

Identifiering av okända avloppsströmmar – en studie i Perstorp industripark



Jonatan Eliasson

Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik, LTH
Examensarbete 2019

Identifiering av okända avloppsströmmar – en studie i Perstorp industripark

av

Jonatan Eliasson

Examensarbete nr: 2019-07

Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik
Lunds universitet
Juni 2019

Handledare: **Michael Cimbritz**
Biträdande handledare: **Göran Lengden**
Examinator: **Åsa Davidsson**

Bild på framsidan: Gammal mätbrunn som ej används längre. Perstorp. Fotot av Jonatan Eliasson

Postadress

Box 124
221 00 Lund

Hemsida

www.vateknik.lth.se

Besöksadress

Naturvetarvägen 14

Telefon

046-222 82 85

046-222 00 00

Förord

Detta examensarbete är tänkt att vara starten för ett större arbete i industriparken i Perstorp för att på sikt ha kännedom om alla strömmar av avloppsvatten som renas på avloppsreningsverket i industriparken. Förhoppningarna är att även andra industriparker ska kunna använda strategierna som använts och få idéer för att arbeta med avloppsledningsnät.

Jag vill rikta ett speciellt tack till min handledare Göran Lengden på Perstorp Specialty Chemicals AB som har hjälpt mig mycket med både idéer och information. Jag vill också tacka min handledare Michael Cimbritz från Lunds Universitet för all hjälp, examinator Åsa Davidsson, alla på Perstorp Specialty Chemicals AB och Perstorp Fastighet AB som på något sätt har hjälpt mig under mitt arbete.

Jonatan Eliasson

Juni, Perstorp, 2019

Summary

Many water managers manage to reduce the amount of Infiltration/Inflow (I/I) that is added to the sewer system. The reason for this is to reduce the number of basement flooding and overflows. This is not the case in Perstorp industrial park. The wastewater treatment plant in the industrial park has a permit on how much water the wastewater treatment plant is allowed to release into the recipient, the I/I takes part of this condition unnecessarily. The aim of the work has been to develop a methodology for how industrial parks will work with I/I and unknown wastewater streams.

The result of the work has become a draft for a methodology for identifying unknown streams of waste water and I/I in a sewage system within an industrial park. The method is developed through a literature study and from experiences and trials in the industrial park in Perstorp.

The main part of the methodology is about dividing the industrial park into smaller sub-areas. The division must be done strategically in order to then be able to prioritize between the different sub-areas and perform flow measurements at suitable locations. If there are already measurements in an area, these can be used to get an idea of how much impact a precipitation event has to the area. In order to be able to divide the area, information about the area and about the sewer system is needed.

The report also suggests a couple of methods on how the flow measurements can be performed and how the flow measurements can be evaluated to get answers to what type of water that is measured. Measurements and analyzes are performed in the industrial park in Perstorp. With the help of the measurements made and the impact of precipitation, about a third of the unknown flow at Perstorp industrial park has been derived. Much work remains to be able to derive all unknown flow, but a plan for continued work with the areas that need to be measured has been developed.

Sammanfattning

Många VA-förvaltare arbetar med att minska mängden tillskottsvatten som tillkommer i avloppsledningar. Orsaken till detta är att minska antalet källaröversvämningar och bräddningar. Så är inte fallet i Perstorp industripark. Då avloppsreningsverket i industriparken har ett villkor för hur mycket vatten avloppsreningsverket får släppa i recipienten tar tillskottsvatten onödig del av detta villkor. Målet med arbetet har varit att ta fram en metodik för hur industriparken ska arbeta med tillskottsvatten och okända avloppsströmmar

Resultatet av arbetet har blivit ett förslag på en metodik för att identifiera okända strömmar av avloppsvatten och tillskottsvatten i ett avloppsledningssystem för spillvatten inom en industripark. Metoden är framtagen genom en litteraturstudie och från erfarenheter och försök i industriparken i Perstorp.

Metodiken handlar mycket om att dela upp industriparken i mindre delområden. Uppdelningen ska ske strategiskt för att sedan kunna prioritera mellan de olika delområdena och utföra flödesmätningar på lämpliga platser. Om det redan finns mätningar på områden så kan dessa användas för att skaffa sig en uppfattning av hur stor påverkan ett nederbördstillfälle har på området. För att kunna göra uppdelningen av områdena behövs information om områdena och om avloppsledningarna.

Rapporten ger också förslag på ett par metoder för hur flödesmätningarna kan utföras och hur flödesmätningarna kan utvärderas för att få svar på vad det är för vatten som mäts. Mätningar och analyser är utförda i industriparken i Perstorp. Med hjälp av mätningarna som utförts och nederbördspåverkan har ungefär en tredjedel av det okända flödet kunnat härledas. Mycket arbete återstår för att kunna härleda allt okänt flöde, men en plan för fortsatt arbete med områden som behöver mätas har tagits fram.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
1.1	Syfte/ problemställning	2
1.2	Avgränsningar	2
2	Litteraturstudie	3
2.1	Okänt vatten	3
2.2	Avloppsledningar, avloppssystem och dess egenskaper	5
2.3	Teori bakom mätmetoder och undersökningsmetoder	6
3	Metod och förutsättningar	11
3.1	Hur ser arbetet ut idag?	11
3.2	Lära känna området	11
3.3	Identifiering av området i industriparken	13
3.4	Egenskaper på avloppsvattnet	14
3.5	Undersökning av nederbördens påverkan	14
3.6	Undersökning av status på avloppsledningarna	15
3.7	Undersökning av vattenförbrukning	15
3.8	Mätning av avloppsflöden	15
3.9	Sammanfatta schabloner som används idag	15
3.10	Filmning av avloppsledningar	16
4	Resultat och Diskussion	17
4.1	Sammanställning av arbetsgången	17
4.2	Resultat riktat till Perstorp Industripark	18
5	Slutsats	29
6	Förslag till fortsatta arbete/studier	31
7	Referenser	33
8	Appendix A – Beräkning av fiktivt ansluta ytor och flödeskurvor	35
9	Appendix B – Kampanjflödesmätning	47
10	Appendix C – Resultat av filmning av avloppsledning	51

1 Bakgrund

I industriparken i Perstorp, norra Skåne, har det skett produktion sedan 1881. Till största delen är det en kemiteknisk industri vars produktion genererar kontaminerat avloppsvatten. Vattnet till processen tas in från Ybbarpsån, renas på ett renvattenverk och används sedan i processerna. För att sedan kunna släppa ut vattnet i Ybbarpsån igen måste vattnet renas. Det gör det i industriparkens egna avloppsreningsverk. Avlopps nätet som sammankopplar fabrikerna med avloppsreningsverket är gammalt och har sina brister. Underhållning och planering för va-nätet har prioriterats bort då andra investeringar har prioriterats istället. Detta har lett till att det idag saknas kunskap om alla strömmar av vatten som kommer till avloppsreningsverket.

Idag kommer det okända strömmar av vatten till avloppsreningsverket som motsvarar en fjärdedel av det totala flödet till avloppsreningsverket. Om det okända flödet kan byggas bort kan industriparken fortsätta att expandera utan att behöva göra några större investeringar.

De okända flödena av vatten skulle kunna härledas till inläckage i VA-nätet, fel på mätutrustningen och att mätning saknas helt på vissa platser (schabloner används istället). Det skulle till och med kunna vara så att det finns okända inkopplingspunkter till systemet. I dagsläget finns det ingen strategi för hur man ska arbeta med VA-nätet i industriparken. Perstorp efterfrågar idag ett systematiskt arbetssätt med åtgärdsplan för att arbeta strategiskt med avlopps nätet. Det här examensarbetet ska vara en början på det.

För kommunala VA-förvaltare är det viktigt att arbeta med tillskottsvattnet för att minska risken för källaröversvämningar, bräddningar och utspädningsgraden i avloppsreningsverket (Backö, & Lundblad 2012). Källaröversvämningar kan bli mycket dyrt då de fördärvar mycket och bräddningar kan leda till stora utsläpp av föroreningar. Industriparken i Perstorp har inga större problem med bräddningar eller källaröversvämningar utan det största problemet är kapaciteten i avloppsreningsverket och villkoret för hur mycket vatten som får släppas ut i recipienten. Om bräddning skulle behöva ske är risken för påverkan på miljön större i industriparken än i ett kommunalt avloppssystem då vattnet är av annan karaktär.

För att få koll på sitt avloppsnät gäller det att man arbetar strukturerat och långsiktigt med avloppsnätet. Arbetar man strukturerat och långsiktigt blir man tryggare i hur ens VA-nät utvecklas, kan göra bedömningar av vilka delar av VA-nätet som är i behov av förnyelse och själv kan bestämma över sin planering och inte vara beroende av andra aktörer (Malm et al. 2011a).

I framtiden väntas mängden nederbörd öka. I Skåne har årsmedelnederbörden varit 748 mm mellan 1961 och 1990. SMHI presenterar i sin rapport att ökningen av mängden nederbörd kommer öka mellan 15% till 25% under detta århundrade (Ohlsson et al. 2015). Finns det då felanslutna ytor med regnvatten till avloppsreningsverket ökar flödet och tar onödig kapacitet på avloppsreningsverket.

Problemet är inte bara att mängden nederbörd kommer öka, utan att ökningen kommer att ske vissa årstider. Ökningen av nederbörd kan leda till större flöden till avloppsreningsverk under

dessa årstider, samtidigt som det under andra årstider kan vara lägre flöden än i dagsläget (Ohlsson et al. 2015). Variationen i volymen vatten som leds via industriavloppet till avloppsreningsverket leder till problematik i styrning av verket.

1.1 Syfte/ problemställning

Det övergripande problemet för industriparken är att från avloppsreningsverket finns ett villkor på hur mycket vatten som får släppas ut i Ybbatpsån, recipienten till avloppsreningsverket. Det finns fortfarande kapacitet kvar till villkoret, men marginalerna till villkoret blir mindre för varje expansion som sker inom industriparken. Diskussioner finns redan på att rena vattnet i avloppsreningsverket till den grad att det går att återanvända, men för det krävs stora investeringar. Då det konstaterats att finns okända strömmar av vatten in till avloppsreningsverket är det första steget till att få mer marginal till villkoret att kartlägga de okända strömmarna av vatten. Alla strömmar kanske inte är i behov av att renas och då belastar strömmarna avloppsreningsverket i onödan.

Målet med examensarbetet är att ta fram en arbetsmetod för att på lång sikt ha kännedom om alla strömmar av vatten i ett spillvattensystem för en industripark. För att ta fram en metod besvaras följande frågor:

- Vilka metoder finns för att mäta strömmar av avloppsvatten?
- Fungerar metoder som kommunala VA-förvaltare använder sig utav för att identifiera strömmar i ett spillvattensystemet även i en industripark?
- Hur väljer man ut de mest kritiska områdena att börja undersöka för okända strömmar?
- Hur har schabloner valts och kan dessa leda till ett svar av de okända strömmarna?

1.2 Avgränsningar

I arbetet har det inte ingått att verifiera att befintliga mätpunkter i industriparken har korrekt flödesmätning. Till exempel är det känt att alla mätpunkterna inte är fullt ut utformade enligt standarder för skibord.

2 Litteraturstudie

Litteraturstudien innehåller studier om begrepp som är relevanta och nödvändiga att ha en definition på för att undvika missförstånd. Den innehåller också studier på strategier som tidigare använts i liknande arbete, metoder och bakgrundsfakta om avloppsledningarna.

2.1 Okänt vatten

För att kunna hitta okänt vatten i avloppsledningsnät underlättar det om man vet vad det är för vatten man letar efter och hur man ska lägga upp arbetet. Under arbetet i industriparken letas det efter okänt vatten.

2.1.1 Kategorisering av avloppsvatten

Dagvatten är regnvatten och grundvatten som leds i dagvattennätets ledningar till en recipient.

Avloppsvatten är allt vatten som leds i avloppsledningarna. Det innefattar både spillvatten och tillskottsvatten (Bäckman et al. 1997).

Spillvatten är förorenat vatten från hushåll, industrier och andra anläggningar (Bäckman et al. 1997). I industriparken används i dagligt tal industriavlopp för detta nät. Innan det sanitära avloppsvattnet når spillvattennätet, industriavloppsnet finns det trekammarbrunnar som avskiljer fasta partiklar från vattnet. Trekammarbrunnarna slamsugs sedan med jämna mellanrum. Spillvattnet i industriparken varierar i temperatur, pH och innehåll.

I dagligt tal inom industriparken används begreppet okänt vatten för vattnet som inte kan härledas till någon av mätpunkterna för fabrikerna. En del av det okända vattnet antas vara tillskottsvatten. Tillskottsvatten (Ovidkommandevatten, Infiltration/Inflow (I/I)) består av dagvatten till spillvattensystemet och läck- och dränvatten. Exempel på tillskottsvatten är dagvatten, dränvatten, sjövattnet och dricksvatten som läcker in i avloppsrören (Bäckman et al. 1997). För att kunna uppskatta volymen av tillskottsvatten för ett område beräknas skillnaden mellan volymen vatten som kommer till avloppsreningsverket och hur mycket renvatten som sålts till området (Uusijärvi 2013).

Dagvatten till spillvattensystemet är dagvattenbrunnar som är inkopplat till avloppsnetet (Bäckman et al. 1997).

Läck- och dränvatten är vatten som läcker in i avloppsledningarna på grund av att det finns fel på ledningarna. Det kan också vara vatten som dräneras in i avloppsledningarna via dräneringsystem, fast att det egentligen inte behöver dräneras till avloppsledningarna. Detta vatten kan delas upp i två kategorier. Läck- och dränvatten går att dela upp i två kategorier, basflöde och indirekt nederbördspåverkan (Bäckman et al. 1997).

2.1.2 Strategiskt arbetssätt för att hitta möjliga områden med tillskottsvatten

I rapporten *Undersökningsmetoder för att hitta källorna till tillskottsvatten* ger författarna Lundblad och Backö (2012) ett förslag på arbetssätt för att hitta källorna till tillskottsvatten. Deras steg för att hitta källorna är:

1. Områdesindelning
2. Plan för flödesmätning
3. Nederbördsdata
4. Bräddningar och bakvatten

Området som ska undersökas delas in i mindre delområden då det ur ekonomisk aspekt inte är möjligt att kartlägga statusen på varenda ledning i ett avloppsledningsnät. Områdesuppdelningen kan ske genom att dela in i hur gamla områdena är eller om det redan finns kända problem i någon del. Om delområdena blir små, krävs det mycket resurser för att utföra mätning vid varje område. Därför kan det vara en ide att i början av arbetet dela in områdena i större delområden och i ett senare skede dela in respektive område i mindre delområden (Backö & Lundblad 2012).

För att kunna arbeta med och hitta källan till tillskottsvatten behöver avloppsvattnet delas in i mindre kategorier. Lundblad och Backö (2012) delar in avloppsvattnet i tre kategorier. Kategorierna de använder sig utav är spillvatten, läck- och dräneringsvattentillskott och regnvattentillskott. Dessa tre kategorier skiljer sig från den vanliga uppdelningen av tillskottsvatten där vattnet istället delas upp i bland annat indirekt nederbördspåverkan och direkt nederbördspåverkan.

Utifrån områdesindelningen görs sedan en plan för var det kan behövas flödesmätning (Lundblad och Backö 2012).

För att kunna prioritera områden påpekar också Lundblad och Backö (2012) att det är viktigt att ha nederbördsdata. Det är viktigt för att kunna beräkna hur stora volymer vatten som tillkommer vid regn. Författarna tar också upp att det är viktigt att veta hur stor mängd som bräddas varje år och hur stor mängd vatten som kan tillkomma till avloppsnätet då det är höga vattennivåer i vattendrag i området.

Målet med arbetet är sedan att få en bild av hur stor volym av vattnet i varje delområde som är spillvatten, läck- och dräneringsvattentillskott och regnvattentillskott. Detta för att kunna använda tillgängliga resurser på bästa sätt för att minska mängden tillskottsvatten i hela systemet för avloppsvatten.

Water New Zealand (Carne och Le 2015) har publicerat en manual *Infiltration & Inflow Control Manual* med ett arbetssätt för att reducera påverkan av tillskottsvatten. Enligt metoden ska arbetet ske i avrinningsområde för avrinningsområde. För att välja vilket området som ska prioriteras först nämner Carne och Le (2015) 11 kriterier som bör vägas in beslutet. Några av kriterierna är intressenters intresse, ledningsnätets kondition, geologin, topografin och hur lätt ledningarna går att laga. Parametrarna för att kunna avgöra hur stor påverkan tillskottsvattnet har på det totala flödet är grundvatteninfiltration, nederbördsberoende flöde och dagvattenflöde.

I litteraturstudier (Hey et al. 2016) som gjorts tidigare visas att det är svårt att jämföra volymer av tillskottsvatten mellan olika länder och projekt. Anledningen till detta är att det finns olika

sätt att beräkna volymen tillskottsvatten och att definitionen av tillskottsvatten skiljer sig mellan olika länder.

2.2 Avloppsledningar, avloppssystem och dess egenskaper

Sättet som man har tänkt angående avloppsvatten har ändrats under årens lopp. Det gäller både val av material i ledningarna och vad för vatten som är tänkt att transporteras i ledningarna.

2.2.1 Avloppssystem

Under 1800-talet när infrastrukturen för att hand om vatten började byggas i Sverige grävdes diken för att leda bort dagvatten från mark som bebyggts direkt till recipienter. När sedan toaletter, duschar och annan vattengenererande utrustning blev vanligare leddes detta vatten i ledningar direkt till recipienter, utan rening. För att bli av med diken kopplades även dagvattnet också på dessa ledningar. När det sedan började bli krav på att rena vattnet började problem uppkomma med kapacitet på avloppsreningsverk när både spillvatten och dagvatten behövdes renas (Lidström 2012).

2.2.2 Kombinerat system

I kombinerade system leds både spillvatten och dagvatten i samma ledning och renas i ett avloppsreningsverk innan vattnet släpps till en recipient. Problem med kombinerade system är att vid kraftig nederbörd behövs stora mängder vatten transporteras i ledningarna och dessa mängder behöver även renas i ett avloppsreningsverk. Då det krävs stora ekonomiska resurser för att bygga ledningar och avloppsreningsverk som klarar av dessa flöden används istället bräddning och vid vissa tillfällen utjämningsbassänger. Vid bräddning släpps orenat vatten ut direkt i recipienten och vid användning av utjämningsbassänger byggs bassänger för att kunna lagra volymer och kunna rena när flödet går ner (Lidström 2012).

2.2.3 Separerade system

Det finns två olika typer av separerade system. Duplikat system och separat system. Vid duplikat system grävs en ledning för spillvatten och en ledning för dagvatten ner i marken. Det som skiljer det duplikata systemet från det separata systemet är att vid ett separat system anläggs bara en ledning i marken. I denna ledning leds spillvatten. I det separata systemet tags dagvatten omhand i öppna system, med diken och öppna kanaler. Det positiva med ett separerat system jämfört med ett kombinerat system är att volymen vatten som leds i spillvattenledningarna inte påverkas av nederbörd. Nackdelen med ett separerat system kan vara att flödet av endast spillvatten inte alltid blir tillräckligt stort för att kunna transportera de partiklar som finns i spillvattnet, ledningarna blir inte självrensade (Lidström 2012).

