har sammanställts i tabell 4. Mängden avloppsvatten, mängden dricksvatten och antal anslutna personer avser år 2014 och är hämtade från miljörapporten för reningsverket i Olsfors. Totala längder och antal i spillvattennätet har hämtats från databasen som ligger till grund för det digitala kartsystemet över ledningsnätet i Bollebygds kommun kompletterat med mätningar i samma kartsystem.

**Tabell 4.** Basdata för Hultafors och Olsfors år 2014

Storhet	Värde
Total avloppsmängd	266733 m <sup>3</sup>
Debiterat dricksvatten inklusive egen förbrukning	41506 m <sup>3</sup>
Antal anslutna personer	976 st
Antal anslutna bostadsfastigheter	ca. 258 st
Antal anslutna industrier, skolor och serviceinrättningar	ca. 13 st
Tryckledningar	581 m
Självfallsledningar utan serviser	9837 m
Servisledning	3866 m
Antal spillvattenbrunnar	581 st
Dagvattenledningar invid spillvattenledningar	4000 m

Nyckeltal för tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors beräknade enligt standard som används i VASS visas i tabell 5. Summan för debiterad dricksvattenmängd inklusive egen förbrukning vid kommunens VA-anläggningar i området har använts som estimering av total spillvattenmängd. Då alla i området är anslutna till både spillvattennätet och dricksvattennätet utgör debiterat dricksvatten en approximation av spillvattenmängden.

**Tabell 5.** Nyckeltal för tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors 2014

Namn på nyckeltal	Beteckning	Värde
Tillskottsvatten (m <sup>3</sup> /km ledning och dygn)	Nt109 (Nm202)	63 m <sup>3</sup> /km ledning och dygn
Tillskottsvatten (l/pd)	Nm203	632 Liter per dygn och person

För att kunna kategorisera spillvattensystemet i Hultafors och Olsfors enligt vad som anges i Gustafsson och Svensson (1996) och jämföra med observationer från andra spillvattenssystem har även områdesparametrar tagits fram (tabell 6). Antalet personekvivalenter har räknats fram i enlighet med Gustafsson och Svensson (1996) genom att dividera dygnsflöde av dricksvatten med förbrukning per person som 250 l/person och dygn. I miljörapporten för Olsfors reningsverk används en annan beräkningsmodell enligt vilken en pe ger upphov till 70g BOD per dygn. Därför anges värdet 381 pe i miljörapporten.

**Tabell 6.** Områdesparametrar för Hultafors och Olsfors.

Områdesparameter	Värde
Antal personekvivalenter	455 pe
Andel 2-ledningssystem	40 %
m/pe	22 m/pe

Från basdata som presenterats i tabell 5 har nyckeltal beräknats. Dessa nyckeltal presenteras i tabell 7. För beräkning av nyckeltalet Bidragande nederbörsarea per meter ledning har även ett datablad med dygnsflöden för hela året 2014 använts. På detta datablad angavs även dygnsnederbörd och dygnstemperatur som behövs för att beräkna nyckelvärdet. Flöden och nederbörd hämtades från övervakningssystemet för VA-anläggningar i Bollebygd medan uppgifter om temperatur hämtades från SMHIs mätstation i Borås som ligger på knappt 2 mils avstånd från Hultafors och Olsfors.

**Tabell 7.** Nyckeltal för hela Hultafors och Olsfors spillvattenssystem

Namn på nyckeltal	Beteckning	Värde
Utspädningsgrad	USG	6,4 (l/s) / (l/s) spill
Flöde av tillskottsvatten per meter ledning	LDM	63 l/ (dygn och meter)
Total dräneringsarea per meter ledning	TDA	170 m <sup>2</sup> /m
Bidragande nederbörsarea per meter ledning	BNA	3,9 m <sup>3</sup> /m

### 3.2 Förslag till åtgärdsplan

Utifrån instuderat material, främst rapporter om tillskottsvatten som presenteras i inledningen av denna rapport och utifrån dokument och datorbaserat kartmaterial för Hultafors och Olsfors föreslås följande metodik för att undersöka spillvattennätets tillskottsvatten.

Undersökningarna kan grovt delas in i följande moment som beskrivs under respektive rubrik:

1. Planera
2. Dela in i delområden
3. Mät flöden och ta fram nyckeltal för delområdena
4. Prioritera delområden utifrån framtagna nyckeltal och möjligheter till eventuella åtgärder
5. Undersök delområden med stort tillskott av läck- och dräneringsvatten
6. Undersök delområden med stor nederbördspåverkan
7. Sammanställ undersökningar och föreslå åtgärder

Målet med de undersökningar som här beskrivs är att hitta problem som kan åtgärdas så att tillskottsvattnet i spillvattennätet minskar.

### 3.2.1 Planera

För att kunna göra en tidsplan för arbetet krävs kunskap om vilka resurser som kommer kunna avsättas och dessutom behöver grundförutsättningarna undersökas ytterligare. En kravspecifikation för arbetet i varje delmoment behöver också specificeras. Då ovanstående ännu inte gjorts kan i denna presentation endast en grundläggande metodik läggas fram. Ytterligare planering behöver göras enligt följande:

Dela in undersökningen i delprojekt och delmål och gör en tidsplanering utifrån tillgängliga resurser och utifrån vilka krav som ställs på undersökningarna. Gör ytterligare utredningar med hjälp av tillgängliga data. Analysera flödesdata och regn längre tillbaka i tiden för en klarare bild över tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors. Nyckeltalen kan på så sätt bättre beräknas. Sammanställ tidigare gjorda undersökningar, åtgärder och driftstörningar såsom läckor, källaröversvämningar etc. Genomför mätningar och inspektioner i den mån det behövs för att få en uppfattning om vilka metoder som fungerar och tidsåtgången för respektive metod. Möjligheten att använda nivåer i pumpstationer för att avgöra flöden behöver utredas. Kontrollera att mätutrustning för flöden och nederbörd visar korrekta värden. Gör en sammanställning över vilken utrustning och vilka personalresurser som finns tillgängliga respektive behöver köpas in eller hyras. Undersök även vilka tjänster som behöver köpas in från konsulter. Sammanställ slutligen en systematisk plan för hur källor till tillskottsvatten ska mätas och undersökas. Planen bör omfatta stegen som beskrivs under följande rubriker i förslaget till åtgärdsplan.

