



UPPSALA
UNIVERSITET

W13026

Examensarbete 30 hp
Juli 2013

Renare dagvatten från kvarteret Brännugnen

Cleaner runoff water from the area Brännugnen

Linnea Henriksson

REFERAT

Renare dagvatten från kvarteret Brännugnen

Linnea Henriksson

Regnvatten, smältvatten och spolvatten som rinner av från hårdgjorda ytor kallas dagvatten. Dagvatten är ofta förorenat av tungmetaller eller svårnedbrytbara organiska ämnen, som kan göra stor skada om vattnet inte renas innan det når recipienten. I dagsläget finns det inga nationellt fastslagna riktvärden för föroreningshalter i dagvatten. Dagvattengruppen på Vattenfall AB Värme Uppsala har tillsammans med miljökontoret i Uppsala tagit fram riktvärden för föroreningshalter från kvarteret Brännugnen, som området som studerats i detta examensarbete kallas. Vattenfall har idag problem med att klara dessa riktvärden för bland annat metaller i en del av kvarterets dagvattenbrunnar. För att reducera utsläppet av föroreningar till dagvattennätet från kvarteret Brännugnen har därför denna dagvattenutredning genomförts.

Genom platsundersökningar och provtagning på dagvattnet i sex punkter har källor till föroreningar identifierats. Förslag på åtgärder har tagits fram genom litteraturstudier, platsundersökningar och samtal och diskussioner med erfaren personal. Studien har också resulterat i förslag på en förbättrad provtagningsstrategi som ger en mer korrekt bild av utsläppta mängder föroreningar per år. Målsättningen var att den nya provtagningsstrategin skulle vara mer kostnadseffektiv vilket uppnåddes. I dagvattenstudien undersöktes också om rening sker i det underjordiska magasin som dagvattnet från halva kvarteret Brännugnen leds till. Resultatet visade att ingen rening sker i magasinet, då uppehållstiden är för kort för att partiklar ska hinna sedimentera. Förutom vatten från regn- och snösmältning kommer även kondensat och processvatten till dagvattennätet från kvarteret Brännugnen. Ett av målen i utredningen var att undersöka hur mycket kondensatet bidrar till den utsläppta mängden metaller. Provtagning av kondensat och dagvatten visade tillsammans med flödesberäkningar att kondensatet har en stor påverkan på hur stor mängd förorening som släpps ut per år. Riktvärden studerades också i denna dagvattenutredning, slutsatsen är att de riktvärden som Vattenfall förhåller sig till i dag är låga. Både schablonhalterna för värmeverk och vägdagvatten samt analysresultat av dagvatten från vägen utanför området överskrider Vattenfalls riktvärden för dagvatten.

Slutligen skulle dagvattenstudien resultera i förslag på framtida åtgärder för rening av dagvattnet från kvarteret Brännugnen i form av tekniska lösningar. Avsättningsmagasin under mark och filteranläggning är två lösningar som är lämpliga för rening av dagvattnet med hänsyn till föroreningar och flöden. Kostnaden beror mycket på vilket flöde som blir dimensionerande.

Nyckelord: Dagvatten, tungmetaller, dagvattenprovtagning, dagvattenrening, dimensionering, reningseffekt, schablonhalter, riktvärden

*Institutionen för geovetenskaper; Luft-, vatten-, och landskapslära. Uppsala Universitet.
Villavägen 16, SE-752 36 UPPSALA
ISSN 1401-5765*

ABSTRACT

Cleaner runoff water from the area Brännugnen

Linnea Henriksson

Stormwater is rain and snow melt that runs off from hard surfaces. Stormwater is often polluted with heavy metals and organic pollutants, which can cause great damage if the water is not treated before it reaches the recipient. There are no national guidelines for threshold values of pollutants in stormwater. The stormwater group at Vattenfall AB Heat Uppsala and the environmental department at Uppsala municipality have together established threshold values for pollutants in the stormwater from the area Brännugnen, which is the name of the investigated area. Vattenfall has difficulties to keep the concentration of pollutants in the stormwater below the threshold values. To reduce the content of contaminants in the stormwater from the area Brännugnen this study was therefore carried out.

Through site investigations and sampling of stormwater in six measuring points, sources of the contaminants were identified. Through literature studies, site investigations and discussions with experienced personnel, propositions of actions to avoid contamination of the stormwater have been developed. The stormwater study has also led to suggestion of an improved sampling strategy which better represents the amount of contaminants in the stormwater and is more cost-effective. The study included an investigation with the purpose to find out if the magazine that the stormwater from half of the area runs to have the capacity to reduce the contaminants. The results showed no reduction of contaminants. The reason is that the residence time is too short for the particles to have time to settle. In the study the contribution from condensate to the total amount of emitted metals in the stormwater was investigated. The condensate passes a treatment plant for purification before being discharged to the stormwater pipes. The result shows that the condensate has a large impact on the amount of emitted metals per year. Threshold values and standard values for stormwater was also studied, the conclusion is that the threshold values for the stormwater from the area Brännugnen are low. Both standard values for stormwater from thermal power stations and roads are higher than the threshold values. The results from the analyses of stormwater from the road outside the area Brännugnen also show higher concentrations of metals than the threshold values.

Finally the stormwater study resulted in suggestions of technical solutions for future treatment of the stormwater from the area Brännugnen. An underground sedimentation magazine and a filter system are two treatment processes that can be used for removal of pollutants in the stormwater from the area Brännugnen.

Keywords: stormwater, heavy metals, sampling strategy, stormwater sampling, pollutant removal, threshold values

Department of Earth Sciences. Program for Air, Water and Landscape Science.

Uppsala University.

Villavägen 16, SE-752 36 UPPSALA

ISSN 1401-5765

FÖRORD

Detta examensarbete har genomförts som ett avslutande moment på Civilingenjörsutbildningen i Miljö- och Vattenteknik vid Uppsala Universitet. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng och har utförts på Vattenfall AB Värme i Uppsala. Ämnesgranskare har varit Roger Herbert vid Institutionen för geovetenskaper, luft-, vatten- och landskapslära, på Geocentrum i Uppsala och handledare på Vattenfall AB Värme har varit Yvonne Winberg. Examinator har varit Fritjof Fagerlund vid Institutionen för geovetenskaper, luft-, vatten- och landskapslära, på Geocentrum i Uppsala

Jag vill börja med att tacka min handledare Yvonne Winberg på Vattenfall AB Värme Uppsala för allt stöd och engagemang genom hela examensarbetet.

Jag vill också framföra ett varmt tack till alla på Vattenfall AB Värme i Uppsala som hjälpt mig med provtagning och delat med sig av sina erfarenheter och kunskaper: Bosse Wöhrne, Arne Emanuelsson, Urban Gustafsson, Anna Karlsson, Reza Safaei, Lars Strandh, och Erika Åström.

Till sist vill jag tacka min ämnesgranskare Roger Herbert för support och granskning av rapporten. Jag vill även rikta ett stort tack till honom för hjälp med utlåning av material till flödesmätningar.

Linnea Henriksson

Uppsala, juni 2013

Copyright © Linnea Henriksson och Institutionen för geovetenskaper, Luft- vatten- och landskapslära, Uppsala universitet.

UPTEC W 13 026, ISSN 1401-5765

Digitalt publicerad vid institutionen för Geovetenskaper, Uppsala Universitet, Uppsala, 2013.

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Renare dagvatten från kvarteret brännugnen

Linnea Henriksson

För inte så lång tid sedan bodde den största delen av Sveriges befolkning på landsbygden. Tiderna förändras och fler och fler söker sig till städerna. En ökad urbanisering tillsammans med ett förändrat klimat med ökande nederbörds mängder, påverkar den miljö vi lever i på många olika sätt. Fler hårdgjorda ytor innebär att regn får svårare att infiltrera ner i marken. Detta vatten som inte kan infiltreras naturligt i marken kallas dagvatten. Dagvatten kan också bestå av smältvatten eller spolvatten.

Under naturliga förhållanden tas dagvattnet upp av växter eller renas när det rinner genom marken innan det når sjöar och vattendrag. På ställen där vägar, parkeringsplatser, bostadsområden eller industriområden ersatt gröna ytor rinner i stället vattnet snabbt av på den hårda ytan. Sedan leds det via diken eller ledningar ut i sjöar och vattendrag. I många fall renas inte dagvattnet innan det släpps ut i vattendragen. Detta är ett problem speciellt i områden med stor andel hårdgjorda ytor. Dagvatten är ofta förorenat av tungmetaller eller svårnedbrytbara organiska ämnen, som kan göra stor skada om vattnet inte renas innan det når sjön eller vattendraget.

Kvarteret Brännugnen ligger i industriområdet Boländerna i Uppsala. På området finns tre anläggningar som producerar fjärrvärme till Uppsala stad. Anläggningarna på platsen är Kraftvärmeverket, Bolandsverket och Avfallsförbränningen. Kvarteret är ca 150 000 m². Dagvattnet från kvarteret Brännugnen innehåller föroreningar av olika slag. Dessa förorenande ämnen har olika egenskaper som skadar människor och natur på olika sätt. Det övergripande syftet med detta examensarbete var att utreda möjligheterna att reducera utsläppet av föroreningar till dagvattennätet från kvarteret Brännugnen. Den första delen av examensarbetet bestod av att identifiera källor till föroreningarna på området och ta fram förslag på åtgärder för dessa.

I dagsläget utförs analys på 15 olika ämnen i dagvattnet från kvarteret Brännugnen, samt pH och konduktivitet. Provtagningsmetoden som används på Vattenfall AB Värme Uppsala i dag är stickprovtagning. Provet ger ett momentanvärde som beskriver förhållandena just den dagen då provet tas. Fyra stickprov tas per år. Från detta beräknas en utsläppt årsmängd, dvs. hur många kg förorening som släpps ut per år. Detta är en osäker metod som lätt kan ge missvisande halter. Om provtagning sker då halterna är ovanligt höga på grund av en tillfällig föroreningskälla, kommer inte värdet vara representativt för hela året. Den utsläppta mängden förorening kommer att se större ut än vad som egentligen är fallet. Precis som den kommer att se mindre ut om prov tas då halten är ovanligt låg. Prov tas i sju olika dagvattenbrunnar och 10-20 stickprover tas från varje brunn. Brunnarna är utspridda över hela kvarteret. Provtagningen är en kostsam och tidskrävande process som innebär mycket resurser i form av personal. Därför har ett annat mål med denna dagvattenutredning varit att förbättra provtagningsstrategin för att få en mer korrekt bild av utsläppta mängder föroreningar per år. Detta mål innefattar även ett förslag på en mer kostnadseffektiv provtagning.

Målet uppfyllades dvs. en billigare snabbare och mer representativ provtagningsstrategi togs fram genom provtagningar, flödesmätningar och platsundersökningar.

Dagvattnet från Kvarteret Brännugnen har två utloppspunkter, den ena belägen i det sydöstra hörnet och den andra i det sydvästra hörnet av kvarteret. Dagvattnet som rinner ut i det sydvästra hörnet leds till ett underjordiskt magasin. Ett annat mål med dagvattenutredningen var att ta reda på om rening sker i magasinet. Prover togs före och efter magasinet och från analysresultatet konstaterades att ingen rening sker. Detta beror på att uppehållstiden är för kort för att partiklarna i dagvattnet som metallerna är bundna till ska hinna sedimentera.

Provtagning gjordes i sex olika dagvattenbrunnar. Även dagvattenflödet i brunnarna bestämdes med en nivåmätare och en flödesmätare. Resultatet från analyserna visade att dagvattnet som rinner till det sydöstra hörnet är mest förorenat. Därför bör rening av detta dagvatten prioriteras.

Den sista delen i dagvattenundersökningen var att ta fram förslag på reningstekniker som passar för att rena dagvattnet från kvarteret Brännugnen. För att veta hur stor reningsanläggning som ska byggas och hur mycket det kommer att kosta måste dimensionerande dagvattenvolymer och flöden tas fram. Detta beräknades utifrån avrinningsområdenas storlek och egenskaper. Hur mycket vatten som kommer till reningsanläggningen beror sedan på hur mycket det regnar. Så för att dimensionera reningsanläggningar för dagvatten används återkomsttider för regn. Återkomsttider är ett mått på med hur många års mellanrum olika vädersituationer inträffar. Begreppet 100-års regn används ofta och innebär den regnmängd som historiskt fallit en gång på 100-år. I denna dagvattenstudie användes ett 10-årsregn som dimensionerande regn. Det innebär då att dagvattenledningarna ska klara av att leda bort ett 10-årsregn utan att vatten trycks upp ur dagvattenbrunnen. Avsättningsmagasin under mark och filteranläggning är två tekniska lösningar som passar för rening. Från beräkningarna av dimensionerande flöde och volym kan det konstateras att kostnaden för en reningsanläggning för dagvattnet från kvarteret Brännugnen beror på vilket flöde och volym som blir dimensionerande. Men kostnaden kommer ungefär att hamna på mellan 4 och 9 miljoner kronor.

DEFINITIONER

Flygaska

Flygaska är den aska som på grund av storlek eller densitet följer med rökgaserna och faller ut i olika delar av pannan och rökgasreningssystemet. Flygaskan från avfallsförbränningen innehåller dioxiner samt en del av de tungmetaller som bränslet innehöll före förbränningen.

Bottenaska/Slagg

Bottenaska, även kallat slagg, är de rester som uppkommer vid förbränning. I bottenaska hamnar icke brännbara material som t.ex. metaller, som efter förbränning kan tas ut från botten av pannan.

Våtutmatare

Slagg från förbränningen matas ut genom våtutmatare och förs sedan via transportband till ett slagghus.

Råvatten

Inkommande vatten i form av kommunalt dricksvatten.

Processvatten

Samlingsnamn för allt vatten som använts i de olika processerna.

Kondensat

Då ånga kyls övergår den till vätska, detta kallas allmänt för kondensat. På Vattenfalls avfallsförbränning bildas även kondensat under rökgasreningen. Detta rökgaskondensat är till skillnad från kondensat från pannorna förorenat, och genomgår därför ett antal reningssteg innan det släpps ut i dagvattennätet.

Driftsäsong

Vattenfall AB Värme Uppsala har tre olika verk med varierande driftsäsong dvs. den period då de är i drift. Avfallsförbränningen går året om, medan Bolandsverket startas på hösten och kraftvärmeverket sätts i gång först när det blir riktigt kallt. Driftsäsongen för kraftvärmeverket är vanligtvis från början av november till slutet av april, men kan variera något från år till år. En längre vinter innebär en längre driftsäsong.

Anläggning 34

Anläggning 34 är en våt rökgasreningssystem för tre avfallspannor.

Block 5

Block 5 består av en panna för avfallsförbränning med våt och torr rökgasrening.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Referat	i
Abstract.....	ii
Förord	iii
Populärvetenskaplig sammanfattning.....	iv
Definitioner.....	vi
1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund till projektet.....	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Arbetsgång.....	2
2. Bakgrund och teori	3
2.1 Områdesbeskrivning.....	3
2.1.1 Beskrivning av anläggningarna	4
2.1.2 Beskrivning av nuvarande provpunkter.....	5
2.2 Ämnen i dagvattnet.....	7
2.2.1 Föroreningarnas egenskaper och förekomst.....	7
2.2.2 Riktvärden	9
2.2.3 Föroreningarna på området.....	10
2.3 Beskrivning av nuvarande metod	13
2.3.1 Provtagningsmetod	13
2.3.2 Flödesberäkningar	13
2.3.3 Osäkerheter med nuvarande provtagningsmetod	15
2.3.4 Vidtagna åtgärder för att minska föroreningar till dagvattnet	16
2.4 Provtagningsmetoder för dagvatten.....	16
2.4.1 Stickprovtagning.....	16
2.4.2 Passiv provtagning.....	16
2.4.3 Flödesproportionell provtagning	17
2.5 Dimensionering av dagvattensystem.....	17
2.5.1 Avrinningskoefficient.....	17
2.5.2 Rinntid	18
2.5.3 Rationella metoden	18
2.5.4 Återkomsttid	18

2.6	Reningstekniker för dagvatten.....	18
3.	Material och metoder.....	20
3.1	Riktvärden	21
3.2	Provtagning.....	21
3.2.1	Stickprover	22
3.2.2	Passiv provtagning.....	22
3.3	Flödesmätningar	23
3.3.1	Tryckgivare.....	23
3.3.2	Flygelmätningar.....	27
3.3.3	Uppskattning av avrinningsområden	27
3.3.4	Utvärdering av flödesuppskattningar	27
3.4	Nederbörd temperatur och konduktivitet.....	28
3.5	Rökgaskondensat	28
3.6	Källor till föroreningarna på området	28
3.7	Åtgärder för att minska föroreningshalter	28
3.8	Ny provtagningsstrategi.....	28
3.9	Dimensionering	29
3.10	Reningstekniker	30
4.	Resultat	31
4.1	Riktvärden	31
4.2	Provtagning.....	32
4.3	Flöde, temperatur, konduktivitet och nederbörd	35
4.3.1	Tryckgivare konduktivitet och nederbörd	35
4.3.2	Flygelmätningar.....	42
4.3.3	Flödesuppskattningar för påsticket och kvarteret Vevstaken	42
4.3.4	Utvärdering av flödesberäkningar	43
4.4	Rökgaskondensat	44
4.5	Källor till föroreningarna på området	45
4.5.1	Lakande metaller från containrar.....	46
4.5.2	Översvämning vid askutmatningen	47
4.5.3	Torvhanteringen.....	48
4.6	Förslag på åtgärder för att minska föroreningar till dagvattnet	49

4.6.1 Översvämning vid askutmatningen	49
4.6.2 Torvhanteringen.....	49
4.6.3 Lakande metaller från containrar.....	51
4.7 Ny provtagningsstrategi.....	51
4.7.1 Förslag på lämpliga provtagningspunkter samt provtagare.....	51
4.7.2 Jämförelse av provtagare	53
4.7.3 Rekommenderade provpunkter och provtagare.....	54
4.8 Dimensionering av reningsanläggning	56
4.9 Förslag på reningstekniker för dagvattnet från Kvarteret Brännugnen	59
4.9.1 Avsättningsmagasin under mark	59
4.9.2 Filterlösning.....	60
4.9.3 LOD-lösning	61
4.9.4 Rening med bark.....	63
4.9.5 Utvärdering av reningstekniker	63
5. Diskussion	65
5.1 Provtagningsresultat	65
5.1.1 Magasinet och Påsticket	65
5.1.2 Provtagningen det 5 april -sydöstra hörnet.....	65
5.1.3 Kondensat	66
5.2 Flödesmätningar	67
5.2.1 Utvärdering av flödesberäkningar	67
5.3 Källor på området	68
5.4 Förslag på ny provtagningsstrategi.....	69
5.5 Dimensionering och reningstekniker.....	70
6. Slutsats.....	73
Referenser.....	75
Bilaga 1 Provtagningsstrategier på andra verk	80
Bilaga 2 Matlabprogram.....	84
Bilaga 3 Konstanter för beräkning av dimensionerande regnintensitet.....	89

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND TILL PROJEKTET

Dagvatten uppkommer när det regnar på platser där vattnet inte kan infiltrera naturligt i marken (Stockholm Vatten 2013). Benämningen dagvatten innefattar även smältvatten och spolvatten som uppkommer t.ex. vid biltvätt på gatan eller renspolning av hårda ytor. Under naturliga förhållanden tas vattnet upp av växter eller renas när det rinner genom marken innan det når sjöar och vattendrag. Vatten som hamnar på de hårdgjorda ytorna måste i stället ledas via diken eller ledningar ut i recipienten. I vissa fall leds dagvattnet till reningsverk, vilket innebär en större påfrestning för reningsverket.

Världens vattenresurser utsätts för ständigt ökande belastningar. En av dessa växande belastningar är dagvatten. Dagvatten är ofta förorenat av tungmetaller eller svårnedbrytbara organiska ämnen vilka främst kommer från trafiken, förbränning, erosion, djurspillning samt korrosion av byggnadsmaterial (Malmqvist m.fl. 1994). I urbana områden består en stor del av tillrinningen till sjöar och vattendrag av dagvatten vilket innebär att belastningen av föroreningar blir större än i mer opåverkade områden. Den ökande urbaniseringen leder till fler hårdgjorda ytor som i sin tur betyder mer dagvatten som måste tas om hand. På grund av dessa växande belastningar, antogs i EU år 2000 Ramdirektivet för vatten. Vattendirektivet ska säkerställa att en ”god vattenstatus” uppnås (Axby & Hansson 2004). År 2004 infördes ramdirektivet i svensk lagstiftning. Detta innebär ett nytt helhetsgrepp på vattenfrågorna, och vattenmyndigheten skapades för att samordna arbetet med att bevara och förbättra kvaliteten på våra vatten enligt direktivet. Vattenförvaltningen bedrivs i sexåriga cykler, som innebär ett antal återkommande moment. Den nuvarande cykeln sträcker sig fram till slutet av 2015 (Vattenmyndigheterna 2013). Målet är att alla Sveriges vatten ska ha uppnått minst god kemisk och ekologisk status år 2015. God status innebär inga påtagliga miljöproblem och endast obetydlig avvikelse från opåverkade naturliga förhållanden. God status ingår i en femgradig skala från hög status till dålig.

Under 2011-2012 gjordes med bakgrund av detta en miljögiftsprovtagning i Fyrisåns avrinningsområde för att kunna bedöma den kemiska statusen. År 2015 kommer en ny statusklassning att göras. Det finns risk att god status inte uppnås (Löfgren 2012). Denna riskbedömning tas fram med hjälp av en analys. En riskanalys bygger på en påverkansanalys och en ekonomisk analys (VISS 2013). Den består dels av dagens påverkan och tillstånd, och dels av en prognos av hur påverkan och tillstånd kommer att utvecklas i framtiden. Påverkananalysen tas fram genom modellering som bland annat bygger på halter från provtagning, urbana områden och dess förväntade tillväxt. I den ekonomiska analysen beskrivs vattenanvändningen genom att bestämma vilka de huvudsakliga användningsområdena är. Risk för att god status inte uppnås i Fyrisån beror främst på att de urbana områdena runt Fyrisån växer. Därför kommer högre krav ställas på rening av dagvattnet från de verksamheter där Fyrisån är recipient.

Det finns i dagsläget inga nationellt fastslagna riktvärden för föroreningshalter i dagvatten. Bedömningar görs i stället från fall till fall med hjälp av referensvärden och

bedömningar om recipientens känslighet (Riktvärdesgruppen 2009). Utifrån Stockholms läns landstings rapport om ”Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp” har dagvattengruppen på Vattenfall tillsammans med miljökontoret i Uppsala tagit fram riktvärden för föroreningshalter från kvarteret Brännugnen, som området kallas. Nya lägre riktvärden togs fram under 2011 och från och med 2012 förhåller sig Vattenfall till dessa riktvärden. Vattenfalls värmeverk i Boländerna har idag problem med att klara dessa riktvärden för bland annat metaller i en del av kvarterets dagvattenbrunnar.

1.2 SYFTE

Detta examensarbete är en dagvattenutredning som ska resultera i förbättrade metoder för såväl provtagning som rening av dagvattnet från kvarteret Brännugnen. Examensarbetet har utförts i samråd med Vattenfall AB Värme Uppsala. Det övergripande syftet med examensarbetet var att utreda möjligheterna att reducera utsläppet av föroreningar till dagvattennätet från kvarteret Brännugnen.

Specifika mål var följande:

- Identifiera källor till föroreningarna på området och ta fram förslag på åtgärder för dessa.
- Förbättra provtagningsstrategin för att få en mer korrekt bild av utsläppta mängder föroreningar per år. Detta mål innefattar även ett förslag på en mer kostnadseffektiv provtagning samt förslag på en mer korrekt flödesberäkningsmetod.
- Utreda om rening sker i det underjordiska magasin som dagvattnet från halva kvarteret Brännugnen leds till.
- Undersöka kondensatets bidrag till den totala mängden utsläppta föroreningar till dagvattennätet.
- Öka kunskapen inom Vattenfall om förväntade föroreningshalter i dagvatten, genom att sammanställa riktvärden och schablonhalter för dagvatten.
- Ta fram förslag på framtida åtgärder för rening av dagvattnet från kvarteret Brännugnen i form av tekniska lösningar. Detta mål innefattar även förslag på dimensionering för de tekniska lösningarna samt en kostnadsuppskattning.

1.3 ARBETSGÅNG

Arbetet bakom den här rapporten har i huvudsak utförts i anläggningen på Vattenfall AB Värme Uppsala. Mycket av den information som ligger till underlag för rapporten har införskaffats genom samtal och diskussioner med berörd personal. Hur ledningar är dragna, var brunnarna ligger, vilka rutiner som finns på området och varifrån dagvattnet kommer har varit en viktig grund för att kartlägga föroreningarnas källa, och flöden. Arbetet har också bestått av att kontakta andra liknande verksamheter för att ta reda på hur de tar prover och eventuellt renar sitt dagvatten. Resten av informationen har införskaffats genom litteraturstudier.

2. BAKGRUND OCH TEORI

I detta avsnitt beskrivs de anläggningar som finns på området, samt de metoder som i dagsläget används för bestämning av utsläppt föroreningsmängd från kvarteret Brännugnen.

2.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Området som studerats i detta examensarbete kallas kvarteret Brännugnen och ligger i industriområdet Boländerna i Uppsala. Anläggningarna på platsen är Kraftvärmeverket, Bolandsverket samt Avfallsförbränningen. Kvarteret är ca 150 000 m² (15 ha). Innan dagvattnet från kvarteret når recipienten, som är Fyrisån, blandas det ut med vatten från andra verksamheter som ligger nedströms. Dagvattnet från kvarteret Brännugnen har två utloppspunkter, den ena belägen i det sydöstra hörnet och den andra i det sydvästra hörnet av kvarteret. I figur 1 visas kvarteret Brännugnen med markerade utloppspunkter.

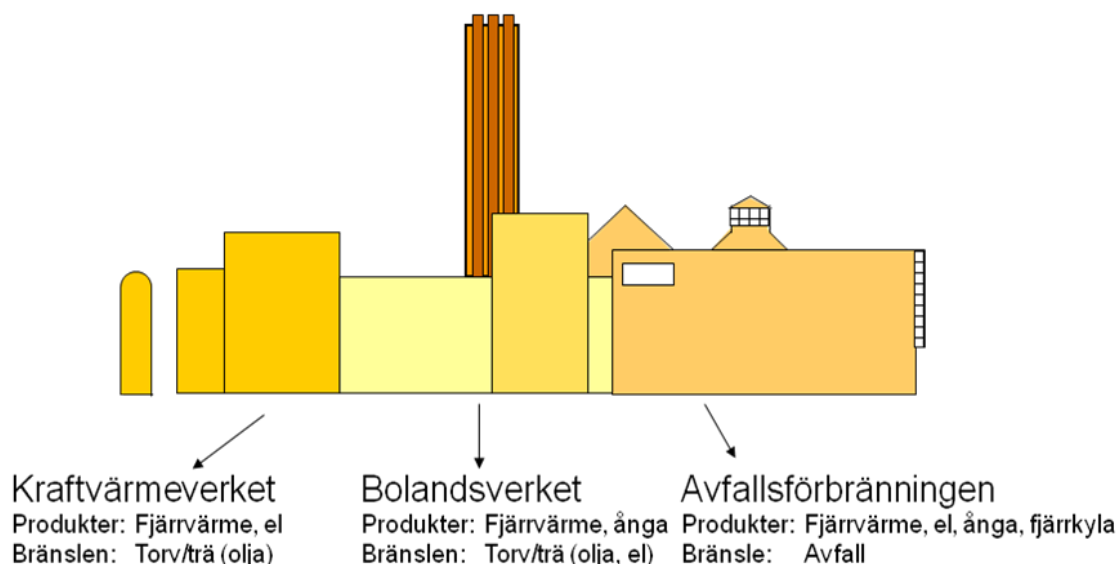


Figur 1 Kvarteret Brännugnen med markerade utloppspunkter för dagvattnet i det sydvästra samt sydöstra hörnet. De orangefärgade linjerna är dagvattenledningar och punkterna är dagvattenbrunnar (från Google kartor).

Avståndet mellan kvarteret Brännugnen och Fyrisån är ca 1,3 km. För två år sedan anlades en dagvattendamm av Uppsala kommun som dagvattnet från vissa delar av Boländerna passerar innan det släpps ut i Fyrisån. Dagvattendammens primära syfte är att avlasta det befintliga dagvattennätet, men har även funktionen att rena dagvattnet. Dock har ingen provtagning gjorts för att säkerställa att rening av vattnet verkligen sker. Dagvattnet från kvarteret Brännugnen med utloppspunkt i det sydöstra hörnet leds till denna damm, medan dagvattnet från det sydvästra hörnet leds direkt ut i Fyrisån.

2.1.1 Beskrivning av anläggningarna

På området finns Kraftvärmeverket, Bolandsverket samt Avfallsförbränningen. Dessa är några av flera anläggningar som försörjer Uppsala stad med värme. I figur 2 visas en schematisk bild över de tre verken med produkter och bränsle.



Figur 2 Schematisk bild över de tre verken i kvarteret Brännugnen (från Vattenfall Värme Uppsala).

Avfallet som förbränns utgörs av hushållsavfall och industriavfall, som huvudsakligen kommer från Uppland, Södermanland, och Västmanland (Vattenfall Värme Uppsala 2011). Mindre mängder avfall importerades från Åland och Norge. Bränslet till Kraftvärmeverket och Bolandsverket är torv och träbriketter. Ungefär hälften av den fjärrvärme som produceras har avfall som bränsle. Avfallsförbränningen är det verk som är i drift året om, medan Bolandsverket startas på hösten och Kraftvärmeverket sätts i gång först när det blir riktigt kallt. År 2012 var tillförda bränslemängder följande; olja 8777 m³, torv 121 192 ton, trä 54 537 ton, avfall 365 973 ton och träflis 1173 ton (Säkerhet Hälsa Miljö 2012).

Det går åt stora mängder råvatten för de olika processerna i de tre verken. År 2012 var den totala förbrukningen råvatten 488 000 m³ (Anna Karlsson, pers. medd.). En stor del av det intagna råvattnet (ca 70 %) renas från salter för att kunna användas i processerna. Olika krav ställs på vattnets kvalitet beroende på vad det ska användas till.

I pannorna används vatten som värmebärande medium. Höga tryck och temperaturer i pannorna medför krav på totalavsaltat vatten för att undvika att beläggningar bildas med tubbrott som följd (Yvonne Winberg, pers. medd.). Fjärrvärmenätet spädmatas dvs. fylls på med totalavsaltat vatten då läckor uppstår på fjärrvärmenätet. Kylvatten till pumpar och kyltorn avhärdas innan användning. I andra delar av processen, t.ex. svavelreningen på Kraftvärmeverket, kan det intagna råvattnet användas utan att renas.

Råvatten används också till att fukta flygaska och slagg. Pannorna på de olika verken måste ibland tömmas, då kyls det varma processvattnet som har en temperatur på över 45° C med råvatten innan det släpps ut i dagvattennätet. Processvattnet kyls till under 45° C för att undvika skador på dagvattenledningar och uppfylla kommunens riktvärde för utsläpp av varmt vatten (Uppsala Kommun 1989). Det vatten som inte förbrukas i processen, släpps ut i dagvattennätet, vilket är ca 40 % av det intagna råvattnet.

Regenereringsvatten från Kraftvärmeverkets totalavsaltningssystem neutraliseras innan det förs till dagvattennätet. Koncentrerat råvatten där man har höjt salthalten, så kallat rejekt, från osmosreningssystemet förs också till dagvattennätet (ca 50 000 m³ per år). Det finns även en sedimentationsbassäng på kraftvärmeverkets bottenplan där spolvatten, vatten från bergdränage samt vatten som läckt från pumpar och ledningar renas genom sedimentering. Vattnet från avfallsförbränningens rökgaskondensering, så kallat rökgaskondensat, genomgår ett antal reningsteg i en separat vattenbehandlingsanläggning innan det släpps ut i dagvattennätet. Volymen renat rökgaskondensat år 2012 (från Anläggning 34 och Block 5) var 168 635 m³.