2.2.4 Avloppsledningar

Sedan man började lägga ner ledningar i marken för att transportera avloppsvatten till avloppsreningsverk har materialvalet i ledningarna ändrats. Sedan i mitten av 1800-talet använde man sig utav ledningar av lera (keramik) eller betong. Dessa ledningar användes till största del fram till mitten på 1900-talet då olika typer av plastledningar tog över (Malm et al. 2011b).

Betongledningar

I Sverige använde man sig generellt sett av betongledningar fram till slutet på 1960-talet. Ett av problemen man hade med betongledningar i Sverige var att det inte fanns något kontrollpro-

gram på tillverkningen av betongledningar förrän på 1950-talet. Innan dess tillverkades betongledningarna i många små fabriker runt om i Sverige utan kontroll. På grund av detta skiljer sig kvaliteten på äldre betongledningar (Malm et al. 2011b).

Det som leder till problem med betongledningar är att det kan bildas sprickor i ledningarna på grund av överbelastning, betongen blir skadad av svavel, inläckage då fogarna mellan ledningsdelarna inte är täta eller att rötter från träd tränger in i ledningarna (Malm et al. 2011b).

Plastledningar

När plastledningarna utvecklades så var det främst för trycksatta vattenledningar, då dimensionen var liten på ledningarna. De större dimensionerna på ledningar kom inte förrän under 1960-talet och kunde då användas till avloppsledningar. De vanligaste materialen i plastledningar är termoplasterna PE, PVC, och PP. Även hårdplasten GRP kan användas i avloppsledningar (Malm et al. 2011b).

Några skillnader mellan termoplast och hårdplast är att vid uppvärmning påverkas hållfastheten olika och på så sätt livslängden. Termoplaster får en försämrad hållfasthet efter uppvärmning medan hårdplast inte påverkas på samma sätt. I normala fall för avloppsledningar i kommunala avloppsledningsnät är inte temperaturen något som behöver tas hänsyn till (Malm et al. 2011b). Detta kan vara av intresse i fortsatt arbete i industriparken i Perstorp då det kan hända att vissa fabriker släpper mycket varmt vatten till industriavloppet.

Malm et al. nämner också i sin rapport *Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd* två faktorer utöver temperatur som kan påverka livslängden på en plastledning. Det är miljön ledningen ligger i och belastningen, spänningen i ledningen. Normalt dimensioneras en ledning av plast för att ha livslängd på 50 år (2011b). Som ovan nämnt så varierar temperaturen på spillvattnet betydligt mer i industriparken än vad den gör i ett vanligt kommunalt ledningsnät. Ledningar i industriparken utsätts också för en helt annan miljö i form av syror, baser och föroreningar i marken än i det kommunala ledningsnätet. Belastningen på ledningen i industriparken varierar också då det går mycket tung trafik i form av lastbilar och tåg. För självfallsledningar i avloppsledningsnät är det ringstyvheten som är det viktiga. Ringstyvheten är ett mått på hur stor deformation ledningen får av yttre belastning (Malm et al. 2011b).

2.3 Teori bakom mätmetoder och undersökningsmetoder

För att kunna kartlägga okända avloppsströmmar behövs metoder för att både kunna härleda orsaken till att vattenströmmen uppstår och metoder för att kunna kvantifiera en volym av det okända vattnet.

I tidigare litteraturstudier (Hey et al. 2016) har 13 olika metoder för att härleda orsaken till vattenströmmar och för att kunna kvantifiera volymen av vattenströmmen sammanställts. Dessa metoder inkluderar flödesmätning eller spårning av spårämnen.

I följande kapitel beskrivs metoder som anses vara relevanta för arbetet i industriparken i Perstorp.

2.3.1 Nyckeltal Fiktivt anslutna ytor

Undersökningsmetoden fiktivt anslutna ytor används för att få en uppfattning av hur stora mängder av vattnet till avloppsreningsverket som består av regnvattentillskott. Regnvattentillskottet består av två delar. En som är direkt nederbördspåverkad och en som är indirekt nederbördspåverkad. Den direkta delen är det regnvattnen som via hårdgjorda ytor går till avloppsledningarna och ger en direkt ökning. Den indirekta delen består av vatten som kommer till avloppsledningarna via till exempel inläckage i avloppsledningarna då grundvattennivån höjs på grund av att det regnar.

Med beräkning av fiktiv ansluten yta är tanken att analysera hur stor den direkta nederbördspåverkan är (Backö & Lundblad 2012).

När nyckeltalet fiktivt anslutna ytor ska beräknas finns det tre parametrar som behövs ta hänsyn till. Parametrarna är referensdygn, analysregn och tidsavgränsning (Backö & Lundblad 2012).

Vid val av regn för analysen och beräkning av nyckeltal bör minst ett av regnen vara större än 10 mm och ett av regnen bör ha en intensitet på 30 l/s·ha under 10 minuter.

Vid val av referensdygn så ska det ligga så nära som möjligt det regn som ska analyseras. Referensdygnet ska inte heller ligga efter regnet då regnet kan påverka flödet under referensdygnet (Backö & Lundblad 2012).

För att få ett relativt korrekt värde på nyckeltalet behövs 3 till 5 åtskilda regntillfällen (Backö & Lundblad 2012).

För att bara få den nederbörden som påverkar flödet direkt behöver tidsavgränsningen uppskattas. För att uppskatta tiden så väljs punkten i området som ligger längst bort från mätpunkten. Från denna punkt beräknas tiden det tar för regnet att transporteras från punkten till mätpunkten (Backö & Lundblad 2012).

2.3.2 Flödeskurvor

Teori bakom flödeskurvor och hur de kan användas för att få en uppfattning om vad det är för vatten. Med nyckeltalet fiktiva ytor går det att få en uppskattning av om det är direkt nederbördspåverkan.

Med användning av flödeskurvor går det att skapa en bild av vad det är för sorts vatten som orsakar tillskottsvattnet (Staufer et al. 2012).

Flödeskurvorna ska skapas med hjälp av flödesmätning och regnmätning. Mätningen ska ske efter regn. Med hjälp av denna metoden går det att se om det är direkt avrinning från regnet, om det är dräneringsvatten / läckvatten eller om det är inläckage på grund av höjning av grundvattennivån som regnet kan ge.

Nederbördsmätningen är viktig att den görs med bra upplösning på mätdatan. En vippskålgivare med 0,2 mm vippvolum ger en tillräckligt bra upplösning. Regndata som tidserie i tre olika uppbyggnader. Intensitet (mm/h), volym per tidsenhet (mm/tidssteg) eller ackumulerad volym per tidsenhet (mm/tidsenhet) (Forsberg 2011).

Tanken med denna metod är att kunna skilja på grundvattenpåverkan, indirekt och direkt påverkan av nederbörd (Staufer et al. 2012).

2.3.3 Basflödesmätning

Basflödesmätningar är en metod som även kallas nattmätning. Anledningen till att mätningen utförs på natten är att endast få med läck- och dräneringsvatten i mätningen. Under natten genereras inget avloppsvatten och således bör endast läck- och dräneringsvatten stå för flödet i avloppsledningarna.

Vid val av period som mätningen ska utföras under bör det vara en torrvädersperiod där grundvattennivåerna är höga, i höjd med eller över avloppsledningarna. För att undvika chansen att få med regnvatten i mätningen ska det ha varit fyra dygn utan nederbörd innan mätningen utförs (Bäckman et al. 1997). En enkel metod att använda sig utav vid basflödemätning är ”Hink och klocka”. Ett momentant flöde fås då.

Upptäcks sträckor med stort flöde under natten är ett alternativ att inspektera ledningarna med filmkamera (Bäckman et al. 1997).

2.3.4 Hink och klocka

Beräkning av momentant flöde kan ske med metoden ”Hink och klocka” (Bäckman et al. 1997). Metoden utförs genom att mäta tiden det tar att fylla upp en spann.

Vid användning av en hink på 10 L kan ekvation 1 härledas med matematik och användas för att beräkna flödet.

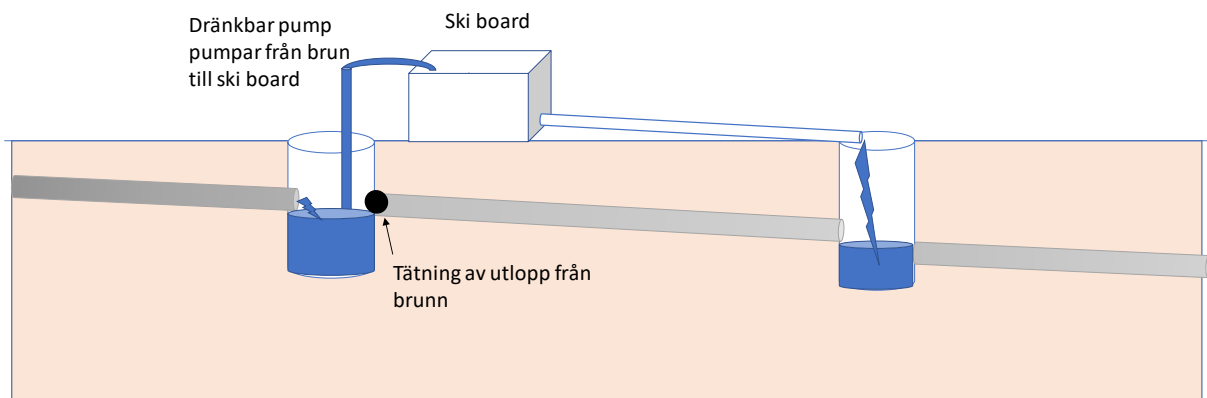
$$Q = \frac{10}{X} \cdot 3,6 \quad (1)$$

$X = \text{tiden i sekunder}$

$Q = \text{flöde} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$

2.3.5 Portabelt skibord

Om det inte är möjligt att mäta momentant flöde med hink och klocka går det att mäta flöde med skibord. Skibord finns både som v-format och rektangulärt skibord. Flödet i ett skibord beräknas genom att mäta höjden på vattendjupet i skibordet (Persson et al. 2014). Finns det inget skibord installerat i en mätbrunn på lämpligt stället går det att pumpa vatten från en brunn genom ett portabelt skibord enligt figur 1.



Figur 1. Schematisk visning av flödesmätning med portabelt skibord.

2.3.6 V/h – mätning

Hastighets-/nivågivare är den teknik som används mest idag för att mäta avloppsflöden. Flödet beräknas genom att mäta medelhastigheten på vattnet och att mäta höjden på vattennivån i ledningen. Dimensionen på ledningen måste vara känd för att kunna beräkna flödet då höjden används för att beräkna arean av det flödande vattnet. Ekvation 2 används för beräkning av flödet (Forsberg 2011). I ekvation 2 är f en funktion som beror på nivån i röret. Beroende på vad det är för geometrisk form på röret kan f variera.

$$Q = v_m \cdot A \quad (2)$$

$$v_m = \text{medelhastighet}$$

$$A = f(\text{nivån})$$

Det finns en rad för- och nackdelar med denna mätmetod. Många av dessa nämner Forsberg (2011) i sin rapport. De viktigaste slutsatserna Forsberg drar är att mätmetoden kräver mycket utav den som utför mätningen om någon nytta ska dras av mätningarna. Utrustningen är relativt dyr och därav mäts oftast inte flödet på tillräckligt många ställen och tillräckligt länge för att kunna dra tillförlitliga slutsatser.

2.3.7 TV-inspektion

För att hitta skador och möjliga inläckage i avloppsledningar finns möjligheten att inspektera ledningarna med en filmkamera (Lidström 2012). Kameran placeras på en liten bil som släpps ner i en brunn och sedan körs i ledningen. Inspektionen sker live på en skärm och kan spelas in. Hittas skador kan bilen stannas och möjligheten finns att få en zoomad bild av skadan (Halfawy & Hengmeechai 2013).

2.3.8 Förslag på andra metoder för att bestämma status på avloppsledningar

I rapporten *Statusbedömningar av ledningsnät* skriven av Persson et al. (2016), går det att läsa mer om metoder som kan användas för att bestämma status på avloppsledningarna. Metoderna som författarna utreder är Ljudvågor, Trycktransienter, Ground Penetrating Radar, Resistivitet, IR-

teknik, Visuell metod, Indikationstrådar, Läckljudsupptagning och magnetometer och slutligen Snakebots. Slutsatsen som Persson et al. har dragit av arbete i rapporten är att ingen av metoderna ovan klarar ensam av att ge en fullständig bild av kondition på ledningen. För att kunna få en fullständig bild av konditionen av en avloppsledning som är nedgrävd behöver man sammanställa resultatet av flertalet underökningar av olika metoder (2016).

3 Metod och förutsättningar

Som grund i arbetet i industriparken i Perstorp har Lundblad och Backös förslag som är mer beskrivet i kapitel 2 använts. Deras arbetsätt är anpassat för kommunala ledningsnät och därav har arbetsättet omarbetats för att anpassas till en industripark. Arbetsättet förklaras i detta kapitel och är även en del av resultatet i examensarbetet.

3.1 Hur ser arbetet ut idag?

I dag sker uppföljning av flöde till avloppsreningsverket dagligen av miljöingenjör på site. Flödena sammanställs i en excelfil varje månad som dygnsmedelvärde per månad och på så sätt har det okända flödet identifierats. Flödena som följs upp är flödena från 16 mätpunkter och utöver dessa mätpunkter finns även schablonvärden för tre delar av industriparken.

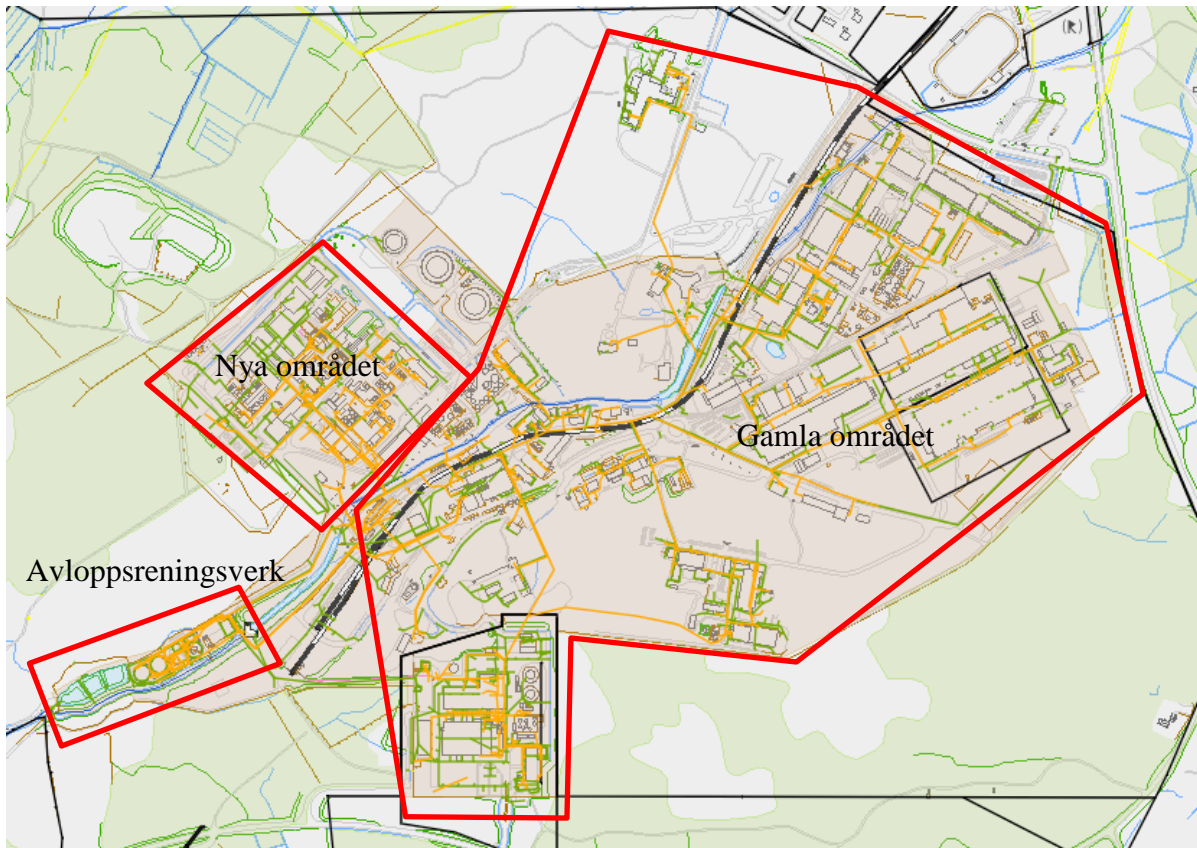
Underhåll av avloppsledningar och uppdatering av ritningar av avloppsledningarna är idag inte tillfredställande och behöver arbetas mer med.

3.2 Lära känna området

Inom industriparken finns det två olika system för att ta hand om spillvatten och dagvatten. Det finns ett industriavloppsledningsnät som ska ta hand om förorenat vatten från fabriker och leda det till avloppsreningsverket. Till detta nät ska även vissa invallningar och andra avrinningsområden som kan innehålla förorenat vatten anslutas. Det andra nätet ska ta hand om dagvatten, det vatten som inte riskerar att förorenas, och leda det till Ybbarpsån som rinner igenom industriparken, det vill säga att det är ett duplikat system. Examensarbetet fokuserar på industriavloppsledningsnätet.

Industriparken är uppdelat i två stora huvudområden (se figur 2) gällande industriavloppsledningsnätet, Nya området (NO) och Gamla området (GO). Det gamla området är störst sett till ytan och har äldst ledningar. Det nya området är störst sett till flödesvolym och har nyare ledningar. Hela avloppssystemet är ett självfallssystem. Inget avloppsvatten pumpas till avloppsreningsverket. Materiet i ledningarna i industriavloppsledningsnätet varierar beroende på när de lades ner i marken. Det finns betongledningar, PEH, PP, PEM, PE, PVP, PVC, stålledningar och ledningar som har blivit relinade.

I Industriparken finns det mycket som skulle kunna skada avloppsledningarna. Det går mycket tung trafik i form av lastbil och tåg. Det finns också olika sorters syror, baser, lösningsmedel och salter som kan skada materialen i avloppsledningarna och försämra deras hållfasthet och livslängd. Det vill säga att avloppsledningarna kan skadas både mekaniskt och kemiskt.