Beroende på hur mycket material som ska sammanställas och vilka undersökningar som krävs för planeringen och testningen av mätinstrument kan själva planeringen inledningsvis ta från ett par veckor till flera månader för en person. Ytterligare en person behövs tillfälligtvis för att kunna placera mätutrustning för testmätningar i brunnar och liknande. Ur säkerhets- och arbetsmiljösynpunkt är det viktigt att det alltid finns minst två personer på plats vid nedstigning i brunnar.

Det är möjligt att påbörja de följande stegen innan planeringen är klar. Planering är inte slutgiltig utan kommer sedan att återupptas då tidigare okända fakta framkommer och då förutsättningar eller kunskap förändras vid senare tidpunkt i undersökningarna. Speciellt när urvalet av delområden som ska detaljundersökas gjorts utifrån jämförelsen av delområden kommer ytterligare planering behövas för att avgöra när och av vem olika typer av detaljundersökningar ska genomföras. I det skedet kan det bli nödvändigt att avsätta ytterligare några dagar för planering av undersökningarna. I samband med detta ska även informationsmaterial till berörda fastighetsägare tas fram och skickas ut.

### 3.2.2 Dela in i delområden

Att dela in spillvattennätet i delområden är ett första steg i arbetet att hitta var i ledningsnätet tillskottsvatten av olika typer och mängder tillkommer. Storlek på delområden och antal måste regleras utifrån vilka möjligheter som finns att mäta respektive områdes sammanlagda flöde i spillvattenledningarna. Det är lämpligt att varje delområde är sådant att hela delområdets spillvattenflöde leds ut ur området genom en enda ledning. Ofta är det lämpligt att mäta flödet i ett delområde strax innan utlopp i spillvattenledningarnas huvudstråk, som förbinder delområden med varandra. Om delområdet tillförs spillvatten från andra delområden måste flöde från området beräknas som utgående flöde minus inkommande flöde som uppmätts vid samma tidpunkt.

Välj delområden utifrån en översiktskarta som visar spillvattennätet. I samband med detta väljs lämpliga brunnar ut för att mäta utgående flöde från varje delområde. Utifrån en skiss av ledningsnätet tycks det lämpligt att dela in spillvattennätet i 10-20 delområden. Det kan då förmodas att det åtgår en eller två arbetsdagar för en person att kontrollera på plats att de brunnar som utsetts för mätning lämpar sig för placering av flödesmätare. I övrigt krävs inga ytterligare resurser för momentet att dela in i delområden.

### 3.2.3 Mät flöden och beräkna nyckeltal

Mät respektive uppskatta eller beräkna totala flöden för vart och ett av delområdena. Flöden utgående från ett delområde kan tillsammans med data på total ledningslängd, antal fastigheter och ytterligare områdesspecifik information ligga till grund för beräkning av nyckeltal för varje delområde. De nyckeltal som ska beräknas är:

- Spillvattenflöde
- Läck- och dräneringsvattentillskott, d.v.s. basflöde
- Fiktiv tillkopplad yta

Spillvattenflöde beräknas utifrån antalet fastigheter i delområdet. Läck- och dräneringsvattentillskottet mäts för vart och ett av delområdena genom flödesmätning nattetid. Mätningen ska ske när det är högt grundvatten, men ingen nederbörd. Även kontinuerlig mätning kan ge svar på läck- och dränvattentillskottet.

För att få en uppfattning om storleken av fiktiv tillkopplad yta i ett delområde kan kontinuerlig flödesmätning användas tillsammans med kontinuerlig nederbördsdata. Om resurserna finns kan ledningsnätet och dess flöden läggas in i en hydraulisk datamodell för att beräkna fiktiva ytor. Annars kan flödes- och nederbördsdata analyseras matematiskt och grafiskt för varje nederbördstillfälle. Tillskottet från den fiktiva tillkopplade ytan kan beräknas utifrån flödestillskottet som sker vid ett regn. För ett rättvisande värde på fiktiv tillkopplad yta krävs dock mätning under flera regn. Det finns även en möjlighet att genom en serie momentanmätningar av flödet under regn fastställa flödesökningen och därmed få fram data för beräkning av fiktiv tillkopplad yta.

Mätmetod och hur många delområden man önskar mäta under ett och samma regn avgör vilka resurser som krävs för flödesmätningar. För att arbeta effektivt med mätning av de låga flöden som förekommer i Hultafors och Olsfors är det lämpligt att ha tillgång till ett flertal mätöverfall. Sådana kostar enligt Lundblad och Backö (2012) ca 10 000kr/st. Färre mätöverfall gör enligt Lundblad och Backö (2012) att det tar längre tid att utföra mätningar. Två personer behövs för att placera ut och läsa av mätarna.

Beräkning av tillskott från fiktiv tillkopplad yta kräver tillgång till tillräcklig mängd mätare för kontinuerlig flödesmätning. Lika många mätare som antalet delområden behövs under en period då flera regn faller alternativt att ett mindre antal mätare flyttas för en till tre månaders mätning i varje placering. En kontinuerligt registrerande v/h-mätare kostar enligt Lundblad och Backö (2012) ca 50000kr. En fjärravläst v/h-mätare vilket är att rekommendera kostar omkring 80 000kr.

Då det vore dyrbart med tillräckligt många kontinuerligt registrerande flödesmätare kan mätning före, under och fram till strax efter varje regntillfällen registreras genom att två personer åker runt och noterar momentana flöden vid flera tidpunkter. Detta skulle kunna göras med hjälp av de mätöverfall som föreslagits för mätning av läck och



dräneringsvattenflöden. Denna metod skulle ta mer tid i anspråk men kostnaden för utrustning skulle bli mindre. I det fall resurserna är mer begränsade kunde man göra en första uppskattning av fiktiv tillkopplad yta på respektive delområde utifrån observationer av flödesförändringar i samband med ett eller två större regn. Om flertalet delområdens flöden registreras samtidigt vid ett eller flera regntillfällen ger det underlag för direkt jämförbarhet av flödesökningar i de olika delområdena. En sådan samtidig mätning kan tänkas ge lämpligt underlag för att bedöma i vilka delområden nederbördspåverkan är stor relativt andra delområden redan efter ett enstaka regntillfälle.

Om den senast nämnda metoden används för att jämföra fiktiv yta behöver två personer arbeta en arbetsdag som sammanfaller med ett större regn vid minst två tillfällen förutsatt att 10 delområden kan jämföras vid ett regntillfälle med hjälp av mätöverfall. Läck- och dräneringsvattenflöde i 10-20 brunnar för lika många delområden borde vara möjligt att kartlägga under en natt.