2.1.2 Beskrivning av nuvarande provpunkter

I dagsläget tas prov i sju dagvattenbrunnar som finns på området. Brunn 1, 2, 2b, 3, 5, 6 och 7. Provpunkterna har varierande avrinningsområde. I figur 3 visas de olika avrinningsområdenas yta, samt ledningsnätets utbredning. Arean på ytorna har tagits fram av Bjerking AB år 2009. Provtagningsbrunnarna har olika källor till sitt flöde. Som nämndes i föregående kapitel är det förutom vatten från regn- och snösmältning även kondensat från avfallsförbränningen, spolvatten, kylvatten, samt processvatten som kommer till dagvattennätet. Tabell 1 beskriver mer detaljerat vad för typ av vatten de olika provpunkterna mottar.

Tabell 1 Typ av vatten till de olika provpunkterna.

Provpunkt	Typ av vatten
Brunn 1	Regnvatten
Brunn 2	Regnvatten, avhärdat kylvatten från pumpar, spolvatten, råvatten som använts till kylning av processvatten, processvatten från panntömning samt från bottenblåsning av pannor
Brunn 2b	Regnvatten, kylvatten från kyltorn, renat kondensat från avfallsförbränningens rökgasrening
Brunn 3	Regnvatten, kylvatten, spolvatten, processvatten från panntömning och bottenblåsning av pannor
Brunn 5	Regnvatten
Brunn 6	Regnvatten
Brunn 7	Regnvatten, kylvatten, rejekt från osmosrening, neutraliserat vatten från regenereringsanläggningarna, vatten från neutralisationsbassäng och från sedimenteringsbassäng som består av grundvatten som trängt in, spolvatten samt läckage från pumpar och ledningar.



Figur 3 Kvarteret Brännugnen med provpunkter och avrinningsområden.

2.2 ÄMNEN I DAGVATTNET

Dagvattnet från kvarteret Brännugnen innehåller föroreningar av olika slag. Dessa förorenande ämnen har olika egenskaper som påverkar människor och natur på olika sätt. Analys görs i dagsläget på 15 olika ämnen, samt pH och konduktivitet.

2.2.1 Föroreningarnas egenskaper och förekomst

Metaller som har en densitet på 6 g/cm^3 eller mer räknas som tungmetaller (Folkesson 2005). Förhöjda halter av tungmetaller i sjöar och vattendrag har en negativ effekt på ekosystemet (Larm 1994). Exempel på sådana effekter är bland annat reducerad biologisk mångfald, ändrat jämviktsläge för ekosystemet, samt bioackumulering i vissa fiskarter. Detta kan i sin tur innebära risker för människor genom intag.

De tungmetaller som analyseras i Vattenfalls nuvarande kontrollprogram är antimon (Sb), bly (Pb), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), nickel (Ni) och zink (Zn). Arsenik (As) räknas enligt tidigare nämnd definition inte som tungmetall utan benämns i stället metalloid. Utöver dessa metaller analyseras även sex andra parametrar, ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), biokemisk syreförbrukning (BOD), suspenderade ämnen (susp), totalfosfor (tot P), totalt organiskt kol (TOC) samt pH och konduktivitet (kond).

Antimon

Antimon har ingen känd biologisk funktion. Den är snarlik metalloiden arsenik, men toxiciteten är inte lika välstuderad (Stenbeck, Palm, & Kaj 2002). Ingen stark bioackumulation finns hos antimon, dock är det ett misstänkt cancerogent ämne och klassas som möjligen cancerogent i människan av IARC, samt som cancerogent av EU. I det svenska samhället förekommer den största delen antimon i flamskyddsmedel. Även byggplast, plastförpackningar, elektronik, glas och kosmetika innehåller antimon. Förbränning av dessa produkter medför ökade halter antimon i dagvattnet (Folkesson 2005). Bromsbelägg är också en bidragande källa till antimon i dagvattnet.

Arsenik

Arsenik har sedan länge varit ett känt gift. Intag av arsenik leder hos människor till pigmentförändringar som kan leda vidare till hudcancer (Naturvårdsverket 2008). Arsenikförgiftning kan också leda till andra cancerformer som lungcancer och urinblåsecancer. Andra skador är diabetes, hjärt- och kärlsjukdomar, samt skador på blodmärgen. Höga halter arsenik har också ekotoxikologiska risker. Arsenik frigörs vid förbränning av bl.a. impregnerat trä och vissa kolsorter (Bengtsson & Krook 1997).

Bly

Bly är en icke essentiell metall, vilket innebär att bly inte är nödvändig för de biologiska processernas funktion (Eriksson m.fl. 2005). Redan vid låga halter har bly toxiska effekter på levande organismer, bland annat kan fertiliteten och foster påverkas. Bly förekommer bland annat i bromsbelägg, balansvikter på däck, asfalt, kablar, bilbatterier, samt i aska från förbränning (Larm & Pirard 2010).

Kadmium

Kadmium anses inte vara livsnödvändigt för några typer av levande organismer, däremot anses det skadligt för alla former av liv i för höga doser (Elding m.fl. 2013). Källor till kadmium i dagvatten kan vara förzinkade ytor (Stockholms Vatten 2013), fordons- och gatutvätt, sandning, atmosfäriskt nedfall, erosion av däck och vägbanor (Larm & Pirard 2010), samt aska från förbränning.

Koppar

Koppar är bioackumulerbart i växter och toxiskt för varmblodiga djur och växter. Vattnets hårdhet och salthalt bestämmer förekomstformen, som i sin tur avgör toxiciteten (Öhman m.fl. 2000). Bromsbelägg på lastbilar innehåller koppar, och anses stå för en stor del av kopparutsläppen till mark och dagvatten. Koppar används i takrännor, stuprör, tak, husfasader, samt i olika legeringar. Korrosion av dessa gör att koppar hamnar i dagvattnet. Andra källor är fordons- och gatutvätt, samt sandning. Aska innehåller också små mängder koppar (Bioenergiportalen 2013).

Krom

Krom är ett essentiellt näringsämne för vissa organismer (Tyler 2013). Vid för höga doser är det dock skadligt för alla typer av liv och kan bland annat orsaka störningar av mikrobiella processer samt skador på olika inre organ hos fiskar. De största utsläppen av krom kommer från trafiken genom slitage av däck och asfalt (Naturvårdsverket 2002). Andra källor är avfallsförbränning och ett fåtal cementmaterial. Krom finns även i färg och i olika slags ytbehandlingar eftersom det skyddar bra mot korrosion.

Kvicksilver

Kvicksilver är ett av de farligaste miljögifterna, och kan inte brytas ner, utan ansamlas i stället i mark, vatten och i levande organismer. Det utgör ett hot mot både mot miljön och människors hälsa (Kemikalieinspektionen 2013). Den vanligaste källan till kvicksilver i dagvatten är atmosfäriskt nedfall. Metallen hamnar i luften genom olika förbränningsprocesser, som t.ex. kol- och avfallsförbränning. Kvicksilver används också i ett antal produkter, så som lågenergilampor, lysrör och batterier.

Nickel

Nickel är ett essentiellt mikronäringsämne för vissa organismer, men som alla andra tungmetaller är det giftigt i högre koncentrationer. Höga halter nickel kan bland annat hämma viktiga enzymprocesser och även framkalla hudallergier hos människor. Växter påverkas genom att rottillväxten och cellsträckningen hämmas (Tyler 2013). Nickel är en produkt vid förbränning av fossila bränslen och avfallsförbränning (Larm & Pirard 2010). Produkter av rostfritt stål innehåller nickel och det används också inom ytbehandling (Naturvårdsverket 2002). De största utsläppen kommer dock från trafiken genom slitage av däck och asfalt.

Zink

För de flesta organismer är zink en nödvändig beståndsdel. Det är vanligare med zinkbrist, än överdosering av zink. Dock förekommer det senare och har visat sig ha en toxisk effekt, speciellt på vattenlevande organismer (Öhman m.fl. 2000). Trafiken står för ungefär hälften av zinkutsläppen i dagvatten. Andra källor är läckage från tak byggnadsmaterial, och olika galvaniserade produkter (Stockholm Vatten 2001). Stora utsläpp kan uppstå speciellt om skyddsfärgen saknas.

Fosfor

För höga halter växttillgängligt fosfor i dagvattnet kan leda till algbloomning som i sin tur ger upphov till syrebrist. Ökade halter fosfor kan också ge upphov till eutrofiering, det vill säga övergödning i recipienten (Ulén 2005). Effekter av eutrofiering kan t.ex. vara biologiska förändringar i form av ökad produktion av biomassa och förändrad artsammansättning. Vanliga källor till fosfor i dagvattnet är trafikavgaser, erosion av vägbanor, sandning, skräp, fordons- och gatutvätt (finns i tvättmedel), förmultnande växtmaterial, samt atmosfäriskt nedfall (Larm & Pirard 2010).

Suspenderade ämnen

Suspenderade ämnen är ett mått på de organiska och oorganiska partiklar som kan sedimentera (Göta älvs vattenvårdsförbund 2013). Suspenderade ämnen kallas också för suspenderat material eller partikulärt material som är större än 0,45µm i diameter. Suspenderat material är en viktig källa till föroreningar. Många metaller är partikulärt bundna till suspenderat material. Suspenderat material kan komma från allt ifrån lera och näringsämnen till slitage av asfalt och däck (Göthberg 1993) Inom kvarteret Brännugnen kan suspenderade ämnen även komma från torv samt aska.

2.2.2 Riktvärden

Det finns inga nationellt framtagna riktvärden för dagvatten. De riktvärden för dagvatten som Vattenfall förhåller sig till i dag togs fram genom samråd mellan dagvattengruppen på Vattenfall och miljökontoret i Uppsala 2011. Underlaget för bestämning av riktvärdena var Stockholms läns landstings rapport om "Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp" som riktvärdesgruppen i Stockholm tagit fram (Riktvärdesgruppen 2009). Detta är inte det enda dokument som tagits fram för riktvärden för dagvatten, vilket innebär att liknande verksamheter kan förhålla sig till andra riktvärden. I dagsläget förhåller sig Vattenfall till riktvärdena i tabell 2.

Tabell 2 Framtagna riktvärden för dagvatten från kvarteret Brännugnen (Dagvattengruppen Vattenfall, pers. medd.).

Parameter	Enhet	Kvarteret brännugnen (kondensat)	Kvarteret brännugnen (dagvatten)
pH		>6,5 - 11	>6,5 - 11
Kond	mS/m	500	500
Susp.	mg/l	100	100
Oljeindex	mg/l	*5	*5
NH ₄ -N	mg/l	3,5	3,5
Tot P	µg/l	250	250
As	µg/l	150	150
Sb	µg/l	--	--
Pb	µg/l	50	15
Cd	µg/l	3	0,5
Cr	µg/l	40	25
Cu	µg/l	500	40
Hg	µg/l	2	0,1
Ni	µg/l	40	30
Zn	µg/l	300	150

**Då oljeindex är > 5 mg/l analyseras det sparade referensprovet med avseende på de mest vattenlösliga aromaterna, BTEX.*

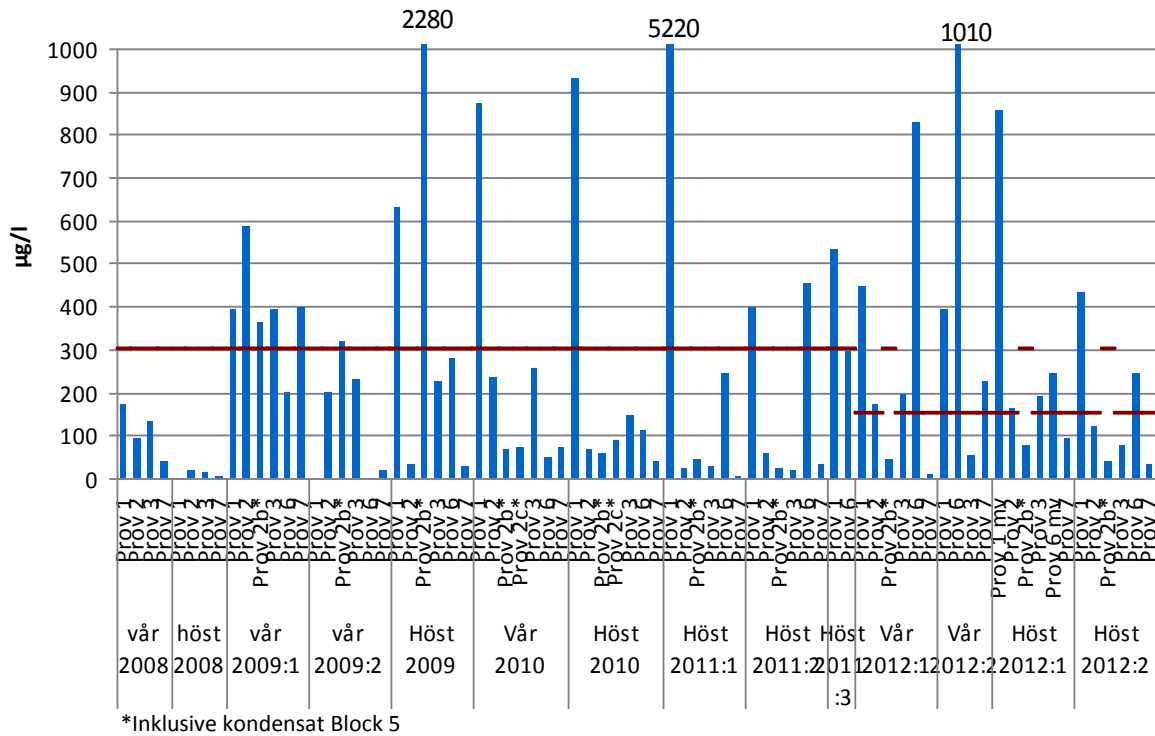
Riktvärdena som Vattenfall förhåller sig till anges i halter, och är framtagna utan att beakta de stora skillnader som förekommer i vattenflöde för de olika provpunkterna.

2.2.3 Föroreningarna på området

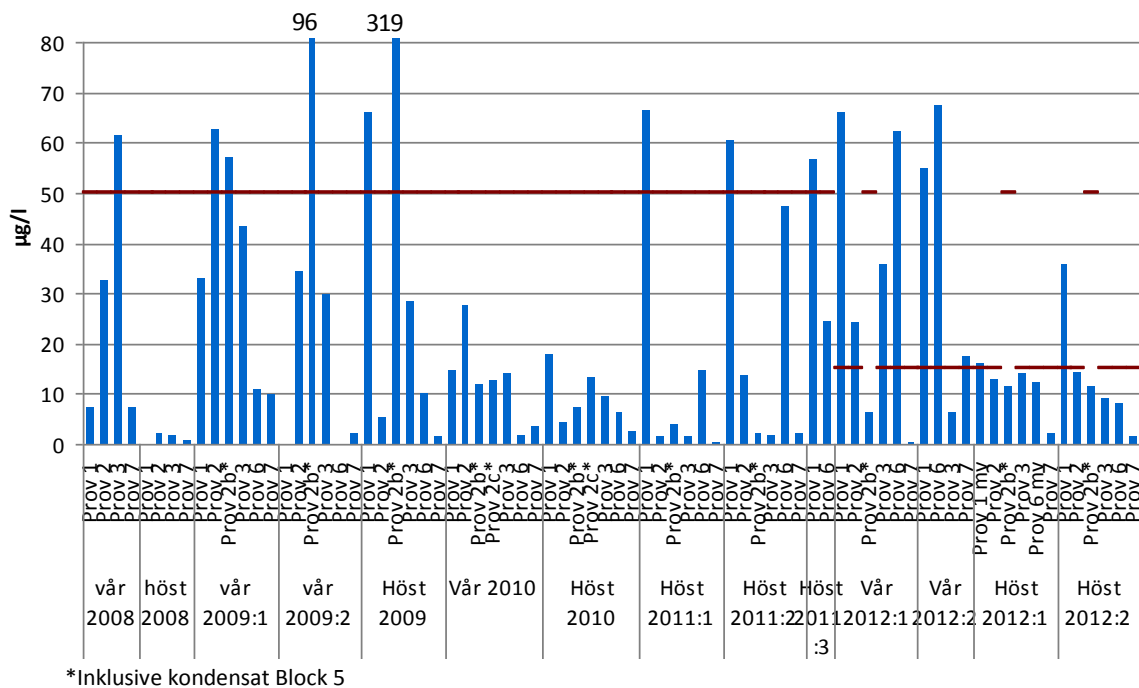
På de tre olika verken på området förbränns avfall, torv och träflis. När dessa ämnen förbränns bildas flygaska och bottenaska. Askorna innehåller tungmetaller och kan t.ex. finnas på tak, i rännor, och på andra ytor som inte har sopats på länge. Avfall innehåller tungmetaller men hanteringen av allt avfall sker inomhus och ingen risk finns för läckage till dagvattennätet. Torv kan också innehålla tungmetaller. Hanteringen av torv sker i containrar som lagras på en stor asfalterad yta i den nordöstra delen av kvarteret Brännugnen. Hanteringen av torv sker till viss del utomhus på denna yta.

En sammanställning av föroreningshalterna görs kontinuerligt utifrån de stickprover som tas fyra gånger per år (Dagvattengruppen Vattenfall, pers. medd.). Från år 2009 och framåt har stickprov på dagvatten tagits från samma sex provpunkter (Brunn 1, 2b, 2, 3, 6 och 7). Prov för oljeanalys tas i Brunn 4. I figur 4, 5, 6 och 7 redovisas resultaten från provtagningarna från 2008 och framåt för de metaller som mest frekvent ligger över riktvärdet, den röda linjen visar riktvärdet. Som figurerna visar sänktes riktvärdet från och med 2012. Riktvärdet för kondensat sänktes inte. Detta beror på att kondensat innefattas av andra regler än dagvatten, riktvärdet för kondensat togs fram då anläggningen byggdes. I den dagvattenbrunn där tillrinningen delvis består av

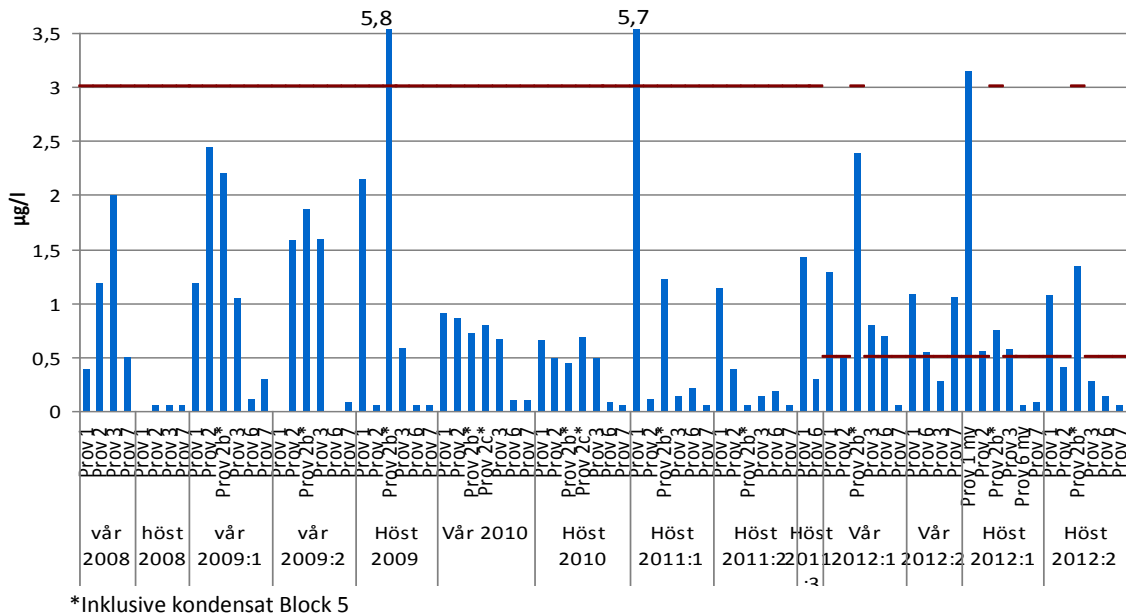
kondensat (Brunn 2b) gäller riktvärdet för kondensat. I Brunn 1, 2b och 6 har genomgående högre halter av vissa metaller uppmätts än i andra provpunkter. Brunn 1, som är en av de två provpunkter som tar emot endast regnvatten, har ofta höga halter av bly, zink och kadmium, se figur 4, 5 och 6. Brunn 6 som är den andra provpunkten som tar emot endast regnvatten har ofta höga halter av zink och bly, se figur 4 och 5. Brunn 2b som är den provpunkt där rökgaskondensat från block 5 passerar har vissa år haft problem med höga halter av krom, som kommer ifrån rökgaskondensatet, se figur 7.



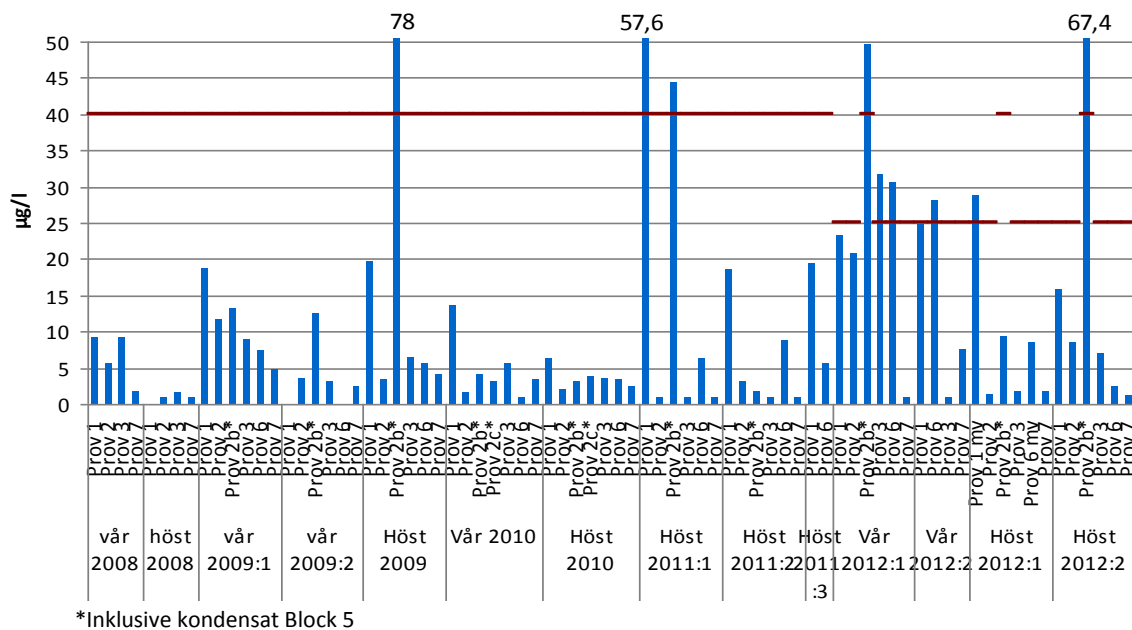
Figur 4 Zinkkoncentrationen i dagvattnet 2008-2012, den röda linjen visar riktvärdet.



Figur 5 Blykoncentrationen i dagvattnet 2008-2012, den röda linjen visar riktvärdet.

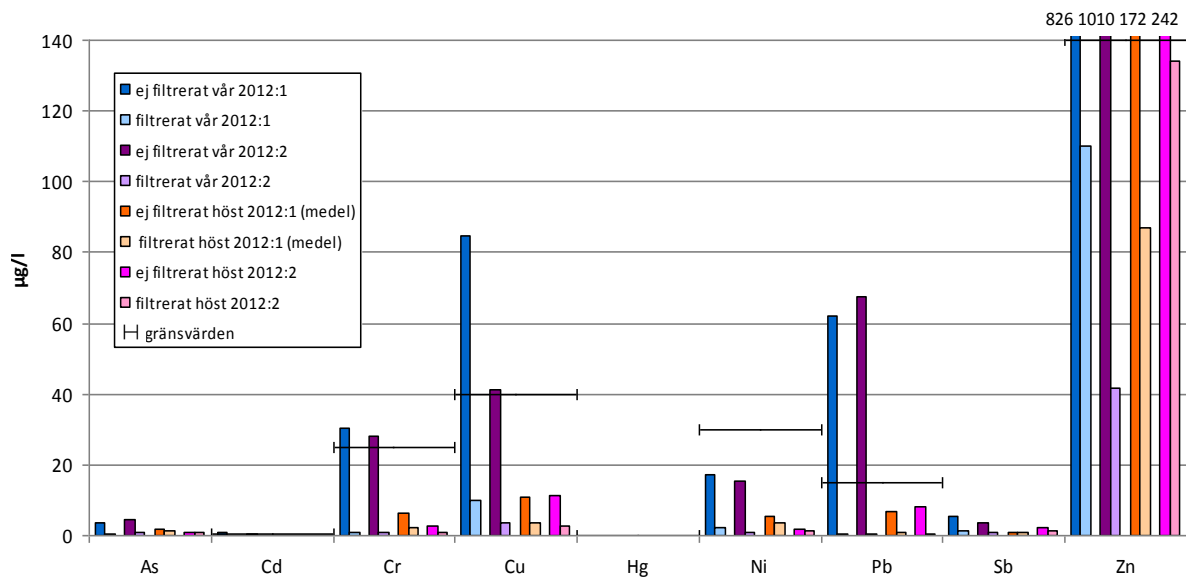


Figur 6 Kadmiumkoncentrationen i dagvattnet 2008-2012, den röda linjen visar riktvärdet.



Figur 7 Kromkoncentrationen i dagvattnet 2008-2012, den röda linjen visar riktvärdet.

Samtliga figurer visar metallhalter för ofiltrerade prover. Analys har de senaste åren även gjorts på prover filtrerade genom ett 0,45 µg filter för att undersöka om metallerna är partikelbundna. Jämförelse av dessa analyser visar att föroreningarna i dagvattnet till största delen är partikelbundna. Den lösta fraktionen ligger i stort sett alltid under riktvärdet. I figur 8 visas en jämförelse mellan ofiltrerat och filtrerat prov för Brunn 6.



Figur 8 Koncentration av metaller i dagvatten från Brunn 6 år 2012 ej filtrerat prov jämfört med filtrerat.

2.3 BESKRIVNING AV NUVARANDE METOD

2.3.1 Provtagningsmetod

Provtagningsmetoden som används på Vattenfall AB Värme Uppsala i dag är stickprovtagning. Avsikten är att ta prover fyra gånger per år och brunn, det vill säga en gång i kvartalet. Prov ska tas under nederbörd. Detta förutsätter att personalen är tillgänglig för provtagning då det regnar, vilket inte alltid är fallet på grund av andra arbetsuppgifter. Från år till år kan det därför variera mellan 2-4 provtagningstillfällen. Totalt finns det sju provtagningspunkter på området, Brunn 1, 2, 2b, 3, 4, 6 och 7. I Brunn 4 tas endast stickprov för att mäta oljeindex. Vid provtagning för övriga brunnar tas ca 10 stickprov från brunnen vid ett tillfälle och överförs i en dunk. Om det finns tid tas ytterligare 10 stickprov från varje brunn senare under dagen. Resultaten rapporteras till tillsynsmyndigheten, som är miljökontoret.

2.3.2 Flödesberäkningar

I dagsläget görs inga flödesmätningar i brunnarna. Volymen vatten som passerar de olika provpunkterna beräknas utifrån årsnederbörd och förbrukad råvattenmängd. Från SMHI fås årsnederbörden som multipliceras med arean på respektive avrinningsområde (som visades i figur 3, avsnitt 2.1.2). Vattenvolymen som de olika processerna bidrar med till dagvattennätet uppskattas genom avläsning av huvudmätare för åtgång av intaget råvatten. På vissa ställen saknas mätare, och ibland är mätarna för tillfället ur drift, då görs i stället uppskattningar från erfaren driftpersonal som baseras på hur mycket vatten som i genomsnitt går åt per timme. Detta multipliceras sedan med antal drifttimmar för den specifika processen per år. Huvudmätarna läser av hur mycket vatten som tas in i på de olika verken, och sedan finns det andra mätare som registrerar hur mycket vatten som har förbrukats i processen. Differensen mellan dessa värden blir det uppskattade processvattenflödet till provpunkten.

I tabell 3 redogörs de uppskattade volymerna vatten som har passerat varje provpunkt under år 2012. Volymen vatten varierar förstås från år till år beroende på hur mycket det har regnat, samt hur mycket processvatten som används det året. Under ett kallt år levereras mer värme till kunderna och fler pannor är i drift. Detta innebär en högre förbrukning av processvatten. Reparationer och underhåll är andra faktorer som medför att förbrukningen av vatten varierar från år till år. Under år 2012 regnade det totalt 739 mm (SMHI 2013). Brunn 2b, 2, 3, och 7 har kontinuerligt flöde. Brunn 2 ligger nedströms Brunn 3, det vill säga allt vatten som passerar Brunn 3 kommer till Brunn 2. Därför tas inte vattenvolymen från Brunn 3 med i den totala volymen eftersom den redan räknats med i Brunn 2.

Tabell 3 Uppskattat bidrag till varje provpunkt år 2012 (Dagvattengruppen pers. medd.).

Prov-punkt	Yta [m ²]	Andel regnvatten [%]	Volym regnvatten [m ³]	Volym processvatten [m ³]	Total volym vatten [m ³]	Procentuellt bidrag till den totala volymen [%]
1	8507	100 %	6284	0	6284	2%
2	12470	28 %	9212	33 003	42 215	14%
2b	10 942	9 %	8083	79 352*	87 434	29%
3**	4846	16 %	3580	19 000	22 580	--
5	6743	100 %	4981	0	4981	2%
6	38 120	100 %	28 159	0	28 932	10%
7	18 036	14 %	13 323	108222	121 556	45%
Totalt:	94 818	24 %	70 042	221 350	291 392	--

*67124 m³ av detta är kondensat.

**Vattenvolymen från provpunkt 3 tas inte med i den totala volymen eftersom den redan räknats med i provpunkt 2 (som ligger nedströms provpunkt 3).

Volymen dagvatten som passerar provtagningspunkterna skiljer mycket i storlek mellan de olika punkterna. Flödet till två av provtagningspunkterna, Brunn 2b och Brunn 7, står tillsammans för ca 75 % av det totala dagvattenflödet. Detta betyder i sin tur att om halten av något ämne är hög i dessa punkter kommer den totala utsläppta mängden det året bli mycket hög. Precis som en hög halt i en av de brunnar som har litet flöde inte alls har så stor inverkan på den totalt utsläppta mängden. Provpunkterna Brunn 1, Brunn 5 och Brunn 6 har tillflöde endast från regnvatten. Därför kan provtagning i dessa tre brunnar endast ske då det regnar.

Den totala volymen vatten som tillrinner till dagvattennätet från kvarteret Brännugnen är större än 291 402 m³. Det renade vattnet från rökgaskondenseringen i Anläggning 34 passerar ingen av provpunkterna, detta är ca 102 000 m³ per år. Regnvattnet från den hårdgjorda ytan i det sydvästra hörnet (gråmarkerad i figur 3) passerar inte heller någon av provpunkterna. Denna yta kallas Rangerplan.

2.3.3 Osäkerheter med nuvarande provtagningsmetod

Det finns en mängd faktorer som kan påverka halten förorening vid provtagnings-tillfället. Eftersom prov tas endast fyra gånger per år, har förhållandena när provet tas stor inverkan. Det som fås vid stickprovtagningen är ett momentanvärde som beskriver förhållandena just den dagen då provet tas. Om provtagning sker då halterna är ovanligt höga på grund av en tillfällig källa, kommer inte detta värde vara representativt för hela året. Den utsläppta mängden förorening kommer att se större ut än vad som egentligen är fallet. Precis som den kommer att se mindre ut om prov tas då halten är ovanligt låg.

Då 10-20 stickprover tas från de sju brunnarna som är utspridda på en yta på 15 ha är det en kostsam och tidskrävande process som innebär mycket resurser i form av personal. Provtagningen utförs av laboratoriepersonal som är certifierade för provtagning av dagvatten. På Vattenfalls kemilaboratorium utför laboratoriepersonalen ackrediterad analys av pH, konduktivitet samt suspenderade ämnen. Nuvarande provtagningsstrategi förutsätter att personalen är tillgänglig för provtagning då det regnar. En planerad provtagningsdag kan bli uppskjuten på grund av uteblivet regn, eller så får prov tas trots att det inte regnar. I tre av brunnarna finns det dock bara vattenflöde då det regnar vilket innebär att det ibland inte är möjligt att få till fyra provtillfällen per år.