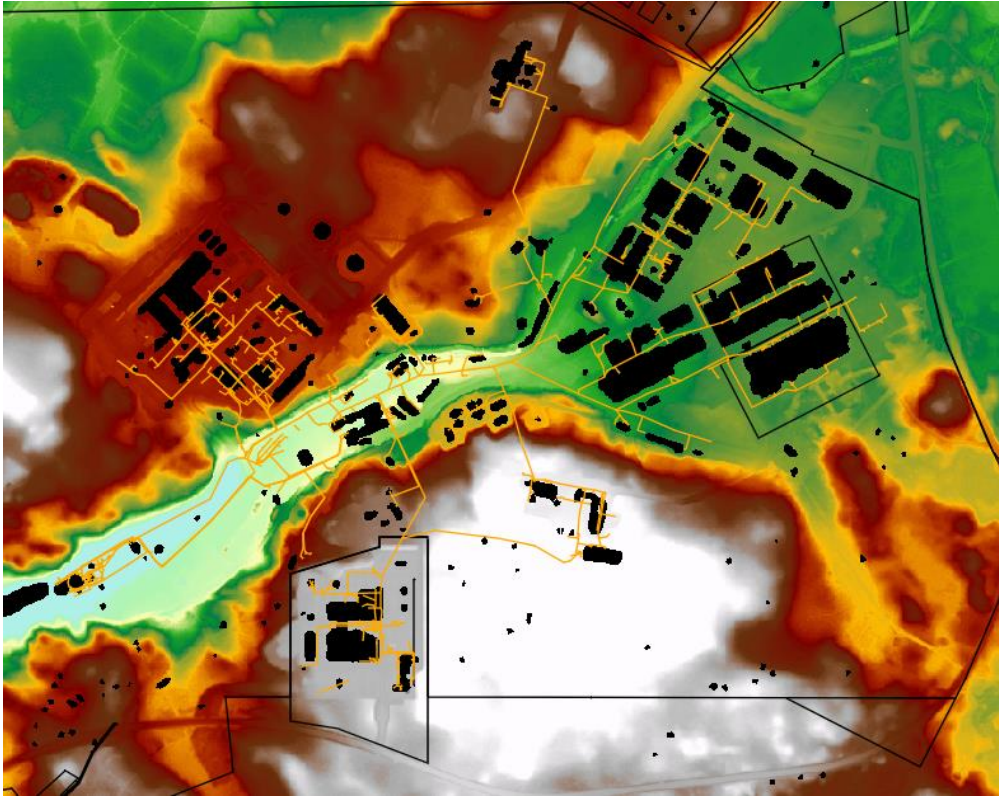
Figur 2. Karta över Industriparken. Orangea linjer visar industriavlopps nätet och de gröna linjerna är dagvattenledningsnätet. Röda linjer visar områdesindelningen.

I industriparken finns 16 större fabriker där flödesmätning ut från fabriker sker kontinuerligt. Flöden mäts med olika sorters utrustning. Vissa fabriker har skibord och andra fabriker har induktiva flödesmätare. Flödesmätarna kalibreras en gång per år. Utöver de 16 mätpunkterna vid respektive fabrik finns två mätpunkter till. Den ena är ett skibord som mäter det totala flödet från nya området och den andra är en parshallränna som mäter det totala flödet från det gamla området. In till avloppsreningsverket mäts också det totala flödet från hela industriparken. Flödesmätaren in till avloppsreningsverket är en induktiv flödesmätare.

Skillnaden mellan summan av de 16 fabrikeras flöde och flödet in till avloppsreningsverket är den stora anledningen till varför examensarbetet efterfrågas.

Inne i industriparken finns också en regnmätare. Regnmätaren är av typen ”tipping-bucket” och mäter regn genom att räkna vippningar. En ny väderstation har installerats på en annan del av industriparken, men ännu inte tagits i drift.

Topografien i industriparken (figur 3) gör att mycket av nederbörden som faller inom industriparken rinner ner mot avloppsreningsverket. Stora delar av industriparken ligger på höjder runt om avloppsreningsverket. Detta gör det viktigt att leda regnvatten som inte behövs renas till dagvattennätet.

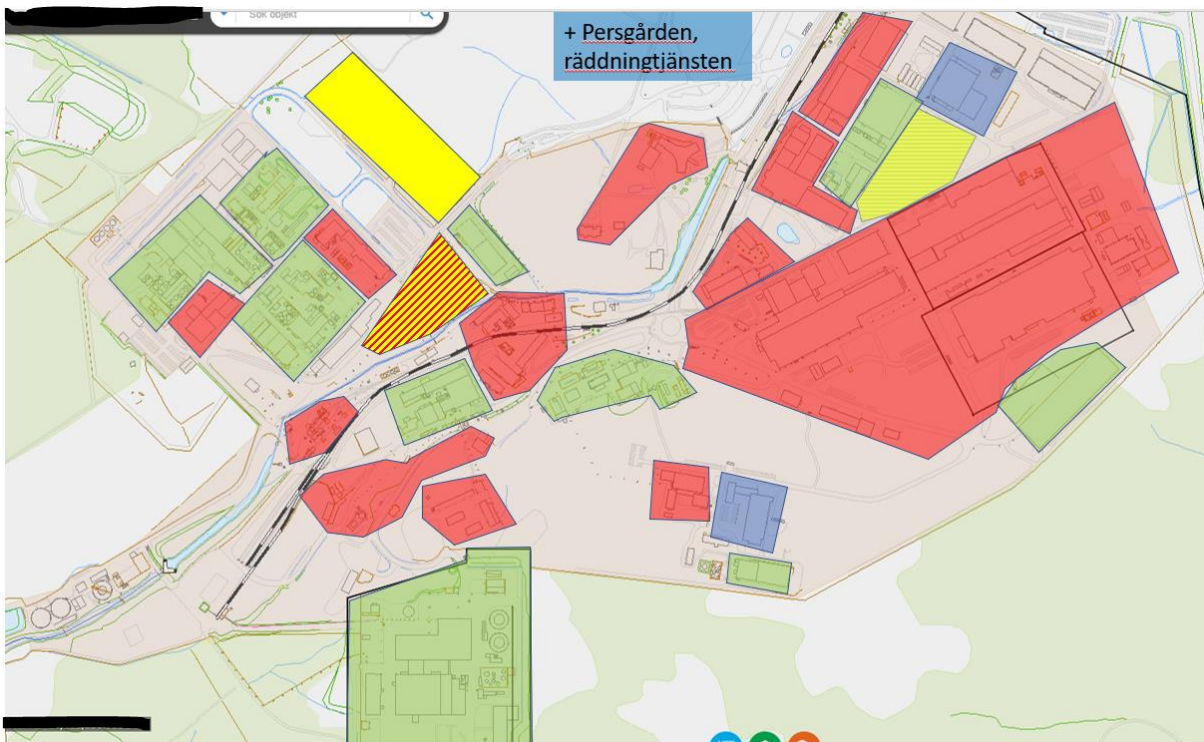


Figur 3. Höjdmmodell över industriparken från Perstorp Fastighet AB. De vita områdena på kartan har en höjd på 115-120 möh och de ljusblå har en höjd på ungefär 70 möh.

3.3 Identifiering av området i industriparken

Första uppdelningen av området gjordes mellan det nya och gamla området. Från befintlig mätdata beräknades fördelningen av det okända avloppsvattnet till avloppsreningsverket. Utifrån denna beräkning bestämdes vilket av områdena som störst vikt kommer att läggas på.

För att få en uppfattning om hur stor del av varje område som det idag finns mätning- och schablonvärde på har en karta använts. Delarna av industriparken fick en färg beroende på om delen hade kontinuerlig mätning, schablon eller om avloppsflödet ingick i det okända avloppsflödet. Röda områdena är områden som varken har schablon eller mätvärde. Blå områden har schablon och gröna områden har mätning. Gula områden är stora områden där allt vatten leds direkt till recipienten. Vid de röda områdena lades störst vikt för att få med vattenvolymer från dessa områden i summeringen av avloppsflöden till avloppsreningsverket.



Figur 4. Indelning av områden i industriparken. Grön = flödesmätning idag, Gul = stora områden som inte går till avloppsreningsverket, Blå = schablonflöde och Röd = avloppsflödet från dessa områden finns inte med i uppföljningen.

3.4 Egenskaper på avloppsvattnet

Det generella avtalet med fabrikerna i industriparken är att pH på spillvatten ska ligga mellan 5 och 9. Anledningen till detta intervall är för att det inte ska bli för stor variation av pH i utjämningsbassängerna på avloppsreningsverket. Då reningsmetoden på avloppsreningsverket är aktivt slam får variationerna i pH inte vara för stor. Det finns även mindre fabriker som har andra gränser för pH. För de mindre fabrikerna kan variationen på pH vara 2,5 till 13.

Temperaturgränserna för fabrikerna i industriparken är att spillvattnet ska ha en temperatur under 35 °C. Det kan hända att fabrikerna har läckage av ångkondensat och då kan temperaturen på vattnet bli högre.

3.5 Undersökning av nederbördens påverkan

Då egenskaperna på avloppsvattnet gör att det kan skada recipienten har det tidigare gjorts arbete för att så lite dagvatten som möjligt ska gå i industriavloppet. Detta för att brädning av avloppsvattnet inte får ske till recipienten.

Uppföljning av regntillfällen visade på att flödet till avloppsreningsverket ökade vid regn. För att kunna arbeta vidare med att hitta det okända flödet var det viktigt att veta hur stor del av flödet in till avloppsreningsverket som påverkades av regn. Detta gjordes med metoden "fiktivt anslutna ytor" som redovisas i Appendix A. Vissa områden som tak på byggnader där det anses vara möjlighet till föroreningar av regnvattnet har anslutits till avloppsnätet.

3.6 Undersökning av status på avloppsledningarna

För att undersöka statusen på avloppsledningarna var tanken att klassa, färgkoda, avloppsledningarna efter tre kriterier: ålder, material i ledningarna och skicket på ledningen. Efter undersökning har informationen om ålder på ledningarna varit svår att hitta. Statusen på avloppsledningarna kräver mycket arbete för att få fram och därför klassades avloppsledningarna bara på hänsyn till material på ledningarna. Kartor över industriparken skrevs ut på A3 och färglades med olika färger beroende på om materialet i ledningarna var plastledningar, ledningar av PVC, ledningar av betong, ledningar av stål eller om ledningarna hade blivit relinade. Hade informationen funnits för ålder på ledningarna, material på ledningarna, vattengångar och grundvattennivåer skulle denna information slagits ihop och studerats. Dock saknas mycket av denna information, men som ett framtida arbete kan informationen sammanställas och på så sätt senare kunna prioritera vilka områden som löper störst risk för inläckage i ledningarna.

3.7 Undersökning av vattenförbrukning

En metod för att få en uppfattning om hur mycket tillskottsvatten som kan tillkomma inom ett område är att göra en vattenbalans över området. I vattenbalansen jämförs vattenvolymer in till området och vattenvolymer ut från området. Om volymen avloppsvatten är större än volymen vatten in till området kan detta vara en antydning på att det finns tillskottsvatten i området.

Det gjordes ett försök med att göra denna undersökning, men den försvårades av att många fabriker tillverkar produkter som är lösta i vatten och då försvinner stora mängder vatten med produkter som säljs från fabrikerna. Även stora mängder vatten förångas i kyltorn som används av fabrikerna för kylning av processer. Vattenmängderna som går ut med produkterna hade kunnat uppskattas, men har lämnats utanför detta examensarbete. Mängden avdunstat vatten är svårare, men om en användbar vattenbalans ska göras kan det vara väl investerad tid.

För de röda områdena, områdena utan flödesmätning, har det gjorts enklare vattenbalanser. I lokaler som inte har någon tillverkningsprocess har vattenförbrukningen studerats. Alla lokaler i industriparken ska ha vattenmätare som registrerar vattenförbrukningen som läses av en gång i månaden för fakturering av vattenförbrukning. Denna sammanställningen studeras och en rimlighetsuppskattning gjordes. I byggnader som förbrukade mer vatten än vad som anseddes vara rimligt gjordes ett besök för att se vad vattnet användes till. Hittades användaren av vatten undersöktes det om vattnet gick till industriavloppet eller till dagvattensystemet.

3.8 Mätning av avloppsflöden

Mätning av avloppsflöden sker kontinuerligt med befintlig mätutrustning på 16 fabrikspunkter, två samlingspunkter och in till avloppsreningsverket. Utöver dessa mätpunkter identifierades fyra andra punkter där det ansågs vara intressant att mäta flödet. Metoderna som var av intresse vid dessa punkter för flödesmätning var att antingen mäta med befintligt skibord i mätbrunn, portabelt skibord eller med hink och klocka.

3.9 Sammanfatta schabloner som används idag

En sammanställning av schabloner som fanns gjordes och för vilket område i industriparken som respektive schablon representerade. Även en rimlighetsbedömning av schablonen bör utföras. Om schablonen inte anses rimlig så bör den på något sätt kontrolleras. Antingen genom

att mäta flödet eller att räkna fram flödet genom att till exempel använda ett standardvärden för kontor, laboratorier eller omklädningsrum. Schablonerna som används idag i industriparken är resultat av mätningar och gamla erfarenheter.

3.10 Filmning av avloppsledningar

Då det fanns tydliga tecken på inläckage i avloppsledningarna, men där det var svårt att sätta upp mätutrustning har möjligheten till att filma avloppsledningarna funnits. Svårigheter med att sätta upp mätutrustningen är:

- Det behövs ström. Det är inte alltid som det finns lättillgängligt på områden i industriparken.
- Trafiksituationen.
- Brunnen ska vara utformad så att det antingen går att pumpa ut vatten och sedan tillbaka utan att få rundgång på vattnet eller så att det finns en brunn nedströms, relativt nära som det går att släppa vattnet till.

Går inte dessa kriterier att uppfylla filmas avloppsledningen istället. För filmningen har en extern resurs använts.

4 Resultat och Diskussion

Resultatet av examensarbetet är egentligen hela kapitel tre med metoden för hur arbetet med att hitta och kartlägga avloppsvatten i en industripark kan gå till. För att arbeta med okända vattenströmmar och tillskottsvatten i kommunala avloppsledningsnät finns det många beprövade metoder. Det finns inte lika mycket gjort med avloppsledningsnät i en industripark. Största skillnaderna mellan kommunala avloppsledningsnät och inom industrin är:

- Egenskaperna på vatten skiljer sig mellan kommunalt avloppsvatten. Även egenskaperna på vattnet mellan fabrikena skiljer sig.
- Går ej att utföra nattmätningar på samma sätt inom industriparken som med kommunala nät då fabrikena i industriparken går i princip 24 timmar om dygnet, 365 dagar om året.
- Svårt att hitta ett grundflöde i form av medeldygnsvärde som är representativt för en normal driftsdag för alla fabriker inom området.
- Anledningen för många kommuner att arbeta med tillskottsvatten är att minska volymen bräddat vatten till recipienten. Det är inte fallet i industriparken i Perstorp.

4.1 Sammanställning av arbetsgången

Nedan är Lundblad och Backös (2012) metod för att arbeta med tillskottsvatten.

1. Områdesindelning
2. Plan för flödesmätning
3. Nederbördsdata
4. Bräddningar och bakvatten

Denna har som sagt varit som grund, men omarbetats till att anpassas till en industriverksamhet.

1. Lära känna området. Ut och titta på topografin, öppna brunnar, följ ledningar från brunn till brunn och få en klar bild av hur området ser ut och studera kartor över området.
2. Områdesindelning. Dela in i delområden efter ålder på ledningar och material i ledningen. Gör även en uppdelning efter befintliga mätningar, schabloner och andra kända egenskaper på områdena.
3. Sammanställ befintlig flödesmätning.
4. Beräkna regnvattentillskott.
5. Sammanställning av vattenförbrukning.
6. Planering och utförande av flödesmätning.
7. Undersök även områden som har mätning så att allt flöde går igenom mätaren och att mätaren är tillförlitlig.

Lära känna området anses vara en av de viktigaste delarna av metoden. Det gäller att komma ut i verkligheten och se hur det verkligen ser ut. Hur är statusen, hur stort flöde är det genom en brunn när det regnar och när det inte regnar? Hur ser verksamheten som är ansluten till en brunn ut? Under denna delen av arbetet krävs det mycket tid, men det är viktigt för att i ett

senare skede kunna göra en bra områdesfördelning. I lära känna området kan det också vara bra att prata med folk som har lokala erfarenheter om ledningarna och brunnarna. Finns det några ställen som någon har misstankar om att det finns inläckage i?

Som en del av att lära känna området behöver också kartor studeras över området. Både kartor över ledningarna, med information om ledningarna, och kartor över topografin behövs. Förhoppningen är att denna information finns tillgänglig i en databas som VA-förvaltaren ansvarar för. Börjar informationen i databasen halta och inte uppdateras kommer det krävas mycket arbete för att vid ett senare tillfälle komma ikapp med detta arbete. Arbetet med att kategorisera området försvåras om inte material på ledningarna, ålder på ledningar, eller vattengångarna i ledningarna finns tillgängligt.

Numreringen för de olika delarna behöver inte följa den som angetts ovan. Beroende på vilken information som finns tillgänglig och vad för information som kommer fram från de olika stegen kan det vara bra att ändra om i numreringen. Det kan till och med vara så att vissa delar får göras om helt efter att ny information kommit fram.

4.2 Resultat riktat till Perstorp Industripark

Resultaten från undersökningarna som är riktade mot industriparken i Perstorp redovisas nedan. Sammanställning av flöden från flödesmätarna vid gamla och nya området, jämfört med in till avloppsreningsverket har sammanställts och redovisas i tabell 1. Sammanställningen har skett med data från befintliga flödesmätare.

Tabell 1. Flödesmätarna från gamla och nya området summeras och jämförs med flödesmätaren in till avloppsreningsverket. Fetmakerad text visar att ett känt fel på flödesmätaren.

	Ny området	Gamla området	Avloppsreningsverket	Okänt*	Nederbörd	Andel okänt	
	m ³	m ³	m ³	m ³	mm		
jan-16	1120,8		2185	1064	1,6	49%	
feb-16	1065,6	933,84	2211	212	2,7	10%	
mar-16	1005,6	879,6	2001	116	1,3	6%	
apr-16	1096,8	848,64	2066	121	2,3	6%	
maj-16	1034,4	858,24	2011	118	0,5	6%	
jun-16	1132,8	779,28	2127	215	1,6	10%	
jul-16	1560	786,48	2210	-136	4,1	-6%	
aug-16	1274,4	789,6	2174	110	2,1	5%	
sep-16	1528,8	752,4	2238	-43	0,9	-2%	
okt-16	1474	787,92	2240	-22	2,7	-1%	
nov-16	2548,8	870,48	2261	-1158	2,5	-51%	Fel på flödesmätare
dec-16	1128	777,84	2225	319,16	1,6	14%	
jan-17	1152	826,56	2242	263	1,1	12%	
feb-17	1185,6	945,12	2438	307	2,3	13%	
mar-17	1159,2	842,4	2296	294	1,9	13%	
apr-17	1072,8	810,24	2152	269	2,4	12%	
maj-17	1108,8	812,16	2111	190	0,9	9%	
jun-17	1327,2	859,68	2460	273	4,3	11%	
jul-17	1284	708,96	2307	314	2,8	14%	
aug-17	1238,4	922,56	2386	225	3,2	9%	
sep-17	1351,2	933,6	2482	197	3,6	8%	
okt-17	1260	932,64	2393	200	5,1	8%	
nov-17	1221,6	1019,82	2411	170	4,3	7%	
dec-17	1303,2	1121,04	2702	277,76	4,4	10%	
jan-18	1312,8	1145,52	2665	207	3,0	8%	
feb-18	962,4	995,04	2455	498	0,9	20%	
mar-18	962,4	891,12	2398	544	1,2	23%	
apr-18	890,4	803,28	2161	467	1,5	22%	
maj-18	813,6	771,12	2098	513	0,5	24%	
jun-18	890,4	815,04	2214	509	0,7	23%	
jul-18	919,2	744,96	2129	465	0,5	22%	Fel på flödesmätare nya området
aug-18	967,2	801,6	2226	457	3,0	21%	
sep-18	945,6	705,6	2067	416	1,4	20%	
okt-18	924	785,52	2136	426	2,9	20%	
nov-18	976,8	753,36	2113	383	0,6	18%	
dec-18	1327,2	726,96	2130	76	1,6	4%	
jan-19	1248,6	961,97	2128	-82,57	1,9	-4%	
feb-19	1202,3	1012,75	2397	181,95	2,5	8%	

Då flödesmätaren för nya området inte har fungerat som den ska under stora delar av 2018 försvåras möjligheterna att dra slutsatser från flödesmätningen. Det gäller att hela tiden följa upp de kontinuerliga flödesmätningarna som finns tillgängliga. För uppföljning av kontinuerlig flödesmätning är det viktigt att flödesmätarna hålls i god kondition. Visar en flödesmätare fel i 10 månader går det inte att använda datan från den och vad som hänt under denna tiden missas.