### 3.2.4 Prioritera delområden

Sätt samman nyckeltalen som beräknats för vart och ett av områdena till en lista. Listan kan ha en rad för varje delområde och kolumner för vart och ett av följande nyckeltal:

- Spillvattenflöde
- Uppmätt läck- och dräneringsvattentillskott (l/s)
- Ett procenttal för hur stor del av det totala läck- och dräneringsvattentillskottet som kommer från aktuellt delområde
- Läck- och dräneringsvattentillskott i delområdet räknat per meter ledning (LDM).
- Delområdets fiktiva tillkopplade yta i m<sup>2</sup>, ha eller m<sup>3</sup>/mm regn
- Delområdets procentuella andel av regnvattentillskottet (eller andel av fiktiva ytan) i det totala spillvattennätet
- Regnvattentillskottet för området i liter per meter ledning och år vid representativ årsnederbörd

Beräkna nyckeltalen från värden på fiktiv yta respektive läck- och dräneringsvattentillskott som uppmätts kombinerat med mätningar av rörlängd som görs i den datoriserade kartan. För att relatera mätvärden till varandra och till totalt tillskottsvatten behöver man ta hänsyn till vilket det totala dygnsflödet varit under tillfället då respektive mätning gjorts.

Höga nyckeltal tyder på stor inverkan av tillskottsvatten. Stor fiktiv tillkopplad yta i förhållande till delområdets storlek tyder på stor nederbördspåverkan medan stora nyckeltal för läck- och dräneringsvatten tyder på stor inverkan av läck- och dräneringsvatten i ett delområde. Nederbördspåverkan delas vidare in i mer eller mindre direkt nederbördspåverkan genom att från regntillfällen rita upp flödeskurvor i diagram. Från diagrammen kan man sedan utifrån flödets variation läsa av hur stor andel direkt respektive indirekt nederbördspåverkan som finns i delområdet.

Gör en undersökning av grundförutsättningarna för minskning av tillskottsvatten i varje delområdes spillvattennät. Läggningsförhållanden påverkar om det är praktiskt möjligt och lämpligt att vidta åtgärder i en viss del av spillvattennätet. Om det är speciellt kostsamt att göra åtgärder i ett visst område kan detta påverka prioriteringar av både mätningar och åtgärder utifrån principen att få mesta möjliga förbättring med de resurser som används.

Utifrån nyckeltal och fakta om respektive delområde väljs de delområden ut där ytterligare undersökning med påföljande åtgärder kan förväntas ge mest resultat i minskning av tillskottsvatten. Ett delområde kan vara högt prioriterat utifrån den ena eller andra, men också utifrån båda typerna av tillskottsvatten. I det fall båda typer av tillskottsvatten ska spåras i samma delområde kan undersökningsmetoder som behövs för båda undersökningarna med fördel samordnas. Momentet att prioritera delområden kan kräva några dagars fältarbete när det gäller att undersöka grundförutsättningarna för åtgärder i delområden. Fältarbetet kan gå ut på att bland annat ta reda på i vilken typ av mark ledningar lagts och om det finns framkomlig väg fram till brunnar.

### **3.2.5 Undersök delområden med stort tillskott av läck- och dräneringsvatten**

Utför en detaljundersökning med avseende på läck- och dräneringsvatten i delområden prioriterade utifrån tillskottsvatten av den typen. Gå för delområdet igenom samtliga följande punkter:

- Dokumentera vilka fastigheter som har källare. Nivåer på källare jämförs med vattengång i dagvattenledning respektive i spillvattenledning.
- Avgränsa ledningssträckor som har ett betydande läck- och dräneringsvattentillskott genom okulärbesiktning och flödesmätningar.
- Gör en TV-inspektion av de ledningssträckor som bedömts ha betydande läck- och dräneringsvattentillskott.
- Analysera TV-inspektionerna och gör bedömningar av storlek och läge på inläckage.
- Besiktiga brunnar.

Resurser som krävs för undersökningarna är enligt Lundblad och Backö (2012) följande: Två personer hinner med flödesmätning i upp till 10km spillvattenledning per arbetsdag eller natt vid tillgång till en v/h-mätare och 10 mätöverfall. TV-inspektion kostar 14-15kr per meter allmän ledning plus 1500-2000kr per servis om man väljer att även filma servisledningarna. Bollebygds kommun har ett upphandlat fast pris på TV-inspektioner upp till 200m som består i en etableringsavgift om 1112kr per gång och fast meterkostnad om 31kr per meter. Totala kostnader och tidsåtgång för undersökning av varje delområde bör beräknas specifikt utifrån det enskilda områdets förutsättningar.

### **3.2.6 Undersök delområden med stor nederbördspåverkan**

Utför en detaljundersökning med avseende på nederbördspåverkan i delområden som prioriterats för denna typ av undersökning. Gå för delområdet igenom samtliga följande steg:

- Identifiera hårdgjorda tillkopplade ytor som är direkt anslutna till spillvattensystemet.
- Kontrollera om det förekommer tillskottsvatten via brädd- och nödavlopp.
- Klargör om det finns okända överkopplingar mellan dagvatten och spillvatten och var sådana finns både på kommunala och privata ledningar.
- Klargör om och i så fall var det förekommer överläckage från dagvattenledningar till spillvattenledningar både på kommunala och privata ledningar.
- Identifiera otäta brunnslöck i spillvattensystemet som ligger lågt så inläckage kan förekomma.

Metoderna för respektive punkt presenteras i tabell 8 tillsammans med de resurser som behövs utifrån vad som anges i Lundblad och Backö (2012).