Det som är av störst intresse att uppskatta är den totala mängden utsläppt förorening per år (kg/år). Ett stickprov beskriver föroreningshalten ($\mu\text{g/l}$) på provplatsen vid en viss tidpunkt. För att få fram en uppskattning av mängden förorening per år beräknas en medelhalt för varje provpunkt utifrån de fyra stickproven. För att slutligen beräkna den utsläppta mängden förorening multipliceras medelhalten med den uppskattade volymen vatten som passerar provpunkten per år. Denna beräkningsmetod medför stora fel eftersom den inte tar hänsyn till variationer i flöde över året. Den tar inte heller hänsyn till att en viss del av nederbörden som faller på området avdunstar från de hårdgjorda ytorna.

Beräkningarna för de utsläppta mängderna föroreningar per år är också missvisande på grund av att medelhalten baseras på endast fyra provtagningsstillfällen. Om halten vid ett provtagningsstillfälle är hög har detta en stor inverkan på den beräknade årsmängden. Dessutom är flödesuppskattningarna som används till beräkning av utsläppta halter osäkra. Som nämndes tidigare saknas mätare på vissa ställen och flödet uppskattas i stället av erfaren driftpersonal utifrån medelåtgången processvatten för den specifika processen per timme. En ytterligare felkälla då det gäller flödesberäkningarna är att ritningarna över ledningar och brunnar i vissa fall inte är uppdaterade. Detta innebär att processvattnet kan vara kopplat till en annan provpunkt än vad som tas hänsyn till i beräkningarna.

Därför kan den verkliga utsläppshalten per år vara både lägre eller högre än vad beräkningarna visar. På grund av den stora osäkerheten i flöde skulle det i dagsläget vara svårt att förhålla sig till riktvärden för utsläppta mängder per år.

2.3.4 Vidtagna åtgärder för att minska föroreningar till dagvattnet

Vattenfall arbetar aktivt med att åtgärda föroreningskällor inom anläggningen. Det finns också en detaljerad riskanalys för dagvattenavloppen inom kvarteret Brännugnen.

Åtgärder som gjorts är bland annat att en ny oljeavskiljare har installerats utanför Bolandsverket. Denna förhindrar att olja läcker från oljepannorna till dagvattennätet. Före denna oljeavskiljare sitter en slamavskiljare där partiklarna kan sedimentera. Det finns även 11 enklare oljeavskiljare på området som även dessa föregås av slamavskiljare. Oljeavskiljarna töms en till två gånger per år, och slamavskiljarna töms tre gånger så ofta som oljeavskiljarna. Tak har installerats vid slaggbehandlingen för att skydda slaggbandet från nederbörd och på så sätt förhindra spill från bandet till ytor som avvattnas till dagvattennätet. I samband med detta gjordes även en tätning utmed bergväggen vid slaggbehandlingen för att förhindra att förorenat vatten läcker ner till grundvattnet.

För att förhindra översvämningar från våtutmatare har ombyggnationer utförts så vattnet leds till en slaggbassäng som är placerad i slagghuset. Vattnet förs sedan till reningen för rökgaskondensat. Det har satts torvfilter i 13 av brunnarna på området. Dessa filter renar dagvattnet från olja och metaller. Filtren byts ut 4 gånger per år av en entreprenörsfirma. Rutinerna för sopning av området har förbättrats, vilket innebär att vissa delar av området sopas varje vecka och andra delar varannan. Sopningen görs för att förhindra att flyg- och bottenaska kommer ner i brunnarna. Om det är mycket slam i brunnarna ska de slamsugas för att förhindra höga halter av suspenderade ämnen. Rensning av tak och rännor på området sker 2 gånger per år, före och efter driftsäsong (vecka 19 samt vecka 45).

2.4 PROVTAGNINGSMETODER FÖR DAGVATTEN

De tre vanligaste metoderna för provtagning av dagvatten har studerats.

2.4.1 Stickprovtagning

Ett stickprov är ett vanligt vattenprov som ger ett momentanvärde vilket beskriver föroreningshalten ($\mu\text{g/l}$) vid en viss tidpunkt. Det tas exempelvis genom att en provtagningsflaska sänks ned i det vattenflöde som ska analyseras.

2.4.2 Passiv provtagning

Passiva provtagare består av ett material som föroreningarna i vattnet kan binda till. En passiv provtagare placeras i det vattenflöde som ska analyseras och prov samlas in under en längre period (Länsstyrelsen 2013). Hur länge en passiv provtagare kan ligga i vattnet beror på halten förorening. Höga halter föroreningar innebär att den passiva provtagaren snabbare kommer att bli mättad. Passiva provtagare bygger vanligtvis på jonbyte eller membrandiffusion. Passiva provtagare kräver ingen skötsel. Då en passiv provtagare kan mäta under en längre tidsperiod ger denna ett mer representativt värde än ett momentanvärde. En nackdel är dock att en passiv provtagare inte kan mäta partikelbundna föroreningar då det endast är joner dvs. den lösta fraktionen som kan binda till membranet.

Den vanligaste passiva provtagaren är Ecoscope. Mätprincipen bygger på jonbyte och metallkoncentrationen fås i mg/kg jonbytarmassa, vilket inte kan jämföras med resultat från stickprovtagning. En annan passiv provtagare i samma prisklass är ALS Scandinavias PSM-1 Metaller (katjoner). Denna använder sig också av en jonbytare men med en lite annorlunda princip som gör att medelkoncentrationen av lösta metaller fås i µg/l, vilket kan jämföras med ett stickprov (DGT Research 1993). Provtagaren mäter medelkoncentrationen för metallerna Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, och Zn. Det finns även en provtagare med benämningen PSM-3 Metaller (anjoner) från samma företag som mäter As, fosfat, Mo, Sb, samt V.

2.4.3 Flödesproportionell provtagning

En flödesproportionell provtagare kopplas till en flödesmätare, och styrs av en puls som ges efter att ett visst flöde har passerat. På så sätt tas prov mer frekvent vid ett högre flöde. Proven förvaras i kylskåp fram tills att de skickas på analys. Flödesproportionell provtagning är mer representativa än ett momentanvärde eller passiv provtagning då både den lösta och den partikelbundna fraktionen kan mätas under en längre tidsperiod. En nackdel med flödesproportionell provtagning är att denna metod ställer större krav på utrustning än andra provtagningsmetoder.

2.5 DIMENSIONERING AV DAGVATTENSYSTEM

För att kunna dimensionera en reningsanläggning för dagvattnet från kvarteret Brännugnen krävs kännedom om ledningsnät och avrinningsområde. Volymen nederbörd som faller över avrinningsområdet är inte den samma som den som når brunnarna (Svenskt Vatten 2004). Marken på området påverkar både volymen vatten och tidpunkten då vattnet når brunnen. Två begrepp som används för dimensionering av dagvattensystem är avrinningskoefficient och rinntid, dessa begrepp beskrivs i avsnitt 2.5.1 och 2.5.2. Det finns olika metoder och beräkningsmodeller som används för dimensionering. Den metod som lämpar sig bäst för kvarteret Brännugnen är den rationella metoden.

2.5.1 Avrinningskoefficient

Avrinningskoefficienten beskriver hur stor del av nederbörden som avrinner efter förluster genom avdunstning, infiltration, och absorption av växter eller genom magasinering i markytans ojämnheter (Svenskt Vatten 2004). Den är ett mått på den maximala andel av ett avrinningsområde som kan bidra till avrinning. Den beror framför allt på hårdgörningsgraden på avrinningsområdet men också regnintensiteten och områdets lutning. Svenskt Vatten har tagit fram schablonvärden för avrinningskoefficienter för olika typer av ytor. Dessa visas i tabell 4. och kan användas då områdets markanvändning är väl dokumenterad vilket den är för kvarteret Brännugnen.

Tabell 4 Avrinningskoefficienter för olika typer av ytor (Svenskt Vatten 2004).

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

2.5.2 Rinntid

Rinntid är den maximala tid det tar för nederbörd som faller över ett visst område att nå till den punkt där allt vatten från avrinningsområdet samlas. Denna tid beror på avståndet som vattnet ska färdas samt vattnets hastighet (Svenskt Vatten 2004). Rinntiden kan enkelt uppskattas för områden med likartade egenskaper.

2.5.3 Rationella metoden

Det finns olika metoder för att beräkna avrinningen till en given punkt för ett dagvattensystem. Den metod som lämpar sig bäst för handräkning, kallas den rationella metoden (Svenskt Vatten 2004). Metoden kan användas för överslagsberäkningar för områden som är mindre än 50 ha (Jones 1997). Området bör dessutom vara i det närmaste rektangulärt, ha jämnt fördelade avrinningskoefficienter och inte alltför varierande rinntid. Den rationella metoden kan användas för kvarteret Brännugnen då det uppfyller alla dessa kriterier.

2.5.4 Återkomsttid

Vid dimensionering av dagvattensystem och reningsanläggningar för dagvatten används återkomsttider för regn. Återkomsttider är ett mått på med hur många års mellanrum olika vädersituationer inträffar. Begreppet 100-års regn används ofta och innebär den regnmängd som historiskt fallit en gång på 100-år. Generellt används 10-årsregn som dimensionerande regn för dagvattensystem (Svenskt Vatten 2004). Det innebär då att dagvattenledningarna ska klara av att leda bort ett 10-årsregn utan att trycknivån i dagvattenledningarna når marknivån, dvs. utan att vatten trycks upp ur dagvattenbrunnen.

2.6 RENINGSTEKNIKER FÖR DAGVATTEN

För att minska belastningen på recipienter från dagvatten finns i huvudsak fyra generella metoder (Stockholm Vatten 2001b). Den första är att åtgärda källan till föroreningarna, vilket Vattenfall aktivt arbetar med. I andra och tredje hand kommer vanligtvis

installation av någon typ av reningsanläggning eller infiltration i mark i stället för avledning via ledningsnät. Det fjärde alternativet är avledning till reningsverk. Vilken typ av åtgärd som tillämpas beror på olika faktorer som t.ex. markförhållanden, utrymme, föroreningskällornas egenskaper etc.

Det vanligaste alternativet att tillämpa är installation av reningsläggningar (Stockholm Vatten 2001b). Reningsanläggningar för dagvatten kan delas upp i sex huvudalternativ.

- Sedimenteringsanläggningar, som antingen kan vara avsättningsmagasin under mark eller öppna dammar. Rening sker genom att partiklar sedimenterar till botten.
- Olika typer av filter, dessa kan placeras i dagvattenbrunnarna eller i en knytpunkt där allt dagvatten passerar. Rening sker genom att föroreningen adsorberas till filtermaterialet. Filtrena kan bestå av material som torv, bark, aktivt kol etc.
- Lamellavskiljare, en avskiljare som består av lameller som separerar olja och slam, genom att partiklar sjunker till botten och olja stiger till ytan. Passar bäst för småskalig rening av dagvatten.
- Dunkersanläggningar, vilket är en sedimenteringsanläggning i form av flytväggar placerad i recipienten
- Våtmarker eller översilningsytor. Då sker rening med hjälp av biologiska processer, infiltrering och sedimentation. Våtmarken eller översilningsytan har också en fördröjande effekt på dagvattnet. En våtmark eller en översilningsyta kan vara naturlig eller anlagd.
- Olika LOD-lösningar. LOD står för lokalt omhändertagande av dagvatten vilket exempelvis kan vara infiltration i mark, perkolation eller lokal fördröjning. Tanken med LOD är att hanteringen av dagvattnet ska ske i det område där det har bildats (Jansson, Lind & Malbert 1992). En LOD-lösning är lättast att anlägga om den tas hänsyn till redan i planeringsstadiet, detta innebär då t.ex. att gröna ytor skapas på ett smart sätt så att dagvatten inte uppkommer.

De alternativ som har undersökts mer ingående är sedimenteringsanläggning, reningsanläggning som bygger på avskiljning genom olika filter, LOD-lösningar samt rening med bark. Dessa lösningar kan också kombineras för att uppnå bästa rening.

3. MATERIAL OCH METODER

Detta examensarbete har bestått av många olika delar. Ett moment var att ta fram en förbättrad provtagningsstrategi för kvarteret Brännugnen. För att kunna göra detta krävdes först och främst en förståelse för vad de olika vattenflödena kommer ifrån och vad för slags vatten de består av. Ett annat delmoment var att hitta specifika källor till föroreningarna på området, och att ta fram åtgärdsförslag för att förhindra att källorna uppkommer. Därför ägnades den första tiden av examensarbetet åt att studera ritningar för att förstå hur ledningsnätet hänger ihop. En hel del tid lades också på platsundersökningar och samtal och diskussioner med berörd personal.

För att kunna ta fram en bättre provtagningsstrategi undersöktes nya provtagningspunkter och provtagare. En passiv provtagare hade tidigare testats i en provtagningsbrunn med bra resultat. Därför beslutades att passiva provtagare skulle användas för att undersöka om dessa kunde ge en mer korrekt bild av föroreningshalter i dagvattnet från kvarteret Brännugnen. Då en passiv provtagare förutsätter ett konstant flöde, var detta det första kravet för de nya provtagningspunkterna. Nästa krav var att dessa punkter tillsammans skulle omfatta allt dagvatten från kvarteret Brännugnen. En önskan fanns också om att kartlägga föroreningsinnehållet i dagvattnet före och efter det underjordiska magasin som vattnet från den västra delen av kvarteret passerar. Utifrån dessa kriterier valdes 4 provpunkter för passiv provtagare ut i syfte att undersöka om dessa var lämpliga för framtida provtagning. Provpunkterna som användes för passiv provtagare var; Före magasin, Efter magasin, Gemensam 6 & 7, samt Brunn 7. Dessa visas i figur 9, det underjordiska magasinet ligger mellan provpunkt Före magasin och provpunkt Efter magasin.

Som figur 9 visar mottar det underjordiska magasinet även dagvattnet från gatan och fastigheterna norr om kvarteret. Därför beslutades att ett stickprov skulle tas vid nederbörd i en brunn där endast detta vatten passerar. Denna provpunkt benämns Påsticket och ligger uppströms det underjordiska magasinet. Stickprovet från provpunkten ger en uppfattning om föroreningsinnehållet i tillkommande vatten.

I de fyra brunnarna som användes för passiv provtagning utfördes även stickprovtagning. Detta skedde i samband med utplacering och upptagning av de passiva provtagarna. Stickprovtagning utfördes även den 13 mars samt den 18 april i de sju provtagningspunkterna som sedan tidigare ingår i kontrollprogrammet. Detta utfördes av certifierade provtagare på Vattenfalls kemilaboratorium.



Figur 9 Dagvattenledningar utanför kvarteret Brännugnen med provtagningspunkter.

Tryckgivare placerades i fyra brunnar för vattennivåmätningar. Konduktivitetmätare som också mätte temperatur placerades i tre av dessa brunnar. Genom att använda Mannings ekvation, som beskrivs i avsnitt 3.3.1, kunde flödet beräknas utifrån nivån i dagvattenledningarna. Flödesmätningar med en elektromagnetisk flygel gjordes också i samband med monteringen av tryckgivare.

Slutligen togs även förslag på reningstekniker och dimensionering fram genom litteraturstudier samt genom att studera ritningar och beräkna flöden.

3.1 RIKTVÄRDEN

För att få en bättre uppfattning om vilka halter som kan förväntas i dagvatten har riktvärden och föroreningshalter i dagvatten från andra liknande verksamheter studerats. Informationen har införskaffats genom att kontakta andra verksamheter via telefon och e-mail. Utöver undersökningen om riktvärden har även olika dagvattenmodeller som använder sig av schablonhalter för dagvatten från olika typer av markanvändning studerats. Resultatet från undersökningarna redovisas avsnitt 4.1 i resultatdelen.

3.2 PROVTAGNING

Den 13 mars 2013, sattes passiva provtagare ner i fyra dagvattenbrunnar och dessa provtagare togs upp den 5 april. Provpunkterna som användes var; Före magasin, Efter magasin, Gemensam 6 & 7, samt Brunn 7. I figur 12 visas dessa punkter. Stickprover togs också i samma brunnar i samband med att de passiva provtagarna sattes i och togs upp. På grund av förlust av provtagare i provpunkten före magasin sattes nya provtagare

ner den 11 april i provpunkterna Före magasin och Efter magasin. Dessa togs upp den 25 april.

3.2.1 Stickprover

Stickprover togs enligt ackrediterad metod med hjälp av en 0,5 liters bägare fäst på ett skaft. Provet togs från marken genom att skaftet försiktigt fördes ned i brunnen. Provet hälldes sedan över i en dunk som totalt rymmer 5 liter, varav ca 10 bägare togs för varje dunk och brunn. I figur 10 visas bägare med tillhörande skaft, dunk och tratt för stickprovtagning.



Figur 10 Bägare med tillhörande skaft samt dunk och tratt för stickprovtagning (foto Linnea Henriksson).

Stickprover togs den 13 mars och 5 april i samband med utplacering och upptagning av passiva provtagare. Provpunkterna som användes var; Före magasin, Efter magasin, Gemensam 6 & 7, samt Brunn 7. Ordinarie stickprovtagning genomfördes den 18 april då det regnade. På Vattenfalls kemilaboratorium analyserades pH, konduktivitet och suspenderade ämnen. Analys på resterande parametrar gjordes på annat ackrediterat laboratorium.

3.2.2 Passiv provtagning

Den passiva provtagare som användes för provtagning var PSM-1 Metaller (katjoner) som använder sig av en metod som kallas *diffusive gradients in thin films* (DGT). Det är en enkel metod som går ut på att metalljonerna i vattnet binder till en jonbytare i provtagaren. En konstant koncentrationsgradient upprättas och med hjälp av denna kan en medelkoncentration av lösta metaller ($\mu\text{g/l}$) över mätperioden beräknas. Tid för isättning och upptagning måste noteras på minuten och om temperaturen är känd under hela mätperioden fås ett säkrare resultat. PSM-1 Metaller mäter bra inom pH intervallet 4,5-11 och har en noggrannhet på 10^{-12} mol/liter (DGT Research 1993). Den passiva provtagaren som användes beställdes från företaget ALS Scandinavia. Provtagaren skickades efter avslutad provtagning till ALS Scandinavias laboratorium som utförde analys av metaller och de beräkningar som krävdes. Provtagaren adsorberar metallerna Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, och Zn. Provtagaren PSM-1 Metaller valdes

eftersom den adsorberar sex av de nio metaller som ingår i Vattenfalls nuvarande provtagningsprogram. Den valdes också på grund av att analysresultatet från provtagningen fås i $\mu\text{g/l}$.

Passiva provtagare sattes ner i fyra dagvattenbrunnar den 13 mars 2013 och togs upp den 5 april. I figur 11 visas den passiva provtagaren som användes. Som figuren visar sattes denna fast i brunnslocket med hjälp av en fiskelina. Ett ankare i form av en plastburk fylld med tvättad sand monterades i andra änden av provtagaren för att hålla den under vattenytan.



Figur 11 Till vänster visas den passiva provtagaren PSM-1 Metaller och till höger visas monteringsanordning med fiskelina och ankare (foto Linnea Henriksson och Reza Safaee).

Provpunkterna som användes var samma som för stickprovtagning dvs. Före magasin, Efter magasin, Gemensam 6 & 7, samt Brunn 7. Den passiva provtagaren som satt före magasinet slets bort under provtagningsperioden. Därför utfördes ytterligare en provtagning med passiv provtagare i provpunkterna, Före magasin samt Efter magasin. Dessa placerades ut den 11 april och togs upp den 25 april.

3.3 FLÖDESMÄTNINGAR

3.3.1 Tryckgivare

I de fyra provpunkterna Före magasin, Brunn 7, Gemensam 6 & 7, och Påsticket placerades en tryckgivare för att bestämma vattennivån. Tryckgivaren som användes var av märket Druck modell CS420-L Tryckgivaren visar trycket i psi (pound per square inch) relativt atmosfärstrycket. Mätområdet är 5-900 psi vilket motsvarar 0,3-62 bar. Mätprincipen bygger på piezoelectricitet (Cambell Scientific 2007). Tryckgivarens nedre del består av piezoelektriska kristaller som är symmetriskt fördelade över en yta. När dessa kristaller utsätts för tryck förstörs symmetrin vilket ger upphov till en elektrisk spänning på kristallernas yta (Nationalencyklopedin 2013). Denna spänning är proportionell mot trycket. Det uppmätta trycket kan sedan omvandlas till vattendjup genom en enkel kalibrering. Kalibreringen utfördes på Vattenfalls laboratorium.

Tryckgivaren placerades i ett tomt mätglas och sedan tillsattes vatten i omgångar så att det verkliga vattendjupet kunde mätas manuellt och ett samband mellan detta och det uppmätta trycket skapades. Tryckgivaren kopplades till en logger av modellen CR1000 (Cambell Scientific), som sparade medelvärdet på vattennivån som tryckgivaren registrerade varje minut. Programvaran loggerpro användes för att skapa ett program för att registrera vattennivån varje minut och ett medelvärde av detta sparades var femte minut.

Tryckgivare sattes ner i provpunkterna Före magasin, Påsticket och Gemensam 6 & 7 i samband med utplacering av de passiva provtagarna den 13 mars. I Brunn 7 skedde utplaceringen den 26 februari. Tryckgivare sattes på nytt ner i provpunkt Före magasin i samband med provtagning nummer två den 11 april. Med silvertejp monterades tryckgivaren fast på en lång trästav som fördes ner i brunnen från markytan. En trästav sattes också tvärs över brunnen, där lådan med logger och batteri placerades i en tygpåse. I figur 12 visas tryckgivare, konduktivitetmätare och loggerlåda i tygpåse.



Figur 12 Tryckgivare, konduktivitetmätare och loggerlåda i tygpåse monterad i dagvattenbrunnen (foto Linnea Henriksson).

Flödet i dagvattenledningar kan beräknas utifrån vattendjupet i ledningen förutsatt att ledningens geometri är känd (Rundqvist, Söderberg & Bergander 2004). Vattnets hastighet beräknas med Mannings ekvation (ekvation 1)

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S_0} \quad (1)$$

där v = Vattnets hastighet i [m s^{-1}]

n = Mannings tal [-]

R = Hydrauliska radien i [m]

S_0 = Bottenlutningen [-]

Bottenlutningen S_0 beräknas enligt ekvation 2. Parametrarna h_1 h_2 samt L illustreras i figur 13.

$$S_0 = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (2)$$

där h_1 = Höjd över havet för brunn 1 [m]
 h_2 = Höjd över havet för brunn 2 [m]
 L = Avståndet mellan brunnarna [m]

Den hydrauliska radien (R) i Mannings ekvation beräknas med hjälp av ekvation 3. Mannings tal för betong är 0,014 (Rundqvist Söderberg & Bergander 2004).

$$R = \frac{A_{tvärsnitt}}{P} \quad (3)$$

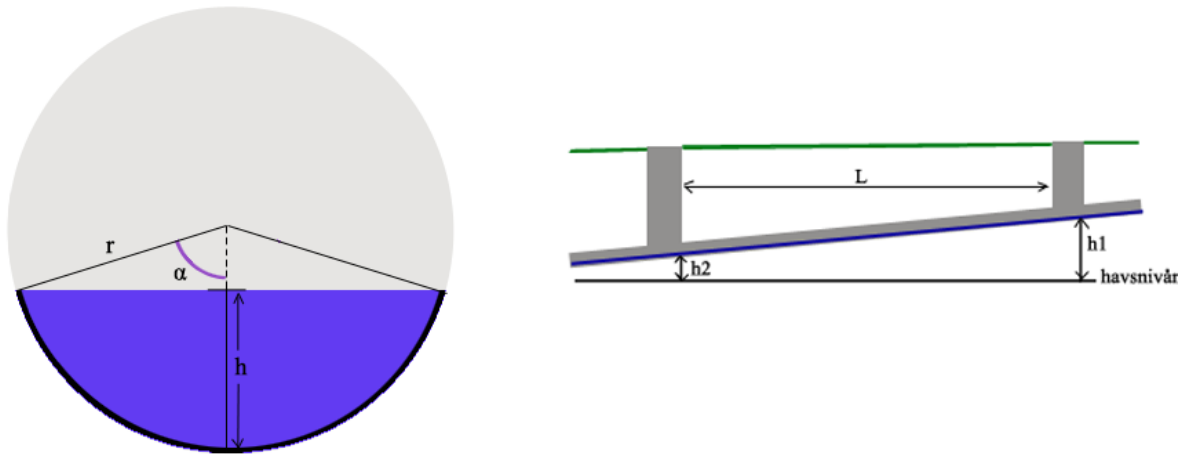
där $A_{tvärsnitt}$ = Det våta cirkelsegmentets area i [m²]
 P = Den våta perimeteren [m]

I figur 13 visas dessa parametrar. Både $A_{tvärsnitt}$ och P beror på vattnets nivå i röret. Därför kan ett uttryck för att beräkna dessa härledas ur cirkelns geometri (ekvation 4 och 5).

$$A_{tvärsnitt} = \frac{\alpha}{\pi} A_{tot} - ((r - h) \cdot r \sin \alpha) \quad (4)$$

$$P = 2r\alpha \quad (5)$$

där r = rörets radie [m]
 α = vinkeln som figur 13 visar [radianer]
 h = Vattennivån i röret [m]



Figur 13 Till vänster visas tvärsnittet av dagvattenledningen. De våta cirkelsegmentet markeras med blått och den våta perimetern med tjock svart linje. Till höger visas dagvattenledningen från sidan och parametrarna som använts för att beräkna lutningen.

Vinkeln beräknas också utifrån cirkelns geometri enligt ekvation 6.

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{r-h}{r}\right) \quad (6)$$

där h = Vattennivån i röret [m]

r = rörets radie [m]

α = vinkeln som figur 13 visar [radianer]

Slutligen kan flödet beräknas med Kontinuitetsekvationen (ekvation 7).

$$Q = v \cdot A \quad (7)$$

där v = Vattnets hastighet i [m s⁻¹]

A = Area av cirkelsegmentet [m²]

Q = Vattenflödet i [m³ s⁻¹]

Ett program som beräknade flödet enligt dessa ekvationer skapades i programvaran Matlab, se bilaga 2 för hela programkoden. Programmet beräknade flödet för varje värde på vattennivån som tryckgivaren registrerade. Parametrar som måste vara kända förutom vattennivån är bottenlutningen S_0 , radien på ledningen r , samt materialet på ledningen, som i sin tur bestämmer mannings tal n . Dessa parametrar togs fram med hjälp av riktningar som erhöles från Uppsala Vatten. Genom att integrera flödena över tiden, beräknades slutligen den totala volymen avrunnet vatten (m³) under mätperioden.

Övriga parametrar som beräknades var medelflöde samt uppskattad total avrunnen volym under året. Denna uppskattade årsvolym baserades på den avrunna volymen under mätperioden.

3.3.2 Flygelmätningar

Flödesmätningar utfördes med en elektromagnetisk flygel av modellen Valeport Model 801 (Flat) EM Flow Meter. Den elektromagnetiska flygeln använder Faraday's lag (en grundläggande lag inom elektromagnetism) för att registrera vattnet som flödar förbi sensorn. Flygeln programmerades till att mäta vattenflödet varje sekund under 25 sekunder och sedan visa medelvärdet i $m s^{-1}$. Flygelmätningarna utfördes den 13 mars i samband med att tryckgivarna installerades och de passiva provtagarna placerades ut. Den uppmätta vattenhastigheten kunde sedan jämföras med den beräknade för att utvärdera pålitligheten av flödesberäkningarna.

3.3.3 Uppskattning av avrinningsområden

Arean för de nya avrinningsområdena har bestämts med en enkel beräkningsmetod som går ut på att avrinningsområdena ritas upp på transparent papper som sedan klipps ut och vägs. Detta gjordes på en våg med 5 decimalers noggrannhet. Den vägda vikten divideras sedan med vikten på ett hektar och arean för delområdet fås fram. Även areorna som redan tagits fram av Bjerking bestämdes med denna metod för att uppskatta felmarginaler. Som störst blev avvikelserna för den manuella beräkningsmetoden 1 %.

3.3.4 Utvärdering av flödesuppskattningar

Mätningarna av vattennivån har delvis gjorts för att utreda hur bra Vattenfalls nuvarande flödesuppskattningar stämmer med verkligheten. Det går inte att jämföra den beräknade volymen under mätperioden med den uppskattade enligt Vattenfalls metod rakt av eftersom den ena är en årsvolym och den andra är en uppmätt volym under en begränsad period. Därför har volymerna räknats om på två olika sätt. Den uppmätta avrunna volymen har multiplicerats med resterande andel av året, dvs. en mätperiod på 50 dagar innebär att den avrunna volymen multipliceras med $365/50$, på så sätt har avrunnen volym per år erhållits. Denna beräkning bygger på antagandet om att mätperioden är representativ för hela året både då det gäller nederbörd och processvattenflöde. Den andra jämförelsen bygger på att volymen vatten som borde komma till dagvattenbrunnen beräknas genom att avrinningsområdet multipliceras med den nederbördsdata som erhållits, processvattenflödet uppskattades utifrån medelvärdet från år 2012. Flödesuppskattningar för år 2012 fanns inte för provpunkterna Före magasin eller Gemensam 6 & 7 eftersom dessa provpunkter är nya. Dessa volymer beräknades därför med Vattenfalls nuvarande metod för flödesberäkningar. Avrinningsområdena som tillkom för dessa provpunkter uppskattades med uppvägningsmetoden som beskrevs i avsnitt 3.2.3.

Jämförelser gjordes också mellan det beräknade flödet utifrån vattennivån (med Mannings ekvation) och det som mättes med flygel. Detta gjordes för att utvärdera om metoden med Mannings ekvation kan anses tillförlitlig.

3.4 NEDERBÖRD TEMPERATUR OCH KONDUKTIVITET

Nederbördsdata erhöjls från Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet, i serier per dygn, timme och var 10:e minut. Vattentemperaturen och vattnets konduktivitet mättes i provpunkterna Brunn 7, Gemensam 6 & 7, och Före magasin. Mätinstrumentet som användes till detta var Cambell Conductivity and Temperature probe CS547A. Mätintervallet för temperaturen är 0-50°C och intervallet för konduktiviteten 0,5-700 mS m⁻¹ (Cambell Scientific Inc 2013). Konduktiviteten i vattnet som passerar provpunkten Före magasin är högre än 700 mS m⁻¹. Därför kan resultatet för denna provpunkt endast ses som en relativ förändring, och inte ett verkligt värde på konduktiviteten.

3.5 RÖKGASKONDENSAT

Då andra regler gäller för kondensat än för dagvatten, var ett moment i dagvattenutredningen att undersöka med hur mycket kondensatet bidrar till den utsläppta mängden föroreningar. Flödet av kondensat från Block 5 och Anläggning 34 mäts kontinuerligt och sammanställs varje vecka. Genom flödesproportionell provtagning mäts metallhalter på utgående renat kondensat. Utifrån det uppmätta flödet och halterna beräknades den utsläppta mängden metaller under provtagningsperioden för Block 5 och Anläggning 34. Detta jämfördes med utsläppt mängd vid provpunkt Före magasin, och redovisas i resultatdelen (avsnitt 4.4, tabell 15).

Det togs även stickprov på utgående renat kondensat från Block 5 den 13 mars, dvs. samma dag som den första provtagningen av dagvattnet genomfördes. Resultatet jämfördes sedan med stickproverna från Brunn 2b och Före magasin. I avsnitt 4.4, tabell 16 visas resultatet.

3.6 KÄLLOR TILL FÖRORENINGARNA PÅ OMRÅDET

För att hitta källor till förhöjda metallhalter inom kvarteret Brännugnen har platsundersökningar gjorts, och upptäckta problem har diskuterats med berörd personal. Ytterligare information om källor har införskaffats från rapporter och litteratur inom ämnet.

3.7 ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA FÖRORENINGSHALTER

Åtgärdsförslag för minskning av föroreningar i dagvattnet från kvarteret Brännugnen har tagits fram genom platsundersökningar, litteraturstudier samt genom att diskutera problem med berörd personal.

3.8 NY PROVTAGNINGSTRATEGI

För att kunna ta fram en bättre provtagningsstrategi för kvarteret Brännugnen jämfördes olika provtagningsmetoder utifrån en litteraturstudie samt utifrån resultatet från provtagningen. De parametrar som utvärderades var bland annat kostnad för provtagning, och hur representativt provet är. De metoder som studerades var stickprovtagning, passiv provtagning, och flödesproportionell provtagning. Jämförelsen

av de tre olika provtagningsmetoderna sammanställdes i tabellformat och redovisas i resultatdelen (avsnitt 4.7) tillsammans med förslag på ny provtagningsstrategi.