Efter att flödena från nya och gamla området sammanställts har samma sammanställning gjorts för respektive område. Fabrikerna i det nya området har sammanställts med mätaren till det nya

området och fabriker i det gamla området har sammanställts med mätaren för det gamla området. Sammanställningarna av okänt vatten redovisas i tabell 2 och tabell 3. Den största delen av det okända vatten finns i det gamla området. Det gamla området är också störst till ytan och därav har gamla området prioriterats i det fortsatta arbetet. För att välja ut de mest kritiska områdena i det gamla området har områdena där det inte finns flödesmätning prioriteras tillsammans med där det finns betongledning.

Tabell 2. Sammanställning av flöden för nya området. Fetmarkerad text, fel på flödesmätare för nya området.

	Fabrik 1	Fabrik 2	Fabrik 3	Fabrik 4	Fabrik 5	Fabrik 6	Fabrik 13	Nederbörd	nya områ- det total- mätare	Summa nya områ- det	skillnad	
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	mm/dygn	m ³	m ³	m ³	
jan-16	496	147	1	230	9	60	9	1,6	1120,8	952	168,8	15%
feb-16	454	159	2	204	13	63	21	2,7	1065,6	916	149,6	14%
mar-16	400	135	2	246	11	55	19	1,3	1005,6	868	137,6	14%
apr-16	407	157	4	277	14	94	16	2,3	1096,8	969	127,8	12%
maj-16	346	169	5	261	12	124	11	0,5	1034,4	928	106,4	10%
jun-16	480	161	4	242	18	47	10	1,6	1132,8	962	170,8	15%
jul-16	526	130	2	247	10	48	22	4,1	1560	985	575	37%
aug-16	559	138	3	264	6	45	11	2,1	1274,4	1026	248,4	19%
sep-16	500	193	2	277	11	47	8	0,9	1528,8	1038	490,8	32%
okt-16	510	200	0	228	16	41	11	2,7	1474	1006	468	32%
nov-16	486	192	2	273	15	49	14	2,5	2548,8	1031	1517,8	60%
dec-16	542	146	4	215	17	50	8	1,6	1128	982	146	13%
Årsmedel 16	476	160	3	247	13	60	13	1,99				
jan-17	512	193	3	221	16	42	7	1,1	1152	994	158	14%
feb-17	525	196	2	231	14	44	22	2,3	1185,6	1034	151,6	13%
mar-17	486	191	0	255	19	44	21	1,9	1159,2	1016	143,2	12%
apr-17	497	193	3	206	28	46	7	2,4	1072,8	980	92,8	9%
maj-17	430	193	1	233	30	41	18	0,9	1108,8	946	162,8	15%
jun-17	533	191	1	306	31	49	16	4,3	1327,2	1127	200,2	15%
jul-17	533	202	0	285	30	48	16	2,8	1284	1114	170	13%
aug-17	500	184	1	239	25	46	23	3,2	1238,4	1018	220,4	18%
sep-17	555	192	2	259	26	39	17	3,6	1351,2	1090	261,2	19%
okt-17	519	174	2	267	22	42	20	5,1	1260	1046	214	17%
nov-17	574	121	0	229	21	52	20	4,3	1221,6	1017	204,6	17%
dec-17	532	212	4	273	26	54	19	4,4	1303,2	1120	183,2	14%
Årsmedel 17	516	187	2	250	24	46	17	3,03				
jan-18	541	198	1	253	19	50	9	3,0	1312,8	1071	241,8	18%
feb-18	547	176	0	252	13	50	6	0,9	962,4	1044	-81,6	-8%
mar-18	567	147	3	254	6	49	4	1,2	962,4	1030	-67,6	-7%
apr-18	467	153	2	262	6	49	8	1,5	890,4	947	-56,6	-6%
maj-18	547	70	3	232	8	43	4	0,5	813,6	907	-93,4	-11%
jun-18	557	169	2	290	1	46		0,7	890,4	1065	-174,6	-20%
jul-18	542	188	3	257	5	40		0,5	919,2	1035	-115,8	-13%
aug-18	550	206	3	245	5	51		3,0	967,2	1060	-92,8	-10%
sep-18	559	161	2	226	6	52		1,4	945,6	1006	-60,4	-6%
okt-18	526	170	2	217	6	45		2,9	924	966	-42	-5%
nov-18	569	157	3	207	6	42		0,6	976,8	984	-7,2	-1%
dec-18	553	141	3	200	10	42		1,6	1327,2	949	378,2	28%
Årsmedel 18	544	161	2	241	8	46		1,48				
jan-19	526	148	2	216	12	46		1,9	1248,6	950	298,6	24%
feb-19	557	175	4	223	32	55		2,5	1202,3	1046	156,3	13%

Tabell 3. Sammanställning av flöden för gamla området.

	Fabrik 8	Fabrik 9	Fabrik 9	Fabrik 10	Fabrik 11	Fabrik 12	Fabrik 14 total	Fabrik 15	Fabrik 16	Schablon 1	Schablon 2	Nederbörd	området total- mätare	Summa gamla omre	skilnad	
	m ³	m ³	m ³	m ₃	m ₃	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	mm/ d	m ³	m ³	m ³	%
jan-16	11	61	98		12	79	61	137	63	3	11	1,6		536	-536	
feb-16	13	60	98		9	109	50	134	59	3	11	2,7	934	546	388	42
mar-16	20	58	89		11	111	48	125	63	3	11	1,3	880	539	341	39
apr-16	22	71	98		16	84	46	115	36	3	11	2,3	849	502	347	41
maj-16	13	69	96		13	86	49	150	27	3	11	0,5	858	517	341	40
jun-16	38	56	88		14	134	60	121	25	3	11	1,6	779	550	229	29
jul-16	9	37	91		6	106	72	90	29	3	11	4,1	786	454	332	42
aug-16	20	71	98		12	90	64	52	31	3	11	2,1	790	452	338	43
sep-16	13	67	78		8	103	72	59	29	3	11	0,9	752	443	309	41
okt-16	8	72	83		12	102	56	105	34	3	11	2,7	788	486	302	38
nov-16	10	89	69		16	95	57	100	57	3	11	2,5	870	507	363	42
dec-16	6	97	65		10	74	57	161	58	3	11	1,6	778	542	236	30
Årsmedel 16	15	67	87		12	98	58	113	43	3	11	1,99		507		
jan-17	7	73	91		10	72	63	168	62	3	11	1,1	827	560	266	32
feb-17	8	111	71		13	86	70	168	68	3	11	2,3	945	609	336	36
mar-17	8	103	54		16	81	60	92	57	3	11	1,9	842	485	357	42
apr-17	8	73	92		13	65	82	90	47	3	11	2,4	810	484	326	40
maj-17	6	99	79		4	86	63	96	32	3	11	0,9	812	479	333	41
jun-17	8	95	101		10	95	67	128	28	3	11	4,3	860	546	313	36
jul-17	6	73	37		2	92	61	89	34	3	11	2,8	709	408	301	42
aug-17	7	104	80		14	139	89	98	33	3	11	3,2	923	578	345	37
sep-17	8	112	94		11	96	86	79	33	3	11	3,6	934	533	401	43
okt-17	10	117	91		17	89	70	65	33	3	11	5,1	933	506	426	46
nov-17	10	77	45		17	126	71	93	48	3	11	4,3	1020	501	519	51
dec-17	9	68	31		9	131	76	118	62	3	11	4,4	1121	518	603	54
Årsmedel 17	8	92	72		11	97	72	107	45	3	11	3,03		518		
jan-18	10	74	74		12	167	73	121	61	3	11	3,0	1146	606	540	47
feb-18	6	93	89		8	130	73	116	69	3	11	0,9	995	598	397	40
mar-18	9	111	98		17	85	90	107	62	3	11	1,2	891	593	298	33
apr-18	8	136	89	2	15	80	69	81	30	3	11	1,5	803	524	280	35
maj-18	12	88	109	0	12	81	79	57	22	3	11	0,5	771	474	297	39
jun-18	8	109	86	16	12	87	91	73	43	3	11	0,7	815	539	276	34
jul-18	8	61	77	24	1	89	100	84	38	3	11	0,5	745	496	249	33
aug-18	9	110	59	6	19	88	101	51	31	3	11	3,0	802	488	314	39
sep-18	10	107	39	3	13	75	78	57	25	3	11	1,4	706	421	285	40
okt-18	9	104	23	0	20	92	64	72	21	3	11	2,9	786	419	367	47
nov-18	9	86	54	13	20	37	62	90	25	3	11	0,6	753	410	344	46
dec-18	5	86	81	17	18	63	60	118	15	3	11	1,6	727	477	250	34
Årsmedel	9	97	73	9	14	92	79	85	36	3	11	1,48		507		
Jan-19	7	114	66	0	19	72	57	97	11	3	11	1,9	962	457	505	52

För att få en bild av hur mycket av flödet till avloppsreningsverket som är beroende av nederbörd har metoden fiktivt anslutna ytor används. Resultatet av undersökningen redovisas i tabell 4. I undersökningen användes fem regntillfällen under 2018 och 2019. Resultatet blev en fiktivt ansluten yta på 3,5 ha. Liknande undersökning gjordes under 1994 och 1995 för 18 olika regntillfällen och då blev resultatet 3,9 ha fiktivt ansluten yta. Under 1994 och 1995 blev spridningen för ytan på de 18 regntillfallen mellan 2,5 ha och 6,1 ha. Variationen på ytorna från de 18 första regntillfallen är ungefär lika stor som under regntillfallen under 2018 och 2019 (se

tabell 4). En fiktivt ansluten yta på 3,5 ha ger ett tillskott på 35 m³ vatten in till avloppsreningsverket för varje mm regn som faller.

Varför skiljer sig då storleken på ytan så mycket som den gör för perioderna som det gör i tabell 4? För att kunna resonera kring det har fyllnadsgraderna av grundvattenmagasinen i området använts (se fyllnadsgrad i Appendix A). För period ett, där det blev en av de mindre anslutna ytorna, har det varit lite grundvatten i marken vilket kan ha påverkat resultatet. När fyllnadsgraden har ökat av grundvattenmagasinen har också den fiktivt anslutna ytan ökat. Denna teori stämmer inte överens med period fem. Någon bra teori för varför ytan har minskat för detta regntillfälle finns inte. En möjlig anledning skulle kunna vara att en fabrik har stannat eller dragit ner produktionen under just detta regntillfälle.

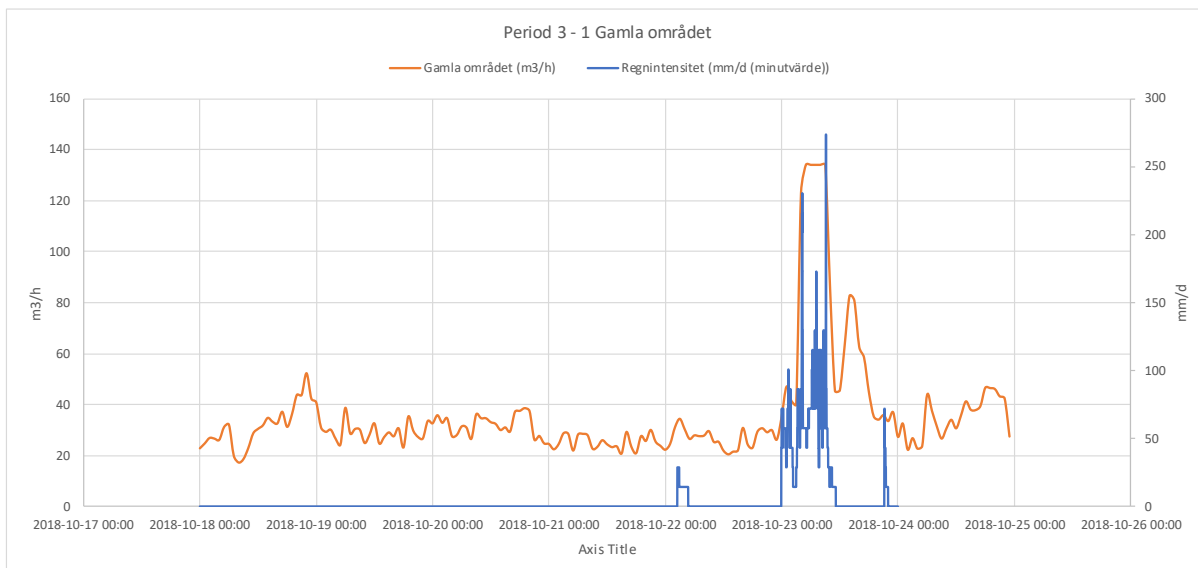
I industriparken finns endast en regnmätare som är placerad i ena hörnet av industriparken. För att få en bättre bild av en relativt stor industripark hade det varit intressant att se om det finns någon skillnad för nederbörden på olika ställen.

Tabell 4. Sammanställning av metoden fiktivt anslutna ytor. I tabellen ingår endast nyckeltal för avloppsreningsverket. Nyckeltal för nya och gamla området redovisas för varje period i Appendix A.

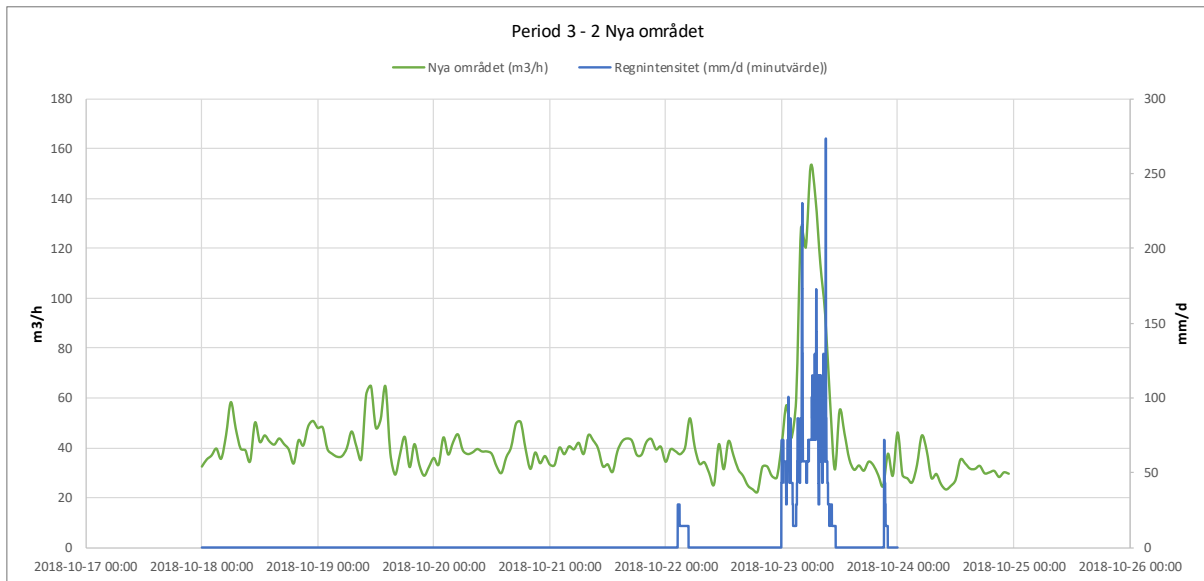
	Datum	Regn	Torrvädersflöde	Flöde	Vattentillskott	Nyckeltal	Medelnyckeltal för perioden
		mm/ pe- riod	m3/d	m3/d	m3/d	ha	ha
Period 1	2018-07-18	13	2174	2482	307	2,36	2,36
Period 2	2018-09-21	8,62	1757	2200	443	5,14	
	2018-09-22	7,82	1757	2026	269	3,44	4,29
Period 3	2018-10-23	28,46	2044	3320	1276	4,48	4,48
Period 4	2019-02-19	3,12	2373	2491	117	3,78	
	2019-02-20	2,23	2373	2436	63	2,8	
	2019-02-21	14,51	2373	2919	545	3,75	3,45
Period 5	2019-03-04	19,12	2374	2703	329	1,72	
	2019-03-05	23,15	2374	3668	1294	5,59	
	2019-03-06	8,6	2374	2442	67	0,78	
	2019-03-07	9,67	2374	2748	374	3,87	2,99
						Medelvärde	3,5

I samband med metoden fiktivt anslutna ytor gjordes även flödeskurvor för flödet genom samlingsmätarna nya området, gamla området och för flödesmätaren in till avloppsreningsverket. Alla flödeskurvor redovisas i Appendix A. Flödeskurvorna användes för att se var det fanns störst chans till inläckage i ledningarna. Om flödet genom flödesmätaren snabbt går upp under regntillfället och sedan går tillbaka till ungefär samma flöde som innan regntillfället antas det att det endast är direkt påverkan av nederbörden. Det vill säga inget större inläckage. Om flödet däremot går upp under regntillfället, avtar efter regnet, men inte går tillbaka utan ligger på ett större flöde än det var innan regntillfället kan området även vara indirekt påverkat av nederbörden. Under denna analys gäller det också att beakta topografin och storleken på området. I ett större och flackare område är tillrinnigstiden längre än i ett litet område med stora lutningar på marken.

Figur 5 och 6 är flödeskurvorna för det gamla respektive det nya området i industriparken. I det nya området syns bara en flödesökning under regntillfället och sedan återgår flödet till samma flöde som innan regnet. I det gamla området tar det ungefär en dag innan flödet återgår till samma flöde som innan regntillfället. Som nämnts innan så är gamla området större och flackare så en liten fördröjning jämfört med det nya området är rimlig, men inte i den storlek som har fått i flödeskurvorna. Utifrån flödeskurvorna i figur 5 och 6 tillsammans med flödeskurvorna i Appendix A dras slutsatsen att det finns mest inläckage i den gamla delen av industriparken. En parameter till som förstärker teorin om att det finns inläckage i ledningarna i det gamla området är att när fyllnadsgraden av grundvatten i akvifererna i området är större tar det längre tid innan flödet återgår till normalt flöde efter ett regn.



Figur 5. Flödeskurva för det gamla området från 2018-10-17 till 2018-10-24. Finns även med i Appendix A.



Figur 6. Flödeskriva för det gamla området från 2018-10-17 till 2018-10-24. Finns även med i Appendix A.