**Tabell 8.** Metoder och resursåtgång för undersökning av nederbördspåverkan

Källor till nederbördspåverkan:	Undersökningsmetod:	Kostnader och tidsåtgång:
Hårdgjorda tillkopplade ytor	Undersökning med färgat vatten	Tank, pump, slangar, färg mm. kostar ca 10 000kr. Två personer hinner 10-15 villor per dag.
	Undersökning med rök	Rökmaskin, elverk, fläkt mm. Kostar ca 25 000kr. Två personer hinner ca 15 villor per dag.
Vattentillskott via kända brädd- och nödavlopp	Okulärbesiktning och Funktionskontroll	Okulärbesiktning med funktionskontroll tar 15 minuter till flera timmar per ställe beroende på utformning.
	Instrumentell övervakning	Kostnad beror av vilket system som väljs. Installation tar normalt 1-3 timmar per ställe.
Vattentillskott via överläckage samt okända överkopplingar och okända brädd- och nödavlopp	Dämning av dagvattenledningar	Två personer hinner kontrollera ca 1000m spillvattenledning per dag.
	Undersökning med rök i dagvattenledningar	Rökmaskin mm. Kostnad enl. ovan. Ledningar som betjänar 70-100 fastigheter kan undersökas på en arbetsdag.
Vattentillskott via otäta spillvattenbrunnsock	Okulärbesiktning	Upp till 10 000m spillvattenledning kan kartläggas per dag och person.

Dämning av dagvattenledningar ska inte göras i fall då det kan orsaka källaröversvämningar. För att exakt lokalisera okända överkopplingar och överläckage behövs TV-inspektion utöver de metoder som nämnts i tabell 8. Total tid för att undersöka ett delområde går inte att säga generellt eftersom det beror av de lokala förutsättningarna. Inför detaljundersökning av varje specifikt delområde kan en närmare specifikation av kostnader och tidsåtgång för undersökning av området beräknas.

### 3.2.7 Sammanställ undersökningar och föreslå åtgärder

Sammanställ funna felaktigheter i ledningsnätet som bidrar till tillskottsvatten. Gör en bedömning av hur stora minskningar av tillskottsvatten olika lösningar medför. Utifrån detta kan en prioriteringslista sättas samman där varje föreslagen åtgärd presenteras tillsammans med sin ungefärliga kostnad och den nytta den gör främst i att minska tillskottsvattnet.

Att göra sammanställningen av felaktigheter i ledningsnätet bör gå relativt snabbt medan att ta reda på vilka åtgärder som lämpar sig och vad de kostar kan innebära expertkonsultation och begäran av offerter. Det kan förväntas att det tar som minst några dagar och som mest några veckor att göra en sammanställning med förslag på lämpliga åtgärder och beräknade kostnader för respektive åtgärd.

## 4. Diskussion och Slutsatser

Det är tydligt att en relativt stor mängd tillskottsvatten letar sig in i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors. Då spillvattenledningarna är flera kilometer långa och har hundratals brunnar kan det tyckas som en svår uppgift att spåra var tillskottsvattnet kommer in i ledningarna.

Systematiska undersökningar så som de presenterats i denna rapport tycks ändå vara en framkomlig väg att spåra ett antal begränsade delar av ledningssystemet där åtgärder kan minska det totala tillskottsvattnet på ett märkbart sätt. Det ska dock sägas att denna rapport inte gör anspråk på att innehålla alla tänkbara metoder eller de bästa tänkbara för arbete med tillskottsvatten trots att största möda har lagts ned i leta fram undersökningsmetoder som i andra undersökningar visat sig fungera för att hitta tillskottsvattnets källor.

Syftet, metoden, data som använts och resultaten för det aktuella projektet diskuteras i detta avsnitt utifrån några olika synvinklar. För att sätta studien i ett sammanhang och visa på att liknande studier bedrivs på olika platser inleds diskussionen med en nutidsanalys som ger exempel på undersökningar som nyligen genomförts eller pågår på andra platser i landet.

### 4.1 Nutidsanalys

I första hand för att ta reda på om det som framkommit i litteratursökningen gav en korrekt bild av ämnet tillskottsvatten och hur man lämpligen kan arbeta med frågor kring tillskottsvatten gjordes en nutidsanalys genom mer informella sökningar på internet och studier av presentationsmaterial som lagts upp på internet kompletterat med kontakter med flera svenska kommuner och med Svenskt Vatten. Kontakten med Svenskt Vatten ledde också till kontakt med Annelie Hedström vid Luleå Tekniska Universitet. Förfrågningar om ytterligare information skickades till sådana källor som syntes i presentationer och liknande som lagts ut på internet. Även organisationer som samordnar VA-verksamhet i de övriga skandinaviska länderna tillfrågades för ytterligare information om hur man arbetar med tillskottsvatten men inget svar kom från dem. Här följer tre exempel på hur svenska kommuner arbetar med tillskottsvatten.

#### 4.1.1 Borås kommun

I Borås har man delat in spillvattennätet i områden som ungefär motsvarar ett mindre samhälle. Man undersöker tillskottsvatten i projektform område för område ungefär 4 områden per år. Man låter arbetet med tillskottsvatten styra förnyelsearbetet på ledningsnätet. Undersökningarna i varje område har startdatum för flödesmätning, för TV-inspektion och för undersökning av felkopplade ytor inplanerade i förväg. I varje område gör man TV-inspektion på alla ledningar och kontrollerar alla stuprör och andra synliga anslutningar med rök eller färgat vatten. Flödesmätning görs med flyttbara kontinuerligt registrerande v/h-mätare. Även flyttbara nederbörds-mätare placeras ut. Man har regelbundna veckomöten där man följer upp arbetet. Informationen om Borås arbete med tillskottsvatten har inhämtats genom studiebesök på Borås Energi och Miljö där Joakim Ekberg och Johan Lindeblom informerat och besvarat frågor den 22 maj, 2015.

#### 4.1.2 Staffanstorps kommun

I Staffanstorp har man fram till år 2013 genomfört ett stort projekt där man arbetat främst med tillskottsvatten från felkopplade ytor på privata fastigheter. Man har gjort en samlad insats i områden som valts ut för åtgärd eftersom de varit mest drabbade av källaröversvämningar. Information skickades ut till fastighetsägare innan tester med rök och färgat vatten skedde. Efter genomförd undersökning kallade man 30 fastighetsägare åt gången på informationsmöten. Fastighetsägarna fick sedan boka möte med kommunens entreprenör för

att gå igenom vilka felkopplingar som fanns. Fastighetsägarna fick ett år på sig att koppla om stuprör och brunnar så att de inte ledde in i spillvattenledningar. Dräneringsvatten måste kopplas om först i samband med annan åtgärd i husets tätskikt eller dränering. De fastighetsägare som inte kopplat bort stuprör och brunnar från spillvattennätet inom ett år får en påminnelse som talar om att man kommer att gå vidare med frågan om åtgärd inte vidtas. Parallellt med förbättringarna på privat mark skedde förbättringar på det kommunala ledningsnätet i anslutning till de undersökta fastigheterna på vissa ledningar där man upptäckte stora mängder tillskottsvatten. Informationen från Staffanstorp har erhållits över e-post genom personlig kontakt med Brittmarie Ohlsson på Staffanstorps kommun den 11 maj, 2015.