För att lättare kunna utvärdera Vattenfalls provtagningsstrategi har andra liknande verksamheter kontaktats för att ta reda på hur de tar prover och eventuellt renar sitt dagvatten. I bilaga 1 finns en sammanställning över provtagningsstrategier för de verksamheter som svarat.

3.9 DIMENSIONERING

För att beräkna ett dimensionerande flöde för en eventuell reningsanläggning har den rationella metoden använts, se ekvation 8.

$$Q_{dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \quad (8)$$

där Q_{dim} = dimensionerande flöde [l/s]
 A = avrinningsområdets storlek [ha]
 φ = avrinningskoefficient [-]
 $i(t_r)$ = dimensionerande nederbördsintensitet [l/s·ha]
 t_r = regnets varaktighet, som i rationella metoden är lika med områdets tillrinningstid [h]

Arean för de olika typerna av yta inom kvarteret Brännugnen har tagits fram för att kunna beräkna en sammanvägd avrinningskoefficient φ , se ekvation 9 där A_i och φ_i anger area respektive avrinningskoefficient för de olika yttyperna.

$$\varphi = (A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2 + \dots + A_i\varphi_i)/(A_1 + A_2 + \dots + A_i) \quad (9)$$

Typ av yta har för enkelhetens skull delats in i tre kategorier; asfalt och tak, grus, samt gräsyta. Arean för varje yttyp har bestämts med metoden som beskrevs i avsnitt 3.2.3. Den dimensionerande nederbördsintensiteten har beräknats med ekvation 10.

$$i(t_r, Z) = 2,78 \cdot (a + Z \cdot b) \cdot c \quad (10)$$

där $i(t_r, Z)$ = nederbördsintensiteten för vald ort i Sverige [l/s·ha]
 Z = regional parameter som ges av figur 1 i bilaga 3
 t_r = regnets varaktighet [h]

a, b, c = parametrar som ges av tabell 1 respektive tabell 2 i bilaga 4

Den regionala parametern Z har tagits fram av SMHI (Svenskt Vatten 2004, s 20) och varierar över landet.

3.10 RENINGSTEKNIKER

En litteraturstudie beträffande olika reningstekniker för dagvatten har genomförts. De mest relevanta reningsteknikerna har sedan studerats mer ingående och kostnadsförslag för dessa har tagits fram. Detta redovisas i resultatdelen, avsnitt 4.8.

4. RESULTAT

4.1 RIKTVÄRDEN

Generellt kan det sägas att det skiljer sig ganska mycket mellan riktvärden för dagvatten i olika delar av Sverige. I tabell 5 visas riktvärdena för kvarteret Brännugnen och riktvärdena för Kristinehedsverket som är ett värmeverk. Riktvärden för Göteborgs stad samt riktvärden som miljöförvaltningen i Stockholm tagit fram visas också i samma tabell.

Tabell 5 Framtagna riktvärden för dagvatten från kvarteret Brännugnen (Dagvattengruppen Vattenfall, pers. medd.) och värmeverket Kristinehedsverket (Angelica Quintana, pers. medd.). Även riktvärden framtagna för dagvatten av Göteborgs stad (Carlsrud & Mossdal J 2008) och miljöförvaltningen i Stockholm (Stockholm Vatten 2001c) visas i tabellen.

Parameter	Enhet	Kvarteret brännugnen (kondensat)	Kvarteret brännugnen (dagvatten)	Kristineheds- verket (dagvatten)	Göteborgs stad (dagvatten)	Miljöförvaltning en Stockholm (dagvatten)
pH		>6,5 - 11	>6,5 - 11	--	6-9	--
Kond	mS/m	500	500	--	--	--
Susp.	mg/l	100	100	10	25-50	--
Oljeindex	mg/l	*5	*5	--	1-5	--
NH4-N	mg/l	3,5	3,5	30	1	--
Tot P	µg/l	250	250	--	50	--
As	µg/l	150	150	--	15	--
Sb	µg/l	--	-	--	--	--
Pb	µg/l	50	15	50	3	50
Cd	µg/l	3	0,5	5	0,3	0,2
Cr	µg/l	40	25	10	15	50
Cu	µg/l	500	40	--	9	50
Hg	µg/l	2	0,1	5	0,07	--
Ni	µg/l	40	30	10	45	--
Zn	µg/l	300	150	500	30	100

**Då oljeindex är > 5 mg/l analyseras det sparade referensprovet med avseende på de mest vattenlösliga aromaterna, BTEX.*

I tabell 6 visas schablonhalter för fyra olika markanvändningsområden som är framtagna av StormTac och används i deras dagvattenmodeller (StormTac 2013). Dessa schablonhalter baseras på mätvärden från långvarig flödesproportionell provtagning som oftast pågått under flera år (Alm Banach & Larm 2010). Uppdatering av schablonvärdena görs kontinuerligt efter kännedom om nya undersökningar och redovisas på hemsidan stormtac.com. Schablonvärdena beskriver hur stora föroreningshalter som kan förväntas påträffas i dagvattnet från de olika markanvändningsområdena. I den högra kolumnen i samma tabell visas de riktvärden som Vattenfall förhåller sig till. För sex av de studerade parametrarna är Vattenfalls

riktvärde lägre än schablonhalterna från både Värmeverk, och den mer trafikerade vägen. Vattenfalls riktvärde för suspenderade ämnen, koppar och bly är lägre än schablonhalterna för både parkering Värmeverk, och den mer trafikerade vägen

Tabell 6 Schablonhalter för fyra olika markanvändningsområden framtagna av StormTac (StormTac 2013). I den högra kolumnen visas riktvärdena för dagvatten för kvarteret Brännugnen.

Parameter	Enhet	Värmeverk med upplags- och trafikytor	Väg 1 5000 bilar/dag	Väg 2 50 000 bilar/dag	Parkering	Riktvärde Kvarteret Brännugnen
Kond.	mS/m	12	12	12	12	500
Susp	mg/l	300	75	179	140	100
Ojeindex	mg/l	1,1	0,79	0,97	0,8	5
NH4-N	mg/l	0,5	0,7	0,7	0,5	3,5
Tot P	mg/l	0,3	0,16	0,33	0,1	0,25
TOC	mg/l	25	22	30	20	--
BOD	mg/l	32	5,7	11,7	1,7	--
Arsenik	µg/l	30	2,4	2,4	2,4	150
Bly	µg/l	30	7,5	48	30	15
Kadmium	µg/l	0,7	0,31	0,62	0,45	0,5
Krom	µg/l	26	9	28	15	25
Koppar	µg/l	50	30	106	40	40
Kvicksilver	µg/l	0,05	0,08	0,08	0,05	0,1
Nickel	µg/l	42	6,0	24	4,0	30
Zink	µg/l	160	97	700	140	150

4.2 PROVTAGNING

Resultatet från stickproven och de passiva provtagarna redovisas i tabell 7, 8, 9, 10 och 11. Den högra kolumnen i tabellerna visar riktvärdena för dagvatten för respektive parameter. Överskridna riktvärden är fetmarkerade.

Tabell 7 Uppmätta halter för ofiltrerat/ filtrerat prov vid provpunkt Gemensam 6 & 7 och Brunn 7 den 13/3 2013. pH, kond och susp är mätt på ofiltrerat prov.

Parameter	Enhet	Brunn 7 Passiv provtagare 13/3-5/4	Gemensam 6&7 Passiv provtagare 13/3-5/4	Brunn 7 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 13/3	Gemensam 6&7 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 13/3	Riktvärde för dagvatten
pH		--	--	8,6	8,3	>6,5 - 11
Kond	mS/m	367*	351*	151	171	500
Susp.	mg/l	--	--	26,1	3,3	100
As	µg/l	--	--	1,04/<0,5	<1/<0,5	150
Sb	µg/l	--	--	0,32/0,297	0,426/0,345	-
Pb	µg/l	0,930	0,099	<0,5/<0,5	0,571/<0,5	15
Cd	µg/l	0,027	0,004	0,05/<0,05	<0,05/<0,05	0,5
Cr	µg/l	0,226	<0,2	0,962/<0,9	0,975/<0,9	25
Cu	µg/l	0,533	0,125	7,28/4,60	6,49/6,06	40
Hg	µg/l	--	--	0,02/<0,02	<0,02/<0,02	0,1
Ni	µg/l	0,552	<0,2	1,09/0,857	1,27/0,829	30
Zn	µg/l	1,86	<1	13,4/<4	15,8/9,30	150

* Medelvärde uppmätt med konduktivitetsmätare placerad i brunn under mätperioden 13/3-5/4

Tabell 8 Uppmätta halter för ofiltrerat/ filtrerat prov vid provpunkt Brunn 7, Brunn 6 samt Gemensam 6 & 7 den 5/4 2013. De fetmarkerade värdena överstiger riktvärdet. pH, kond och susp är mätt på ofiltrerat prov.

Parameter	Enhet	Brunn 7 Passiv provtagare 13/3-5/4	Gemensam 6&7 Passiv provtagare 13/3-5/4	Brunn 7 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 5/4	Brunn 6 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 5/4	Gemensam 6&7 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 5/4	Riktvärde för dagvatten
pH		--	--	12,5	6,8	11,9	>6,5 - 11
Kond	mS/m	367	351	363	51,6	1147	500
Susp.	mg/l	--	--	4600	11 000	20 000	100
As	µg/l	--	--	2920/ <0,5	55,5/ 5,06	238/ 2,67	150
Sb	µg/l	--	--	102/ <0,1	7,59/ 0,742	13,5/0,167	-
Pb	µg/l	0,930	0,099	2250/ 48,0	182/ <0,5	349/0,559	15
Cd	µg/l	0,027	0,004	107/ <0,05	5,51/ <0,05	15,3/ <0,05	0,5
Cr	µg/l	0,226	<0,2	1750/ 44,8	106/ <0,9	231/ 2,78	25
Cu	µg/l	0,533	0,125	2220/ 2,11	237/ 2,89	344/ 17,1	40
Hg	µg/l	--	--	41,5/ <0,02	0,741/ <0,02	4,96/ 0,0231	0,1
Ni	µg/l	0,552	<0,2	1030/ 8,28	112/ 2,52	169/ 1,92	30
Zn	µg/l	1,86	<1	11400/ 5,30	5120/ 75,0	4450/ 7,50	150

* Medelvärde uppmätt med konduktivitetsmätare placerad i brunn under mätperioden 13/3-5/4

Tabell 9 Uppmätta halter för ofiltrerat/ filtrerat prov vid provpunkt Brunn 6 och Brunn 7 den 18/4 2013. De markerade värdena överstiger riktvärdet. pH, kond och susp är mätt på ofiltrerat prov.

Parameter	Enhet	Brunn 6 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 18/4	Brunn 7 Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 18/4	Riktvärde för dagvatten
pH		7,51	8,3	>6,5 - 11
Kond.	mS/m	16	87	500
Susp.	mg/l	523	48	100
As	µg/l	6,83/ 1,74	3,63/ <2	150
Sb	µg/l	3,90/ 1,53	1,40/ 0,634	-
Pb	µg/l	32,6 / <0,5	11,7/ <0,5	15
Cd	µg/l	0,577 / <0,05	0,386/ <0,05	0,5
Cr	µg/l	15,8/ <0,9	5,21/ 1,11	25
Cu	µg/l	35,3/ 2,98	16,7/ 4,36	40
Hg	µg/l	0,0795/ <0,02	0,0219/ <0,02	0,1
Ni	µg/l	9,89/ 1,05	3,18/ 0,658	30
Zn	µg/l	447 / 49,2	179 / 10,3	150

Tabell 10 Uppmätta halter för ofiltrerat/ filtrerat prov vid provpunkterna Före magasin och Efter magasin den 13/3 samt den 5/4 2013. De markerade värdena överstiger riktvärdet. pH, kond och susp är mätt på ofiltrerat prov.

Parameter	Enhet	Efter magasin passiv provtagare 13/3-5/4	Före magasin Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 13/3	Före magasin Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 5/4	Efter magasin Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 5/4	Riktvärde för dagvatten
pH		--	7,9	8,0	8,1	>6,5 - 11
Kond	mS/m	--	1582	1543	1487	500
Susp	mg/l	--	<2	4,7	5,0	100
As	µg/l	--	<7/ <4	<5/ <5	<5/ <8	150
Sb	µg/l	--	324/ 342	267/ 264	256/ 301	--
Pb	µg/l	0,462	4,20/ 2,82	4,61/ 2,69	4,93/ 2,42	15
Cd	µg/l	0,174	0,447/ 0,409	0,331/ 0,333	0,349/ 0,334	0,5
Cr	µg/l	<0,2	7,28/ 7,70	7,92/ 5,21	8,03/ 8,53	25
Cu	µg/l	1,74	3,19/ <1	19,7/ 11,0	15,8/ 9,89	40
Hg	µg/l	--	<0,02/ <0,02	<0,02/ <0,02	<0,02/ <0,02	0,1
Ni	µg/l	3,1	1,92/ 1,48	3,93/ 3,26	4,59/ 3,80	30
Zn	µg/l	11,8	60,3/ 54,0	57,6/ 37,5	50,6/ 37,3	150

Tabell 11 Uppmätta halter för ofiltrerat/ filtrerat prov vid provpunkterna Före magasin och Efter magasin den 11/4 samt den 25/4 2013. De markerade värdena överstiger riktvärdet. pH, kond och susp är mätt på ofiltrerat prov.

Parameter	Enhet	Före magasin Passiv provtagare 11/4-25/4	Efter magasin Passiv provtagare 11/4-25/4	Före magasin Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 25/4	Efter magasin Stickprov ofiltrerat/ filtrerat 25/4	Påsticket ofiltrerat/ filtrerat 18/4	Riktvärde för dagvatten
pH		--	--	7,8	7,8	8,0	>6,5 - 11
Kond	mS/m	950*	--	1395	1340	85	500
Susp	mg/l	--	--	<2	<2	265	100
As	µg/l	--	--	<30/ <40	<30/ <40	2,87/ <0,8	150
Sb	µg/l	--	--	229/ 237	218/ 227	5,4/ 0,950	--
Pb	µg/l	0,424	0,756	4,48/ 2,94	4,66/ 2,52	27,2/ <0,5	15
Cd	µg/l	0,15	0,239	0,286/ 0,170	0,213/ 0,110	0,295/ <0,05	0,5
Cr	µg/l	<0,2	0,257	8,44/ 8,57	8,57/ 8,49	23,4/ <0,9	25
Cu	µg/l	2,18	3,04	5,48/ 3,70	5,86/ 1,86	57,7/ 6,07	40
Hg	µg/l	--	--	0,055/ <0,02	0,0732/ <0,02	0,045/ <0,02	0,1
Ni	µg/l	0,668	0,508	2,69/ 2,68	2,13/ 2,70	9,58/ <0,6	30
Zn	µg/l	9,27	14	37,2/ 34,8	38,9/ 33,0	279/ 29,6	150

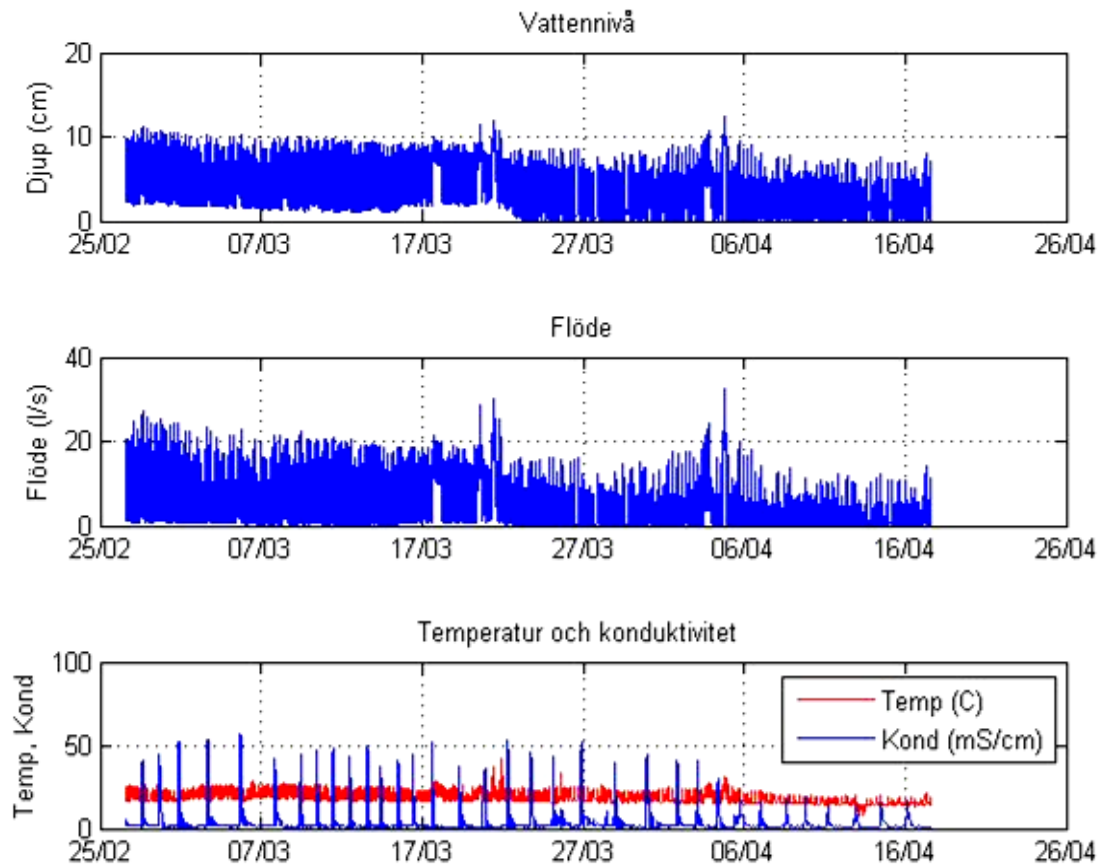
* Medelvärde uppmätt med konduktivitetsmätare placerad i brunn under mätperioden 11/4-25/4

4.3 FLÖDE, TEMPERATUR, KONDUKTIVITET OCH NEDERBÖRD

I detta avsnitt redovisas resultatet från flödesmätningarna som gjordes med den elektromagnetiska flygeln, och det uträknade flödet utifrån vattennivåmätningar med tryckgivare. Resultatet visar att flödet varierar över dygnet för samtliga provpunkter. Även temperaturen och konduktiviteten i dagvattnet samt nederbörd och lufttemperatur under mätperioden redovisas.

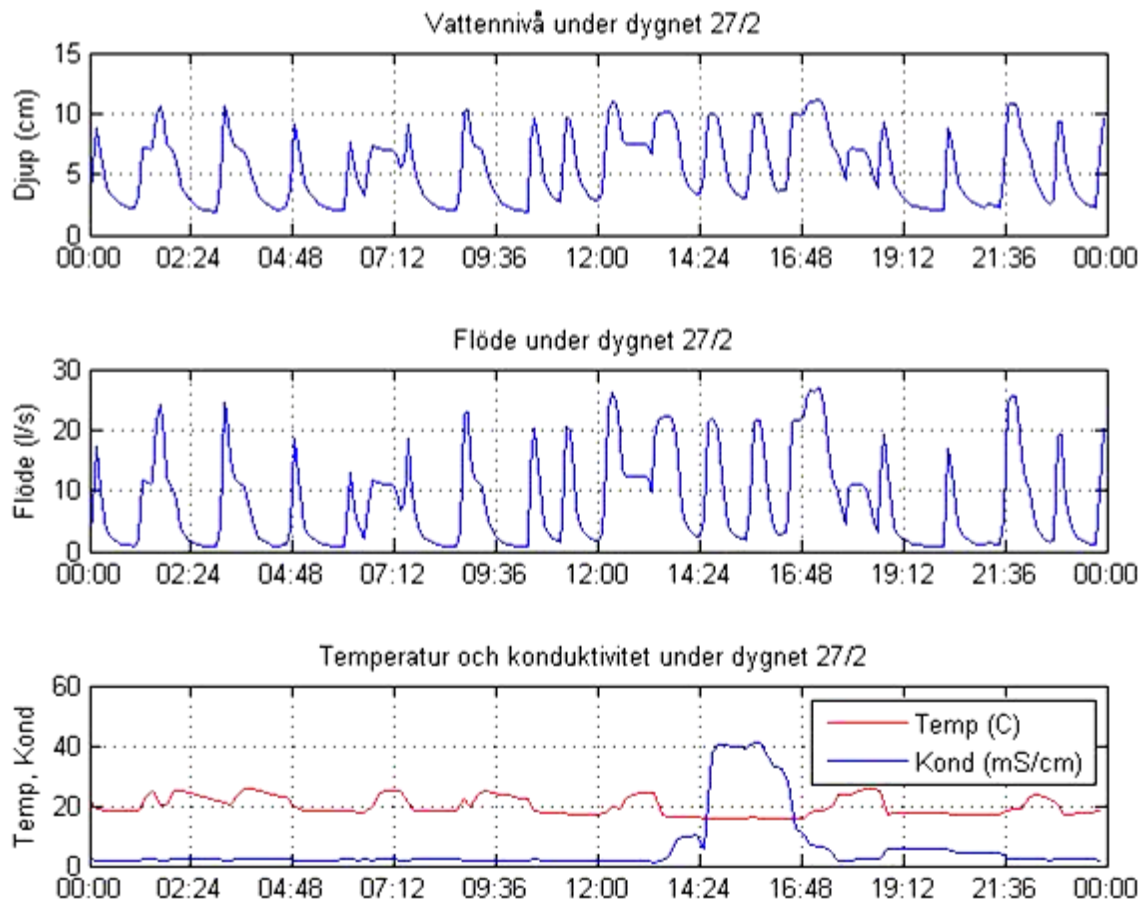
4.3.1 Tryckgivare konduktivitet och nederbörd

I figur 14 visas vattennivå och det uträknade flödet samt temperatur och konduktivitet för provpunkt Brunn 7. Medelflödet under mätperioden var 4,4 l/s. Parametrarna för flödesberäkningarna var följande, diameter 600 mm, material betong, vilket ger mannings tal 0,014 och lutning 10,3 ‰.



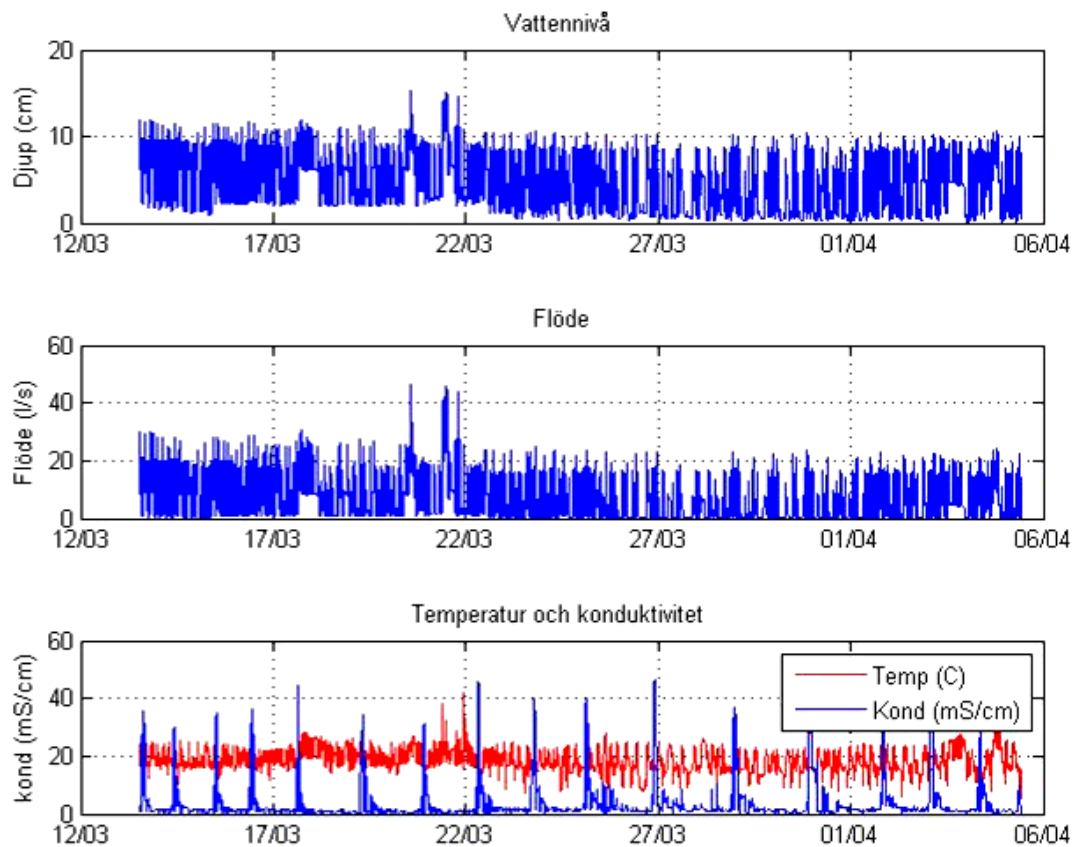
Figur 14 Vattennivå, beräknat flöde samt temperatur och konduktivitet för provpunkt Brunn 7.

I figur 15 visas vattennivå och beräknat flöde, temperatur och konduktivitet för provpunkt Brunn 7 under ett dygn.



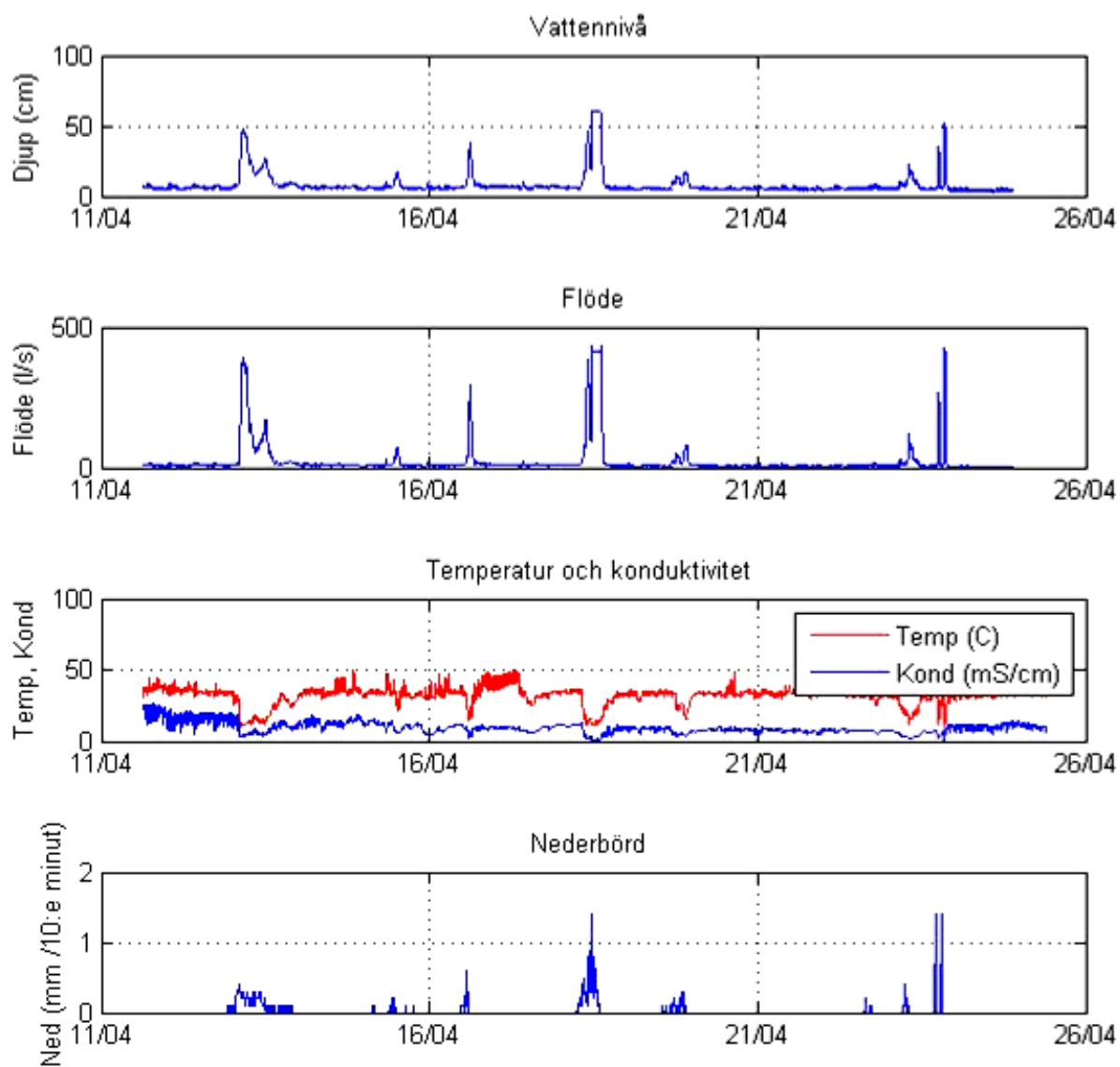
Figur 15 Vattennivå, beräknat flödet samt temperatur och konduktivitet för provpunkt Brunn 7 under ett dygn.

I figur 16 visas vattennivå, beräknat flöde, temperatur och konduktivitet för provpunkt Gemensam 6 & 7. Parametrarna till flödesberäkningarna var följande, diameter 600 mm, material betong, vilket ger Mannings tal 0,014 och lutning 10,3 ‰.



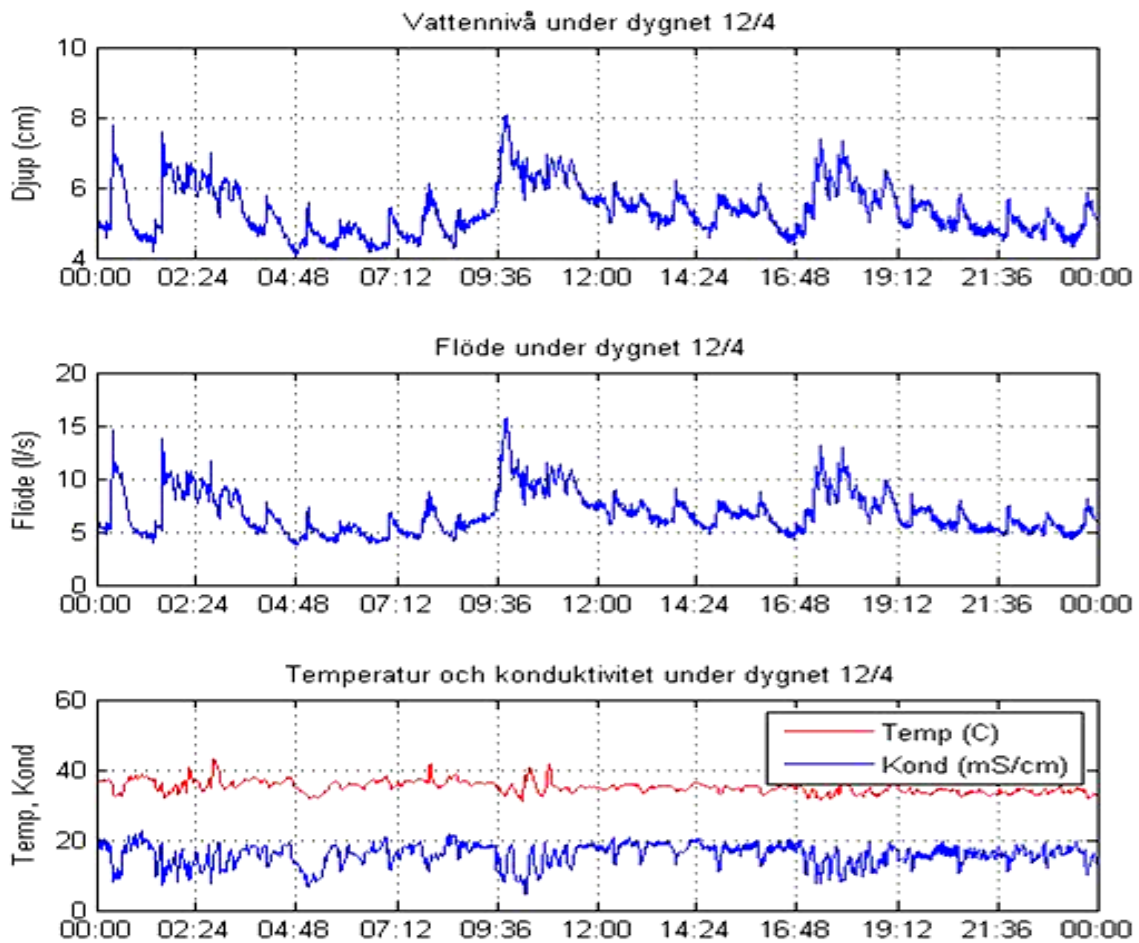
Figur 16 Vattennivå, beräknat flöde, samt temperatur och konduktivitet för provpunkt Gemensam 6 & 7.