Det går att diskutera om det extra vattnet från regntillfällena ska subtraheras från det okända flödet eller ej. En del av regnvattnet bör ingå i flödena från fabriken och därför räknas dubbelt. Ett test för att beräkna fiktivt ansluta ytor på de tre stora fabriken, fabrik 1, fabrik 2 och fabrik 4 gjordes, men gav inget rimligt resultat. När det för ena regntillfället blir en negativ yta och för nästa tillfälle en yta på 7 ha är flödet mer beroende på hur fabriken går jämfört med hur mycket nederbörd som kommer. Därför har nederbördsvolymen subtraherats från det okända flödet.

Efter okulär inspektion av brunnar i områden som är rödmarkerade i figur 4 hittades två brunnar där det flödade ett relativt stort flöde. I den ena brunnen gjordes mätning med hink och klocka (redovisas i Appendix B, mätning 3). Till brunnen är endast kontor och restaurang anslutet och det momentana morgonflödet i denna brunn var ungefär 42 m³/dygn. Vid lunchtid när restaurangen belastar avloppsreningsverket som mest gjordes också mätning med hink och klocka. Det momentana flödet vid lunch är 86 m³/h. Flödet i denna brunn anseddes vara så stort att ledningen inspekterades med filmkamera (redovisas i Appendix C). I en del av ledningen upptäcktes då flera fogar som var fuktiga, inträngande av rötter och ett flertal sprickor i godset. På ett par ställen droppade det och på ett ställe flödade det in grundvatten. Filmerna av ledningarna har lämnats till fastighetsbolaget för beslut av reparation.

I ett av de röda områdena i det gamla området där det idag inte finns någon verksamhet har det upptäckts ett flöde som inte har gått att mäta på grund av utformningen av brunnarna till ledningen. Denna upptäckt gjordes sent i arbetet. Vattnet i ledningen var mycket klart och för att säkerställa att det inte var kontaminerat vatten togs ett prov ut och TOC halt analyserades. Analysresultat för TOC blev 5,68 mg/l.

Med hjälp av regnmängden, de nya mätningarna har en tredjedel av det okända flödet kunnat uppskattas vilket redovisas i tabell 5 och tabell 6. Med fler flödesmätningar för röda områden i figur 4 kommer ännu större del av det okända flödet kunna förklaras. Schablon tre är en schablon för en del av en fabrik. Utrustningen i denna delen byttes till en utrustning som inte genererar lika mycket avloppsvatten i maj 2018. Denna schablon hade inte uppdaterats i befintlig sammanställning av flöden till avloppsreningsverket utan har fått korrigeras nu under arbetet. Den nya schablonen har tagits fram med hjälp av designdata för den nya utrustningen. När andel okänt vatten studeras vid bytet av utrustningen har den gamla schablonen varit för högt satt. Andelen okänt vatten blev större efter korrigeringen av schablonen.

Tabell 5. Fabrikernas flödesmätare. Fabrik 16 är inte adderad till summa fabriker. Flödet från fabrik 16 subtraheras direkt från det okända i tabell 3. Fabrik 10 är inte heller adderad till summa fabriker. Den strömmen går igenom fabrik 16 och kommer med i fabrik 16s flöde.

Utsläpp av processavloppsvatten 2016 - 2019																			
	Fabrik 1	Fabrik 2	Fabrik 3	Fabrik 4	Fabrik 5	Fabrik 6	Fabrik 7	Fabrik 8	Fabrik 9	Fabrik 10	Fabrik 11	Fabrik 12	Fabrik 13	Fabrik 14	Fabrik 14:s kyltorn	Fabrik 15	Fabrik 16	Summa Fabrik	Ingående
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
jan-16	496	147	1	230	9	60	11	61	98		12	79	9	21	40	137	63	1337	2185
feb-16	454	159	2	204	13	63	13	60	98		9	109	21	15	35	134	59	1314	2211
mar-16	400	135	2	246	11	55	20	58	89		11	111	19	5	43	125	63	1268	2001
apr-16	407	157	4	277	14	94	22	71	98		16	84	16	6	40	115	36	1342	2066
maj-16	346	169	5	261	12	124	13	69	96		13	86	11	11	38	150	27	1281	2011
jun-16	480	161	4	242	18	47	38	56	88		14	134	10	6	54	121	25	1377	2127
jul-16	526	130	2	247	10	48	9	37	91		6	106	22	6	66	90	29	1335	2210
aug-16	559	138	3	264	6	45	20	71	98		12	90	11	4	60	52	31	1412	2174
sep-16	500	193	2	277	11	47	13	67	78		8	103	8	3	69	59	29	1408	2238
okt-16	510	200	0	228	16	41	7,79	72	83		12	102	11	6	50	105	34	1372,79	2240
nov-16	486	192	2	273	15	49	10	89	69		16	95	14	12	45	100	57	1424	2261
dec-16	542	146	4	215	17	50	5,8	97	65		10	74	8	14	43	161	58	1348,8	2225
Medel 16	476	160	3	247	13	60	15	67	87		12	98	13	9	49	113	43	1352	2162
jan-17	512	193	3	221	16	42	7,3	73	91		10	72	7	14	49	168	62	1372,31	2242
feb-17	525	196	2	231	14	44	8,1	111	71		13	86	22	16	54	168	68	1460,73	2438
mar-17	486	191	0	255	19	44	8,4	103	54		16	81	21	6	54	92	57	1395,44	2296
apr-17	497	193	3	206	28	46	8,4	73	92		13	65	7	4	78	90	47	1360,37	2152
maj-17	430	193	1	233	30	41	6,1	99	79		4	86	18	6	57	96	32	1315,11	2111
jun-17	533	191	1	306	31	49	8,4	95	101		10	95	16	5	62	128	28	1531,2	2460
jul-17	533	202	0	285	30	48	5,8	73	37		2	92	16	6	55	89	34	1418,82	2307
aug-17	500	184	1	239	25	46	6,6	104	80		14	139	23	5	84	98	33	1483,59	2386
sep-17	555	192	2	259	26	39	7,8	112	94		11	96	17	5	81	79	33	1529,8	2482
okt-17	519	174	2	267	22	42	10,15	117	91		17	89	20	6	64	65	33	1473,15	2393
nov-17	574	121	0	229	21	52	9,6	77	45		17	126	20	7	64	93	48	1410,6	2411
dec-17	532	212	4	273	26	54	9,3	68	31		9	131	19	13	63	118	62	1506,3	2702
Medel 17	516	187	2	250	24	46	8	92	72		11	97	17	8	64	107	45	1439	2364
jan-18	541	198	1	253	19	50	9,5	74	74		12	167	9	8	65	121	61	1541,5	2665
feb-18	547	176	0	252	13	50	5,6	93	89		8	130	6	10	63	116	69	1511,57	2455
mar-18	567	147	3	254	6	49	9	111	98		17	85	4	15	75	107	62	1502	2398
apr-18	467	153	2	262	6	49	8	136	89	1,6	15	80	8	6	63	81	30	1374	2161
maj-18	547	70	3	232	8	43	12	88	109	0,1	12	81	4	5	74	57	22	1310	2098
jun-18	557	169	2	290	1	46	8	109	86	16	12	87	5	4	87	73	43	1501	2214
jul-18	542	188	3	257	5	40	8	61	77	24,4	1	89	5	5	95	84	38	1409	2129
aug-18	550	206	3	245	5	51	9	110	59	6,0	19	88	8	7	94	51	31	1477	2226
sep-18	559	161	2	226	6	52	10	107	39	2,7	13	75	8	7	71	57	25	1353	2067
okt-18	526	170	2	217	6	45	9	104	23	0	20	92	18	5	59	72	21	1299	2136
nov-18	569	157	3	207	6	42	9	86	54	12,6	20	37	3	8	54	90	25	1277	2113
dec-18	553	141	3	200	10	42	5	86	81	16,8	18	63	7	13	47	118	15	1277	2130
Medel 18	544	161	2	241	8	46	9	97	73	8,9	14	92	7	8	71	85	36	1408,5833	2232
jan-19	526	148	2	216	12	46	7	114	66	0,0	19	72	8	11	46	97	11	1304	2128
feb-19	557	175	4	223	32	55	7	105	69	20,1	11	79	10	6	69	137	6	1408	2397
mar-19	518	200	4	247	21	55	8	131	61	6,9	17	88	15	6	66	106	9	1446	2422
apr-19	537	149	5	216	18	44	7	110	77	23,0	15	90	11	5	65	124	16	1365	2184

Tabell 6. Schabloner, kampanjmätningar och regnvattentillskott. Gult är schabloner som fanns innan arbetet, orange är nya schabloner och blått är det okända vattnet innan arbetet påbörjades.

Utsläpp av processavloppsvatten 2016 - 2019																						
	Schablon 1			Schablon 2			Schablon 3			Summa Fabrik	Ingående	Mätning 1	Mätning 3	Pumpning från fabrik 9	Regnvatten	Kommunalt vatten schablon	Okänt*	Nederbörd	Andel okänt	Okänt innan exjobb	Andel okänt	diff
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
jan-16	3	11	200	1337	2185	7,7	42	56	35	356	1,6	16%	497	23%	141							
feb-16	3	11	200	1314	2211	7,7	42	94,5	35	370	2,7	17%	549	25%	179							
mar-16	3	11	200	1268	2001	7,7	42	45,5	35	264	1,3	13%	394	20%	130							
apr-16	3	11	200	1342	2066	7,7	42	80,5	35	230	2,3	11%	395	19%	165							
maj-16	3	11	200	1281	2011	7,7	42	17,5	35	264	0,5	13%	366	18%	102							
jun-16	3	11	200	1377	2127	7,7	42	56	35	274	1,6	13%	415	20%	141							
jul-16	3	11	200	1335	2210	7,7	42	143,5	35	343	4,1	16%	571	26%	228							
aug-16	3	11	200	1412	2174	7,7	42	73,5	35	338	2,1	16%	496	23%	158							
sep-16	3	11	200	1408	2238	7,7	42	31,5	35	441	0,9	20%	557	25%	116							
okt-16	3	11	200	1372,79	2240	7,7	42	94,5	35	369	2,7	16%	548	24%	179							
nov-16	3	11	200	1424	2261	7,7	42	87,5	35	351	2,5	16%	523	23%	172							
dec-16	3	11	200	1348,8	2225	7,7	42	56	35	361	1,6	16%	501	23%	141							
Medel 16	3	11	200	1352	2162	7,7	42	70	35	329	2,0	15%	483	22%	154							
jan-17	3	11	200	1372,31	2242	7,7	42	38,5	35	364	1,1	16%	488	22%	123							
feb-17	3	11	200	1460,73	2438	7,7	42	80,5	35	430	2,3	18%	595	24%	165							
mar-17	3	11	200	1395,44	2296	7,7	42	66,5	35	443	1,9	19%	595	26%	151							
apr-17	3	11	200	1360,37	2152	7,7	42	84	35	319	2,4	15%	488	23%	169							
maj-17	3	11	200	1315,11	2111	7,7	42	31,5	35	370	0,9	18%	486	23%	116							
jun-17	3	11	200	1531,2	2460	7,7	42	150,5	35	352	4,3	14%	587	24%	235							
jul-17	3	11	200	1418,82	2307	7,7	42	98	35	402	2,8	17%	585	25%	183							
aug-17	3	11	200	1483,59	2386	7,7	42	112	35	394	3,2	17%	590	25%	197							
sep-17	3	11	200	1529,8	2482	7,7	42	126	35	449	3,6	18%	659	27%	211							
okt-17	3	11	200	1473,15	2393	7,7	42	178,5	35	378	5,1	16%	641	27%	263							
nov-17	3	11	200	1410,6	2411	7,7	42	150,5	35	458	4,3	19%	693	29%	235							
dec-17	3	11	200	1506,3	2702	7,7	42	154	35	625	4,4	23%	864	32%	239							
Medel 17	3	11	200	1439	2364	7,7	42	105,9	35,0	413,4	3,0	17%	604	26%	191							
jan-18	3	11	200	1541,5	2665	7,7	42	11	105	588	3,0	22%	789	30%	201							
feb-18	3	11	200	1511,57	2455	7,7	42	5	31,5	493	0,9	20%	613	25%	121							
mar-18	3	11	200	1502	2398	7,7	42	4	42	444	1,2	19%	575	24%	131							
apr-18	3	11	200	1374	2161	7,7	42	8	52,5	347	1,5	16%	492	23%	145							
maj-18	3	11	126	1310	2098	7,7	42	4	17,5	485	0,5	23%	517	25%	32							
jun-18	3	11	126	1501	2214	7,7	42	4	24,5	386	0,7	17%	426	19%	40							
jul-18	3	11	126	1409	2129	7,7	42	4	17,5	390	0,5	18%	422	20%	32							
aug-18	3	11	126	1477	2226	7,7	42	6	105	362	3,0	16%	484	22%	122							
sep-18	3	11	126	1353	2067	7,7	42	6	49	378	1,4	18%	443	21%	65							
okt-18	3	11	126	1299	2136	7,7	42	8	101,5	431	2,9	20%	551	26%	120							
nov-18	3	11	126	1277	2113	7,7	42	4	21	496	0,6	23%	532	25%	36							
dec-18	3	11	126	1277	2130	7,7	42	7	56	448	1,6	21%	521	24%	73							
Medel 18	3	11	126	1408,58	2232	7,7	42,0	5,9	51,9	455,9	1,5	20%	524	23%	68							
jan-19	3	11	126	1304	2128	7,7	42	5	66,5	431	1,9	20%	513	24%	82							
feb-19	3	11	126	1408	2397	7,7	42	6	87,5	534	2,5	22%	638	27%	104							
mar-19	3	11	126	1446	2422	7,7	42	11	161	473	4,6	20%	656	27%	183							
apr-19	3	11	126	1365	2184	7,7	42	6	35	430	1,0	20%	481	22%	51							

5 Slutsats

Arbetet med att hitta okända vattenflöden i ett avloppsledningsnät i en industripark med en så lång historia som Perstorp Industripark har är tidskrävande. För att använda tiden på bästa sätt gäller det att arbeta strukturerat. Det skiljer sig en del från att arbeta med ett kommunalt avloppsledningsnät. För att hitta tillskottsvatten i kommunala avloppsledningsnät används ofta nattmätningar. Det fungerar som tidigare nämnts inte när fabrikena släpper avloppsvatten dygnet runt.

Då kommunala VA-förvaltare försöker kartlägga tillskottsvatten är en av metoderna som de kan använda sig av nattmätningar. Då det antas att inte ske någon aktivitet under nätter antas allt vatten som mäts under en natt vara inläckage. Mätningen kan ske med portabelt skibord eller med V/h-mätare. Lundbalds och Backös (2012) metod har använts som grund och arbetats om och anpassats till industriparker enligt nedan.

1. Lära känna området. Ut och titta på topografin, öppna brunnar, följ ledningar från brunn till brunn och få en klar bild av hur området se ut och studera kartor över området.
2. Områdesindelning. Dela in i delområden efter ålder på ledningar och material i ledningen. Gör även en uppdelning efter befintliga mätningar, schabloner och andra kända egenskaper på områdena.
3. Sammanställ befintlig flödesmätning.
4. Beräkna regnvattentillskott.
5. Sammanställning av vattenförbrukning.
6. Planering och utförande av flödesmätning.
7. Undersök även områden som har mätning så att allt flöde går igenom mätaren och att mätaren är tillförlitlig.

Metoden för att kartlägga okända strömmar som rekommenderas är att strukturera upp arbetet, kategorisera områden och arbeta med ett i taget. För att välja ut de mest kritiska områdena behövs information om varje område. Informationen som behövs är ålder på ledningarna, material på ledningarna, hur stor nederbördspåverkan området har, vad för form av aktivitet som utförs i området och om det finns flödesmätning eller inte. Om det är kontor och restauranger så fungerar metoder som kommunal VA-förvaltare använder sig utav så som nattmätningar. Är det produktion där aktivitet utförs 24 timmar om dygnet, 365 dagar om året kan istället en vattenbalans göras för området. Skillnaden på uppmätt volym och volymen som fås ut i vattenbalansen kan antas vara tillskottsvatten. Det gäller att prioritera och inte ge upp om arbetet inom just det området inte skulle ge något utan då är det bara att börja med nästa område. För att arbeta igenom ett område som är stort som industriparken i Perstorp är inte 20 veckor tillräckligt utan mer tid behövs.

Anpassningar, undantag från den framtagna metoden som fått göras i industriparken i Perstorp då information inte funnits tillgänglig och det inte funnit tid till att ta fram information är:

- Uppdatering av alla befintliga schabloner.
- Bestämma schabloner för alla områden som inte har mätning.
- Klassning av område har bara gjorts efter material i ledningar och mätning.
- Vattenbalanser för områden.

Schablonerna som använts i industriparken är baserade på tidigare mätningar och erfarenheter. Då det finns stora områden i industriparken där det inte finns flödesmätning eller schablon antas volymerna av dessa områden kunna bidra till att få kännedom om var delar av det okända flödet kommer ifrån. Om det inte anses vara tillräckligt stort flöde för att ha kontinuerlig flödesmätning för området kan en kampanjmätning ske som grund för en schablon för området.

Examensarbetet har även lett till direkt ekonomiska och miljömässiga fördelar. Till exempel under studerandet av förbrukning av vatten i lokaler hittades en kran som stått öppen i flera år och spolat ut vatten i en dagvattenbrunn. Genom kranen flödade 500 m³/månad. Det visar på att i industriparker finns det mycket arbete med vattenförbrukning och vattenrening kvar att göra. Industriparken i Perstorp är säkert inte unik inom detta område.

En personlig slutsats, lärdom av arbetet är att det krävs mycket arbete med data för ett arbete som liknar detta. Det går inte endast att lita på att all data är av god kvalitet utan det krävs mycket tid för att undersöka om data är rimlig och vad som kan ha gjort att till exempel ett flöde har varit större en månad jämfört med andra månader. Har fabriken som flödesmätaren gjort något speciellt eller har det varit problem med flödesmätaren. Speciellt när arbetet sker med data som är några år gamla. Då är det bra om det förts en logg på speciella saker som hänt eller om det varit problem med flödesmätare.

Med relativt lite resurser och tid så har examensarbetet lett till en hel del förbättringar och ny kunskap för Perstorp Industripark. Förhoppningen är att arbetet bara är starten för arbetet med det okända vattnet i industriparken och att den största delen av vattnet kommer att kunna förklaras.

6 Förslag till fortsatta arbete/studier

Alla befintliga schabloner i området behöver gås över och verifiera att de stämmer. Schablonerna är bestämda för många år sedan och många verksamheter har ändrats sedan schablonerna bestämdes.

För fortsatt arbete inom industriparken behöver flödena för de röda områdena i figur 4 mätas upp. Målsättningen måste vara att ha ett uppmätt flöde som grund för en schablon för alla områden inom industriparken som inte har kontinuerlig flödesmätning.

Informationen i databasen som finns tillgänglig behöver uppdateras och kompletteras med ny information. Vattengångar, ålder och skick på ledningarna är information som hade varit bra att komplettera databasen med. Ett förslag är också att kunna koppla filmningar av ledningar till databasen.

Ett arbete till som bör göras är vattenbalanser för de gröna områdena för att få en bild av om det finns inläckage i de gröna områdena.