#### **4.1.3 Göteborgs stad**

I Göteborg arbetar man utifrån en tillskottsvattenstrategi som gäller för perioden 2012-2015. Strategin beskriver vad som ska göras för att minska tillskottsvattnet under perioden. I kombinerade ledningssystem ska tillskottsvatten kopplas bort från spillvattensystemet i 8 områden fram till år 2030. Även vid ombyggnader och vägprojekt ser man över om det är lämpligt att omvandla kombinerade system så dagvatten separeras från spillvatten. I ett namngivet område där man uppmätt stora mängder tillskottsvatten ska omfattande åtgärder göras för att minska inläckage i ledningar. Ytterligare några områden som har haft särskilt många källaröversvämningar ska undersökas med hänsyn till tillskottsvatten. Man ska tillsätta en grupp som särskilt arbetar med tillskottsvattenfrågor. Man ska inte söka efter nya områden med stora mängder tillskottsvatten utan arbeta intensivt med kända områden. Metoder för klassificering med mera ska utvecklas för att kunna sammanställa information om tillskottsvatten på ett ändamålsenligt sätt. Ett exempel på arbetsmetoder som utnyttjas för att söka källor till tillskottsvatten är omfattande flödesmätning som följs upp årligen med nyckeltal. Flera olika rutiner ska utvecklas. Ett exempel är en rutin för hur brunnar ska besiktigas. Information om arbetet med tillskottsvatten har hämtats från en rapport som förmedlats av Helen Ander på Göteborg Kretslopp och Vatten genom personlig kontakt över e-post den 15 maj, 2015. Helen Ander understryker att man är i en uppstartsfas av arbetet med tillskottsvatten i Göteborgs Stad.

#### **4.2 Om frågeställningen**

Projektet genomfördes på förfrågan från Bollebygds kommun att förslå ett sätt att minska tillskottsvattnet i Hultafors och Olsfors. Det föll sig då naturligt att sammanställa tillgänglig kunskap om arbete med tillskottsvatten så som gjorts i introduktionen i denna rapport. Det fanns inte resurser att i fält utforska flöden i ledningarna. Som ett första steg togs istället reda på hur man kan arbeta med tillskottsvatten och hur arbetssätten bör väljas och anpassas för det aktuella spillvattennätet. Det som hanns med inom projektet var att reda ut arbetsformer och metoder för att lokalisera tillskottsvatten och att ta reda på grundläggande fakta om det aktuella spillvattennätet. Det fanns inte tid kvar för att anpassa mätmetoder till just det aktuella ledningsnätet då det för detta skulle behövas större fältundersökningar och tester. Det som i mycket blev avgörande för vilka undersökningsmetoder för tillskottsvatten som ansågs lämpliga var att Hultafors och Olsfors är relativt glest befolkade och flödet i spillvattennätet därför är relativt lågt i de flesta delar av nätet.

#### **4.3 Om metodval för projektet**

Metodvalet är i hög grad präglad av den begränsade tid under vilken projektet skulle genomföras. Det hade gett större tillförlitlighet och förmodligen ett mer användbart resultat om det funnes möjlighet för en fältundersökning som noggrant utvärderade förutsättningarna i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors. Den enda fältundersökning som genomfördes var

korta studiebesök i reningsverket och i de två större pumpstationerna. Det fanns i starten av projektet en idé om att ta med resultat från mätning av flöde i en brunn i spillvattennätet, men det var inte möjligt att få fram resurser att placera ut en flödesmätare i tid för att sedan hinna med att analysera resultatet.

Det hade kunnat ge bättre bakgrundsinformation om man även sökt bland internationell litteratur om tillskottsvatten. Det saknas i de flesta fall hänvisningar till internationell litteratur i de rapporter som hittats om tillskottsvatten. Därför vore det värdefullt att söka kunskap och idéer i arbetet med samma frågor i andra länder. Det var inte förrän i slutet av den period som avsatts för att läsa in rapporter och artiklar som lämpliga söktermer på engelska hittades ("i", "inflow" och "infiltration"). Söktermerna rekommenderades av Anneli Hedström på Luleå Tekniska Universitet via personlig kontakt per e-post. Det fanns sedan inte tid att pröva dessa söktermer inom projektet.

#### **4.4 Om flödes- och nederbördsdata**

Uppgifter om bräddat flöde sades av personalen på Bollebygds kommun inte vara helt tillförlitliga beroende på olika tekniska omständigheter. Tillförlitligheten i flödesdata blev inte utredd i projektet. Registreringen av nederbörd vid reningsverket visade en ganska låg total mängd regn under 2014. En jämförelse gjordes med regnmängden som föll under samma period över SMHIs mätstation i Borås. Mätaren på Olsfors reningsverk visade årsnederbörden 639mm och mätaren i Borås visade 1217mm. Det innebär en skillnad på över 500mm även om man bortser från den mängd som kan ha fallit som snö (ca 30mm). Detta är en stor skillnad på mätare som är mindre än 2 mil ifrån varandra. Tillförlitligheten hos nederbördsdätaren på reningsverket i Olsfors borde därför undersökas.

Det fanns i början av projektet en ambition om att beräkna flöden i delar av spillvattennätet utifrån flöden i de båda stora pumpstationerna. Det visade sig dock att data från pumpstationernas drifttid samt start- och stopptider endast sparades under ett dygn i övervakningssystemet. Det utreddes dock inte om ytterligare uppgifter gick att få fram lokalt på pumpstationerna. Om man finner ett lämpligt sätt vore mått på flödet i pumpstationerna värdefull information i arbetet med att lokalisera tillskottsvatten.

#### **4.5 Om nyckeltalen**

Nyckeltalen gör det möjligt att jämföra spillvattennätet i Hultafors och Olsfors med andra spillvattennät. Tabell 9 visar nyckeltal från resultatet i denna rapport tillsammans med värden hämtade från VASS statistik. Samtliga värden i tabell 9 är från år 2014. Alla kommuner har dock inte lämnat all statistik för 2014. Antalet kommuner som bidragit till respektive medelvärde anges inom parenteserna. Tillskottsvattenandel i spillvattennätet i Hultafors och Olsfors ligger långt över medel för Sverige oavsett om man räknar som andel av avloppsvattnet, per ledningsmeter eller per person. Bollebygds kommun som helhet ligger däremot i nivå med Sverigemedel.