I figur 17 visas vattennivå, beräknat flöde, temperatur och konduktivitet för provpunkt Före magasin. Parametrarna till flödesberäkningarna var, diameter 600 mm, material betong, vilket ger Mannings tal 0,014 och lutning 5,0 %. Under mätperioden (11 april till 25 april 2013) regnade det totalt 41 mm, i figur 17 visar även nederbörden i mm var 10:e minut. Den totala volymen avrunnet dagvatten från fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen beräknades till 3000 m³ under mätperioden.



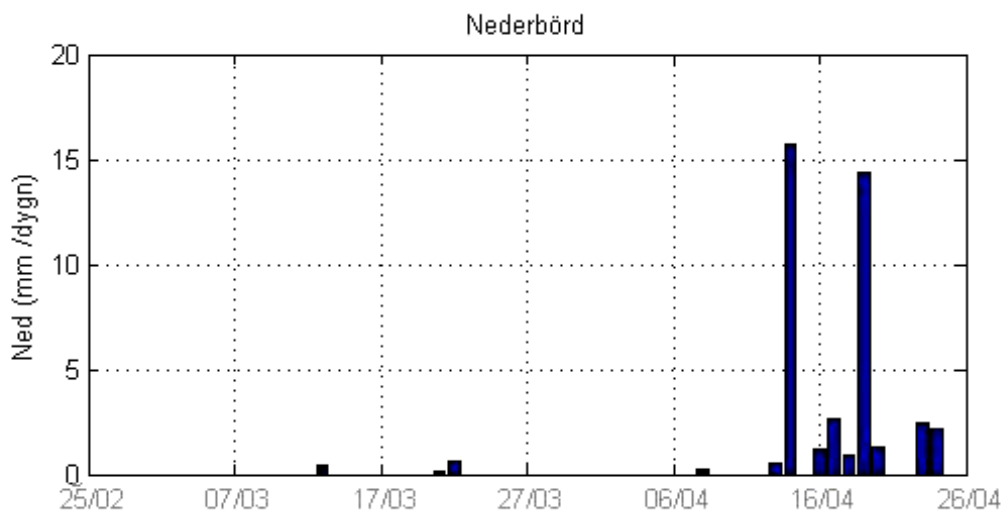
Figur 17 Vattennivå, beräknat flöde, temperatur och konduktivitet samt nederbörd i mm/10:e minut för provpunkt Före magasin.

I figur 18 visas vattennivå, beräknat flöde, samt temperatur och konduktivitet för provpunkt Före magasin under ett dygn.



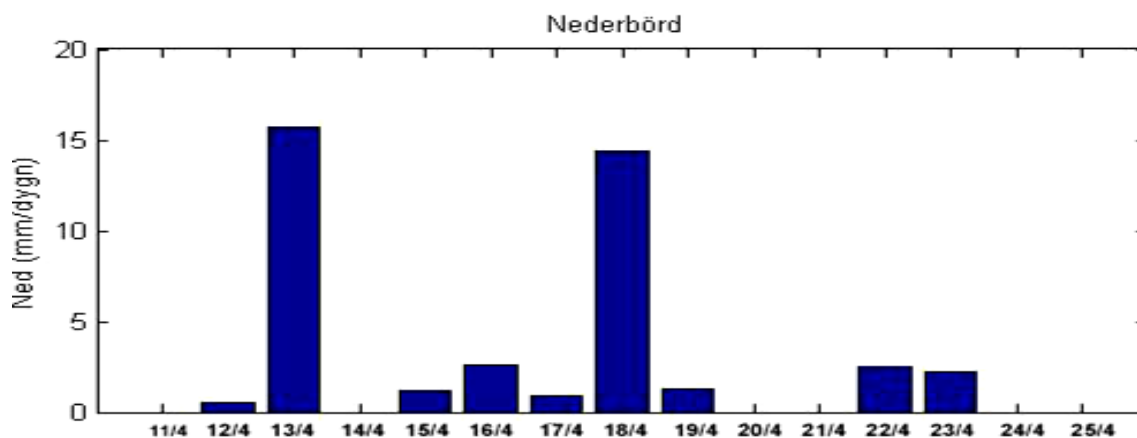
Figur 18 Vattennivå, beräknat flöde, temperatur och konduktivitet för provpunkt Före magasin under ett dygn.

I figur 19 visas nederbörden i mm per dygn under hela mätperioden, det föll totalt 47 mm nederbörd mellan den 26 februari och den 25 april 2013. I figur 20 visas lufttemperaturen samt nederbörden i mm per 10:e minut hela mätperioden.

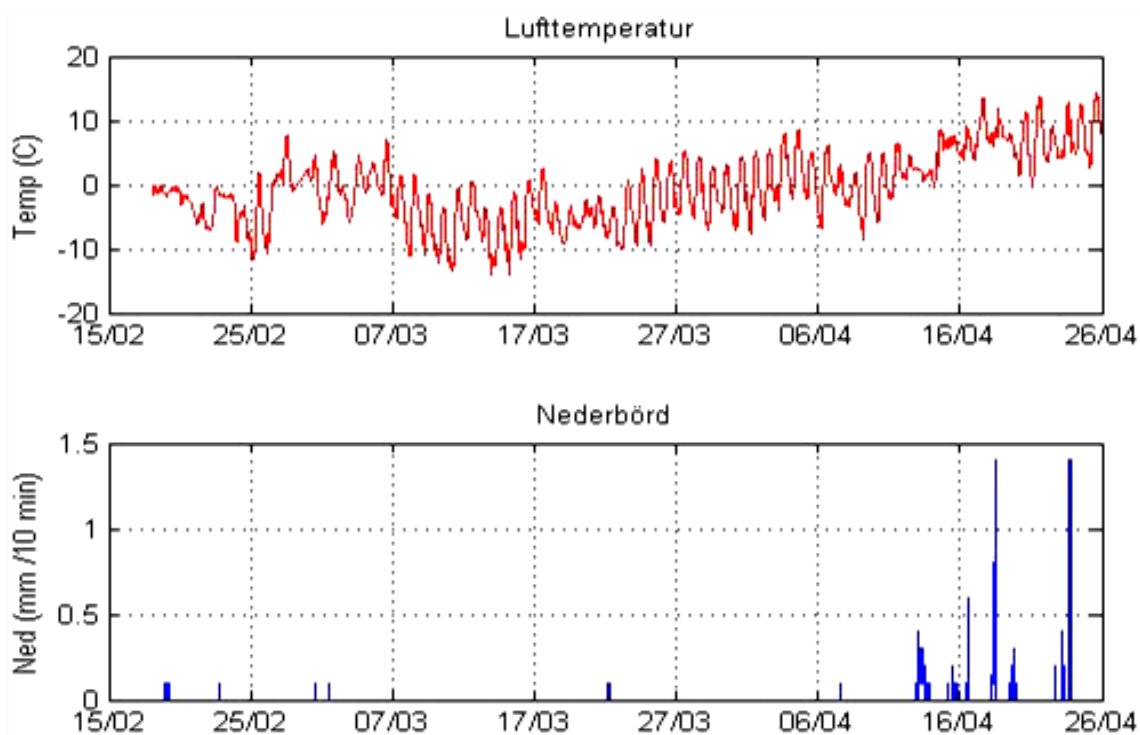


Figur 19 Nederbörden i mm per dygn från den 26 februari och den 25 april 2013.

I figur 20 visas nederbörden i mm per dygn under den andra mätperioden för provpunkt Före magasin. Totalt föll 45 mm nederbörd mellan den 11 april och 25 april 2013, dvs. 96 % av den totala nederbörden under hela mätperioden.



Figur 20 Nederbörd i mm per dygn under mätperioden för provpunkt Före magasin.



Figur 21 Lufttemperaturen och nederbörden i mm per 10:e minut.

I början av mätperioden (26 februari till den 25 mars) var dygnsmedeltemperaturen under 0°C och det föll mycket lite nederbörd. Den nederbörd som föll var i form av snö. Därför var det inget flöde i de brunnar som endast tar emot regnvatten, vilket innebar att inga stickprover kunde tas. Under den senare delen av mätperioden var temperaturen högre, vilket ledde till snösmältning. Som figuren visar var det också rikligt med nederbörd under den senare delen av mätperioden.

4.3.2 Flygelmätningar

I tabell 12 redovisas resultatet från flödesmätningarna gjorda med flygel den 13 mars 2013. Den uppmätta vattenhastigheten är ett medelvärde av två mätningar gjorda på ca 2 cm respektive 4 cm från botten. Flödet är beräknat med Kontinuitetsekvationen utifrån flygelmätningar (ekvation 7), och med Mannings ekvation (ekvation 1) utifrån vattennivå. Vid provpunkt Påsticket fanns inget vatten den 13 mars, därför kunde ingen flödesmätning göras med flygel.

Tabell 12 Flödesmätningarna gjorda med flygel den 13 mars 2013.

Provpunkt	Tid	Vattennivå [m]	Vattenhastighet [m/s]	Beräknat flöde med Kontinuitetsekvationen [l/s]	Beräknat flöde med Mannings ekvation [l/s]
Före magasin	09:30	0,09	0,6	16	20
	09:35	0,09	0,7	19	20
Gemensam 6 & 7	11:23	0,05	0,1	1	6
	11:57	0,09	0,8	14	18
Brunn 7	15:48	0,08	0,8	12	14
	15:57	0,07	0,6	8	11

4.3.3 Flödesuppskattningar för påsticket och kvarteret Vevstaken

Loggern som tryckgivaren i provpunkten Påsticket var kopplad till blev full efter halva provperioden. Vilket innebar att inga data samlades in under den perioden då det föll nederbörd. Därför kunde inga flödesberäkningar göras för Påsticket. Den avrunna volymen uppskattades i stället utifrån avrinningsområde och nederbördsdata. Samma sak gjordes för tillskottet från kvarteret Vevstaken. Resultatet redovisas i tabell 13. Under mätperioden för kvarteret Vevstaken (den 13 mars till den 5 april) föll knappt någon nederbörd, därför att detta bidrag till provpunkten Gemensam 6 & 7 försumbart under mätperioden.

Tabell 13 Uppskattning av dagvattenflöden från kvarteret Vevstaken och fastigheter norr om kvarteret Brännugnen.

Område	Beskrivning	Hårdgjord yta [ha]	Andel av hela avrinningsområdet [%]	Uppskattad avrunnen volym under mätperioden* [m ³]	Procentuellt bidrag dagvatten till provpunkt under mätperioden [%]
Vevstaken	Tillrinning till provpunkt Gemensam 6&7	3,5	38 %	24 +smältvatten	försumbart
Fastigheter norr om kvarteret Brännugnen	Tillrinning till provpunkt Före magasin	6,8	56 %	2800 +smältvatten	16 %

**Mätperioden för kvarteret Vevstaken var den 13 mars till den 5 april, dvs. mätperioden för Brunn 7 och Gemensam 6 & 7. Mätperioden för fastigheter norr om kvarteret Brännugnen var den 11 april till den 25 april, dvs. den andra mätperioden för provpunkt Före magasin.*

4.3.4 Utvärdering av flödesberäkningar

En jämförelse mellan den uppmätta avrunna volymen vatten och den beräknade, enligt nuvarande metod, gjordes för provpunkterna; Brunn 7, Gemensam 6 & 7 samt Före magasin. Resultatet redovisas i tabell 14. Total avrunnen volym till provpunkten Före magasin under år 2012 uppskattades till 243 635 m³. Detta beräknades genom att addera de bidragande volymerna. Bidragande volymer var; flöde från fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen 50 000 m³ nederbörd, avrunnen volym från östra delen av kvarteret Brännugnen (inklusive rangerplan) 30 000 m³ nederbörd, volymen renat rökgaskondensat (från anläggning 34 och block 5) 168 635 m³, samt övrigt processvatten 45 000 m³. De bidragande volymerna från nederbörden beräknades med hjälp av nederbördsdata och arean för de hårdgjorda ytorna. Total avrunnen volym till provpunkten Brunn 7 var 138 804 m³, detta värde kunde tas direkt från Vattenfalls beräkningar, då inget extra flöde tillkom till denna provpunkt. Total avrunnen volym till provpunkt Gemensam 6 & 7 beräknades till 155 366 m³. Volymen uppskattades genom att addera avrunnen volym till Brunn 6, Brunn 7 samt avrunnen volym från kvarteret Vevstaken som uppskattades med hjälp av nederbördsdata och arean för de hårdgjorda ytorna.

Tabell 14 Jämförelse mellan den uppmätta avrunna volymen och den beräknade.

Provpunkt	Mätperiod	Uppmätt avrunnen volym [m ³]	Beräknad avrunnen volym [m ³]	Uppskattad avrunnen volym under ett år* [m ³]	Avrunnen volym enligt nuvarande metod under 2012 [m ³]
Brunn 7	26/2-17/4	19 000	14 800 +smältvatten	138 804	121 556
Gemensam 6 & 7	13/3-5/4	9800	6900 +smältvatten	155 366	150 488
Före magasin	11/4-25/4	27 100	15 500 +smältvatten	706 636	243 635

*Denna uppskattning baseras på den avrunna volymen under mätperioden som antas vara representativ för hela året

4.4 RÖKGASKONDENSAT

Under mätperioden för provpunkt Före magasin och Efter magasin (mätperiod 11-25 april 2013 då tryckgivaren fungerade) var volymen kondensat till dagvattennätet totalt ca 8600 m³, 3600 m³ från Block 5 och 5000 m³ från Anläggning 34. Den utsläppta mängden metaller för Block 5 och Anläggning 34 beräknades och jämfördes med utsläppt mängd vid provpunkt Före magasin. Detta redovisas i tabell 15. Då två olika avrunna volymer tagits fram för provpunkt Före magasin, användes ett medelvärde av dessa volymer.

Tabell 15 Medelvärdet för totalhalten metaller från Block 5 och Anl. 34 mellan den 11 och 26 april samt utsläppta mängder metaller under två veckor. Värdena för provpunkten Före magasin kommer från den passiva provtagaren och är halten lösta metaller. Ud står för under detektionsgräns.

Parameter	Block 5	Anl. 34	Före magasin	Block 5	Anl. 34	Före magasin
	11/4-26/4	11/4-26/4	11/4-25/4	11/4-26/4	11/4-26/4	11/4-25/4
	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[g/2 veckor]	[g/2 veckor]	[g/2 veckor]*
As	1,42	0,33	--	5,2	1,7	--
Sb	540	468	--	1960	2340	--
Pb	5,22	10,05	0,424	18,9	50,3	9,0
Cd	1,84	1,25	0,15	6,7	6,3	3,2
Cr	30,20	0,74	<0,2	110	3,7	ud
Cu	1,49	1,60	2,18	5,4	8,0	46,4
Hg	0,16	ud	--	0,6	ud	--
Ni	0,93	9,81	0,668	3,4	49,1	14,2
Zn	21,85	63,05	9,27	79	316	198

*Beräknat utifrån medelvärdet av det uppmätta och det uppskattade flödet

I tabell 16 visas resultatet från stickprovet på kondensat från den 13 mars 2013, samt stickprov från provpunkt Brunn 2b och Före magasin. Brunn 2b ligger nedströms

utsläppspunkten för kondensat, innan provpunkt Före magasin. Placering för provpunkten Brunn 2b visades i figur 3 i avsnitt 2.1.2. Medelvärdet för flödet uppmätt med flygel vid provpunkt Före magasin var 17,5 l/s. Medelvärdet av flödet kondensat från block 5 var 2,6 l/s. Medelvärdet av flödet kondensat från anläggning 34 var 3,6 l/s. Utifrån halter och medelflöde beräknades utsläppt mängd förorening under två veckor för kondensat och provpunkt Före magasin. Detta visas i tabell 16.

Tabell 16 Uppmätta totalhalter av metaller i provpunkterna Före magasin och Brunn 2b samt i utgående kondensat från Block 5 den 13 mars 2013. Den beräknade mängden utsläppt förorening under två veckor visas för Block 5, Anläggning 34 och Före magasin. Ud står för under detektionsgräns.

Parameter	Block 5 Stickprov [µg/l]	Brunn 2b Stickprov [µg/l]	Före magasin Stickprov [µg/l]	Block 5 Mängd förorening* [g/2 veckor]	Anl 34 Mängd förorening* [g/2 veckor]	Totalt kondensat [g/2 veckor]	Före magasin Mängd förorening** [g/2 veckor]
As	<10	<7	<4	ud	2,1	ud	ud
Sb	733	727	342	2266	1540	3806	7239
Pb	2,16	0,941	2,82	6,7	46	53	60
Cd	1,24	1,18	0,409	3,8	0,1	3,9	9,0
Cr	25,3	23,1	7,70	78	ud	ud	163
Cu	<1	6,25	<1	ud	ud	ud	ud
Hg	0,024	0,025	<0,02	0,1	0,1	0,2	0,4
Ni	6,84	3,63	1,48	21	10	31	31
Zn	17,2	13,5	54,0	53	414	468	1143

*Medelvärdet på flödet kondensat var från block 5 2,6 l/s och från anläggning 34 3,6 l/s

**Medelvärdet på flödet vid provpunkt Före magasin var 17,5 l/s

4.5 KÄLLOR TILL FÖRORENINGARNA PÅ OMRÅDET

Det finns ett antal säsongsb beroende källor och faktorer som påverkar föroreningshalten i dagvattnet. Vintertid förhindrar snö och kyla genomförandet av vissa rutiner, som t.ex. sopning av området samt byte av torvfilter i brunnarna. Utebliven sopning leder till att området under denna period blir mer förorenat. Reningsförmågan hos torvfiltren försämras då de inte byts ut som de ska. Under vintern får dessutom inkommande lastbilar med sig större mängder föroreningar genom snön som fastnar på olika ställen på lastbilen och följer med in på området.

Snösmältningen i sig är också en stor bidragande faktor till förhöjda halter metaller i dagvattnet. Snö innehåller partiklar som kommer från halkbekämpning, samt slitage från asfalt och däck (Bjerking 2011). De tungmetaller som är vanligt förekommande i snö är antimon, bly, kadmium, koppar, volfram, mangan, nickel och zink. Bjerking fick 2010 i uppdrag av Uppsala kommun att utföra provtagning på smältvattnet från kommunens fem snödeponier. Resultatet från denna provtagning visade på höga halter av ett flertal tungmetaller. Som högst uppmättes bly till 40 µg/l, kadmium till 0,37 µg/l, koppar till 120 µg/l, krom till 38 µg/l, och zink till 470 µg/l. På grund av dessa

säsongsberoende källor och faktorer är föroreningshalterna som högst i dagvattnet på vårvintern.

Att halten av vissa parametrar är höga kan också bero på tillfälliga avvikande förhållanden på området då provet tas. Nedan följer en lista med möjliga orsaker till tillfälligt förhöjda halter:

- Sopningen av området följer inte den framtagna rutinen.
- Tillfälliga underhålls- och revisionsarbeten inne på området som utförs i anslutning till dagvattenbrunnarna
- Tillfällig lagring av skrot på området.
- Utebliven slamsugning av brunnar.
- Spolning av golv och hårda ytor eller tömning av processvatten, t.ex. pumpar som spolats rent, under provtagning.
- Provtagning under ovanligt kraftiga regn som sköljer ur brunnar som vanligtvis inte har vatten
- Provtagning sker då lång tid har gått sedan tak och rännor rensats.
- Mängd nederbörd dagarna/veckorna innan provtagning.
- Provtagning som sker då det inte regnar dvs. när flödet är mycket litet i brunnen, kan innebära att avlagringar från dagvattenledningarna följer med eftersom provkärlet måste läggas mot botten för att få upp vatten. Avlagringar kan ge förhöjda metallhalter.
- Tillfälliga läckor av processvatten i systemet.
- I samband med att driftsäsong börjar tas nya pipor i skorstenen i bruk (Lars Strandh, pers. medd.). En pipa som inte används är kall och när den startas upp frigörs i samband med uppvärmningen rostflagor som hamnar på tak och i rännor. Dessa sköljs sedan ned i dagvattennätet vid regn. Tak och rännor rensas endast två gånger per år.

4.5.1 Lakande metaller från containrar

På den stora asfalterade ytan, i den nordöstra delen av kvarteret Brännugnen, se figur 22, förvaras mellan 2700 och 3000 containrar med torv (Fredrik Brandberg pers. medd.). Dagvattnet från containerytan avvattnas till provpunkt Brunn 6 där höga halter av bly och zink har uppmätts sedan provpunkten tillkom 2009. Analys har gjorts på containerfärgen och den innehåller höga halter av bland annat zink och bly. Vattenfall köper in begagnade sjöfartscontainrar, ca 90 % är tillverkade för mer än 20 år sedan (Fredrik Brandberg, pers. medd.). Då förekom bly fortfarande i containerfärg. Metallerna i färgen lakas från containrarna och sköljs ner i dagvattennätet då det regnar. Zink kan också lakas från låsanordningarna på containrarna.



Figur 22 Den asfalterade ytan där 2700-3000 containrar med torv förvaras (från Google kartor, foto Linnea Henriksson).

Nya containrar köps in kontinuerligt av Containerhandeln, och har varierande ursprungsland (Hanna Janis, pers. medd.). Det senaste containerinköpet skedde i januari 2012. Mycket höga halter zink uppmättes under vårens provtagning 2012 (28 mars och 30 mars). En förklaring skulle kunna vara de nyinköpta containrarna, dock utgör dessa endast 4 % av den totala mängden containrar och det är tveksamt om detta kan påverka. Faktorer som troligen påverkar mer är väderförhållandena innan och under provtagningen.

4.5.2 Översvämning vid askutmatningen

Ett annat problem som uppmärksammats är askutmatningen utanför Kraftvärmeverket (KVV), där fylls lastbilar på med aska som ska transporteras bort. Askan blötläggs genom att den blandas med vatten. Innan lastbilarna kör i väg spoljas askutmataren ren. Spolningen sker per automatik och styrs av ett dataprogram. Det sista spolvattnet ska också hamna i lastbilarna. Dock blir det en väldigt hög vattenhalt i askan vilket har gjort att vissa lastbilar kör i väg innan spolningen är slutförd och vattnet har i stället hamnat på backen (Arne Emanuelsson, pers. medd.). Detta har i sin tur lett till att det blivit stopp i gallerbrunnen utanför där ett torvfilter är monterat. En stor vattenpöl bestående av vatten och flygaska har bildats då vattnet inte kan rinna undan. Figur 23 visar askutmatningen och vattenpölen.



Figur 23 Askutmatningen utanför kraftvärmeverket (foto Linnea Henriksson).

Detta är ett nytt problem som uppkommit på grund av att spolningen nu görs efter varje asktömning, tidigare gjordes den endast i slutet av dagen. Storleken på lastbilarna har också minskat sedan senaste gången askan levererades befuktad (år 2010), varav lastbilarna lättare blir överfulla och därför kör iväg för att undvika den sista skvätten vattenutblandad aska. Askan stoppar upp avrinningen. Torvfiltret i brunnen kan inte bytas då det är minusgrader eftersom vattenpölen då är frusen. Detta innebär problem på flera sätt. Alla lastbilar som kör in och ut ur askutmatningen kör igenom vattenpölen där de föroreningar de har med sig ansamlas. Även föroreningar från smältande snöhögar som kan skymtas till vänster om askutmatningen i figur 23 kan hamna i vattenpölen. Snön kommer från snöröjning från hela kvarteret Brännugnen (Bosse Wohnr, pers. medd.). Slamsugning av brunnen innebär ett riskmoment speciellt om filtret tas bort innan det är rengjort ordentligt runt brunnen.

4.5.3 Torvhanteringen

Torvhanteringen på containerytan är ett annat problem. Från och med slutet av februari 2013 har torv med en högre fukthalt levererats till Vattenfall (Bosse Wohnr, pers. medd.). Torv med högre fukthalt självantänder lättare, så på grund av brandrisken har torven hanterats öppet utomhus. En liten inhägnad har skapats med hjälp av containrar och brunnarna har pluggats igen. Inhägnaden har en öppning där lastbilarna kör in och en annan öppning där de kör ut. Genom dessa två öppningar rinner dagvattnet ut och hamnar till slut i dagvattennätet. Andra maskiner kör sedan in i inhägnaden och trycker upp torven mot containerväggarna. Torven får ligga kvar i denna inhägnad tills den används. Detta är troligen en bidragande källa till de höga halterna föroreningar som uppmätts i Brunn 6 under våren.

På den stora ytan nordväst om hanteringen av den fuktiga torven, hanteras torv som under vintern frusit fast i containrarna. Denna torv hackas lös och tas ut på den asfalterade ytan. Då torven separerats tas den upp av maskiner och töms i containrar som är öppna ovanifrån. Detta är en rutin som pågått sedan containersystemets start och är troligtvis en källa som bidrar till höga halter föroreningar i dagvattnet som passerar Brunn 6.

4.6 FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA FÖRORENINGAR TILL DAGVATTNET

4.6.1 Översvämning vid askutmatningen

Rutinerna för askutmatningen bör ändras. Spolningen efter varje påfyllning av aska kan begränsas till en spolning i slutet av dagen. Tidpunkten för den sista påfyllningen skiljer sig från dag till dag men då det är samma kund som hämtar askan vet denne när sista påfyllningen sker. Därför bör någon typ av signaleringssystem installeras (tex. en porttelefon eller en knapp) så att kunden kan meddela kontrollrummet att det är den sista lastbilen för dagen. Kunden kommer då vara medveten om sköljningen och förhoppningsvis inte köra i väg.

Innan byte av filter sker bör området runt omkring vara rent dvs. överflödigt vatten måste först sugas upp så att inte detta hamnar i dagvattenbrunnen. Askan genereras bara under driftsäsong eftersom den kommer från HVC och KVV som endast körs under vintern. Torvfiltret i brunnen bör bytas så fort den sista askan är utkörd.

4.6.2 Torvhanteringen

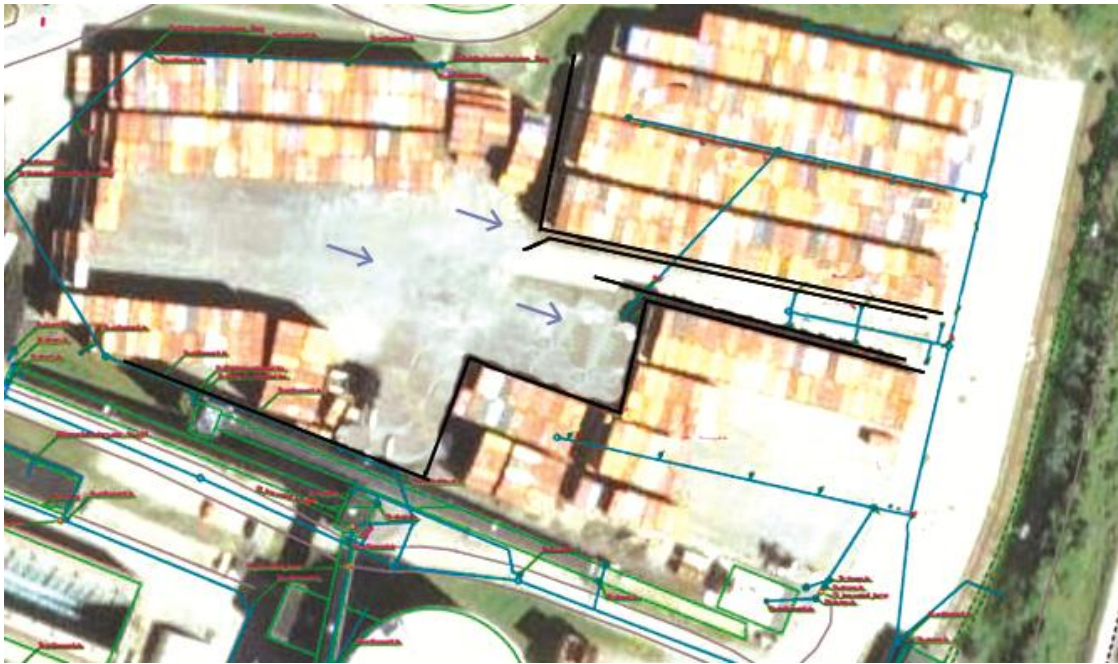
Det är inte möjligt att bygga någon skyddsvall runt hela inhägnaden där den fuktiga torven hanteras eftersom lastbilar och tunga maskiner kör in och ut ur detta område (Bo Wohne, pers. medd.). En åtgärd kan vara att sätta torvfilter i de dagvattenbrunnar som detta vatten påverkar. Risken är dock stor att filtren snabbt sätter igen då halten suspenderat material är hög.

Eftersom öppen hantering av torv kommer att fortsätta tills den nya planerade pannan tas i drift (om ca 5 år) bör en lösning för att samla upp dagvattnet och rena det genom någon typ av filter tillämpas. En sluten inhägnad (u-formad) med endast en öppning skulle vara det enklaste dock kan detta bli svårt då vissa maskiner är så stora att de knappt kan vända inom den inhägnade ytan. Ett alternativ är att skapa en lätt lutning på ytan så att vattnet rinner mot ena sidan av inhägnaden där det samlas upp i en ränna (på utsidan) med filter i form av barklänsar för rening. Slutligen kan det uppsamlade dagvattnet ledas till dagvattenbrunnen som ligger närmast. Ett förslag visas i figur 24 där de blåa pilarna visar den önskade vattenriktningen, de svarta linjerna rännorna med betongkant. Dagvattenbrunnen bör ligga lite nedsänkt för att underlätta att vattnet rinner dit. Rening med bark beskrivs mer ingående i avsnittet om reningstekniker.



Figur 24 Förslag på inhägnad med containrar och rännor för hantering av fuktig torv. De blåa pilarna visar den önskade riktningen på dagvattnet ovan mark och de svarta pilarna visar dagvattnets riktning i dagvattennätet. Dagvattennätet är de gröna linjerna.

Dagvattnet från ytan där frusen torv hanteras kan också samlas upp och ledas genom barklänsar. I figur 25 visas en skiss över hur detta skulle gå till. Pilarna visar i vilken riktning vattnet förväntas rinna med hänsyn till lutning på markytan. Denna lutning har endast uppskattats grovt utifrån en platsundersökning. Då konstaterades även att lutningen inte är helt homogen, belastning från containrar har gjort att ytan på vissa ställen är ganska ojämn. Därför kan vissa justeringar behöva göras för att få dagvattnet att rinna till rännorna. Förslagsvis genom att lägga extra lager med asfalt där svackor finns eller där det lutar åt fel håll. De svarta dubbeldragna linjerna visar två smala rännor dit vattnet leds, i dessa kan barklängor placeras som vattnet får rinna igenom. Varje ränna skulle vara ca 50-60 m lång och ett antal barklänsar skulle kunna placeras i rännorna för bättre rening. Att bygga vallar och rännor på de ställen figuren visar är inget problem då hämtning av containrar endast sker från östra sidan. De tomma containrarna körs sedan till den västra sidan. Rännorna kan konstrueras som en kombination av en nedsänkt ränna med betongkant för att undvika att truckarna kör över rännan.



Figur 25 Förslag på placering av rännor för dagvattenuppsamling från containerytan. De blåa pilarna visar den önskade riktningen för avrinning av dagvattnet ovan mark och de svarta dubbeldragna linjerna visar två smala rännor dit vattnet leds. De blåa linjerna visar dagvattennätet under mark.

4.6.3 Lakande metaller från containrar

Att åtgärda lakningen av metaller från containrarna är kostsamt. Containrarna skulle kunna blästras för att undvika lakning. Detta skulle kosta minst 1000 kr per container (Tommy Olsson, pers. medd.) dvs totalt ca 3 miljoner kronor. Det finns planer på att bygga ett nytt kraftvärmeverk inom fem år och då kommer troligen containersystemet att avskaffas.