I avgränsningarna av examensarbetet bestämdes det att verifiering av befintlig flödesmätning inte skulle göras. Under arbetets gång och efter okulärt studerat mätbrunnar med skibord kan det konstateras att mätbrunnarna inte är konstruerade enligt rekommendationer. Studier på hur stor del av det kända flödet som kan förklaras av mätfelen i brunnarna bör göras.

För att kunna planera arbetet bättre i framtiden kan det vara bra att studera hur olika plastmaterial påverkas av kemikalierna (syror, baser, lösningsmedel, salter) som används i de olika fabrikena. Det finns gränser och rekommendationer på vad som får släppas till avloppsreningsverket, men det kan alltid ske haveri som kan leda till utsläpp av oönskade ämnen. Hur påverkas livslängden om en ledning utsätts för en starka syra under längre tid. Ett exempel som är intressant för speciellt industriparken i Perstorp är hur en ledning av PVC som utsätts för lut under en längre tid behåller sina egenskaper. Under litteraturstudien hittades ingen information om detta.

7 Referenser

- Backö, J. & Lundblad, U. (2012). *Undersökningsmetoder för att hitta källorna till tillskottsvatten* (Svenskt Vattens rapportserie 2012-13). Stockholm: Svenskt Vatten AB
- Blomquist, D., Hammarlund, H., Härle, P. & Karlsson, S. (2016). *Riktlinjer för modellering av spillvattenförande system och dagvattensystem* (Svenskt Vattens rapportserie 2016-15). Bromma: Svenskt Vatten AB
- Bäckman, H., Hellström, B. G., Jaryd, A. & Jonsson, Å. (1997). *Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem* (VA-FORSK-serie nr. 1997-15). Stockholm: VAV AB
- Carne, S., & Le, R. (2015). *Infiltration & Inflow Control Manual – Volume One Overview, Background, Theory*. (2an Edition March 2015). Wellington: Water New Zealand. ISBN: 978-0-473-31903-8
- Forsberg, B. (2011). *Tillskottsvatten i avloppsledningsnät – Ett förslag till utredningsstrategi till dagens teknik*. Göteborg: Norconsult AB
- Halfawy, M. & Hengmeechai, J. (2013). *Optical flow techniques for estimation of camera motion parameters in sewer closed circuit television inspection videos*. (Automation in Construction 38 (2014) s. 39-45). Elsevier
- Hey, G., Jönsson, K. & Mattsson A. (2016). *The impact of infiltration and inflow on wastewater treatment plants – A case study in Sweden*. (VA-teknik Södra Rapport Nr. 06 2016). VA-teknik Södra
- Lidström, V. (2012) *Vårt Vatten – Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik*. Solna: Svenskt Vatten AB
- Malm, A., Horstmark, A., Jansson, E., Larsson, G., Meyer, A. & Uusijärvi, J. (2011a). *Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar*. (Svenskt Vattens rapportserie 2011-12). Stockholm: Svenskt Vatten AB
- Malm, A., Horstmark, A., Larsson, G., Uusijärvi, J., Meyer, A. & Jansson, E. (2011b). *Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd*. (Svenskt Vattens rapportserie 2011-14). Stockholm: Svenskt Vatten AB
- Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axén Mårtensson, J., Nyleén, L., Persson, H. & Sjökvist, E. (2015). *Framtidsklimat i Skånes län – enligt RCP-scenarier*. (SMHI Klimatologi Nr 29, 2015). Norrköping: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
- Persson, J., Fridell, K., Gustafsson, E. & Englund, J. (2014). *Att räkna på vatten – en formelsamling för landskapsingenjörer*. (Sveriges lantbruksuniversitet Rapport 2014:17). Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet

Persson, M. K., Rindelöv, M. & Grassi, R. (2016). *Statusbestämning av ledningsnät*. (Svenskt Vattens rapportserie 2016-07). Stockholm: Svenskt Vatten AB

Staufer, P., Scheidegger, A. & Rieckermann, J. (2012) *Assessing the performance of sewer rehabilitation on the reduction of infiltration and inflow*. (Water Research 46 (2012), p. 5185-5196). Elsevier Ltd

Uusijärvi, J. (2013). *Reducering av in- och utläckage genom aktiv läcksökning*. (Svenskt Vattens rapportserie 2013-03). Stockholm: Svenskt Vatten AB

8 Appendix A – Beräkning av fiktivt ansluta ytor och flödeskurvor

För bestämning av nyckeltalet fiktivt anslutna ytor har 5 olika regntillfällen under 2018 och 2019 studerats. Under åren 1994 och 1995 gjordes samma bestämning av nyckeltal och den gången blev nyckeltalet 3,9 ha. Spridningen för de olika regnen under 1994-95 mellan 2,5 ha och 6,0 ha fiktiv ansluten hårdgjord yta. Resultaten från de fem olika regnperioderna redovisas i Appendix tabell 1.

För bestämning av nyckeltalet har Excel, Uni-wiev och Aspen Process använts. Uni-wiev och Aspen Process är program som används på siten för lagring av data. De fem regntillfällena som har analyserats har valts ut då ett relativt stort och intensivt regn har fallit. Innan regnet har även 3-5 dagar varit utan regn. Dessa dagar har använts för att beräkna ett medelvärde på ett torrvädersdygn. Torrvädersdygnet har sedan subtraherats med dygnsflödet för dygnet som det har regnat. Det extra vattentillskottet har dividerats med nederbörden under dygnet för att få fram en den fiktivt anslutna ytan. Grafer har skapats för att få en bild av regnförloppet och för att lättare kunna analysera regnet.

De utvalda perioderna är:

Period 1: 2018-07-15 till 2018-07-19. (Intensivt regn under en torr sommar) Totalt 13 mm regn. Fyllnadsgrad Morän grundvatten 2,5 % och fyllnadsgrad isälvsavlagring grundvatten 29%. Informationen sammanställs i Appendix tabell 2 och flödeskurvor finns i Appendix figur 1, Appendix figur 2 och Appendix figur 3

Period 2. 2018-09-16 till 2018-09-23. (Intensivt regn under hösten efter torr sommar) Totalt 21,5 mm regn.

Fyllnadsgrad Morän grundvatten 0 % (-05%) och fyllnadsgrad isälvsavlagring grundvatten 19,8%. Informationen sammanställs i Appendix tabell 3 och flödeskurvor finns i Appendix figur 4, Appendix figur 5 och Appendix figur 6.

Period 3. 2018-10-18 till 2018-10-24. (Höstregn) Totalt 30,2 mm regn. Fyllnadsgrad Morän grundvatten 9,4% och fyllnadsgrad isälvsavlagring grundvatten 18,3%. Informationen sammanställs i Appendix tabell 4 och flödeskurvor finns i Appendix figur 7, Appendix figur 8 och Appendix figur 9.

Period 4. 2019-02-14 till 2019-02-22. Totalt 19,8 mm regn. Fyllnadsgrad Morän grundvatten 79,3% och fyllnadsgrad isälvsavlagring grundvatten 31,9%. Informationen sammanställs i Appendix tabell 5 och flödeskurvor finns i Appendix figur 10, Appendix figur 11 och Appendix figur 12.

Period 5. 2019-02-26 till 2019-03-07. Totalt 64,1 mm regn. Fyllnadsgrad Morän grundvatten 77,8% och fyllnadsgrad isälvsavlagring grundvatten 34,0%. Informationen sammanställs i Appendix tabell 6 och flödeskurvor finns i Appendix figur 13, Appendix figur 14 och Appendix figur 15.

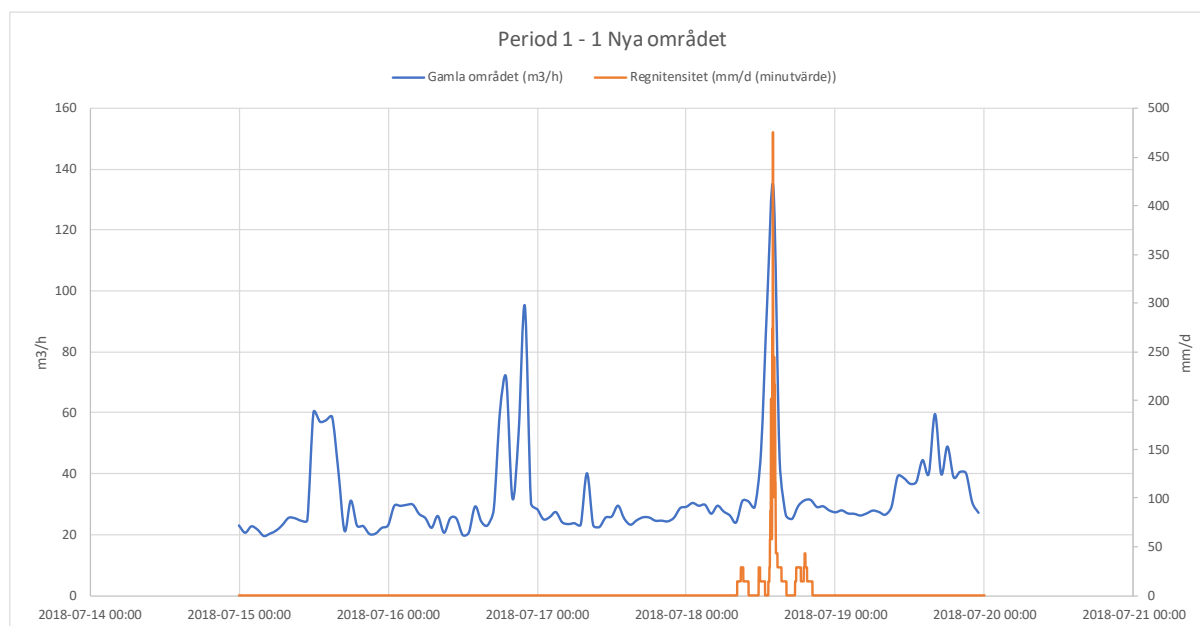
Siffror från SGU:s tjänst grundvatten (<http://grundvatten.nu/modelgroundwater/client-sgu/index.html>) Område #309

Fyllnadsgraden av akvifärena är med för att kunna analysera flödeskurvorna.

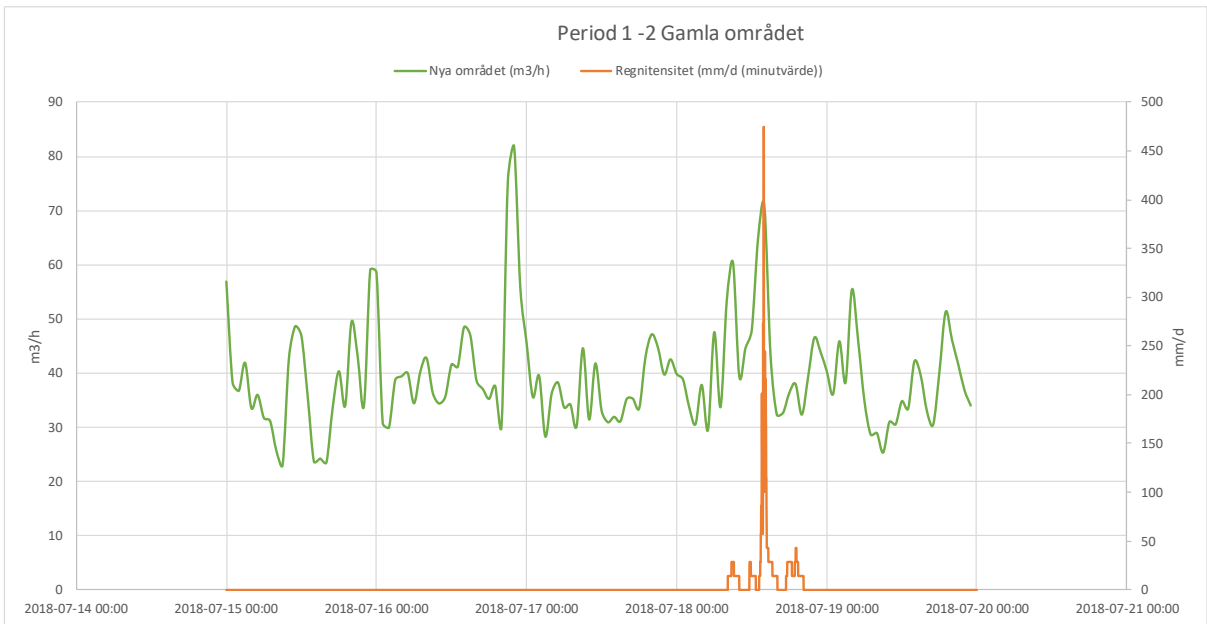
Appendix tabell 1. Sammanställning av fem utvalda regnperioder.

Period	Datum	Regn (mm/period)	Torrvädersflöde (m ³ /d)	Flöde (m ³ /d)	Vattentillskott (m ³ /dygn)	Nyckeltal (ha)	Medelnyckeltal för perioden (ha)
Perid 1	2018-07-18	13	2174	2482	307	2,36	2,36
Perid 2	2018-09-21	8,62	1757	2200	443	5,14	
	2018-09-22	7,82	1757	2026	269	3,44	4,29
Perid 3	2018-10-23	28,46	2044	3320	1276	4,48	4,48
Perid 4	2019-02-19	3,12	2373	2491	117	3,78	
	2019-02-20	2,23	2373	2436	63	2,8	
	2019-02-21	14,51	2373	2919	545	3,75	3,45
Perid 5	2019-03-04	19,12	2374	2703	329	1,72	
	2019-03-05	23,15	2374	3668	1294	5,59	
	2019-03-06	8,6	2374	2442	67	0,78	
	2019-03-07	9,67	2374	2748	374	3,87	2,99
						Medelvärde	3,5

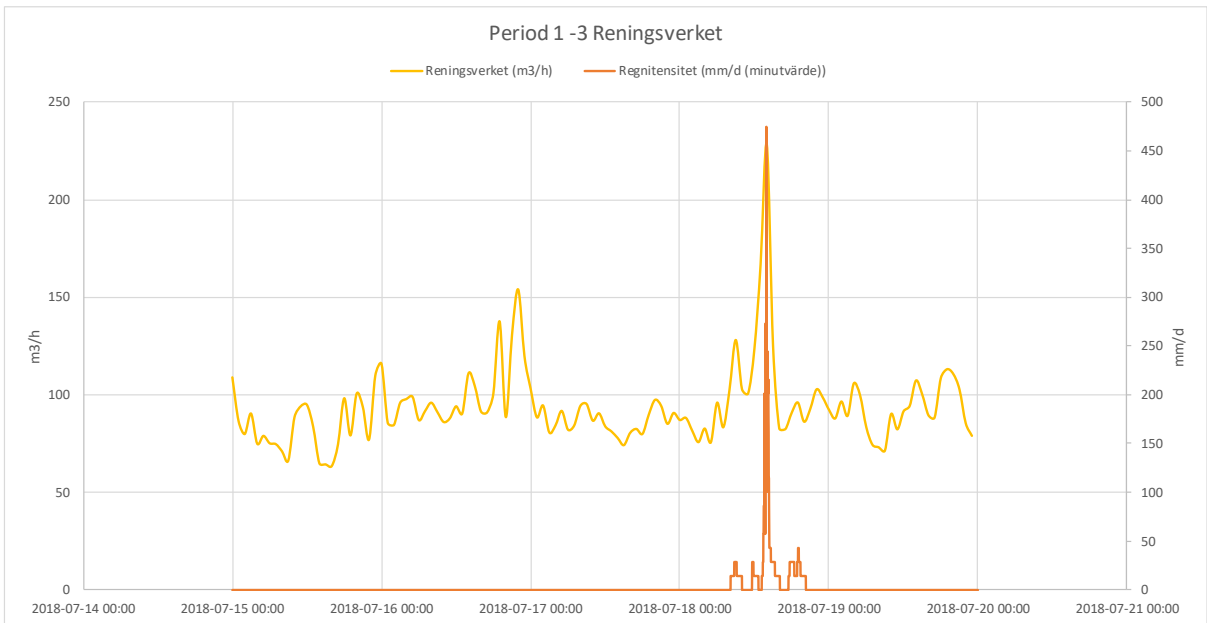
Period 1



Appendix figur 1. Flödeskurva nya området



Appendix figur 2. Flödeskurva gamla området

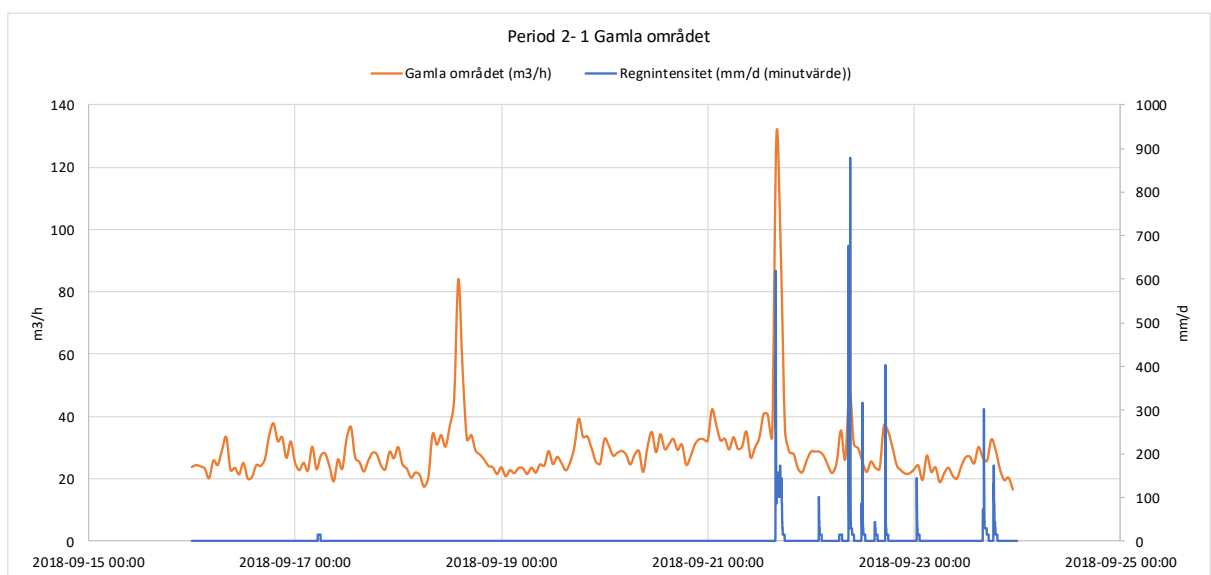


Appendix figur 3. Flödeskurva avloppsreningsverket.