Tabell 10 visar fyra nyckeltal framtagna enligt metoder i Gustafsson och Svensson (1996). Värdena för Hultafors och Olsfors kommer från resultatet till denna rapport och är för år 2014. Jämförelsetal för Solna, Käppala och Sverigemedel är från tidigare år och har hämtats från presentationsmaterial som satts samman av Solna Vatten och Käppalaförbundet 2014-12-03. Presentationsmaterialet har erhållits i e-post från Cecilia Johansson på Käppalaförbundet den 19 maj 2015. Käppalaförbundet är namnet på ett samarbete mellan flera kommuner som alla leder sitt spillvatten till Käppala reningsverk. Att jämförelsen gjordes just med

ledningsnät i Solna och Käppala beror på att statistik för dessa fanns tillgänglig och tjänar som exempel på hur respektive nyckeltal kan variera från plats till plats.

**Tabell 9.** Jämförelse av nyckeltal från VASS för 2014

	<b>Hultafors och Olsfors</b>	<b>Medel för Bollebygds kommun</b>	<b>Medel för små kommuner</b>	<b>Medel för Sverige</b>	<b>Enhet</b>
<b>Andel tillskottsvatten</b>	84 %	58 %	65 % (20 st kommuner)	58 % (146 st kommuner)	% av avloppsvattnet som är tillskottsvatten
<b>Nm 201 (Utspärningsgrad)</b>	6,4	2,4	2,9 (20 st kommuner)	2,4 (146 st kommuner)	Mängd avloppsvatten per fakturerad spillvattenenhet
<b>Nm202 (Tillskottsvatten)</b>	63	42	21 (25 st kommuner)	27 (158 st kommuner)	m <sup>3</sup> per km ledning och dygn
<b>Nm203 (Tillskottsvatten)</b>	632	297	382 (24 st kommuner)	273 (155 st kommuner)	liter per dygn och person

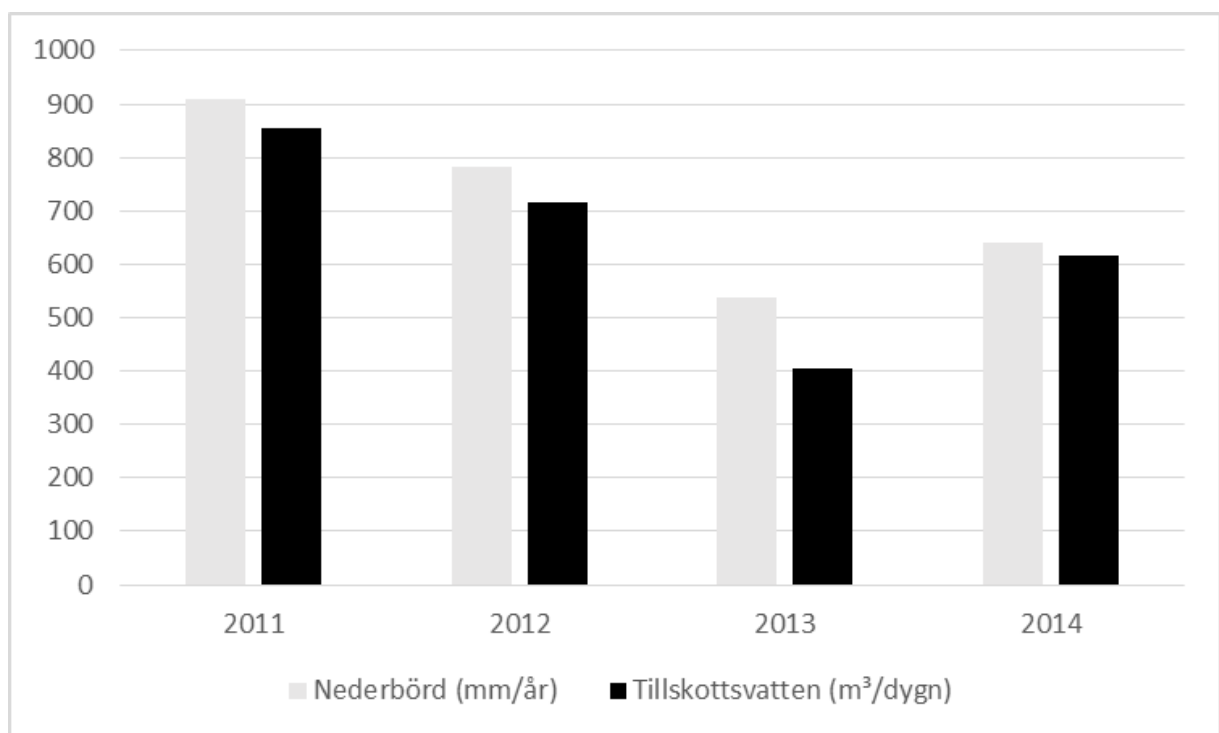
**Tabell 10.** Jämförelse av nyckeltal framtagna enligt Gustafsson och Svensson (1996)

	<b>Hultafors och Olsfors</b>	<b>Solna</b>	<b>Käppala</b>	<b>Sverigemedel</b>	<b>Enhet</b>
<b>USG</b>	6,4	1,3	1,8	2,3	Mängd avloppsvatten per fakturerad spillvattenenhet
<b>LDM</b>	63	48	37	43	l/d/m
<b>TDA</b>	170	57	53	50	m <sup>2</sup> /m
<b>BNA</b>	3,9	29	5	6	m <sup>2</sup> /m

Även jämförelsen i tabell 10 visar på en hög utspärningsgrad i Hultafors och Olsfors. Ett högt LDM, Ovidkommande flöde per ledningslängd för Hultafors och Olsfors visar att andelen tillskottsvatten är stor i förhållande till ledningslängden jämfört med övriga områden i

tabellen. Extremt hög TDA, total dräneringsarea per ledningslängd, tyder på att mängden tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors är stor i förhållande till regnmängden i området. BNA, Bidragande ledningsarea per ledningslängd är lågt för Hultafors och Olsfors. Detta tyder på liten direkt inverkan från nederbörd jämfört med övriga områden och medelvärden i tabell 10. Om regnmätaren visar på väsentligt mindre nederbörd jämfört med den egentliga nederbörden är detta något som i hög grad har bidragit till ett högt TDA och ett lågt BNA för Hultafors och Olsfors. Därför kan man inte dra så stora slutsatser utifrån dessa värden förrän det blivit kontrollerat om regnmätaren i Olsfors visar ett korrekt värde.