En annan åtgärd är att rena dagvattnet. Ett alternativ är att använda barklänsar. Skulle rännor skapas med barklänsar som beskrivs i föregående avsnitt skulle det även ske en reducering av metallerna som lakas från containrarna. Ett annat alternativ för rening av lakande metaller är att sätta torvfilter i de dagvattenbrunnar som har störst tillrinning av dagvatten. Det finns dock en risk att filtrena sätter igen på grund av torven som sköljs med dagvattnet. Då driftsäsong avslutas för Kraftvärmeverket upphör torvhanteringen. Torvfilter rekommenderas därför att installeras så fort driftsäsong avslutas.

4.7 NY PROVTAGNINGSTRATEGI

4.7.1 Förslag på lämpliga provtagningspunkter samt provtagare

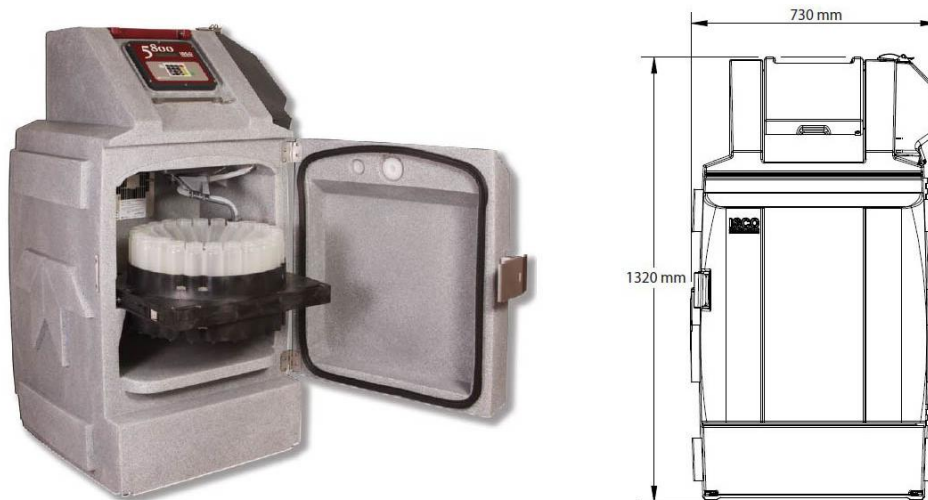
Vattenfalls provtagningsstrategi är resurs- och tidskrävande eftersom den sker i så många olika provpunkter. Anledningen är att det saknas en gemensam brunn för allt dagvatten från Brännugnen. De nya provpunkterna Före magasin och Gemensam 6 & 7 täcker tillsammans allt vatten från kvarteret Brännugnen.

Provpunkt Före magasin mottar dagvattnet som passerar provpunkterna Brunn 1, 2, 2b, 3 och 4, vilket gör den till en bra ersättningspunkt för dessa brunnar. Problemet är dock att denna provpunkt även tar emot vatten från gatan och fastigheterna norr om kvarteret brännugnen. Detta tillskott av vatten passerar provpunkt Påsticket, innan det blandas med vattnet från kvarteret Brännugnen. Därför bör prov tas även i Påsticket för att undersöka hur mycket föroreningar som vattenflödet bidrar med. Avrinningsområdet från gatan och fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen utgör 54 % av det totala avrinningsområdet till provpunkten Före magasin

Provpunkt Gemensam 6 & 7 mottar dagvattnet som passerar Brunn 6 och Brunn 7. Även denna brunn har ett tillskott av dagvatten som inte kommer från kvarteret Brännugnen. Tillskottet kommer från fastigheterna öster om kvarteret Brännugnen, kvarteret Vevstaken. Dagvattnet från kvarteret Vevstaken är påkopplat dagvattenledningen som är dragen från Brunn 6 till Gemensam 6 & 7. Påkopplingen är gjord under jord och nedstigningsbrunn saknas. Då det inte regnade något under provtagningsperioden för provpunkten Gemensam 6 & 7 är bidraget från kvarteret Vevstaken försumbart. Dock kommer det inte att vara försumbart vid nederbörd, då kvarteret Vevstakens avrinningsområde utgör 38 % av det totala avrinningsområdet till provpunkten Gemensam 6 & 7.

Genom att endast ta prover i provpunkt Före magasin och Gemensam 6 & 7 innefattas allt vatten från kvarteret brännugnen i provtagningsprogrammet. Dessa två brunnar har konstant flöde vilket innebär att passiva provtagare skulle kunna användas. I ett vatten med totalhalter på upp till 500 µg/l kan provtagaren PMS-1 Metall sitta i under två månader (en månad för vatten med totalhalter upp till 1000 µg/l) (Elsa Peinerud, pers. medd.). I provpunkten Före magasin uppmättes betydligt lägre metallhalter än 500 µg/l vilket innebär att provtagaren kan sitta i två månader utan risk för att bli mättad. I provpunkten Brunn 7 uppmättes den högsta metallhalten till 11400 µg/l (för zink). Detta berodde dock på en slamsugning av dagvattenbrunnen, vanligtvis ligger även dessa halter under 500 µg/l. Ett mer representativt värde av lösta metaller än det som i dagsläget erhålls från stickprovtagningen, fås med passiva provtagare. För att även mäta metallerna As och Sb som ingår i dagens provtagningsprogram skulle den passiva provtagaren PMS-3 Metaller kunna användas som komplettering. En nackdel med den passiva provtagaren är att den endast mäter joner, dvs. den lösta fraktionen förorening och inte den partikelbundna fraktionen.

Flödesproportionell provtagning är en metod som många värmeverk använder sig av. Det finns flera olika modeller av flödesproportionella provtagare på marknaden. En provtagare som skulle passa för Vattenfall är Isco 5800 som bland annat säljs av återförsäljaren MJK Automation AB, se figur 26. Denna provtagare kan kopplas till en flödesmätare, av typen signature flow meter, som monteras på botten av dagvattenledningen (MJK Automation AB 2013). Denna mäter flödet med hjälp av area-hastighetsmetoden. Provtagaren kostar 40 000 kr och flödesmätaren 35 000 kr (Jörgen Bergström pers. medd.). Kostnader för dragning av el tillkommer.



Figur 26 Provtagaren Isco 5800 (från MJK Automation AB 2013).

En flödesproportionell provtagare kan installeras vid provpunkt Före magasin, Brunn 7 eller vid Gemensam 6 & 7. Provtagaren skulle kunna förvaras i ett litet skjul. Detta är inte nödvändigt då provtagaren är designad för att stå utomhus utan något extra skydd. Provtagaren har ett inbyggd kylskåp där proven förvaras. Installation av el behövs både för provtagaren och flödesmätaren.

4.7.2 Jämförelse av provtagare

För att enklare kunna jämföra de tre olika provtagarna gjordes en sammanställning av deras kvaliteter. Sammanställningen visas i tabell 17.

Tabell 17 Jämförelse av provtagare.

	Stickprovtagning	Passiv provtagning	Flödesproportionell provtagning
Provtagare	--	PMS-1 Metall	Isco 5800
Möjliga provtagningspunkter	Alla	Brunn 7, Gemensam 6&7, Före Magasin	Brunn 7, Gemensam 6&7, Före Magasin
Hur representativt är provet för hela året. Skala 1-3 (mest representativt 3)	1	2	3
Möjlighet till analys av partikelbundna metaller	Ja	Nej	Ja
Hur representativt är provet för helhetsbilden av föroreningshalter Skala 1-3 (mest representativt 3)	1	1	3
Kostnad för inköp och underhåll av provtagare	0 kr	1500 kr/provtagare	45 000 kr+35 000 kr +kostnad för eldragnings och el
Kostnad för analys av ett prov*	3000 kr	0 kr**	3000 kr
Total kostnad för provtagare och analys för prov under 5 år (12 prov per år)***	180 000 kr	90 000 kr	260 000 kr

*Analys inkluderar metallanalys på filtrerat och ofiltrerat prov

**Analysen ingår i priset för provtagare

***Standardvärde som satts för alla provtagare för att förenkla jämförelsen

Analys av olja BOD, COD, TOC, tot P och NH₄-N, är inte inkluderat i kostnaden för någon provtagare. Inte heller kostnaden för analys av pH, kond eller susp som utförs av personal på Vattenfalls kemilaboratorium.

4.7.3 Rekommenderade provpunkter och provtagare

Fyra av de undersökta provpunkterna rekommenderas för framtida provtagning.

Brunn 6

Stickprov fyra gånger per år. Det första provet på året bör tas under snösmältningen för att få med dess inverkan på föroreningshalterna. Resterande tre prover tas förslagsvis på våren, sommaren, och sen höst (innan det blir minusgrader). Ingen passiv provtagare kan placeras i denna provpunkt eftersom flöde endast förekommer vid nederbörd. Då det är den provpunkt där det varit störst problem med höga metallhalter är det viktigt att fortsätta ta prov fyra gånger per år.

Brunn 7

Stickprov fyra gånger per år, samma dagar som det tas i Brunn 6. I provpunkten Brunn 7 rekommenderas utöver stickprover, en passiv provtagare av modellen PMS-1 Metall. Denna bör utplaceras två gånger per år, en gång under tidig vår för att få med snösmältningen och en gång under hösten. Utplacering kan förslagsvis ske i samband

med stickprovtagningen på våren och hösten för att spara tid. Provtagaren kan sitta i under sex veckor på våren och åtta på hösten. Den kortare tidsperioden under våren rekommenderas på grund av att dagvattnet kan vara mer förorenat då. Passiv provtagare av modellen PMS-3 Metall anses onödig då As och Sb analyseras i stickproverna fyra gånger per år.

Gemensam 6&7

Ingen provtagning. Detta beror på att det inte går att räkna bort bidraget av föroreningar från tillkommande vatten från kvarteret Vevstaken, eftersom det inte finns någon lämplig brunn för provtagning på endast detta tillflöde.

Före magasin

Stickprov fyra gånger per år, samma dagar som det tas i övriga brunnar. I provpunkten Före magasin rekommenderas utöver stickprover, en passiv provtagare av modellen PMS-1 Metall. Utplacering och upptagning bör ske vid samma tillfällen som för Brunn 7.

Efter magasin

Ingen provtagning. Detta beror på att dagvattnet i denna provpunkten har samma halter som dagvattnet i Före magasin.

Påsticket

Stickprov rekommenderas att tas i Påsticket vid samma fyra tillfällen som det tas i övriga provpunkter. För att kunna utvärdera om dagvattnet från området utanför kvarteret Brännugnen ökar eller minskar metallhalten är Påsticket en viktig provpunkt.

I tabell 18 visas en sammanställning över provpunkter, provtagning och kostnader för nuvarande respektive rekommenderad provtagningsmetod. Priset inkluderar oljeanalys, analys av BOD, TOC och Tot-P, samt analys av de metaller som i dagsläget analyseras. Kostnaden för analys av metaller i filtrerat och ofiltrerat prov samt oljeanalys är 3750 kr. Analysen av BOD, TOC och Tot-P kostar tillsammans 760 kr (Erika Åström, pers. medd.).

Tabell 18 Sammanställning över provpunkter, provtagning och kostnader för nuvarande respektive rekommenderad provtagningsmetod.

	Nuvarande provtagningsmetod	Rekommenderad provtagningsmetod
Antal provtagningspunkter	6*	4*
Antal stickprov totalt per år	24	16
Antal passiva provtagare totalt per år	0	4
Total kostnad för provtagare och analys per år	108 240 kr	78 160 kr

**Oljeprov i Brunn 5 är inte inkluderad. Huruvida denna provpunkt ska vara kvar eller tas bort har inte studerats i denna utvärdering*

Kostnader för lön till provtagningspersonal har inte räknats med i sammanställningen. Antalet provtagningspunkter kommer att minska från sex till fyra. Stickprovtagning tar minst 30 minuter per brunn. Detta innebär att minst en timme sparas om en provtagningsrunda genomförs på en dag. Om två rundor genomförs på en dag sparas två timmar (Urban Gustafsson och Erika Åström, pers. medd.). Tiden för utförandet av analyser på Vattenfalls kemilaboratorium uppskattas att reduceras med ca 90 minuter. Montering av passiva provtagare uppskattas ta ca 15 minuter extra per provpunkt, dvs. 30 minuter totalt. De passiva provtagarna placeras förslagsvis ut och tas upp i samband med stickprovtagning.

4.8 DIMENSIONERING AV RENINGSANLÄGGNING

Utöver det dagvatten som bildas från nederbörden som faller inom kvarteret Brännugnen, tillkommer processvattnet från de tre verken, samt spolvatten. Då detta vatten inte är separerat från regnvattnet innebär det att reningsanläggningen måste dimensioneras även för detta vatten, alternativt separera processvattnet och condensatet från dagvattnet.

För att kunna rena allt dagvatten från kvarteret brännugnen finns det två möjligheter. Det ena är att allt vatten leds till en gemensam punkt och renas där, eller att två olika reningsanläggningar upprättas, en i sydöstra hörnet och en i det sydvästra. Ett annat alternativ skulle vara att endast rena vattnet med utloppspunkt i det sydöstra hörnet då detta dagvatten mer frekvent överstiger riktvärdena.

I det sydöstra hörnet finns det utrymme för en reningsanläggning. Dessa brunnar ligger ca 4 m högre än brunnarna på den sydvästra sidan, vilket innebär att pumpning av dagvattnet skulle krävas om allt dagvatten skulle renas i detta hörnet. Om allt dagvattnet däremot skulle ledas till det sydvästra hörnet skulle ingen pumpning behövas. Avståndet är ca 620 m mellan de två utloppspunkterna och höjdskillnaden mellan brunnarna ca 4 m. Detta innebär en lutning på 6,45 ‰. Krav på minsta lutning för en dagvattenledning, med hänsyn till självrensning, anges i tabell 19. En lutning på 6,45 ‰ skulle uppfylla kravet på självrensning för alla ledningsdimensioner

Tabell 19 Krav på den minsta lutningen för en dagvattenledning, med hänsyn till självrensning (Svenskt Vatten 2004).

Diameter [mm]	200	300	400	500	600	≥800
Minsta lutning [‰]	4,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

I dagsläget finns det som nämnts tidigare ett underjordiskt magasin i det sydvästra hörnet av kvarteret. Detta skulle vara en lämplig plats för en reningsanläggning. Magasinet är 6 meter brett och 30 meter långt. Problemet är att detta magasin även mottar dagvatten från fastigheterna norr om kvarteret brännugnen och gatan, ett område på ca 8 ha, varav ca 7 ha är hårdgjorda ytor. Area för avrinningsområdena och typ av yta redovisas i tabell 20.

Tabell 20 Area för avrinningsområdena och typ av yta.

Avrinningsområde	Asfalt+tak [ha]	Grus [ha]	Gräsyta [ha]	Totalt yta [ha]	Avrinningskoefficient ϕ
Kvarteret Brännugnen västra sidan	5,7	0	1,5	7,2	0,66
Fastigheterna norr om kvarteret	6,8	0	1,5	8,3	0,70
Totalt (sydvästra hörnet)	12,1	0	3	15,1	0,68
Kvarteret Brännugnen östra sidan	5,6	0,7	2,3	8,6	0,59
Kvarteret Vevstaken	3,5	0	1,2	4,7	0,64
Totalt (sydöstra hörnet)	9,1	0,7	3,5	13,3	0,61

Med den rationella metoden beräknades dimensionerande flöden och volymer för olika tänkbara lösningar för dagvattnet från kvarteret Brännugnen, dessa redovisas i tabell 21. Det dimensionerande flödet har beräknats utifrån ett 10-årsregn vilket är återkomsttiden som rekommenderas att användas av Svenskt Vatten (Svenskt Vatten 2004). Beräkningar har gjorts för tre olika varaktigheter för 10-årsregnet; 10-minuter, 30-minuter och 60-minuter. Dessa varaktigheter är vanliga att använda för dimensionering. Ett 10-minuters, 10-årsregn ger en regnintensitet på 225 l/s·ha vilket innebär att det regnar 13,5 mm på 10 minuter. Det ger en volym på ca 90 m³/ha tillrinningsområde med avrinningskoefficient 0,67. Ett 30-minuters, 10-årsregn ger en regnintensitet på 113 l/s ha, det regnar då 20,3 mm på 30 minuter. Detta ger en volym på ca 136 m³/ha tillrinningsområde med avrinningskoefficient 0,67. Ett 60-minuters, 10-årsregn ger en regnintensitet på 68 l/s ha. Det regnar då 24,7 mm på 60 minuter. Detta ger en volym på ca 165 m³/ha tillrinningsområde med avrinningskoefficient 0,67. Avrinningskoefficienten 0,67 är medelvärde för hela området. Värdena har beräknats med hänsyn till nederbörden i Uppsalaregionen. Flödet av kondensat från Block 5 och Anläggning 34 är tillsammans ca 7 l/s. Flödet processvatten som tillrinner till sydöstra hörnet är ca 3,5 l/s, dock varierar detta över dygnet och maxflödet som uppmättes under provtagningsperioden var ca 30 l/s detta blir det dimensionerande processvattenflödet. Spolvatten och övrigt processvatten är försumbart i förhållande till dessa flöden.

Tabell 21 Dimensionerande flöde och volym för olika områden och för olika dimensionerande regn.

Alternativ på sammansättningar av vattenflöden.	10-minuters, 10-årsregn		30-minuters, 10-årsregn		60-minuters, 10-årsregn	
	Flöde [l/s]	Volym [m ³]	Flöde [l/s]	Volym [m ³]	Flöde [l/s]	Volym [m ³]
Regnvatten kvarteret Brännugnen, västra sidan	1094	660	549	1001	330	1188
Regnvatten kvarteret Brännugnen, västra sidan + regnvatten fastigheter norr om kvarteret	2336	1406	1173	2054	706	2492
Regnvatten kvarteret Brännugnen, västra sidan + processvatten	1101	664	556	1014	337	1213
Regnvatten kvarteret Brännugnen, västra sidan + regnvatten fastigheter norr om kvarteret + processvatten	2343	1410	1196	2111	713	2550
Regnvatten kvarteret Brännugnen, östra sidan	1139	697	572	1049	344	1273
Regnvatten kvarteret Brännugnen, östra sidan + regnvatten från kvarteret Vevstaken	1811	1077	910	1623	547	1968
Regnvatten kvarteret Brännugnen, östra sidan + processvatten	1169	702	602	1084	374	1347
Regnvatten kvarteret Brännugnen, östra sidan + regnvatten kvarteret Vevstaken + processvatten	1840	1105	940	1691	577	2079
Regnvatten hela kvarteret Brännugnen + allt processvatten	2193	1324	1113	2016	689	2479
Regnvatten hela kvarteret Brännugnen + regnvatten kvarteret Vevstaken + regnvatten fastigheter norr om kvarteret + allt processvatten	4169	2501	2105	3802	1286	4629

Dimensioneringen av reningsanläggningen beror sedan i sin tur på kapaciteten för dagvattenledningen där utloppet från reningsanläggningen kopplas på (Svenskt Vatten 2004). Kapaciteten för en full dagvattenledning med diameter 600 mm och en lutning på 10 ‰ är 640 l/s, skillnaden mellan dimensionerande flöde och kapaciteten för utloppsledningen bestämmer delvis dimensioneringen av reningsanläggningen. Detta är ett exempel på en vanlig dimensionering av en dagvattenledning vid eventuell anläggning av reningsanläggning måste detta kollas upp. Uppsala Vatten har alla dimensioner som krävs. Dimensioneringen av en reningsanläggning beror också på vilken uppehållstid som önskas för vattnet.

Volymer och flöden för områdena utanför kvarteret Brännugnen är främst med i sammanställningen för att visa att dessa har stor inverkan på dimensioneringen.

Områdena utanför kvarteret brännugnen bidrar med nästan 50 % av flödena till de två knytpunkterna Före magasin och Gemensam 6 & 7. Vattenfall bör därför lägga om vissa ledningar för att separera sitt dagvatten från tillkommande dagvatten från dessa två områden

4.9 FÖRSLAG PÅ RENINGSTEKNIKER FÖR DAGVATTNET FRÅN KVARTERET BRÄNNUGNEN

Analyserna av ofiltrerat och filtrerat prov visar att det är de partikelbundna metallerna i dagvattnet från kvarteret Brännugnen som överskrider riktvärdena. Därför är en reningsanläggning som avskiljer den partikelbundna fraktionen av metallerna lämplig. De fyra lösningarna som studerats mer ingående fungerar bra för avskiljning av partikelbundna metaller.

4.9.1 Avsättningsmagasin under mark

Ett avsättningsmagasin under mark renar dagvattnet från partikelbundna föroreningar (Aldheimer 2004). Avsättningsmagasinet har en fördröjande effekt på vattnet och avskiljning sker främst genom sedimentering. Ett avsättningsmagasin måste dimensioneras så att uppehållstiden är tillräcklig för att partiklarna ska hinna sedimentera. För att uppnå detta kan magasinet delas in i två eller fler magasindelar med hjälp av skibord. För att underlätta slamtömning av magasinet kan dessa göras löstagbara. Dagvattnets uppehållstid i magasinet bör vara 36 timmar för att metaller och andra föroreningar ska hinna avsättas ostört (Aldheimer 2004). Dagvattnet kan antingen pumpas ut ur magasinet eller ledas ut genom självfall.

Investeringskostnaden för ett avsättningsmagasin under mark har i en undersökning gjord av Stockholm Vatten uppskattats till 7000 kr/m³ (Stockholm Vatten 2001b). Detta kan jämföras med investeringskostnaden för en damm som uppskattades till 300 kr/m³.

Ett avsättningsmagasin är gjort av betong och är en vanlig lösning för rening av dagvatten från hårt trafikerade vägar. Stora volymer och flöden kan renas i ett avsättningsmagasin. Vid volym på 6000 m³ uppskattas kostnaden till 3000 kr/m³. Stockholm Vatten har gjort utvärderingar på reningseffekten från avsättningsmagasin. Två avsättningsmagasin som utvärderats är Norra Länken, (Stockholm Vatten 2001c) och Ryska smällen (Aldheimer 2004). Båda undersökningarna visade resultat på bra rening av partikelbundna metaller. Dagvattnet från kvarteret Brännugnen har liknande sammansättning som dagvatten från hårt trafikerade vägar. Avsättningsmagasin under mark dimensioneras ofta av VA-konsulter, kommuners Tekniska förvaltningar eller av Vägverket.

Befintliga fördröjningsmagasin med bottenutlopp kan göras om till avsättningsmagasin genom att flytta upp utloppet (Field m fl. 1993). Fördröjningsmagasinet i det sydvästra hörnet är dock för litet för att uppehållstiden i dagsläget ska bli 36 timmar. Magasinets volym är ca 540 m³. Minsta dimensionerande volym med nuvarande ledningsdragning är 1360 m³. Skulle däremot ledningarna dras om på ett sätt så att vattnet från fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen leds förbi magasinet, skulle den minsta dimensionerande volymen bli ca 610 m³. Magasinet skulle då kunna göras om till

avsättningsmagasin med tanke på volym. Detta kan dock innebära andra problem. För det första tillhör magasinet Uppsala Vatten och ligger utanför Vattenfalls mark. För det andra finns magasinet där för att utjämna flöden vid kraftiga regn. Då den hårdgjorda ytan för fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen är ca 7 ha blir det stora flöden från detta område vid kraftiga regn. Därför kan det bli problem nedströms om detta dagvatten leds förbi magasinet.

4.9.2 Filterlösning

Att rena dagvatten genom olika typer av brunnsfilter som monteras direkt i dagvattenbrunnen är en vanlig enkel lösning. På marknaden finns det ett antal olika filter och filtermassor. Som nämnts tidigare sitter det i dagsläget torvfilter i 13 av dagvattenbrunnarna inom kvarteret Brännugnen. Detta skulle kunna utökas genom att filter placeras i fler brunnar. Förslagsvis i brunnar i den östra delen av kvarteret Brännugnen där det i dagsläget inte sitter några filter.

En annan lösning är en reningsanläggning som är uppbyggd av ett antal filter. Principen för filteranläggningar är att dagvattnet leds eller pumpas genom en serie filterenheter där adsorption av föroreningar sker (Stockholm Vatten 2001b). Filtren utgörs av olika material beroende på vilken sammansättning dagvattnet förväntas ha. De första filtrena är grova och blir sedan finare. Filteranläggningen bör ha ett förreningsteg i form av en sedimenteringskammare eller någon typ av utjämningsmagasin. Eventuellt också en oljeavskiljare, beroende på dagvattnets sammansättning (Stockholm Vatten 2001b). Någon typ av försedimenteringskammare eller utjämningsmagasin kommer att behövas för dagvattnet från den östra sidan av kvarteret då torvpartiklar annars kommer att sätta igen filtrena. De första filterenheterna kan förslagsvis bestå av grovfilter, som följs av exempelvis sandfilter, barkfilter, påsfilter och slutligen kolfilter. Fördelen med reningstekniken är att filtren kan bytas ut oberoende av varandra. Önskas en bättre rening av en viss metall kan det filter som bäst renar just denna metallen sättas in i stället för ett annat filter, alla filter behöver inte bytas ut samtidigt utan detta kan göras eftersom filtren blir mättade. Dessa typer av anläggningar kan levereras som helhetslösningar med installation och byte av filter. Ett exempel på en filterlösning är StormFilter. Dessa filter finns i olika storlekar för olika flöden och det går att anpassa filtermaterial efter föroreningsinnehåll (Stockholm Vatten 2001b). Tekniken bygger på ett passivt filtersystem där vattnet leds in via en kammare fylld med grovkornigt material. Olja och flytande ämnen avskiljs och vattnet flödar vidare till filtermagasinet. När vattnet i magasinet stiger utlöses en hävertmekanism på filterpatronerna vilket tvingar det förorenade vattnet upp genom filtermaterialet. Filteranläggningar är platsbesparande, de kräver ca 10 gånger mindre volym än dammar och diken för motsvarande flöden. Filtrena kan behandla flöden från 4 till 230 l/s. Reningseffekten är upp till 90% av partikelbundna föroreningar, 85% olja och fetter och 91% lösta tungmetaller. Nackdelen med en filteranläggning är att den inte kan ta hand om allt vatten vid stora flöden. Därför måste anläggningen konstrueras så att dagvattnet vid extremt höga flöden kan brädda och ledas förbi anläggningen vidare till dagvattennätet.

Filtermaterialet måste bytas ut för att bibehålla effektiv rening och hur frekvent detta måste göras beror på föroreningssituationen.

Ett företag som arbetar med tekniken är Stormwater Management. Enligt tillverkaren är filteranläggningar kostnadseffektiva alternativ som sparar upp till 10 gånger kostnaden för en traditionell behandlingsmetod (EPA 2013). Ett StormFilter med nio filterpatroner kostade ca 120 000 kr (1998). Denna anläggning är dimensionerad för ett flöde på upp till 8 l/s och storleken på filteranläggningen är 15 m³. Underhållskostnad är ca 5200 kr/år (1998). Då dimensionerande flöden för kvarteret Brännugnen är minst 40 gånger så stora (beroende på vilket dimensionerande flöde som väljs) innebär detta att kostnaden skulle bli betydligt högre. Dimensioneringen av filteranläggningen utgår ifrån flöden, eftersom idén med denna lösning inte är att allt regn ska rymmas i anläggningen. Baserat på flöde skulle filteranläggningen då kosta omkring 5 miljoner kronor (40×120 000 kr). Detta måste ses som en grov uppskattning. Sambandet är troligtvis inte linjärt vilket gör att kostnaden kan bli lägre. Kostnad för försedimenteringsbassäng innan filteranläggningen tillkommer.

Renova AB är ett miljöföretag inom avfall och återvinning och använder sig av filteranläggningar för att rena sitt dagvatten på två av sina sorteringsanläggningar (Anna Stöllman, pers. medd.). Filteranläggningen är uppbyggd av 6-7 filterenheter som vattnet pumpas mellan. Goda resultat för rening av metaller har uppnåtts. Leverantören är Envix och filteranläggningen är köpt som en helhetslösning med byte av filter och underhåll. Filteranläggningen är dimensionerad för ett 1-årsregn med 24 timmars varaktighet. Dimensionerande flöde är 30 m³/h, dvs. ca 8,4 l/s. En filteranläggning av denna typen är 14 m lång och 5 m bred. Kostnaden för anläggning av denna filteranläggning uppskattas till ca 1 miljon kronor. Filteranläggningen renar dagvatten från en yta på 2,6 ha, vilket är ca 3 gånger mindre än östra delen av kvarteret Brännugnen. Kostanden för en liknande anläggning dimensionerad för kvarteret Brännugnen uppskattas grovt av Envix till 4 miljoner (Ernesto Institoris, pers. medd.). Då är kostnaden för anläggning av någon typ av försedimenteringsbassäng eller utjämningsmagasin inkluderad. Filteranläggningen kan anpassas till större flödet och volymer genom att installera två parallella filteranläggningar bredvid eller på varandra.

Både ett avsättningsmagasin under mark och en filteranläggning kräver tillsyn och reparationer. Ett avsättningsmagasin behöver dessutom slamsugas. Kostnader för eldragnings och elförsörjning till eventuella pumpar tillkommer också. Dessa kostnader är svåra att uppskatta och varierar mycket beroende på anläggningstyp (Stockholm Vatten 2001b). Ett schablonvärde för underhåll på 100 000 kr/år och anläggning antas enligt Stockholm Vatten vara ett rimligt genomsnitt. I dagsläget tömmer Uppsala Vatten det befintliga magasinet på slam vartannat år. Detta kommer att behöva göras oftare om ett avsättningsmagasin anläggs.

4.9.3 LOD-lösning

LOD står för lokalt omhändertagande av dagvatten och bygger på att hanteringen av dagvattnet ska ske i det område där det har bildats. LOD lösningar syftar till att minska, fördröja, utjämna, rena, avdunsta och infiltrera dagvattnet. Genom att minska mängden

hårdgjord yta så minskas mängden dagvatten i ledningsnäten. (Berggren H, m.fl. 1991). LOD-lösningar är alltid lättare att applicera i samband med nybyggnation då infiltration kan behandlas i projekteringsstadiet. En positiv sekundär effekt av infiltration är den minskning av dagvattenflöde som sker. Mindre vattenvolymer i ledningsnätet gör det lättare och billigare att rena dagvattnet. I många fall är det lämpligt att kombinera LOD-lösningar med andra reningstekniker.

Ett exempel på en LOD-lösning är att använda hålbetongsplattor för parkeringar och uppfarter, ett annat alternativ är att använda så kallad permeabel asfalt. Dessa två lösningar låter vattnet infiltrera ner till underliggande lager. Stuprör kan förses med utkastare för att leda ut vattnet på gräsytor eller rabatter för infiltration i stället för att kopplas till dagvattennätet. Det är dock viktigt att marken sluttar från byggnaden. Det finns alltid en risk för problem med inträngande vatten i fastigheter.

I den östra delen av kvarteret finns ett dike som är torrt, se figur 27. Detta sträcker sig från det nordöstra hörnet av kvarteret Brännugnen till det sydöstra. En alternativ LOD-lösning skulle vara att leda dagvattnet från delar av containerytan till detta dike, där det kan renas på vägen och en del infiltrera i marken. Dagvattnet skulle då pumpas upp från en lämplig brunn till diket och sedan genom självfall ledas tillbaka till dagvattennätet längre nedströms innan Brunn 7.



Figur 27 Dike i den sydöstra delen av kvarteret, öster om containerytan (foto Linnea Henriksson).

En komplikation som alltid uppstår vid infiltration är att de föroreningar som finns i dagvattnet antingen fastläggs i marken eller till viss del förs ner till grundvattnet. I områden med markföroreningar är inte heller infiltration lämplig då en ökad vattentillförsel kan medföra att markföroreningarna kan transporteras vidare och på sikt nå grundvatten och recipienter. Under 2010 gjordes en utredning för att undersöka föroreningshalten i marken på och i närheten av containerytan. Utredningen visade att området har relativt låg föroreningsgrad (Bjerkning 2010). För att kunna applicera någon typ av LOD-lösning inom kvarteret Brännugnen rekommenderas dock att ytterligare undersökning görs på den aktuella platsen.