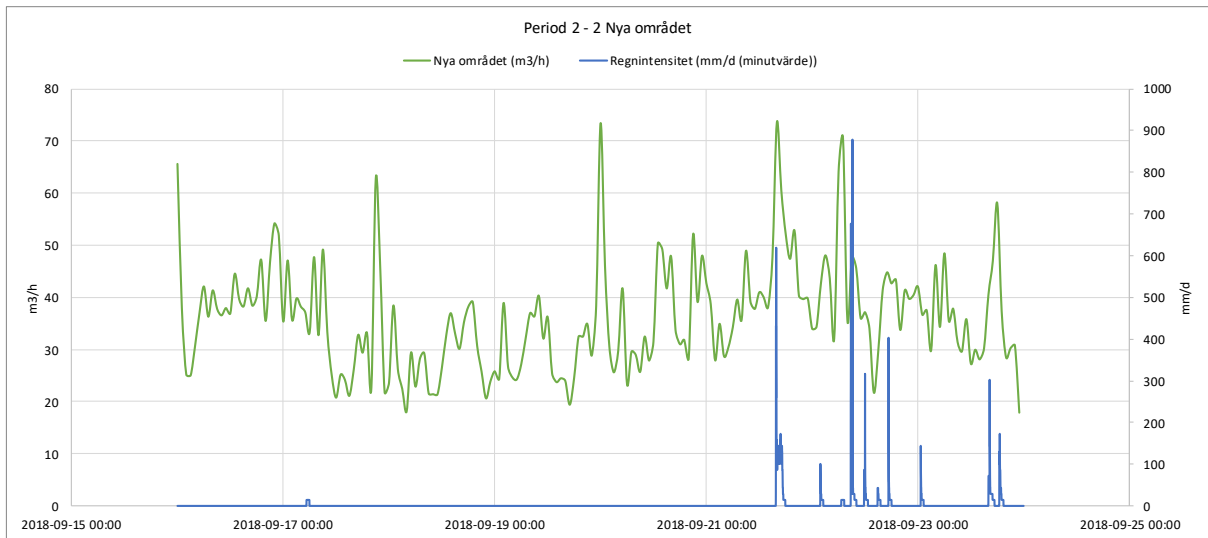
Appendix tabell 2. Sammanställning för period 1

datum	GO (m3)	NO (m3)	AvRv (m3)	Diff (m3)	regn			Nyckeltal GO (ha)	Nyckeltal NO (ha)	Nyckeltal AvRv (ha)	
					(mm/dyg n)	Regnvatten GO (m3)	Regnvatten NO (m3)				Regnvatten AvRv (m3)
2018-07-15	712	894	1996	390	0						
2018-07-16	805	1031	2434	597	0						
2018-07-17	624	888	2095	583	0						
2018-07-18	900	1017	2482	565	13	124	80	307	0,95	0,62	2,36
2018-07-19	839	905	2219	474	0						
Medel	776	947	2245	522	3				0,95	0,62	2,36
Min	624	888	1996	390							
Max	900	1031	2482	597							
Medel torr (2018-07-15 till 2018-07-19)	776	937	2175	523							

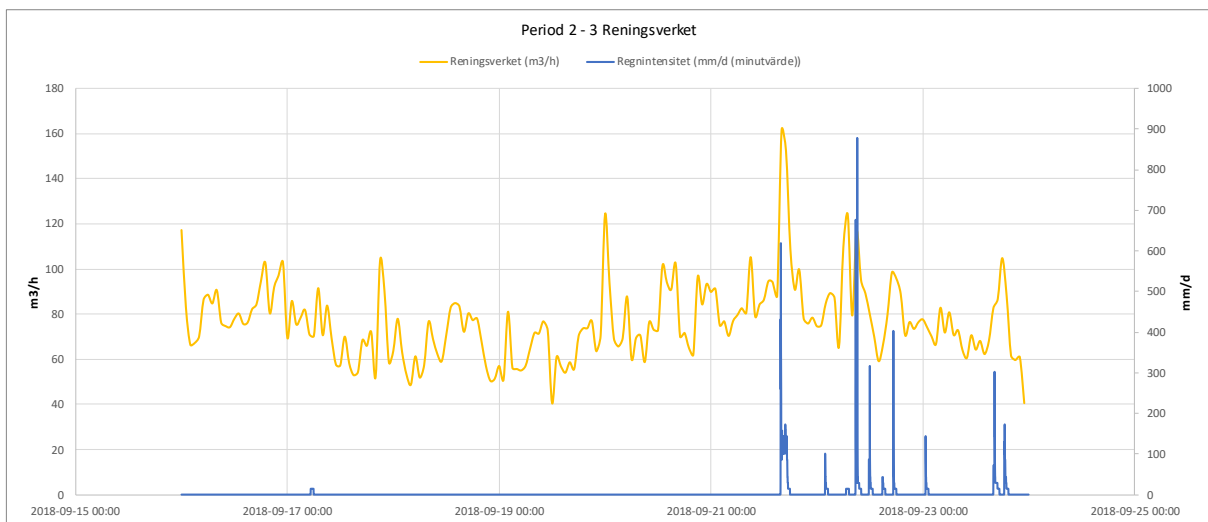
Period 2



Appendix figur 4. Flödeskurva nya området



Appendix figur 5. Flödeskurva gamla området.

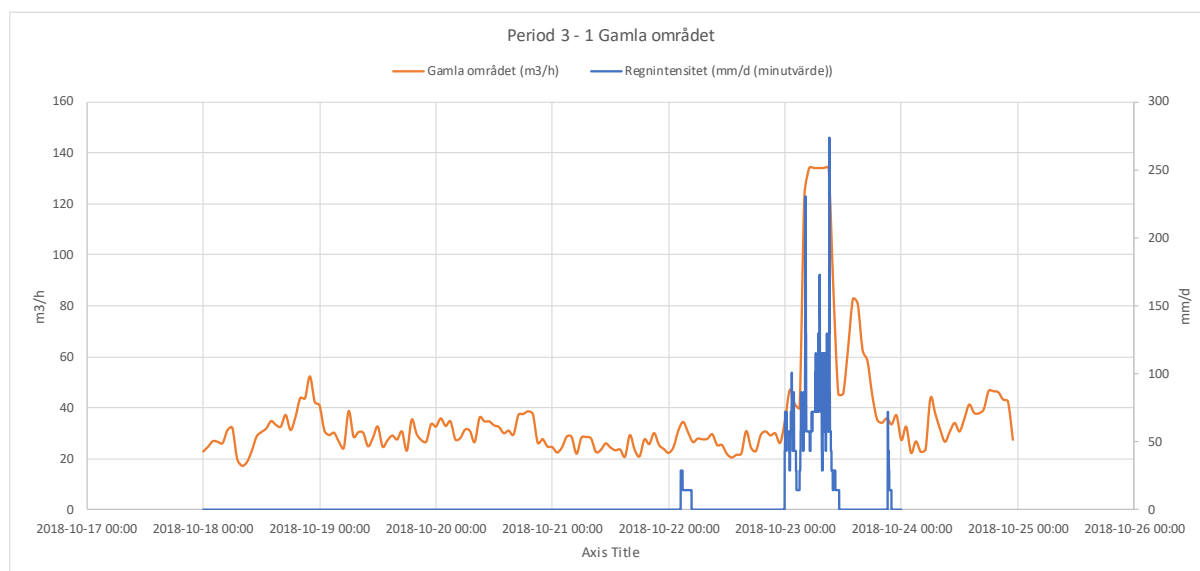


Appendix figur 6. Flödeskurva avloppsreningsverket.

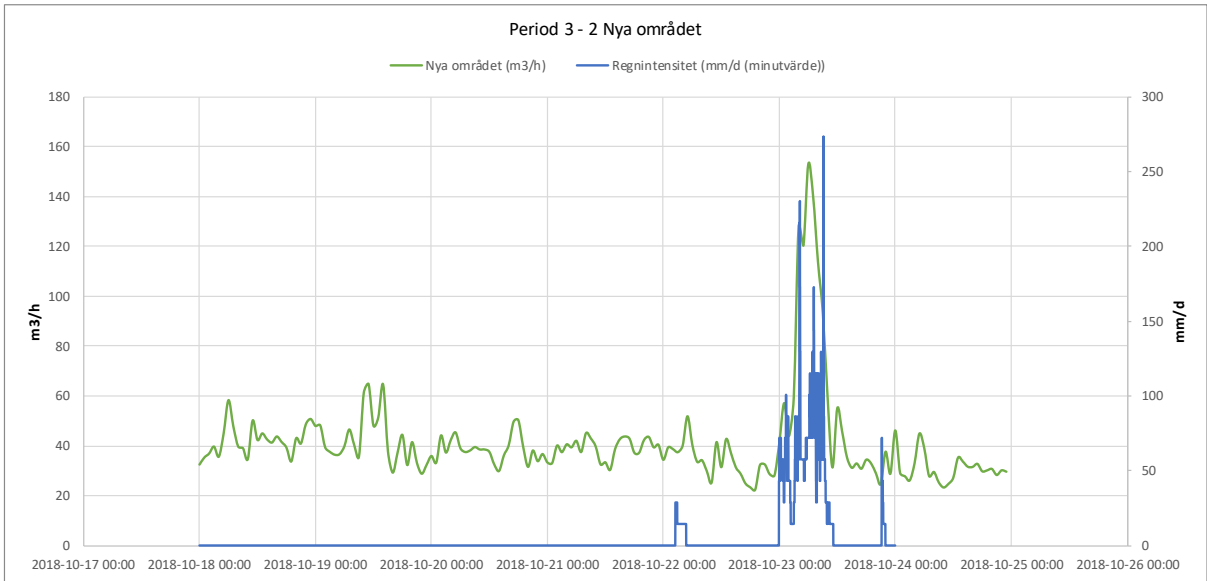
Appendix tabell 3. Sammanställning för period 2

datum	GO (m3)	NO (m3)	AvRv (m3)	Diff (m3)	regn			Nyckeltal GO (ha)	Nyckeltal NO (ha)	Nyckeltal AvRv (ha)	
					(mm/dyg n)	Regnvatten GO (m3)	Regnvatten NO (m3)				Regnvatten AvRv (m3)
2018-09-16	631	969	2026	426	0,0						
2018-09-17	624	821	1710	265	0,4						
2018-09-18	747	676	1601	178	0,0						
2018-09-19	621	715	1526	190	0,0						
2018-09-20	707	900	1923	316	0,0						
2018-09-21	925	1012	2200	263	8,6	259	196	443	3,00	2,28	5,14
2018-09-22	667	984	2026	375	7,8	1	168	269	0,01	2,15	3,44
2018-09-23	571	851	1711	289	5,1	-95	35	-46	-1,87	0,69	-0,91
Medel	687	866	1840	288	2,74				1,51	2,21	4,29
Min	571	676	1526	178	0,00						
Max	925	1012	2200	426	8,62						
Medel torr (2018-09-16 till 2018-09-20)	666	816	1757	265							

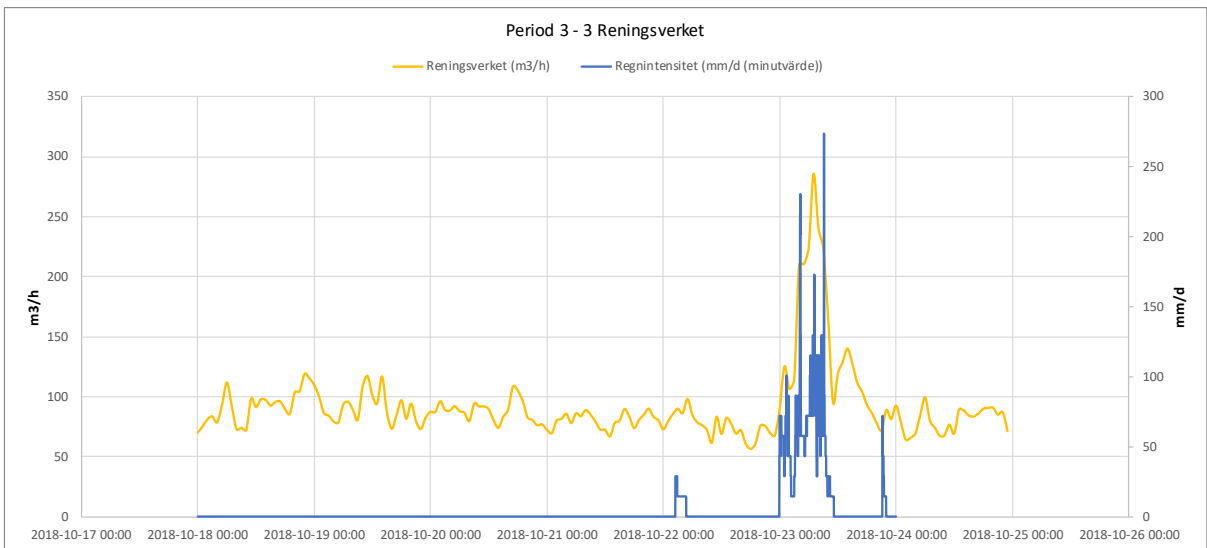
Period 3



Appendix figur 7. Flödeskurva nya området.



Appendix figur 8. Flödeskurva gamla området.

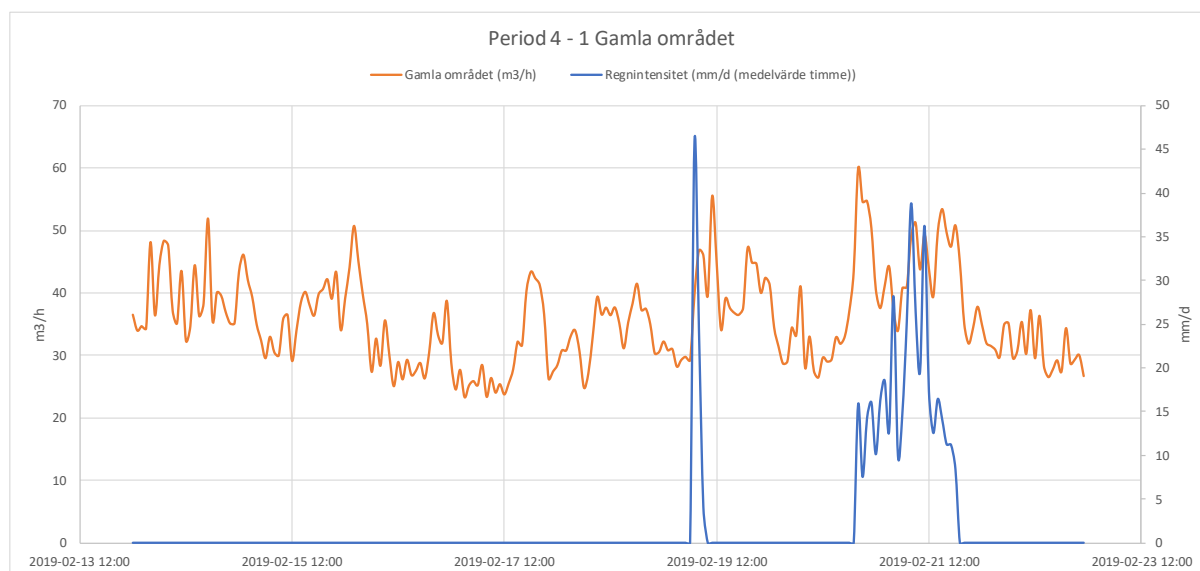


Appendix figur 9. Flödeskurva avloppsreningsverket.

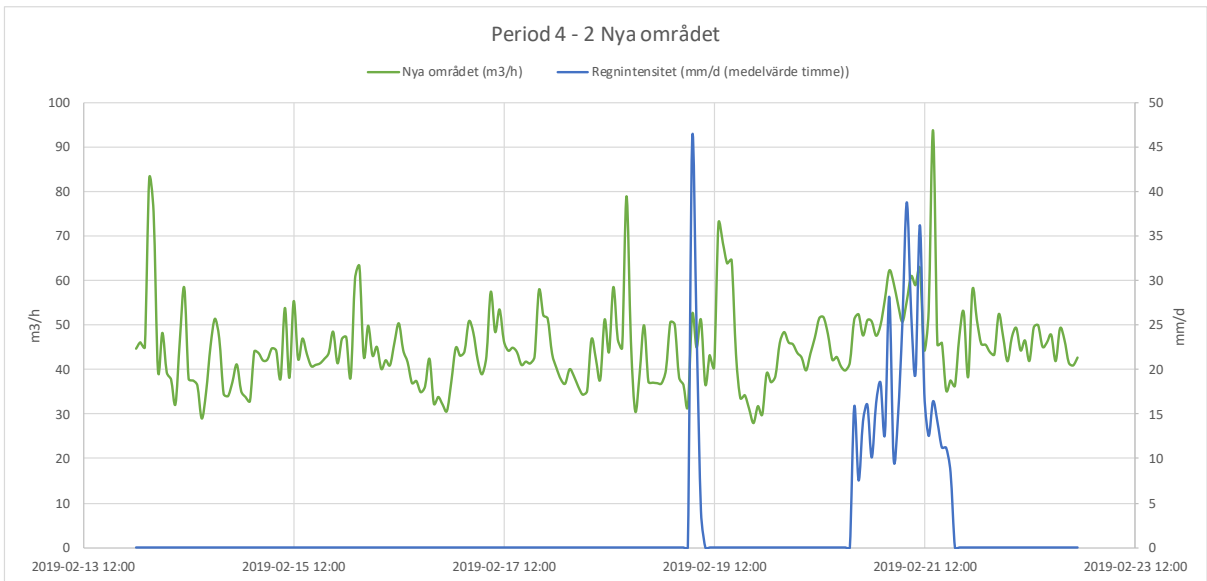
Appendix tabell 4. Sammanställning för period 3.

datum	GO (m3)	NO (m3)	AvRv (m3)	Diff (m3)	regn			Nyckeltal GO (ha)	Nyckeltal NO (ha)	Nyckeltal AvRv (ha)	
					(mm/dyg n)	Regnvatten GO (m3)	Regnvatten NO (m3)				Regnvatten AvRv (m3)
2018-10-18	748	1008	2190	435	0,0						
2018-10-19	711	1016	2188	461	0,0						
2018-10-20	771	926	2114	417	0,0						
2018-10-21	606	936	1925	383	0,0						
2018-10-22	642	810	1804	352	1,7						
2018-10-23	1701	1460	3320	159	28,5	1005	521	1276	3,53	1,83	4,48
2018-10-24	834	748	1934	352	0,0						
Medel	859	986	2211	366	4,31				3,53	1,83	4,48
Min	606	748	1804	159	0,00						
Max	1701	1460	3320	461	28,46						
Medel torr (2018-10-18 till 2018-10-24)	695	939	2044	410							

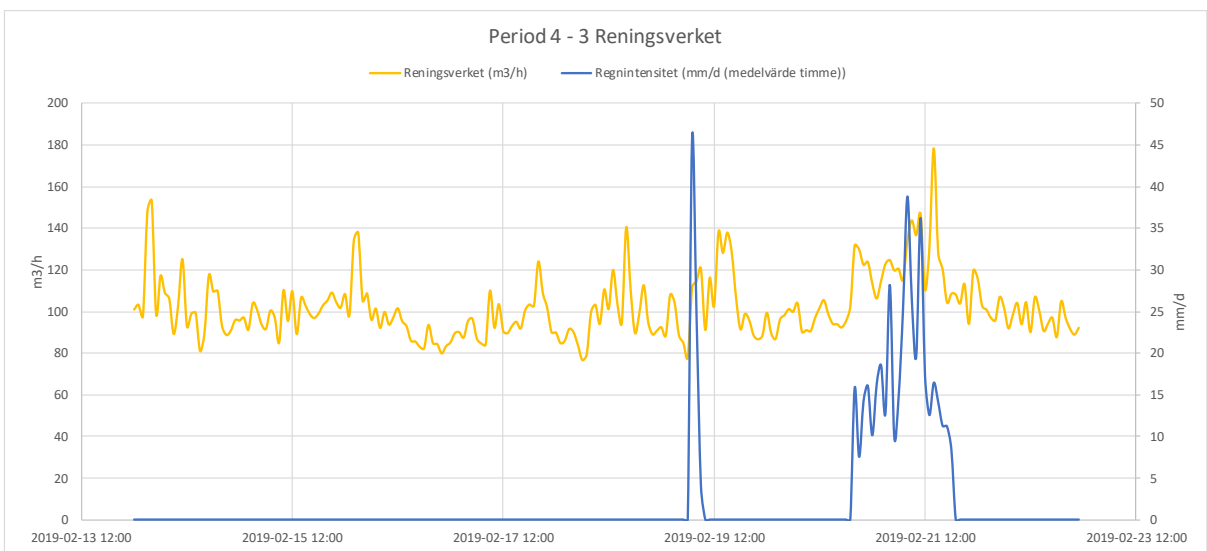
Period 4



Appendix figur 10. Flödeskurva gamla området.