Vattenbudgeten (tabell 3 i resultatet) visar att åren med mer nederbörd ger betydligt större mängder tillskottsvatten. Det tycks finnas ett starkt samband mellan nederbördsmängd och mängd tillskottsvatten. Stapeldiagrammet i figur 2 visar hur årsnederbördens storlek i mm på ett ungefär stämmer överens med tillskottsvattnets genomsnittsstorlek i m<sup>3</sup>/dygn. Mängden tillskottsvatten är årsgenomsnitt och har liksom regnmängden hämtats från vattenbudgeten i tabell 3.

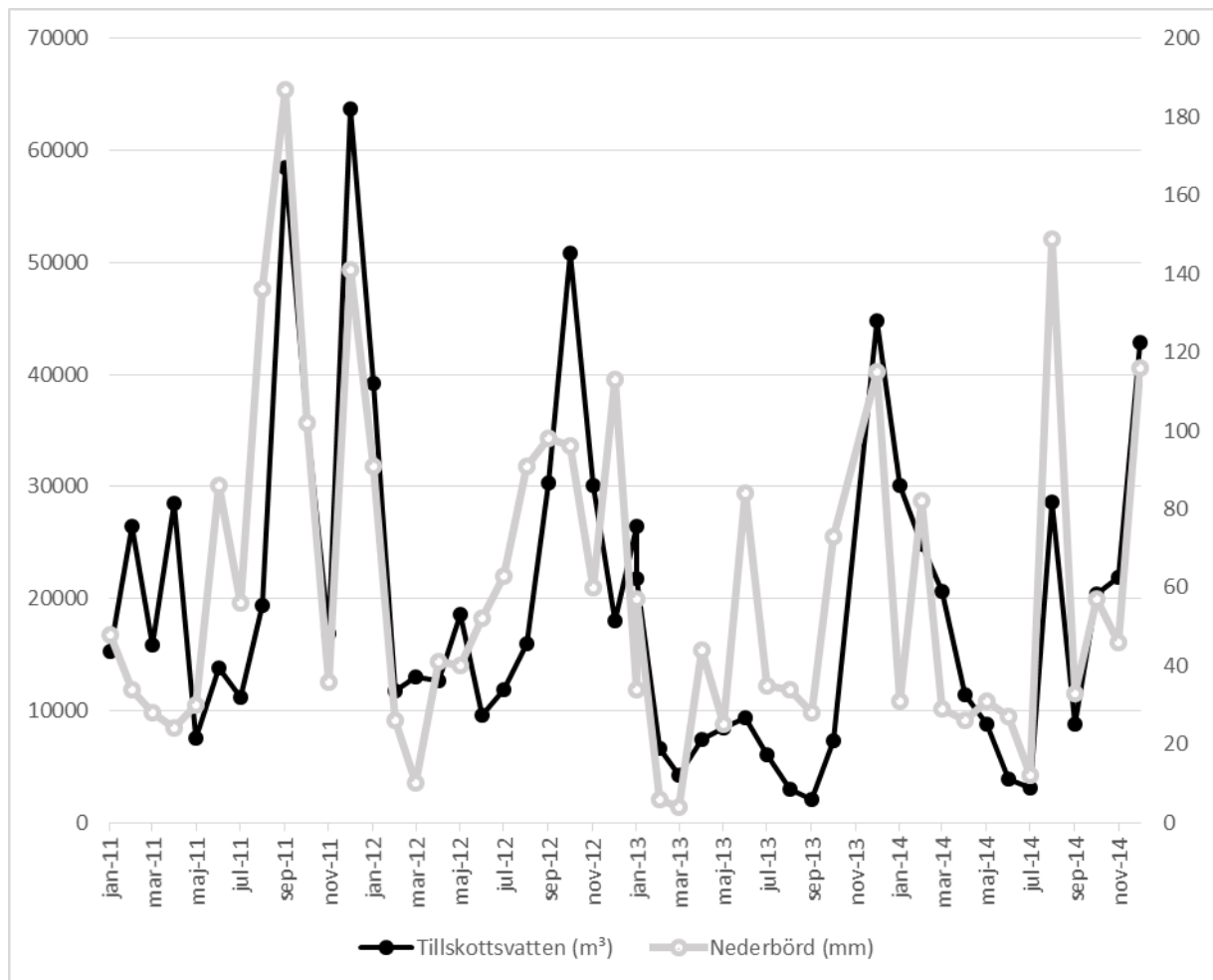


**Figur 2.** Stapeldiagram över årsnederbörd i mm tillsammans med årets genomsnittliga mängd tillskottsvatten i m<sup>3</sup>/dygn

Månadsvärden för tillskottsvatten tillsammans med regnmängd för respektive månad under perioden 2011-2014 har ritats in som punkter i diagrammet i figur 3. För att göra det lättare att läsa diagrammet har punkterna bundits samman med linjer. Skalan till vänster i diagrammet är för tillskottsvattnets mängd per månad i m<sup>3</sup>, medan skalan till höger är för nederbördsmängden i mm. Diagrammet visar att regnmängd och tillskottsvatten i stor utsträckning följs åt men att även regnmängd föregående månad påverkar. Exempelvis kan man utläsa i statistiken att 149mm regn i augusti 2014 som föll efter en lång torrperiod gav upphov till ett flöde av tillskottsvatten på 29000m<sup>3</sup> totalt under månaden medan en mindre regnmängd på 116mm i december 2014 gav upphov till 43000 m<sup>3</sup> tillskottsvatten under månaden. Den större mängden tillskottsvatten i december trots att det regnat mindre då kan



förklaras av väsentligt mindre avdunstning och att det redan var vått i marken efter höstens regn.



**Figur 3.** Diagram över tillskottsvatten och nederbörd per månad under perioden 2011-2014

Sådan här grundläggande analys tyder på att det krävs en modell som tar hänsyn till åtminstone markförhållanden, snösmältning och avdunstning för att närmare beskriva hur tillskottsvattnet beror av nederbörden.