4.9.4 Rening med bark

Olika tekniska lösningar för rening med bark finns tillgängliga på marknaden. Barkfilter kan precis som ett torvfilter placeras i dagvattenbrunnen. Bark har bra uppsugningsförmåga av tungmetaller och olja (Ecobark 2013). Det finns också reningslösningar som bygger på barklänsar som placeras i diken eller vattendrag. Barklänsar är långa tyglängor som består av bark inneslutet i genomsläppligt tyg. En återförsäljare av denna typ av barklänsar är Ecobark. Barklänsarna levereras i längor på 6 meter och kostar 150 kr per meter (Per Nyman, pers. medd.). Rening med bark bygger på att barken adsorberar föroreningarna i vattnet. Barken kan sedan brännas. Rening med barklänsar skulle vara intressant för rening av vattnet från torvplan i rännor som skapas eller som rening för inhägnad torvhantering. Detta beskrevs mer ingående i avsnittet om åtgärder för torvhanteringen (avsnitt 4.6.2.) Barklänsar skulle också vara intressant att kombinera med en LOD-lösning. Om vattnet skulle ledas till diket som beskrevs i LOD-avsnittet kan barklänsar placeras i diket för att få en bättre rening. Barken skulle adsorbiera föroreningarna och undvika att de fastläggs i marken. Barklänsarna skulle behöva bytas ca 2-3 gånger per år (Per Nyman, pers. medd.). Rening med bark är inte en lösning för allt vatten från kvarteret Brännugnen utan lämpar sig bäst för att rena dagvattnet småskaligt. Barklänsarna kan brännas i godkänd förbränningsanläggning

4.9.5 Utvärdering av reningstekniker

De två reningstekniker som kan användas för att rena allt dagvatten från kvarteret Brännugnen är avsättningsmagasin och filteranläggning. LOD-lösningar och barkrening måste kombineras med någon av de andra lösningarna för att allt vatten ska kunna renas. En sammanställning över uppskattade kostnader och utrymme för avsättningsmagasin och filteranläggning visas i tabell 22. Kostnaderna bygger på de schablonvärden som tagits fram och måste ses som grova uppskattningar. Kostnadsuppskattningen för avsättningsmagasin anses som säkrare än uppskattningen för filteranläggning. Det beror på att det är en vanlig lösning och därför finns mer data för underlag för kostnadsuppskattningar. Kostnadsuppskattningen för avsättningsmagasin bygger på dimensionerande volym. Kostnadsuppskattningen för filterlösning bygger på dimensionerande flöde. Detta beror på att ett avsättningsmagasin ska rymma en viss volym dagvatten under 36 timmar, medans dagvattnet endast ska passera igenom en filteranläggning.

Tabell 22 Sammanställning av kostnader, behov av utrymme och erfarenheter för avsättningsmagasin och filteranläggning.

	Avsättningsmagasin		Filterlösning	
	10minuters, 10-årsregn	60 minuters, 10-årsregn	10 minuters, 10-årsregn	60 minuters, 10-årsregn
Kostnad för installation	5 miljoner	9 miljoner	>4 miljoner	4 miljoner
Kostnad för underhåll (per år)	100 000 kr	100 000 kr	100 000 kr	100 000 kr
Behov av utrymme	Ca 700 m ³	Ca 1300 m ³	Ca 3×200 m ³	Ca 2×200 m ³
Tillkommande konstruktioner	Ca 50 m nya ledningar		Ca 50 m nya ledningar Anläggning av försedimenteringsbassäng	
Erfarenheter	Bra rening av partikelbundna metaller Robust anläggning		Bra rening av partikelbundna metaller Problem med svavelväte som bildas och angriper metaller i reningsanläggningens material som oxiderar. Viktigt att ha all el avskärmad.	

Den dimensionerande volymen och det dimensionerande flödet för dagvattnet från kvarteret Brännugnens östra och västar sida skiljer sig mycket lite. Därför har enbart rening av dagvattnet med utloppspunkt i det sydöstra hörnet utvärderats eftersom resultatet hade blivit ungefär det samma för dagvattnet i det sydvästra hörnet. Av samma anledning har inte heller en enskild utvärdering gjorts för allt dagvatten från Kvarteret Brännugnen. Utifrån resultatet av dimensioneringen kunde även slutsatsen dras att det i dagsläget inte skulle finnas plats att rena allt vatten från kvarteret Brännugnen i en punkt.

Dragning av ca 50 m nya dagvattenledningar kommer att behövas för att samla vattnet i en punkt. Det kommer att behöva göras både i det sydvästra och det sydöstra hörnet eftersom dagvattnet från kvarteret Brännugnen på båda ställena kopplas i hop med dagvatten utifrån.

Kostnaden för LOD-lösningar är svåra att uppskatta då det framför allt handlar om att dra om rör, och anlägga fler gröna ytor. Kostnaden för rening med barklänsar skulle för den stora ytan i norra delen av kvarteret Brännugnen (som visades i figur 25) bli ca 22 500 kronor per år för endast barklänsarna. Denna kostnad baseras på totalt 50 m barklänsar som byts ut 3 gånger per år. (150 kr/m × 50 m × 3 gånger/år). Kostnaden för barklänsar runt den mindre inhägnaden skapad av containrar (som visades i figur 24) skulle bli ca 9000 kr per år (150 kr/m × 20 m × 3 gånger). Kostnader för asfaltering och anläggning av rännor tillkommer. Barkrening är en enkel metod som kan installeras på kort tid i jämförelse med anläggning av ett avsättningsmagasin eller en filteranläggning.

5. DISKUSSION

5.1 PROVTAGNINGSRISULTAT

Av resultatet från provtagningarna kan det konstateras att dagvattnet med utloppspunkt i det sydöstra hörnet är mer förorenat av tungmetaller än dagvattnet med utloppspunkt i det sydvästra hörnet. Det stämmer också med resultaten från tidigare provtagningar. Rening av detta vatten bör därför prioriteras framför rening av vatten med utloppspunkt i det sydvästra hörnet. Dock leds vattnet från det sydöstra hörnet till dagvattendammen vid Kungsängsverket. För att gå vidare i frågan bör det undersökas om vattnet renas i dammen innan det släpps ut i Fyrisån.

En annan aspekt är att det planeras att byggas ett nytt kraftvärmeverk, Carpe Futurum, om fem år på industritomten söder om kvarteret Brännugnen. Kraftvärmeverket ska ersätta nuvarande KVV. Bränslet ska bytas till trä som ska förvaras i silos och tippas inomhus. Torv försvinner som bränsle vilket innebär att hanteringen av containrar upphör. Problemet med lakande metaller som förmodas komma från containrarna är därför endast ett kortsiktigt problem.

Det finns möjlighet att eventuellt anlägga en dagvattendamm för rening av dagvattnet från Carpe Futurum. Möjligheterna att rena även dagvattnet från kvarteret Brännugnen i denna damm har börjat diskuteras. Det är en diskussion som startat efter att detta examensarbete påbörjades.

5.1.1 Magasinet och Påsticket

Det underjordiska magasinet i det sydvästra hörnet av kvarteret Brännugnen mottar ca hälften av allt dagvatten från kvarteret. Därför ligger det i Vattenfalls intresse att känna till om dagvattnet renas i magasinet. Resultaten från provtagningarna visar att föroreningshalterna i inflödet till magasinet ligger under riktvärdena med god marginal. Resultaten visar också att föroreningshalterna efter magasinet i stort sett är de samma som före magasinet. Resultat från tidigare provtagningar i de provpunkter som bidrar med tillrinning till provpunkt Före magasin, har visat att det främst är bly och zink som överskrider riktvärdena. De stickprov som togs i provpunkten Påsticket dvs. det dagvatten som kom från gatan och fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen, visade sig överstiga riktvärdena för ett flertal parametrar. Detta är viktigt att lyfta fram då rening för dagvatten från kvarteret Brännugnen diskuteras. Det kan mista lite av meningen att rena dagvattnet från kvarteret Brännugnen till låga halter om det renade vatten sedan blandas ut med dagvatten från andra fastigheter som är betydligt mer förorenat. Då inget stickprov togs i provpunkten Före magasin samtidigt som det togs i Påsticket kan inga slutsatser dras om vilket vatten som är mest förorenat.

5.1.2 Provtagningen det 5 april -sydöstra hörnet

Under provtagningen den 5 april uppmättes onormalt höga halter av alla analyserade parametrar utom konduktivitet. Förklaringen till dessa extremt höga halter är att dagvattenbrunnen vid askutmatningen (den som var igensatt) tömdes på slam då provtagningen pågick och därför har vattnet från vattenpölen hamnat i

dagvattenledningarna. Slamtömningen upptäcktes efter avslutad provtagningsrunda. Vattenpölen innehöll troligen höga halter metaller som ackumulerats under vintern och våren då ingen avrinning kunnat ske. Föroreningarna i vattenpölen kommer troligen från lastbilarna och från askan som bräddat över från lastbilarna som kört iväg. Även smältvatten från lagringen av snö kan ha bidragit till de extremt höga halterna. Analysen av filtrerade prover visar låga halter vilket ytterligare stärker antagandet om att de höga halterna är partikelbundna och kommer från askan, lastbilarna och snön. Färgen på vattnet i stickproven som togs vid både provpunkt Brunn 7, Brunn 6 och Gemensam 6 & 7 var svart och trögflytande. Detta visar på att det var aska och suspenderade ämnen i proverna. Suspenderade ämnen innebär i sin tur hög halt av partikelbundna föroreningar. För stickprov från Brunn 6 beror färgen och den höga halten suspenderade ämnen även på torv i provet. De extremt höga värdena från den 5 april kommer att ge missvisande mängder metaller för år 2013 om dessa halter bestämmer en fjärdedel av medelvärdet. Hänsyn borde i stället tas till hur mycket vatten som släpptes till dagvattennätet under provtagningsdygnet, dvs. en utsläppt mängd för den 5 april räknas ut och sedan kan årsmedelvärdet baseras på provtagningsresultat från normala förhållanden.

Dagvattnet från det sydöstra hörnet leds som nämnts tidigare till kommunens dagvattendamm vid Kungsängsverket så förhoppningsvis sker viss rening där. Det har dock aldrig utförts någon provtagning för analys av metallhalter i inkommande eller utgående vatten från dagvattendammen. Då högre krav kommer att ställas på verksamheter med Fyrisån som recipient är det väsentligt att veta om det sker någon rening av metaller i dagvattendammen och vilka halter som släpps ut i Fyrisån.

5.1.3 Kondensat

Då andra riktvärden gäller för kondensat än för dagvatten, var ett av målen i utredningen att undersöka hur mycket kondensatet bidrar till den utsläppta mängden metaller. Resultatet från stickprover tagna den 13 mars visade att för alla ämnen utom bly och zink var halten högre i kondensatet än i både Provpunkt 2b och Före magasin (som båda ligger nedströms utsläppspunkten för kondensat). Flödet vid provpunkten Före magasin var nästan sju gånger högre än flödet för kondensat. Mängden utsläppt förorening beräknades för kondensat och för provpunkt Före magasin under två veckor. För metallerna bly och nickel kommer nästan hela mängden förorening från kondensatet. För resterande metaller var den utsläppta mängden ungefär dubbelt så stor vid provpunkt Före magasin. Detta innebär att övrigt vatten bidrar med lika stor mängd som kondensatet för dessa metaller. Det föll ingen nederbörd den 13 mars, vilket innebär att den resterande utsläppta mängden metaller vid provpunkten Före magasin kommer från process- och spolvatten. Alla halter låg långt under riktvärdet för både kondensat och dagvatten. Resultaten visar att kondensatet har en stor påverkan på hur stor mängd förorening som släpps ut per år.

En jämförelse gjordes också mellan kondensat från Block 5, Anläggning 34 och den passiva provtagaren för perioden 11 till 25 april. Resultaten visade att mängden förorening vid provpunkt Före magasin var lägre än den sammanlagda från Block 5 och

Anläggning 34 för alla metaller utom koppar. Detta beror på att den passiva provtagaren endast mäter de lösta föroreningarna och därför inte kan jämföras med de flödesproportionella proven på totalhalter som togs från Block 5 och Anläggning 34.

5.2 FLÖDESMÄTNINGAR

5.2.1 Utvärdering av flödesberäkningar

För alla provpunkter stämmer det beräknade flödet med det som uppmättes med flygeln ganska bra. Avvikelsen mellan flödena för Brunn 7 var i genomsnitt 21 %. För provpunkt Gemensam 6 & 7 stämde jämförelsen för det högre flödet (14 l/s jämfört med 18 l/s, 22 % avvikelse) men för det lägre flödet stämde det inte alls. Detta beror troligen på att det var för lite vatten för att flygeln skulle kunna registrera hastigheten. Det kan också bero på att brunnen har två inlopp som skapade turbulens och gav upphov till felaktiga värden på flödet. För provpunkt före magasin stämde det beräknade flöde bra med det uppmätta (det beräknade var 20 l/s och det uppmätta 16 samt 20 l/s). För provpunkterna Brunn 7 och Gemensam 6 & 7 stämmer även den avrunna volymen som beräknats med Mannings formel utifrån vattennivå, med den uppskattade volymen enligt den nuvarande metoden som används på Vattenfall. För provpunkten Före magasin stämmer detta inte alls, den avrunna volymen som beräknats från tryckgivaren är tre gånger så stor som den som beräknats med nuvarande metod. Detta beror troligen på att ledningarna däms uppströms vid regn med hög intensitet, vilket tidigare uppmärksammats av Uppsala Vatten (Andreas Jansson, pers. medd.). Under regnet den 18 och 23 april var intensiteten som mest 1,5 mm på 10 minuter vilket troligen var tillräckligt högt för dämning uppströms i dagvattenledningarna. Metoden för att beräkna flöde utifrån vattennivå med Mannings formel gäller bara om ledningen inte är dämnd.

Jämförelsen mellan uppmätt avrunnen volym och beräknad volym enligt nuvarande metod är svår att göra på ett bra sätt. Då jämförelsen gjorts för avrunnen årsvolym har förhållandena under provtagningsperioden antagits representera hela året, vilket kanske inte alls är fallet. Dessutom jämförs denna volym med den avrunna volymen från 2012. Därför gjordes även en uppskattning av den avrunna volymen under provtagningsperioden med aktuella nederbördsdata. Processvattenflödet uppskattades dock utifrån flödet från förra året eftersom ingen data fanns på årets processvattenflöde. Detta blir missvisande eftersom processvattenflödet är större under driftsäsong vilket det var under största delen av provtagningsperioden för provpunkt Brunn 7 och Gemensam 6 & 7. Driftsäsong avslutades den 4 april år 2013 (Arne Emanuelsson, pers. medd.). Problemet med denna jämförelse var också att bidraget från snösmältningen inte kunde uppskattas på ett enkelt sätt. Dessa jämförelser ger därför endast en hint om de uppmätta flödena stämmer eller inte. Det är svårt att säga vilken metod som är mest tillförlitlig för flödesuppskattningar just på grund av att de inte kan jämföras på ett bra sätt.

Trots att metoden att beräkna flöde utifrån nivån i dagvattenledningen inte stämmer till 100 %, kan den ändå rekommenderas för brunnar där ingen dämning sker och turbulens

inte förekommer. Metoden skulle fungera bra för Brunn 7 och Påsticket. Den skulle också vara intressant för Brunn 6. Då ingen tryckgivare installerades i brunnen under provtagningsperioden kan inga slutsatser dras om metoden skulle fungera för denna provpunkt.

Vid installation av tryckgivare och logger rekommenderas det att montera fast en krok i brunnen där loggerlådan kan hängas. Detta skulle vara en bättre lösning för permanent provtagning eftersom den monterade anordningen av trä började ruttna under provtagningsperioden.

Fördelen med att beräkna flödet utifrån vattennivån i dagvattenledningen är att flödesvariationer över året fås. Exempel på faktorer som bidrar till ökat flöde under året är snösmältning under våren, mer nederbörd under sommar och höst (SMHI 2013) och större processvattenflöde under driftsäsong. Dessa skillnader under året tas det ingen hänsyn till med nuvarande metod. De beräknade utsläppta årsmängderna metaller kan med den föreslagna metoden baseras på hur stort flödet var under perioden då provet togs. Året kan delas upp kvartalsvis och den avrunna volymen under varje kvartal kan multipliceras med halten i stickprovet från det kvartalet. Den rationella metoden kan användas för att beräkna dagvattenflöden till brunnar där tryckgivare inte kan installeras. Denna metod innebär dock att avläsning av vattenmätare för intaget råvatten och utgående processvatten till dagvattennätet skulle krävas varje kvartal för de provpunkter där ingen tryckgivare kan installeras. Metoden kräver mer arbete, men ger ett mer representativt värde. Alternativt kan den avlästa årsvolymen delas med fyra, vilket skulle innebära att rutinen för avläsning inte behöver ändras. Värdet skulle då bli mindre representativt än värdet som skulle fås med den föreslagna metoden (metallmängden per år skulle bli den samma som med nuvarande metod).

Resultaten från provpunkterna Före magasin, Brunn 7 och Gemensam 6 & 7 visar att det finns stora variationer över dygnet i både flöde konduktivitet och vattentemperatur. I Brunn 7 ökar konduktiviteten från $10 \mu\text{S cm}^{-1}$ till $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ (som är riktvärdet för konduktivitet) ungefär en gång per dygn. Flödet går upp och ner mellan 2 l/s och 30 l/s i perioder på ungefär en timme. Ökningen av konduktivitet beror på utsläpp av processvatten med hög salthalt. Variationerna i flöde beror på att olika processvatten släpps på. Samma förklaringar gäller för variationerna i både flöde konduktivitet och vattentemperatur för provpunkterna Före magasin och Gemensam 6 & 7.

5.3 KÄLLOR PÅ OMRÅDET

De källor till föroreningar i dagvattnet som identifierats i denna undersökning kan anses som säkra. Genom analys av containerfärgen har det bekräftats att metallerna kan komma från dessa. Göteborgs hamn hanterar också stora mängder containrar. De har genom provtagning noterat samma problem med lakning av zink (Bengt Cederman, pers. medd.). Deras containrar är nyare så färgen innehåller inte bly, därav inget problem med lakning av bly.

Laktester med LS kvot 0,1 l/kg samt 10 l/kg har utförts på bottenaska och flygaska från förbränning av torv med 5 % och 10 % returträ under februari 2010 (Vattenfall Värme

Uppsala -Produktion Bränslen övriga bränslen 2010). I februari 2009 utfördes laktester på bottenaska från enbart torv. Resultaten från laktesterna av samtliga askor visar att metallhalten i lakvattnet varierar en del mellan de olika askor. Som högst uppmättes bly till 54 µg/l, kadmium till < 0,3 µg/l, koppar till 435 µg/l, krom till 23 µg/l, och zink till 357 µg/l. Laktesterna visar att metallerna i vattenpölen utanför askutmatningen kan komma från askan. Bjerking's undersökning av smältvatten från snödeponier (Bjerking 2011) visar att snöhögarna också är en orsak till de höga halterna. För att veta säkert att de extremt höga halterna från provtagningen den 5 april kommer från vattenpölen skulle detta vatten behöva analyseras. Detta problem kommer dock inte att uppstå igen om den föreslagna åtgärden vidtas.

Inga laktester har utförts på torven. Analys av mg metall per kg torrsubstans (ts) görs kontinuerligt när ny torv fås in. Värdena brukar ligga på 4-13 mg bly /kg ts, 0,1-0,6 mg kadmium /kg ts, 5-31 mg koppar /kg ts, 5-16 mg krom /kg ts, 26-60 mg zink /kg ts (Belab Ab 2013). Analysen visar att det finns metaller i torven men för att fastställa hur mycket som kommer till dagvattennätet krävs laktester.

5.4 FÖRSLAG PÅ NY PROVTAGNINGSTRATEGI

Provpunkten Före magasin rekommenderas ersätta de provpunkter som bidrar med tillflöde till magasinet, dvs. provpunkt Brunn 2, Brunn 2b, Brunn 3 och Brunn 1. Provpunkt Brunn 1 är den enda av dessa provpunkter där metallhalterna frekvent överstigit riktvärdet från 2009. Risken finns att dessa förhöjda metallhalter inte kommer att synas på grund av utspädning då detta bidrag är mycket litet, avrinningsområdet är endast 0,8 ha. Avrinningsområdet för fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen består av ca 7 ha hårdgjorda ytor, och den västra delen av kvarteret Brännugnen består av totalt 5 ha hårdgjorda ytor. Av samma anledning kan det konstateras att detta bidrag inte har så stor inverkan på den utsläppta årsmängden. Bidraget från Brunn 1 har troligen inte heller så stor inverkan under ett mycket intensivt och långvarigt regn.

Att använda sig av passiv provtagare i provpunkten Före magasin innebär att endast den lösta fraktionen metaller analyseras. Då provresultaten (se avsnitt 4.2 tabell 10 och tabell 11) visar att det mesta av metallerna i provpunkten Före magasin är lösta är detta inte ett problem. Dessutom kommer stickprover tas fyra gånger per år för att även analysera partikelbundna metaller.

I jämförelsen mellan de tre provtagarna togs ett kostnadsförslag för fem år fram. Detta beror på att det troligen kommer att anläggas ett nytt kraftvärmeverk som ska vara klart om fem år. Därför ansågs en mer långsiktig utvärdering vara onödig eftersom många förutsättningar för både flöden, halter, och ledningsnät kommer att ändras. Hade det handlat om längre tid än fem år skulle skillnaderna i kostnader inte blivit så stora mellan stickprovtagning och flödesproportionell provtagning. Flödesproportionell provtagning är vedertaget som den mest noggranna provtagningsmetoden, dvs. en flödesproportionell provtagare skulle ge det mest representativa värdet. Anledningen till att flödesproportionell provtagare inte rekommenderas i förslaget på ny provtagningsstrategi är begränsad möjlighet samt osäkerheter för installation av denna. Det beror också på att installationen kräver betydligt mer tid och pengar än de andra

provtagningsmetoderna. Kostnaden för passiv provtagning och stickprovtagning utgörs endast av lön till provtagningspersonal. För installation av en flödesproportionell provtagare kvävs att ledningar för el dras till platsen där den ska installeras. Den mest aktuella platsen för en flödesproportionell provtagare är provpunkten Före magasin. Denna provpunkt ligger utanför Vattenfalls område, dvs. marken ägs inte av Vattenfall, vilket innebär att installation av el och provtagare måste diskuteras med markägaren. Passiv provtagning och stickprovtagning anses på grund av dessa faktorer vara de metoder som lämpar sig bäst med hänsyn till förutsättningarna på området.

I jämförelsen mellan olika provtagare (avsnitt 4.7.2) utvärderades bland annat hur representativt provet är. Denna utvärdering baserades på litteraturstudier och inte verkliga mätserier från de eventuella provtagningspunkterna. För att kunna dra slutsatser om vilken provtagningsmetod som är mest representativ med tanke på de förutsättningar som råder för kvarteret Brännugnen skulle de tre provtagningsmetoderna användas samtidigt under en längre tid för att erhålla mätserier med föroreningshalter. Mätserierna skulle sedan jämföras och slutsats dras om vilken metod som bäst representerar föroreningshalten och den utsläppta mängden förorening per år. En sådan omfattande utredning av provtagningsstrategier innefattades dock inte i detta examensarbete.

En nackdel med att provta endast i utloppspunkterna är att om någon parameter är väldigt hög blir det svårare att lokalisera vad källan är. Dock har personalen i dagvattengruppen på Vattenfall skaffat sig kunskap under åren om källor till tillfälliga utsläpp. Den ökade kunskapen gör att personalen i dagsläget lättare kan lokalisera källan genom en platsundersökning.

Rekommendationerna för provtagningsstrategi gäller för dagsläget (juni 2013). Om beslutet att anlägga en reningsanläggning tas rekommenderas en flödesproportionell provtagare i in- och utlopp av reningsanläggningen. Prov samlas då förslagsvis in under en månad och skickas sedan till ett ackrediterat laboratorium för analys.

5.5 DIMENSIONERING OCH RENINGSTEKNIKER

Många av reningsteknikerna som beskrevs kortfattat i bakgrund- och teoriavsnittet faller bort redan från början då de inte är möjliga att tillämpa med tanke på den omgivande miljön och platsbegränsning inom kvarteret Brännugnen. Dammar, våtmarker eller översilningsytor är ett vanligt alternativ för att rena dagvatten. Detta beror på att de är billiga att anlägga, dock kräver de betydligt större utrymme än andra reningsanläggningar (Stockholm Vatten 2001b). Då kvarteret Brännugnen ligger i ett industriområde finns det som det ser ut i dag ingen plats för att anlägga en damm, våtmark eller liknande. Dock kommer troligen området söder om kvarteret Brännugnen köpas av Vattenfall för att anlägga ett nytt kraftvärmeverk.

Från resultaten av dimensionerande flöde kan det konstateras att kondensat och processvatten har försumbar inverkan. Dessa flöden står för endast 2-3% av det dimensionerande flödet för 30-minuters, 10-årsregnet och ca 1 % av det dimensionerande flödet för 10-minuters, 10-årsregnet. Vad beträffar flödet per år står

kondensat och processvatten för över 75 % av det totala flödet. Dessa skillnader beror på att ett dimensionerande flöde är det flöde som gäller under de extremaste förhållandena. Framtidsscenario förutspådda av Svenskt Vatten tolkning från SMHI:s scenariodata tyder på ökning av maximal nederbördsintensitet 10-20 % i Svealand och södra Norrland (Svenskt Vatten 2011). Årsnederbördsvolym kommer också att öka med 10 %. Dessa framtidsscenario bör finnas i åtanke då beslut tas om vilket flöde och vilken volym som blir dimensionerande.

Om reningsanläggningen ska dimensioneras även för dagvatten från områdena utanför kvarteret Brännugnen innebär det högre kostnader och kräver större utrymme. Det ligger inte heller i Vattenfalls ansvar att rena vattnet från andra fastigheter. Dagvattenledningar skulle därför behöva läggas om för att separera dagvattnet från kvarteret Brännugnen från tillskottet av dagvatten utifrån. Ett annat alternativ skulle vara att istället koppla bort tillskottet av dagvatten vilket också skulle innebära att dagvattenledningar behöver läggas om. Marken måste undersökas för att säkerställa att det är möjligt att gräva på dessa platser med tanke på övriga ledningar och rör som kan finnas under markytan.

Inom EU tas dokument fram som beskriver vad som anses vara bästa tillgängliga teknik, ett så kallat BREF-dokument. Ett sådant dokument innehåller information om den bästa möjliga tekniken och finns utformade för olika slags verksamheter. Vattenfall förhåller sig till dokumentet för stora anläggningar *Large Combustion Plants*. I detta dokument finns det en kortfattad beskrivning av vilka åtgärder som bör tillämpas för dagvatten och processvatten från bland annat kraftvärmeverk. Tekniker som rekommenderas är filtrering, pH justering, flockning, sedimentering, oljeseparerande system, samt biologisk rening (European Commission 2006). Dessa tekniker rekommenderas främst för processvatten. För dagvatten som uppkommit genom nederbörd rekommenderas separat behandling genom sedimentering eller kemisk behandling. Efter reningssteget kan dagvattnet återanvändas i processen för t.ex. befuktning för att förhindra dammbildning från lagring av fasta bränslen. Det finns med andra ord inte så mycket konkreta rekommendationer att följa för dagvattenrening för stora anläggningar. Från undersökningen av hur andra värmeverk tar prov på sitt dagvatten framgår att vissa verk inte renar sitt dagvatten alls. Ett verk använder sig av en dagvattendamm och ett annat av våtmark för rening. I bilaga 1 finns detta beskrivet mer detaljerat.

Rening av dagvatten med utloppspunkt i det sydöstra hörnet bör prioriteras eftersom detta vatten är mest förorenat. Rening av allt vatten från kvarteret Brännugnen skulle innebära dubbelt så höga kostnader för reningsanläggningen. Dessutom tillkommer kostanden för dragning av 620 m ledningar. Det anses inte heller nödvändigt att rena allt dagvatten, då vattnet med utloppspunkt i sydvästra hörnet inte överskrider riktvärdena. Det krävs dock fler provtagningar för att kunna säkerställa detta. Först och främst rekommenderas åtgärder vid källan. Den största källan till föroreningarna är containerytan. Rening med barklänsar i rännor bör testas för att rena dagvattnet från denna yta. Torvfilter kan också monteras i de dagvattenbrunnar med störst tillrinning

från containerytan efter avslutad driftsäsong. Vilka brunnar som har störst tillrinning kan enkelt studeras vid ett nederbördstillfälle.

Vad beträffar teknisk lösning rekommenderas ett avsättningsmagasin eller en filteranläggning. Dessa två reningsanläggningar renar dagvatten från partikelbundna metaller.

6. SLUTSATS

Föroreningarna från kvarteret Brännugnen till dagvattennätet kan reduceras. Först och främst kan detta ske genom att åtgärda källorna och rena dagvattnet lokalt. Rekommenderade åtgärder är:

- Ny rutin för askutmatningen för att undvika att torvfilter sätter igen och vatten ansamlas.
- Barklänsar placeras i rännor vid containerytan för rening av lakande metaller från containrar och föroreningar från torvhanteringen.
- Barklänsar placeras i rännor vid inhägnaden för hantering av fuktig torv för rening av metaller.
- Torvfilter installeras i brunnar på containerytan under icke driftsäsong för rening av metaller.

Provtagningsstrategin kan förbättras och ge en mer korrekt bild av utsläppta mängder föroreningar per år. Den föreslagna provtagningsstrategin innefattar provpunkterna: Före magasin, Påsticket, Brunn 7 och Brunn 6. Stickprov och passiva provtagare rekommenderas. Den nya provtagningsstrategin skulle innebära att kostnaderna för analys skulle minska med 30 000 kr per år. Totalt skulle tiden för provtagningen förkortas med 30 till 90 minuter per provtagningstillfälle. Tiden för de analyser som utförs av Vattenfalls personal skulle förkortas med 90 minuter per provtagningstillfälle. En dialog bör hållas med miljökontoret för att gå vidare och eventuellt anta denna nya provtagningsstrategi. Genom nivåmätningar med tryckgivare i Brunn 7 och Påsticket kan en bättre bild av flöden fås. Den rationella metoden kan användas för att beräkna dagvattenflöden till brunnar där tryckgivare inte kan installeras.

Dagvattenutredningen har resulterat i ökade kunskaper om kommunens underjordiska magasin. Ingen rening sker i magasinet, då uppehållstiden är för kort för att partiklar ska hinna sedimentera. Magasinet är designat som ett utjämningsmagasin. Kommunens damm vid Kungsängsverket fungerar också som utjämningsmagasin. För att gå vidare i frågan om att anlägga en reningsanläggning för dagvattnet från kvarteret Brännugnen rekommenderas att prover tas på utgående vatten från denna damm. Detta kan samordnas med kommunen.

Då andra riktvärden gäller för kondensat än för dagvatten, var ett av målen i utredningen att undersöka hur mycket kondensatet bidrar till den utsläppta mängden metaller. Resultatet visar att för metallerna bly och nickel kommer nästan hela mängden förorening i provpunkten Före magasin från kondensatet. För resterande metaller bidrar dagvattnet med lika stor mängd som kondensatet. Alla halter låg långt under riktvärdet för både kondensat och dagvatten. Detta visar att kondensatet har en stor påverkan på hur stor mängd förorening som släpps ut per år.

Riktvärden studerades också i denna dagvattenutredning, slutsatsen är att de riktvärden som Vattenfall förhåller sig till i dag är låga. Både schablonhalterna för väg dagvatten och provtagningsresultaten från dagvattnet från vägen och fastigheterna norr om kvarteret Brännugnen överskrider Vattenfalls riktvärden för dagvatten.

Från beräkningarna av dimensionerande flöde och volym kan slutsatsen dras att processvatten och kondensat inte har någon stor inverkan. Därför är det billigare att dimensionera en reningsanläggning för processvatten och kondensat än att separera dessa vatten. Dagvattnet som rinner till det sydöstra hörnet är mest förorenat. Rening av detta vatten bör därför prioriteras. Dagvattnet med utloppspunkt i det sydvästra hörnet är inte så förorenat. Avsättningsmagasin under mark och filteranläggning är två tekniska lösningar som skulle passa för rening av dagvattnet från kvarteret Brännugnen. Kostnaden beror mycket på vilket flöde som blir dimensionerande.

REFERENSER

ABVA 1989 *Allmänna bestämmelser för brukande av kommunens allmänna vatten- och avloppsanläggning*).

Aldheimer, G. (2004). *Dagvatten -Avsättningsmagasin ryska smällen*. Stockholm: Stockholm Vatten AB (Rapport nr 11-2004).

Alm, H., Banach, A. & Larm, T. (2010). *Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvattnet*. Stockholm: Stockholm Vatten AB (Rapport nr 2010-06).