Appendix figur 11. Flödeskurva nya området.

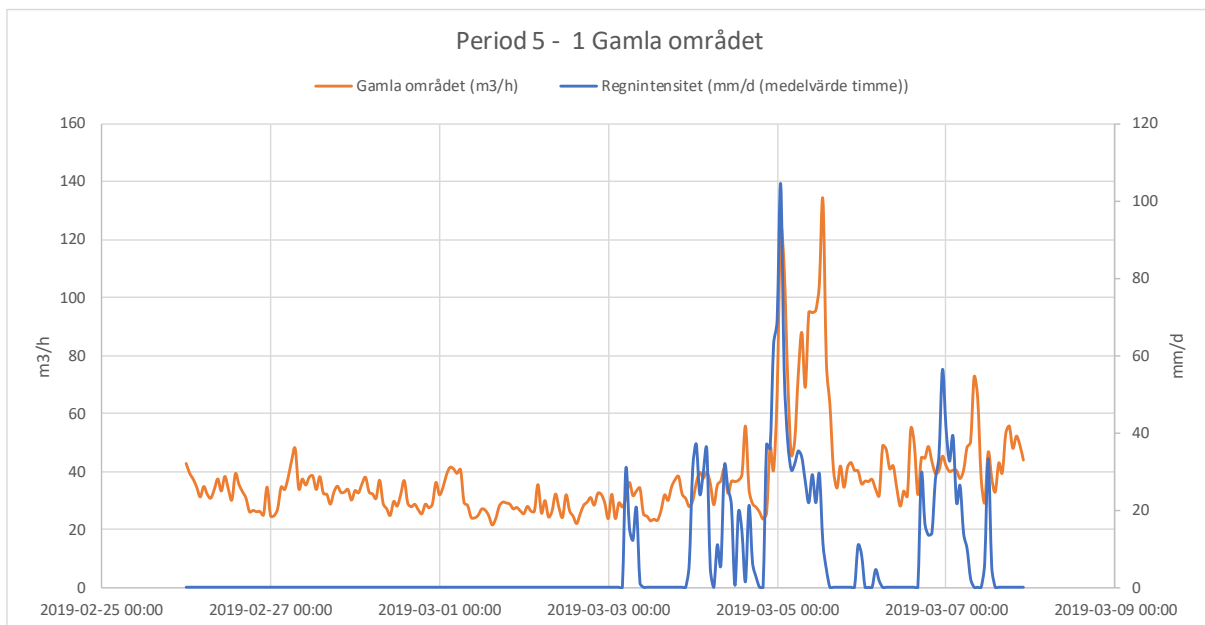


Appendix figur 12. Flödeskurva avloppsreningsverket.

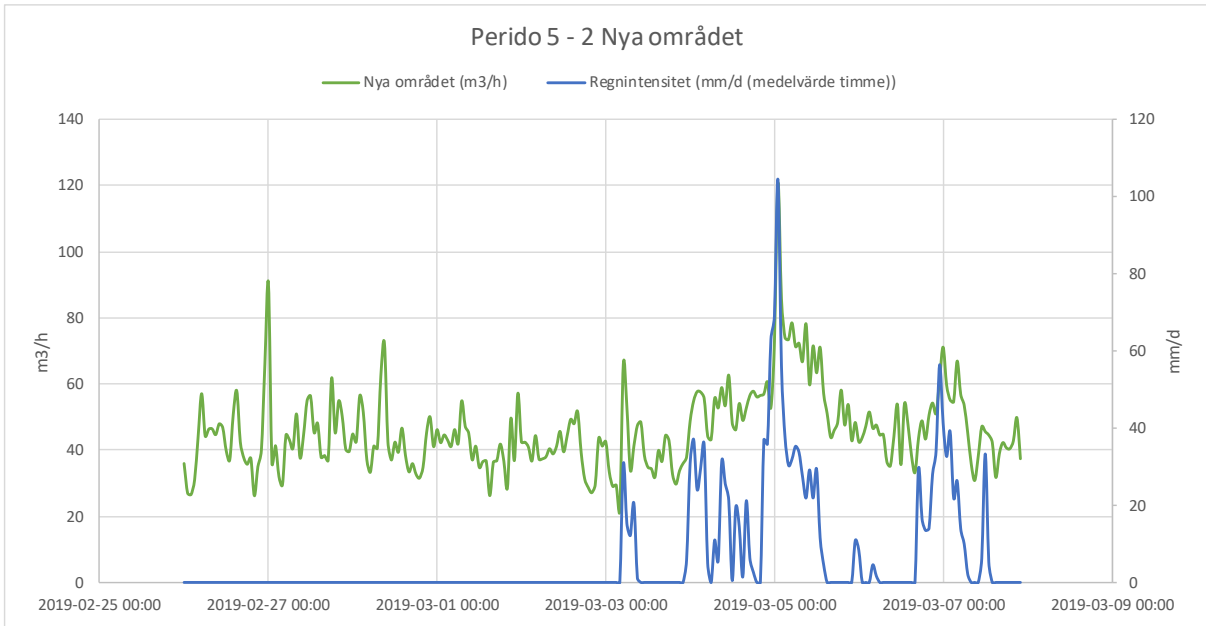
Appendix tabell 5. Sammanställning för period 4.

datum	GO (m3)	NO (m3)	AvRv (m3)	Diff (m3)	regn (mm/dyg n)	Regnvatten GO (m3)	Regnvatten NO (m3)	Regnvatten AvRv (m3)	Nyckeltal GO (ha)	Nyckeltal NO (ha)	Nyckeltal AvRv (ha)
2019-02-14	941	1063	2518	514	0,0						
2019-02-15	889	1028	2389	473	0,0						
2019-02-16	798	1013	2325	514	0,0						
2019-02-17	707	1104	2297	486	0,0						
2019-02-18	812	1028	2336	495	0,0						
2019-02-19	924	1056	2491	511	3,1	95	8	117	3,05	0,26	3,78
2019-02-20	875	1079	2436	482	2,2	45	32	63	2,03	1,42	2,80
2019-02-21	1028	1259	2919	632	14,5	199	211	545	1,37	1,46	3,76
2019-02-22	720	1060	2263	483	0,0						
Medel	855	1077	2442	510	2,21				2,15	1,04	3,45
Min	707	1013	2263	473	0,00						
Max	1028	1259	2919	632	14,51						
Medel torr (2019-02-14 till 2019-02-18)	829	1047	2373	496							

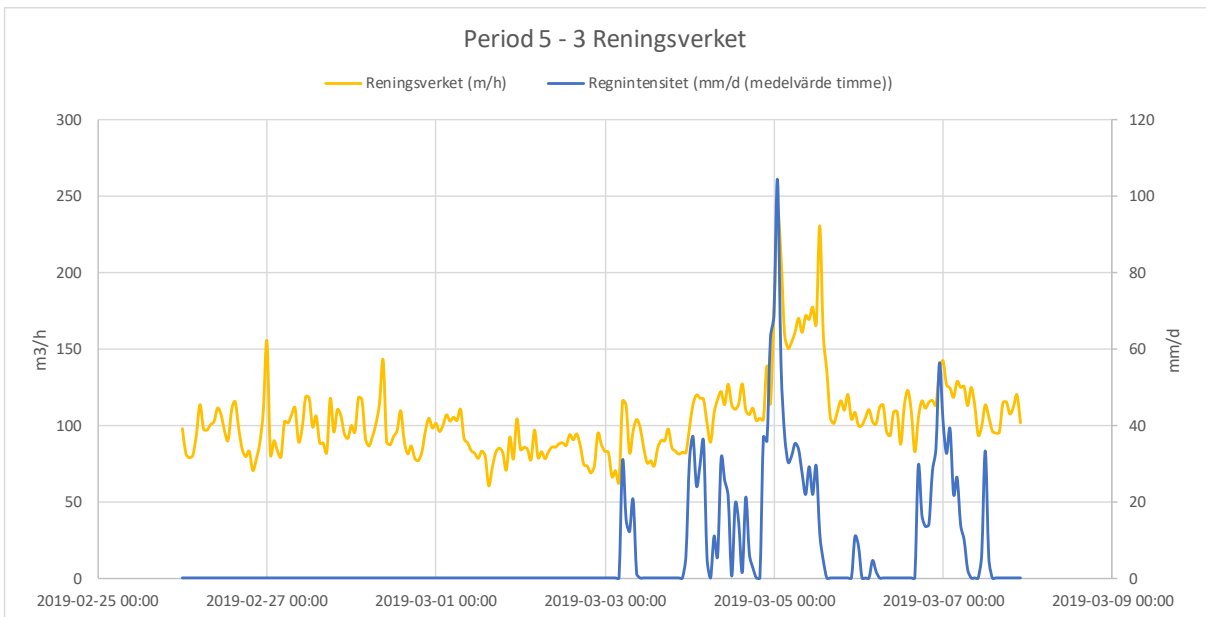
Period 5



Appendix figur 13. Flödeskurva gamla området.



Appendix figur 14. Flödeskurva nya området.



Appendix figur 15. Flödeskurva avloppsreningsverket.

Appendix tabell 6. Sammanställning för period 5.

datum	GO (m3)	NO (m3)	AvRv (m3)	Diff (m3)	regn			Nyckeltal GO (ha)	Nyckeltal NO (ha)	Nyckeltal AvRv (ha)	
					(mm/dyg n)	Regnvatten GO (m3)	Regnvatten NO (m3)				Regnvatten AvRv (m3)
2019-02-26	792	1004	2266	470		0,0					
2019-02-27	819	1101	2415	495		0,0					
2019-02-28	964	1363	3028	702		0,0					
2019-03-01	717	989	2140	434		0,0					
2019-03-02	671	959	2023	393		0,0					
2019-03-03	710	920	2063	433		3,6					
2019-03-04	851	1293	2703	559	19,1	58	210	329	0,30	1,10	1,72
2019-03-05	1680	1557	3668	431	23,1	887	474	1294	3,83	2,05	5,59
2019-03-06	914	1039	2442	488	8,6	122	-44	67	1,42	-0,51	0,78
2019-03-07	1091	1133	2748	525	9,7	298	50	374	3,08	0,52	3,87
Medel	921	1136	2550	493	6,41				2,16	0,79	2,99
Min	671	920	2023	393	0,00						
Max	1680	1557	3668	702	23,15						
Medel torr (2019-02-23 till 2019-03-02)	793	1083	2374	499							

9 Appendix B – Kampanjflödesmätning

Mätning 1

Mätningen skedde i en gammal mätbrunn. I mätbrunnen fanns ett skibord och bubblerör installerat, men då lokalen som är ansluten till mätbrunnen stod tom under några år har flödet i denna brunn inte mätts. I dag finns det verksamhet i byggnaden, men ingen verksamhet som ska generera några stora mängder spillvatten. För mätningen kopplades en flödesmätare in till bubbleröret på skibordet och som sedan läses av manuellt.

Appendix tabell 7. Sammanställning av mätning 1

Mätning 1			
Datum	Mätarställning	Flöde sedan senaste mätningen (m ³)	Medeldygnsfloede (m ³)
28-mar	7912,6		
29-mar	7917,8	5,2	5,2
01-apr	7928,3	10,5	5,3
03-apr	7937,6	9,3	4,7
04-apr	7941,1	3,5	3,5
05-apr	7944,9	3,8	3,8
08-apr	7960,4	15,5	5,2
09-apr	7965,6	5,2	5,2
10-apr	7971,2	5,6	5,6
11-apr	7976,5	5,3	5,3
12-apr	7983	6,5	6,5
15-apr	8004,3	21,3	7,1
18-apr	8046,7	42,4	14,1
24-apr	8112,1	65,4	10,9
25-apr	8125,7	13,6	13,6
29-apr	8202,9	77,2	19,3
Medelflöde			7,7

Medelflödet i brunnen blev 7,7 m³/dag (se appendix tabell 7). Som också går att se i appendix tabell 7 så hände det något med flödet i brunnen runt den 12 april. Det finns två teorier om vad som hänt.

Teori 1. Det har kommit smuts och skräp i skibordet som gör att vattenytan kommer högre upp och på så sätt gör att flödesmätaren beräknar ett högre flöde än vad det egentligen är.

Teori 2. Runt den 12 april proppas några dagvattenbrunnar i området runt denna byggnad och vatten blir stående i dagvattenbrunnarna. Kan vara så att det finns en okänd koppling mellan dagvattensystemet och industriavlopps-systemet i området som gör att dagvattnet bräddar över till spillvattensystemet.

Flödesmätaren kommer vid senare tillfälle kopplas in till brunnen igen och en utredning om vad det var som gav flödesökningen kommer ske.

Mätning 2

Även denna mätning utförs i en brunn som det tidigare mättes i, men inte görs idag. Befintligt skibord i brunnen har använts tillsammans med ett bubbelrör.

Appendix tabell 8. Sammanställning av mätning 2

Mätning 2			
Da- tum	Mätarställning	Flöde sedan senaste mätningen (m3)	Medeldygnsflöde (m3)
10-apr	52428		
11-apr	52436	8	8,0
12-apr	52453	17	8,5
15-apr	52464	11	3,7
18-apr	52526	62	20,7
24-apr	52570	44	7,3
25-apr	52589	19	19,0
6-maj	53051	462	42,0
Medelflöde			15,6

Mätning 3

De tredje mätningen utfördes med metoden hink och klocka då det inte fanns möjlighet att mäta med skibord då brunnen inte var utformad för det. Spannen rymde 10 l.

Första mätningen en måndag 06:00

Tid 1: 20,55 s

Tid 2: 20,39 s

Tid 3: 21,13 s

Medeltid 20,69 s

$$Q = \frac{10}{20,69} \cdot 3,6 \approx 1,74 \text{ m}^3/\text{h} \approx 41,76 \text{ m}^3/\text{d}$$

Andra mätningen en måndag vid lunch, ungefär 11:30

Tid 1: 9,73 s

Tid 2: 10,13 s

Tid 3: 10,23 s

Medeltid 10,03 s

$$Q = \frac{10}{10,03} \cdot 3,6 \approx 3,59 \text{ m}^3/\text{h} \approx 86,14 \text{ m}^3/\text{d}$$

Mätning 4

Mätning nummer 4 skulle utförts med hjälp av det portabla skibordet i samlingsbrunnen för det största röda området. Brunnen som det skulle mätas i är cirka 3 meter djup och för att gå ner i en brunn inne i industriparken behövs tillstånd för arbete i slutet utrymme, gasmätning och att räddningstjänsten är med. Det för med sig mycket arbete och två försök att gå ned i brunnen gjordes utan att lyckas täta utloppet av brunnen. Efter dessa två försök fanns inte mer tid till att gå ner i brunnen och därför får denna mätning lämnas kvar till ett senare tillfälle.

10 Appendix C – Resultat av filmning av avloppsledning

Filmning av ledningar utfördes först en förmiddag vid 10:30. Det gick inte som planerat då det var relativt stora flöden i ledningen då. Till ledningen som filmades finns kontor och restaurang anslutna. Filmningen avbröts och istället bestämdes att filmning av ledningen skulle ske en tidig morgon efter en röd dag klockan 05:30. Detta gav mycket bättre resultat och flera fuktiga fogar, sprickor med inläckage upptäcktes. Några bilder från filmningen finns i figur 7 och figur 8. Filmerna lämnas till fastighetsbolaget för beslut om åtgärder.



Appendix figur 16. Spricka i betongledning där strömmar in vatten.



Appendix figur 17. Spricka i betongledning där det har läckt in vatten.

Metodik för kartläggning av avloppsströmmar – en fallstudie i Perstorp Industripark

Villkor och kapacitet för avloppsreningsverk blir en allt större fråga för många kommuner och industrier som har egna avloppsreningsverk. Ombyggnader och kapacitetsutökande av avloppsreningsverk är kostsamma. För att kunna motivera denna typ av investeringar gäller det att ha kännedom om flödena av avloppsvatten som avloppsreningsverket ska rena. Frågan är hur får man koll på flödena om man inte har det?

I Sverige finns det ett par studier gjorda på hur man ska arbeta med tillskottsvatten i kommunala avloppsledningsnät, men för avloppsledningsnät i industriparker finns det inte lika många studier. Därför har en fallstudie i Perstorp Industripark gjorts. Avloppsvatten kan delas upp i två kategorier, spillvatten och tillskottsvatten. Spillvatten är förorenat vatten som måste renas i avloppsreningsverket. Tillskottsvatten är dagvatten som leds i avloppsledningarna, dräneringsvatten eller inläckage av dricksvatten eller grundvatten till avloppsledningarna. Många kommunala VA-förvaltare använder sig utav nattmätningar för att lokalisera tillskottsvatten. Under nätter antas inget avloppsflöde och det flöde som mäts under natten antas därför vara tillskottsvatten. Denna metod fungerar inte i en industripark där fabriken genererar avloppsvatten 24 timmar om dygnet, 365 dagar om året. Av flödet till avloppsreningsverket i Perstorp Industripark är 20-30 % okänt. För att ta reda på var vattnet kommer ifrån har ett förslag till metodik tagits fram, anpassade efter en industriparks förutsättningar.

Ena delen av metodiken bygger på att använda befintlig mätning i industriparken och få en uppfattning av hur stor del av flödet till reningsverket som kan hänvisas till nederbörd. För att få denna uppfattning kan metoden fiktivt anslutna ytor användas. Andra delen av metodiken bygger på att dela upp industriparken i mindre delar efter förutsättningar och sedan prioritera mellan olika områden som behöver undersökas. Mycket av arbetet är att komma ut och okulärt studera området och brunnarna. Egenskaper som industriparken kan delas upp i är:

- Finns flödesmätning, schablon eller saknar området helt en siffra för flöde.
- Material i avloppsledningarna i området.
- Ålder på avloppsledningarna
- Skicket på ledningarna

När området är uppdelat i mindre delområden utförs mätningar på de områden som inte har någon mätning eller något schablonvärde för avloppsflödet. Mätningen kan vara till grund för schablonvärde för området. Med resurserna och tiden som examensarbetet, Identifiering av okända avloppsströmmar -en studie i Perstorp industripark, har fått, har cirka en tredjedel av det okända flödet till avloppsreningsverket kunnat förklarats. Med fortsatt arbete i industriparken är förhoppningen att kunna förklara så stor del av flödet som möjligt och att kunna bygga bort inläckage i ledningar.

Populärvetenskaplig artikel författad av
Jonatan Eliasson

Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik. Institutionen för kemiteknik, Lunds universitet
Utgiven 2019-06-25