#### 4.6 Om åtgärdsplanen

Den föreslagna åtgärdsplanen har i allt väsentligt kommit att stämma överens med den metodik som beskrivs i Lundblad och Backö (2012). Anledning till detta är att Lundblad och Backö (2012) sammanfattar de arbetssätt som används i Sverige idag. Samma undersökningsmetoder som i Lundblad och Backö (2012) återkommer i stort i Uusijärvi (2013), i Bäckman m.fl. (1997) och i Malm, m.fl. (2011).

I Uusijärvi (2013) läggs dock mer fokus på att hitta läckor i dricksvattenledningar genom lyssning och att hitta läck- och dräneringsvattentillskott med hjälp av den egenutvecklade ammoniummetoden. Dessa båda metoder tycks mer lämpade för områden med större flöden och passar bara vissa typer av dricksvattenledningar. Därför har de inte lämnats utrymme i åtgärdsplanen. I områden med bara ett fåtal villor kan det tänkas att ammoniumhalten varierar en hel del oavsett tillskottsvatten beroende på vilken typ av spillvatten som för tillfället kommer från en eller två av fastigheterna. Ammoniummetoden borde fungera bättre då

spillvatten från större områden blandas i en spillvattenledning. En beskrivning av hur metoden ska tillämpas vid mycket låga flöden saknas.

Forsberg (2011) är helt inriktad mot att ta fram en hydraulisk modell av spillvattensystemet och att utnyttja nivåmätare. Detta angreppssätt har fått mindre plats i åtgärdsplanen då det tycks som ett alltför stort arbete att föra över all information i detalj om spillvattensystemen i ett dataprogram och att förstå hur modellen ska justeras och användas. Anledningen till att metoden ändå nämns är att för en person som har förkunskaper i programvara och kunskap om hur data kan föras över från ett datasystem till ett annat borde datamodellen vara ett bra hjälpmedel. Att bedöma flöden i spillvattensystem med låga flöden eller att spåra basflöde med nivåmätare tycks dock inte vara att rekommendera utifrån Forsberg (2011).

#### *4.7 I framtiden*

Några saker har redan nämnts som behöver utredas ytterligare för att få en klar bild av tillskottsvattenproblem såväl som om metoder för kartläggning och åtgärder. En kombination av tillämpning av beprövade metoder och ett visst nytänkande fordrar både ytterligare litteraturstudier och konsultation av personer som arbetar med tillskottsvatten på olika sätt. Dessutom krävs omfattande fältstudier i det geografiska området och spillvattennätet i kombination med ytterligare statistiska analyser för att avgöra vilka frågeställningar som är viktiga i sammanhanget.

Flödesmätning tycks vara en bra metod att hitta och samtidigt bedöma storleken av källor till tillskottsvatten. Metoder för flödesmätning skulle behöva studeras ytterligare då det utifrån litteraturen tycks komplicerat att få fram korrekta mätresultat. Speciellt vid låga flöden tycks det vara problematiskt att mäta spillvattenflöde. Kanske kan studier av flödesmätning inom andra tillämpningsområden ge idéer till enkla tillförlitliga lösningar för flödesmätning i spillvattenledningar.

Förutom att hitta lämpliga mätmetoder och kontroller i ledningsnätet är det viktigt att hitta ett system att spara all information på. Ett informationssystem ska möjliggöra olika former av analyser utifrån mätdata och andra observationer. Frågan om hur data ska sparas är viktig och borde utredas noggrant trots att den inte tillåtit ta plats i det aktuella projektet. Vad övrigt finns att utreda kommer att visa sig allt eftersom arbetet med tillskottsvatten i Hultafors och Olsfors fortsätter.

## Referenser

Bäckman, H., Hellström, B. G., Jaryd, A. och Jonsson, Å. (1997). *Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem*. Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, VAV. Rapport nr 1997-15. Tillgänglig:

<http://vattenbokhandeln.manager.nu/Default.aspx?module=63&content=5&fwsite=1&lang=SV&pid=62> (2015-05-18).

Forsberg, B. (2011). *Tillskottsvatten i avloppsledningsnät - Ett förslag till utredningsstrategi anpassad till dagens teknik*. Norkonsult AB. Tillgänglig:

<http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/SVU/Rapporter/C%20Norconsult%202011-11-14%20Tillskottsvatten%20i%20avloppsledningsn%C3%A4t.pdf> (2015-05-09).

Gustavsson, A-M., Svensson, G. (1996) *Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnet – Metodikmanual*. Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, VAV. Rapport nr 1996-06. Tillgänglig:

[http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk\\_96-06.pdf](http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_96-06.pdf) (2015-05-12).

Lundblad U., Backö, J. (2012). *Undersökningsmetoder för att hitta källorna till tillskottsvatten*. Svenskt vatten. Rapport nr 2012-13. Tillgänglig:

[http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport\\_2012-13](http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2012-13) (2015-05-04).

Lundblad U., Backö, J. (2014) *Juridisk och ekonomisk hantering av tillskottsvatten som sker till spillvattenförande ledning innanför förbindelsepunkt*. Svenskt Vatten AB. Rapport nr 2014-11. Tillgänglig:

[http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport\\_2014-11.pdf](http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2014-11.pdf) (2015-05-05).

Malm, A., Hortsmark, A., Jansson, E., Larsson, G., Meyer, A., Uusijärvi, J. (2011). *Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar*. Svenskt Vatten AB, Rapport nr 2011-12. Tillgänglig:

[http://vav.griffel.net/filer/Rapport\\_2011-12](http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-12) (2015-05-09).

*Nationalencyklopedin*. (2011a). Hultafors. Tillgänglig:

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/hultafors> (2015-02-20).

*Nationalencyklopedin*. (2011b). Olsfors. Tillgänglig:

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/olsfors> (2015-02-20).

*Nationalencyklopedin*. (2015). Bollebygd. Tillgänglig:

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/bollebygd> (2015-02-20).

Svensson, G., Mellström, G & Bäckman, H. (2011). *Benchmarking med VASS Handbok*. Svenskt Vatten, rapport C 23-115. Tillgänglig:

[http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/SVU/Rapporter/C\\_23-115.pdf](http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/SVU/Rapporter/C_23-115.pdf) (2015-05-05).

Uusijärvi, J. (2013) *Minskning av in- och utläckage genom aktiv läcksökning*. Svenskt Vatten AB. Rapport nr 2013-03. Tillgänglig:

[http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport\\_2013-03.pdf](http://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2013-03.pdf) (2015-05-04).