Axby, F., Hansson, C. (2004). *Praktiska konsekvenser för förbränningsanläggningar vid införandet av Vattendirektivet - Nya reningstekniker och förbättringsåtgärder vid utsläpp till vatten*. Stockholm: Värmeforsk service AB (Värmeforsk rapport, 894).

Belab Ab. (2013). *Analyscertifikat*. Uppsala: Vattenfall AB (Analyscertifikat Belab Ab Ackreditering Swedac).

Bengtsson, B., Krook, J. (1997). *Dagvatten utsläpp till Saxån-Braån*. Landskrona: Ekologgruppen på uppdrag av Saxån-Braåns vattenvårdskommitté.

Berggren, H., Bramryd, T., Henriksson, L., Hogland, W., Holmstrand, O., Lind, B., Rosenqvist, T. & Stenmark, C.,(1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Bioenergiportalen. (2013) *Askans kemiska egenskaper*.
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=2322&m=1280> 8 (2013-06-02).

Bjerking. (2010). *PM Miljöteknisk mark- och vattenundersökning*. Uppsala: Bjerking (Uppdrag nr 52099).

Bjerking. (2011). *Miljökontroll 2010/2011 Snötippor Uppsala kommun*. Uppsala: Bjerking (Uppdrag nr 54202).

Carlsrud S., Mossdal J. (2008). *Miljöförvaltningens riktlinjer och riktvärden för avloppsvattenutsläpp till dagvatten och recipienter*. Göteborg: Göteborgs Stad Miljö.
[http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/Riktlinjer_avlopp.pdf/\\$file/Riktlinjer_avlopp.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/Riktlinjer_avlopp.pdf/$file/Riktlinjer_avlopp.pdf) (2013-06-02).

Elding, L.I., Erlandsson, U., Tyler, G., Skerfving, S. (2013). *Kadmium*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/lang/kadmium> (2013-06-02).

EPA (2013). United States Environmental Protection Agency. *Evaluating innovative stormwater treatment technologies under the environmental technology verification (ETV) program*. http://water.epa.gov/polwaste/nps/stormwater/upload/2003_03_26_NPS_natlstormwater03_16Hackett.pdf (2013-06-04).

European Commission. (2006). *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants BREF*. European Commission.

Folkesson, L. (2005). *Spridning och effekter av tungmetaller från vägar och trafik*. Linköping: VTI (VTI Rapport 512).

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2013). *Suspenderat material*
<http://www.gotaalvvvf.org/resultat/begreppsforklaringar/suspenderatmaterial> (2013-06-03).

Göthberg, A. (1993) *Metaller i dagvatten – en litteraturstudie*. Stockholm: ITM (rapport 16 ISSN 1103-341X).

Jansson, E., Lind, B., och Malbert, B., (1992). *Lokal dagvattenhantering-erfarenheter från några anläggningar i drift* Stockholm: Svenskt vatten (VA-forsk Rapport Nr 1992-09).

Kemikalieinspektionen. (2013). *Kvicksilver*. <http://www.kemi.se/Content/Infocus/Mercury/> (2013-06-02).

Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*. Svenskt vatten- och avloppsföreningen, VAV i samarbete med KTH och Stockholm Vatten AB.

Larm, T., Pirard, J. (2010). *Utredning av föroreningsinnehållet i Stockholms Dagvatten* Stockholm: Sweco AB (Rapport ra04s).

Länsstyrelsen. (2013) *Passiv provtagning*. <http://www.lansstyrelsen.se/kronoberg/SiteCollectionDocuments/Gemensam/Sv/Publikationer/Operativ-overvakning-av-miljogifter/Bilaga-6-Passiv-provtagning.pdf> (2013-06-02).

MJK Automation AB. (2013). *Provtagare*. <http://www.mjk.se/produkter/provtagare/> (2013-06-02).

Nationalencyklopedin. (2013). *Piezoelektricitet*. <http://www.ne.se/lang/piezoelektricitet> (2013-06-03).

Naturvårdsverket. (2008). *Miljö kvalitetsnormer för arsenik kadmium, nickel och bens(a)pyren*. Stockholm: Naturvårdsverkets förlag (Rapport 5882).

Naturvårdsverket. (2002). *Metaller i Stad och Land - Miljöproblem och åtgärdsstrategier*. Stockholm: Naturvårdsverkets förlag (Rapport 5184).

Riktvärdesgruppen. (2009). *Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp*. Stockholm: Regionplane- och trafikkontoret Stockholms läns landsting.
http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarder_dagvatten_feb_2009.pdf (2013-06-02).

Rundqvist, J., Söderberg C., Bergander, B., (2004). *Små Vattenkraftverk -En handbok* . Stockholm: ESHA (Svensk utgåva av "Guide om how to develop a small hydro site").

SMHI. (2013). *Nederbörd solsken och strålning-Året 2012*.
http://data.smhi.se/met/climate/time_series/year/vov_pdf/SMHI_vov_precipitation_sunshine_12.pdf (2013-06-02).

Stockholm Vatten. (2001a). *Dagvattenklassificering, del 2*. Stockholm: Stockholm Vatten AB.

Stockholm Vatten. (2001b). *Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, del 3.*. Stockholm: Stockholm Vatten AB.

Stockholm Vatten (2001c). *Dagvatten Norra Länkens avsättningsmagasin*. Stockholm: Stockholm Vatten AB (Rapport nr 14/2001).

Stockholms Vatten. (2013). *Källor till föroreningar*.
<http://www.stockholmvatten.se/vattnets-vag/avloppsvatten/dagvatten/fororeningar/> (2013-06-02).

StormTac (2013). *StormTac data- Updated standard concentrations*.
<http://stormtac.com/StormTacData.php> (2013-06-02).

Svenskt Vatten. (2004) *Dimensionering av allmänna avloppsledning*. Stockholm: Svenskt Vatten AB (Rapport P90).

Svenskt Vatten. (2011) *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Stockholm: Svenskt Vatten (Rapport P104).

Stenbeck, J., Palm, A. & Kaj L. (2002). *Antimon i sverige- användning spridning och miljöpåverkan* Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB (Rapport B1473).

Säkerhet Hälsa Miljö (2013). *Miljörapport Uppsala 2012*. Uppsala: Vattenfall AB Värme Uppsala (Rapport 1002500538).

Tyler, G. (2013). *Nickel*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/lang/nickel>, *Krom*.
<http://www.ne.se/lang/krom>. (2013-06-02).

Tynell, D (2002). *Belastningsstudie- inom avrinningsområdet för Lusebäckens nordligaste gren*. Stockholm: Vägverket.

Uppsala Kommun. (1989). ABVA 1989 Allmänna bestämmelser för brukande av kommunens allmänna vatten- och avloppsanläggning samt lag om allmänna vatten- och avloppsanläggningar. Uppsala: Uppsala kommun Va- och avfallskontoret.

Vattenmyndigheterna. (2013). *Vattenförvaltningens arbetscykel*.
<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/vattenforvaltningens-arbetscykel/> (2013-06-02).

Vattenfall Värme Uppsala. (2011). *Säkerhet hälsa och miljö 2011*. Uppsala: Vattenfall AB. [Broschyr].

Vattenfall Värme Uppsala -Produktion Bränslen övriga bränslen. (2010).
Provförbränning av returträ blandat med torv i kraftvärmeverket (KVV) Uppsala den 23 januari till den 2 februari 2010. Uppsala: Vattenfall AB (Rapport 1002153827:1).

VISS. (2013). *Miljöproblem och påverkanskällor*. Vatteninformationssystem Sverige.
<http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/miljoproblem-och-paverkan/> (2013-06-02).

Öhman, C., Malmberg, M., Wolf -Watz, C. (2000). *Handbok för lakvattenbedömning: Metodik för karakterisering av lakvatten från avfallsupplag*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB (Rapport B1354).

Instuktionsmanualer

DGT Research, (1993) *Instuction manuall, DGT –for measurements in waters, soils and sediments*. Lancaster: Lancaster University.

Cambell Scientific Inc. (2000-2007). *Instruction manual CS420-L and CS425-L Druck's Models PDCR 1830 and 1230 Pressure traducers*. Cambell Scientific Inc.

Muntliga källor

Jörgen Bergström MJK Automation AB

Fredrik Brandberg, Chef, Vattenfall AB Värme Uppsala

Bengt Cederman, HSSE Manager, APM terminals Gothenburg AB

Arne Emanuelsson, Underhållsingenjör, Vattenfall AB Värme Uppsala

Urban Gustafsson, Kemiingenjör, Vattenfall AB Värme Uppsala

Hanna Janis, Vattenfall AB Värme Uppsala

Andreas Jansson, Uppsala Vatten

Anna Karlsson, Miljöspecialist, Vattenfall AB Värme Uppsala

Elsa Peinerud, ALS Scandinavia

Angelica Quintana, Miljö-Arbetssammordnare, Halmstad Energi och Miljö AB

Lars Strandh, Fastighetsförvaltare, Vattenfall AB Värme Uppsala

Anna Stöllman, Miljöingenjör, Renova AB

Erika Åström, Kemiingenjör, Vattenfall AB Värme Uppsala

Yvonne Winberg, Utredningsingenjör, Vattenfall AB Värme Uppsala

Bosse Wöhrne, Vattenfall AB Värme Uppsala

Dagvattengruppen består av: Urban Gustavsson, Anna Karlsson, Yvonne Winberg och Erika Åström Vattenfall AB Värme Uppsala

BILAGA 1 PROVTAGNINGSTRATEGIER PÅ ANDRA VERK

Totalt kontaktades 30 verksamheter varav 9 svarade. Generellt kan det sägas att de verksamheter som tar prover på sitt dagvatten gör det i en gemensam punkt där allt vatten passerar. Detta görs oftast efter någon typ av reningsanläggning.

Dåva Kraftvärmeverk Umeå Energi

Umeå Energis kraftvärmeverk Dåva har två pannor och ett stort bränslelager på samma anläggning. Området är ca 300 000 m² (30 ha), ungefär dubbelt så stort som kvarteret Brännugnen. På området lagras både avfall och biobränsle. Dagvattnet från hela området samlas upp i en gemensam punkt innan det leds vidare till en reningsanläggning.

Dagvattenreningsanläggningen utgörs av en fördamm samt en huvuddamm där sedimentering sker, dessa avgränsas med en makadammvall. Efter huvuddammen finns ett fördelningsdike följt av en makadammvall i syfte att sprida vattnet på bredden över en översilningsyta. Nedströms reningsanläggningen finns ett uppsamlingsdike som samlar vattnet för transport till ett bräddningsdike som ligger väster om dammen. Från bräddningsdiket transporteras sedan vattnet vidare till recipienten. Uppsamlingsdiket möjliggör provtagning av utloppsvattnet från reningsanläggningen.

Stickprover tas i fem punkter, varav två är referensprover, ett är recipientprov, och de resterande två proverna tas före samt efter reningsanläggningen. Provtagning sker under vår, sommar och höst. I provtagningen ingår också ett grundvattenprov. I utloppet av våtmarksreningen utförs även flödesproportionell provtagning. De flödesproportionella proven samlas in över en tidsperiod om 1-3 veckor och sänds därefter till analys. En automatisk provtagare samt en flödesmätare används.

Karlskoga Kraftvärmeverk AB

Karlskoga Kraftvärmeverk har två pannor, en så kallad rosterpanna för förbränning av hushållsavfall och en panna med fluidiserad bädd för industriavfall. Området är ca 40 000m² (4 ha). Kraftvärmeverket levererar 360 GWh energi per år, Vattenfalls anläggningar levererar tillsammans ca 1719 GWh energi per år. Karlskoga Kraftvärmeverk förbränner årligen cirka 100 000 ton avfall. Provtagning görs endast på utgående vatten från rökgaskondenseringen som är kopplat till avloppsnätet. Provtagning sker med en flödesproportionell provtagare i en provtagningspunkt. Enligt kravet (NFS 2002:28) ska minst ett flödesproportionellt dygnsprov tas i månaden. Dock anses ett flödesproportionellt månadsprov mer representativt varav detta används i stället. Den automatiska provtagaren som används är av märket Cerlic COW.

Sysav

Sysav står för Sydskånes avfallsaktiebolag. Till bolaget hör två helägda dotterbolag: Sysav Utveckling AB, utveckling samt Sysav Industri AB. Moderbolaget Sysav hanterar hushållsavfall från ägarkommunerna.

Dagvattnet från anläggningarna har analyserats endast en gång inför en tillståndsprovning. Inga prover tas kontinuerligt. Sysav har drygt 70 dagvattenbrunnar och ca 60 har ett biofilter från Absorbenta AB. Filterinsatsen byts 2 -3 gånger per år.

Sysav Industri AB

Sysav Industri AB är ett helägt dotterbolag till Sysav och hanterar avfall från företag och verksamheter samt hushållsavfall från andra än ägarkommunerna. Det görs ingen provtagning på dagvattnet från anläggningarna. Brunnarna är däremot försedda med barkfilter.

Sakab AB

Sakab AB är ett företag som behandlar farligt avfall. Företaget erbjuder komplett problemlösning för farligt avfall och förorenade markområden. Behandlingsanläggningen utanför Kumla genomför behandling som högtemperaturförbränning, indunstning, behandling av förorenade jordar, våtkemisk behandling, kvicksilverstabilisering samt deponi för farligt avfall.

Sakab utför provtagning på dagvatten innan de går till deras vattenreningsverk samt provtagning av det dagvatten som går ut från deras område. Alla dagvatten, utom takvatten, samlas upp på Sakabs område, renas och släpps ut i en enda utsläppspunkt. Viss provtagning av ytvatten sker före vattenreningsverket. Då vissa tankar och diken är fulla tas manuella prov ut för att analysera pH, konduktivitet, organiska föreningar och i vissa fall metaller innan vattnet leds till vattenreningsverket. När det gäller provtagning av utgående vatten så tas prover för analys av Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, TOC, pH, konduktivitet, oljeindex och cyanid. Dessa parametrar är villkorade i deras tillstånd. För alla analysparametrar utom cyanid så används en automatisk provtagare som regelbundet tar en liten volym vatten till en 25 liters dunk. Dunken töms och analyseras varje måndag, året runt. För cyanid tas ett momentanprov direkt från det sista sandfiltret innan analys varje måndag. Ett färskt vattenprov är viktigt för cyaniden, då den annars kan försvinna från provet innan analys. Samtidigt mäts flödet på utgående vatten för att kunna räkna hur stor mängd som släppts ut totalt under månaden. Dessa siffror rapporteras till myndigheterna en gång om året, eller då gränsvärden överskridits.

Sakab reningsanläggning är designad för att rena både partikelbundna och lösta metaller. Det första reningssteget är neutralisering, som efterföljs av sedimentering med fällningskemikalie för att flokka metallerna så de lättare sedimenterar. Efter detta renas dagvattnet i ett sandfilter.

Högdalenverket Fortum Heat Scandinavia

Högdalenverket i Stockholm är ett kraftvärmeverk med fem avfallseldade pannor, en ångpanna där Bioolja eldas, samt två ångturbiner som producerar el. Anläggningen har kapacitet att ta emot 700 000 ton avfall per år.

Provtagning på dagvatten sker i en punkt, där Suspenderade ämnen, pH, Ammonium, temperatur och flöde mäts med instrument on line. För att mäta tungmetaller används en automatisk provtagare som tar ut prov ca en gång var femtonde minut, Proven samlas ihop och skickas för analys ca en gång varannan vecka. Resultatet redovisas som ett månadsmedelvärde.

Kristinehedsverket Halmstad Energi och Miljö AB (HEM)

Kristinehedsverket är ett kraftvärmeverk med tre pannor för avfallsförbränning. Två av pannorna är hetvattenspannor och den andra en kraftvärmepanna. Tillsammans förbränner pannorna ca 25 ton avfall per timme, dvs ca 220 000 ton per år.

Lakvattnet och en del av dagvattnet från området leds till en våtmark för rening. Det finns totalt tre utsläppspunkter för dagvattnet från området. Den ena är efter våtmarken, den andra nedanför de lagringsytor som finns på området och den tredje utsläppspunkten är kopplad direkt ut på dagvattenledningen som kommer från området Vallås och leder till Nissan som är recipienten. Processvatten går också ut på dagvattenledningen från Vallås.

Processvattnet från hetvattenpannorna och kraftvärmepannan genomgår ett antal reningssteg innan det släpps ut på dagvattennätet. Det finns tre provtagningspunkter för vatten från förbränningsanläggningen. Den första provtagningspunkten är efter reningen av processvattnet från hetvattenpannorna, den andra efter reningen av processvattnet från kraftvärmepannan, och den tredje efter våtmarken där lakvattnet samt en del av dagvattnet renas. Flöde och pH mäts och registreras kontinuerligt för utgående renat processvatten, via en kontinuerlig flödesmätare. Även suspenderad substans mäts i utgående renat processvatten. Ett värde per dygn loggas och ett månadsmedelvärde räknas ut. Utöver detta analyseras även Zn, Pb, Cd, Co, Cr, Hg och Ni, med hjälp av en flödesproportionell provtagare. Prov tas veckovis och månadsvis. Veckovis innebär att provtagaren ställs in på att ta prov kontinuerligt under ett dygn en gång i veckan. Månadsvis innebär att provtagaren ställs in på att ta prov under en hel vecka en gång i månaden

Provtagning på utgående vatten från våtmarken utförs med en flödesproportionerlig provtagare, som är installerad i ett litet hus i anslutning till en flödesmätare. Analys av proverna görs av ett ackrediterat laboratorium. Prov tas veckovis och månadsvis, på samma sätt som för processvattnet.

Åmotfors Energi

Åmotfors värmekraftverket använder hushålls- och industriellt avfall som energikälla. Värmekraftverkets produktionskapacitet är 180 000 000 kWh per år. Ingen rening av dagvatten förekommer och det tas inga prover på dagvattnet från värmekraftverket.

Borås Energi och Miljö AB

Kraftvärmeverket Ryaverket i Borås har två ångpannor för bibränsle, två ångpannor för avfallsbränsle, två ångturbiner och en eldriven hetvattenpanna som reserv. Det görs ingen provtagning på utgående dagvatten från kraftvärmeverket.

BILAGA 2 MATLABPROGRAM

```
close all
clear all

%% Brunn 7
%dimensioner
Radie=0.15; %Rörets radie brunn 7 i m
S=(11.01-10.59)/40.6; %lutningen mellan de två brunnarna
Atot=pi*(Radie^2); %totala tvärsnittsarean för röret
n=0.014 ; %mannings tal för betong

% Nivåmätningar
load djup_brunn7.txt
a=djup_brunn7;
tid=datenum(a(:,1),a(:,2),a(:,3),a(:,4),a(:,5),a(:,6));
djup=a(:,9);

% Flödesberäkningar med mannings formel
Ha=(a(:,9))*0.01; %nivåförändringen i m

for i=1:length(a)

    vinkela(i)=acos((Radie-Ha(i))/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret
    centrum
    Atvrsnitte(i)=((2*vinkela(i))/(2*pi))*Atot-((Radie-
    Ha(i))*sin(vinkela(i))*Radie); %tvärsnittsarean för vattnet i röret
    Pa(i)=2*vinkela(i)*Radie ; %Den våta perimetern
    Ra(i)=Atvrsnitte(i)/Pa(i); %Hydraulisk radie

    Va(i)=(1/n)*((Ra(i))^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel
    Qa(i)=Atvrsnitte(i)*Va(i); % Flödet i m3/s
end

flode=Qa*1000; %flödet i l/s
medelflode=mean(flode); %medelvärdet på flödet under mätperioden

figure(1)
subplot(3,1,1),plot(tid, djup)
title('Vattennivå ')
ylabel('Djup (cm)')
datetick('x',19,'keeplimits','keepticks')
grid

subplot(3,1,2),plot(tid,(flode)) %flödet i l/s
title('Flöde')
ylabel('Flöde (l/s)')
datetick('x',19,'keeplimits','keepticks')
grid

Qaa=[0;Qa';0]; %gör om vektorn för att kunna integrera rätt
nytida=[1:length(Qaa)]';
Arunnenvola= (polyarea(nytida,Qaa))*5*60; %den avrunna volymen, eftersom
värdena är tagna var 5:e minut räknas tiden om
disp(['Den avrunna volymen i m3 vid brunn 7: ' num2str(round(Arunnenvola))])
disp(['Medelvärdet på flödet under mätperioden (l/s): ' num2str(medelflode)])

% temperatur och konduktivitet

load kondtemp_brunn7.txt
c=kondtemp_brunn7;
tid=datenum(c(:,1),c(:,2),c(:,3),c(:,4),c(:,5),c(:,6));
temp=c(:,9);
kond=c(:,10);
medelkond=mean(kond);
```

```

disp(['Medelvärde på konduktiviteten under mätperioden (l/s): '
num2str(medelkond)])

subplot(3,1,3),plot(tid, temp,'r')
title('Temperatur och konduktivitet ')
ylabel('Temp, Kond')
hold on
plot(tid, kond)
datetick('x',19,'keeplimits','keepticks')
grid
legend('Temp (C)','Kond (mS/cm) ')

%% Flödesberäkningar utifrån flygelmätningar vattenhastighet 0,8 m/s

h=0.08; %Höjden i mitten (där det är som djupast) anges
i m
v=acos((Radie-h)/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret centrum
Atvrsnitt=((2*v)/(2*pi))*Atot-((Radie-h)*sin(v)*Radie); %tvärsnittsarean för
vattnet i röret i m2
Vmedel=0.8 ; %vattnets hastighet i m/s
Q= Vmedel*Atvrsnitt*1000; %beräknar flödet i l/s

P=2*v*(Radie) ; %Den våta perimetern
Ra=Atvrsnitt/P; %Hydraulisk radie

Va=(1/n)*((Ra)^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel m/s
Qman=Atvrsnitt*Va*1000;

disp(['Vattenhastigheten uppmätt med flygel m/s mätning 1: '
num2str((Vmedel))])
disp(['Vattenhastigheten beräknad med mannings formel utifrån nivån m/s
mätning 1: ' num2str((Va))])
disp(['Flödet beräknat utifrån uppmätt vattenhastighet (l/s)mätning 1: '
num2str(round(Q))])
disp(['Flödet beräknat med mannings formel utifrån nivån (l/s)mätning 1: '
num2str(round(Qman))])

%% Ett dygn för provpunkt 7
load provpunkt7dygn.txt
load kond_temp_dygn.txt
b=provpunkt7dygn;
c=kond_temp_dygn;
tidddygn=datenum(b(:,1),b(:,2),b(:,3),b(:,4),b(:,5),b(:,6));
tidddygn=datenum(c(:,1),c(:,2),c(:,3),c(:,4),c(:,5),c(:,6));

djupdygn=b(:,9);
temp=c(:,9);
kond=c(:,10);

Haa=(djupdygn*0.01); %nivåförändringen i m

for i=1:length(Haa)

vinkela(i)=acos((Radie-Haa(i))/Radie); % vinkeln till vattenytan från
röret centrum
Atvrsnitta(i)=((2*vinkela(i))/(2*pi))*Atot-((Radie-
Haa(i))*sin(vinkela(i))*Radie); %tvärsnittsarean för vattnet i röret
Pa(i)=2*vinkela(i)*Radie ; %Den våta perimetern
Ra(i)=Atvrsnitta(i)/Pa(i); %Hydraulisk radie

Va(i)=(1/n)*((Ra(i))^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel
Qbb(i)=Atvrsnitta(i)*Va(i); % Flödet i m3/s
end

flodedygn=Qbb*1000;
Qbbb=[0;Qbb';0]; %gör om vektorn för att kunna integrera rätt
nytidb=[1:length(Qbbb)'];

```



```

Arunnenvolb= (polyarea(nytidb,Qbbb)*5*60) ; %den avrunna volymen, eftersom
värdena är tagna var 5:e minut räknas tiden om
disp(['Avrunnen volym under dygnet (m3): ' num2str(round(Arunnenvolb))])
disp(['Avrunnen volym under året (m3): ' num2str(round(Arunnenvola*365/50))])

```

```
figure(2)
```

```

subplot(3,1,1),plot(tiddygn, djupdygn)
title('Vattennivå under dygnet 27/2 ')
ylabel('Djup (cm)')
datetick('x',15,'keeplimits','keepticks')
grid

```

```

subplot(3,1,2),plot(tiddygn,flodedygn) %flödet i l/s
title('Flöde under dygnet 27/2 ')
ylabel('Flöde (m3/s)')
datetick('x',15,'keeplimits','keepticks')
grid

```

```

subplot(3,1,3),plot(tiddygnc, temp,'r')
title('Temperatur och konduktivitet under dygnet 27/2 ')
ylabel('Temp, Kond')
hold on
plot(tiddygnc, kond)
datetick('x',15,'keeplimits','keepticks')
grid
legend('Temp (C)','Kond (mS/cm) ')

```

```
%% Flödesberäkningar utifrån flygelmätningar vattenhastighet 0,62 m/s
```

```

h=0.07; %Höjden i mitten (där det är som djupast) anges
i m
v=acos((Radie-h)/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret centrum
Atvrsnitt=((2*v)/(2*pi))*Atot)-((Radie-h)*sin(v)*Radie); %tvärsnittsarean för
vattnet i röret i m2
Vmedel=0.62 ; %vattnets hastighet i m/s
Q= Vmedel*Atvrsnitt*1000; %beräknar flödet i l/s
P=2*v*(Radie) ; %Den våta perimetern
Ra=Atvrsnitt/P; %Hydraulisk radie

```

```

Va=(1/n)*((Ra)^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel m/s
Qman=Atvrsnitt*Va*1000;

```

```

disp(['Vattenhastigheten uppmätt med flygel m/s: ' num2str((Vmedel))])
disp(['Vattenhastigheten beräknad med mannings formel utifrån nivån m/s: '
num2str((Va))])
disp(['Flödet beräknat utifrån uppmätt vattenhastighet (l/s): '
num2str(round(Q))])
disp(['Flödet beräknat med mannings formel utifrån nivån (l/s): '
num2str(round(Qman))])
%% Provpunkt gemensam 6 & 7

```

```

% Vattennivå
load gemensam_6_och_7_djup.txt
a=gemensam_6_och_7_djup;
tid=datenum(a(:,1),a(:,2),a(:,3),a(:,4),a(:,5),a(:,6)));
djup=(a(:,9)*1.0845)-2.05; %kalibrering

```

```

% Temperatur och konduktivitet
load gemensam_temp_kond.txt
b=gemensam_temp_kond;
temp=b(:,9);
kond=b(:,10);
medelkond67=mean(kond);
disp(['Medelvärde på konduktiviteten under mätperioden 6&7 : '
num2str(medelkond67)])

```

```

%dimensioner
Radie=0.15; %Rörets radie gemensam 6 & 7 i m
S=(11.01-10.59)/40.6; %lutningen mellan de två brunnarna
Atot=pi*(Radie^2); %totala tvärsnittsarean för röret
n=0.014 ; %mannings tal för betong

% Flödesberäkningar med mannings formel
Hb=(djup*0.01); %nivåförändringen i m

for i=1:length(a)

    vinkela(i)=acos((Radie-Hb(i))/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret
    centrum
    Atvrsnittoa(i)=((2*vinkela(i))/(2*pi))*Atot)-((Radie-
    Hb(i))*sin(vinkela(i))*Radie); %tvärsnittsarean för vattnet i röret
    Pa(i)=2*vinkela(i)*Radie ; %Den våta perimetern
    Ra(i)=Atvrsnittoa(i)/Pa(i); %Hydraulisk radie

    Va(i)=(1/n)*((Ra(i))^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel
    Qb(i)=Atvrsnittoa(i)*Va(i); % Flödet i m3/s
end

flode67=Qb*1000;
medel=mean(flode67);

nytida=1:length(tid);

Arunnenvola= (polyarea(nytida,Qb)*60); %den avrunna volymen, eftersom
värdena är tagna varje minut räknas tiden om
disp(['Den avrunna volymen i m3 vid gemensam 6 & 7: '
num2str(round(Arunnenvola))])
disp(['Medelvärde på flödet under mätperioden: ' num2str(medel)])
disp(['Avrunnen volym under året vid gemensam 6 & 7 (m3): '
num2str(round(Arunnenvola*(365/23)))]])

figure(3)

subplot(3,1,1),plot(tid, djup)
title('Vattennivå ')
ylabel('Djup (cm)')
datetick('x',19,'keeplimits','kepticks')
grid

subplot(3,1,2),plot(tid, (flode67)) %flödet i l/s
title('Flöde')
ylabel('Flöde (l/s)')
datetick('x',19,'keeplimits','kepticks')
grid

subplot(3,1,3),plot(tid, temp, 'r')
title('Temperatur och konduktivitet')
ylabel('Temp, Kond')
hold on
plot(tid, kond)
title('Temperatur och konduktivitet ')
ylabel('kond (mS/cm)')
datetick('x',19,'keeplimits','kepticks')
grid
legend('Temp (C)', 'Kond (mS/cm) ')

%% Flödesberäkningar utifrån flygelmätningar vattenhastighet 0,1 m/s vid
gemensam 6 & 7

h=0.05; %Höjden i mitten (där det är som djupast) anges
i m
v=acos((Radie-h)/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret centrum

```

```

Atvrsnitt=((2*v)/(2*pi))*Atot)-((Radie-h)*sin(v)*Radie); %tvärsnittsarean för
vattnet i röret i m2
Vmedel=0.1 ; %vattnets hastighet i m/s
Q= Vmedel*Atvrsnitt*1000; %beräknar flödet i l/s

P=2*v*(Radie) ; %Den våta perimetern
Ra=Atvrsnitt/P; %Hydraulisk radie

Va=(1/n)*((Ra)^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel m/s
Qman=Atvrsnitt*Va*1000;

disp(['Vattenhastigheten uppmätt med flygel (m/s) mätning 1 gemensam 6 & 7: '
num2str((Vmedel))])
disp(['Vattenhastigheten beräknad med mannings formel utifrån nivån (m/s) m1
gem. 6&7: ' num2str((Va))])
disp(['Flödet beräknat utifrån uppmätt vattenhastighet (l/s) m1 gemensam 6&7:
' num2str(round(Q))])
disp(['Flödet beräknat med mannings formel utifrån nivån (l/s) m1 gemensam
6&7: ' num2str(round(Qman))])

%% Flödesberäkningar utifrån flygelmätningar vattenhastighet 0,7 m/s vid
gemensam 6 & 7

h=0.09; %Höjden i mitten (där det är som djupast) anges
i m
v=acos((Radie-h)/Radie); % vinkeln till vattenytan från röret centrum
Atvrsnitt=((2*v)/(2*pi))*Atot)-((Radie-h)*sin(v)*Radie); %tvärsnittsarean för
vattnet i röret i m2
Vmedel=0.8 ; %vattnets hastighet i m/s
Q= Vmedel*Atvrsnitt*1000; %beräknar flödet i l/s

P=2*v*(Radie) ; %Den våta perimetern
Ra=Atvrsnitt/P; %Hydraulisk radie

Va=(1/n)*((Ra)^(2/3))*(S^(1/2)); %hastigheten enligt mannings formel m/s
Qman=Atvrsnitt*Va*1000;

disp(['Vattenhastigheten uppmätt med flygel (m/s) m2 gemensam 6 & 7: '
num2str((Vmedel))])
disp(['Vattenhastigheten beräknad med mannings formel utifrån nivån (m/s) m2
gem. 6&7: ' num2str((Va))])
disp(['Flödet beräknat utifrån uppmätt vattenhastighet (l/s) m2 gemensam 6&7:
' num2str(round(Q))])
disp(['Flödet beräknat med mannings formel utifrån nivån (l/s) m2 gemensam
6&7: ' num2str(round(Qman))])

```

BILAGA 3 KONSTANTER FÖR BERÄKNING AV DIMENSIONERANDE REGNINTENSITET

Tabell 23 Parametrarna a och b för olika återkomsttider vid beräkning av dimensionerande regnintensitet (Svenskt Vatten 2004).

Återkomsttid, T [månader]	Återkomst-tid [år]	[Konstanter]	
		a	b
12	1	5,38	0,272
24	2	7,53	0,293
60	5	11,63	0,309
120	10	16,12	0,314

Tabell 24 Parametern c för olika regnvaraktigheter (Svenskt Vatten 2004).

tr [min]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
c	3,62	2,96	2,41	2,06	1,81	1,62	1,47	1,35	1,25	1,17	1,10
tr [h]	1	1,5	2	3	4	6	8	12	16	20	24
c	1,10	0,821	0,667	0,499	0,405	0,303	0,246	0,184	0,149	0,127	0,112