

Fosforfällor i Trollhättans kommun

EN UNDERSÖKNING AV ENSKILDA
AVLOPPSANLÄGGNINGAR MED FOSFORFÄLLA



Rapport

Charlotta Larsson i samarbete med Trollhättans Stad
2015

Förord

Rapporten är skriven för Trollhättans Stad av Charlotta Larsson, student vid Göteborgs Universitet Miljö- och hälsoskydd för naturvetare ES2408. Charlotta Larsson har en bakgrund som kemist. Arbetet med undersökningen har utförts i samarbete med Miljöförvaltningen i Trollhättan som ett projekt under våren 2015 parallellt med studier och som en del i utbildningens praktik. På grund av de oväntade resultaten har mer tid lagts på att göra undersökningar, inläsning av forskning och analyser. Projektet har därför inriktats så att rapporten i många avseenden ställer fler frågor än den ger svar. Förhoppningen är att rapporten kan vara till hjälp för vidare arbete med fosforfällor och att det i förlängningen kan leda till förbättrad rening av avloppsvattnet i Sveriges enskilda avloppsanläggningar. Företaget Bioptech har läst igenom rapporten och lämnat kommentarer innan den publicerades.

Charlotta Larsson

Omslagsfoto: Charlotta Larsson

Foton i övrigt: Charlotta Larsson där inget annat anges

Datum: 2015-08-30

Innehåll

| | |
|---|----|
| Sammanfattning | 5 |
| 1. Syfte och bakgrund | 5 |
| 2. Avloppsvatten och fosfor | 5 |
| 3. Reningsteknik för fosfor | 6 |
| 3.1 Fosforfällan | 6 |
| 3.2 Filtermaterialet | 7 |
| 3.3 Polonite och fosforrening | 7 |
| 4. Genomförande | 8 |
| 4.1 Förberedelser och utförande av undersökningen | 8 |
| 4.2 Metod | 8 |
| 5. Resultat | 10 |
| 5.1 Åldersfördelning | 10 |
| 5.2 pH-mätning | 10 |
| 5.3 Felinstallerade fosforfällor | 12 |
| 5.4 Okulär bedömning | 13 |
| 5.5 Övriga resultat | 16 |
| 5.6 Sammanställning av resultat | 16 |
| 6. Diskussion och slutsats | 17 |
| 6.1 Fosforfällorna | 17 |
| 6.2 Anläggningarna | 17 |
| 6.3 Avfallshantering och hälsoskydd | 18 |
| 6.4 Nyttan för miljö och lantbruk – kretslopp? | 18 |
| 6.5 Tillsynsfrågan | 19 |
| 6.6 Felkällor | 19 |
| Slutord | 20 |
| Tackord | 20 |
| Referenser | 20 |
| Bilaga | 22 |

Sammanfattning

En undersökning av 64 enskilda avlopp med fosforfälla i Trollhättans kommun utfördes under våren 2015. Fosforfällorna bedömdes okulärt och pH mättes samt övriga delar av anläggningarna inspekterades. Anläggningarna var som äldst 8 år, de flesta betydligt yngre (2-4 år) men visade ändå upp tecken på stora problem. Enligt den okulära bedömningen var 63 % av fosforfällorna påverkade av mer eller mindre organiskt material från föregående reningssteg. Enligt studier påverkas fosforfällans funktion kraftigt negativt om den belastas med orenat avloppsvatten och även låga halter av BOD₇ förkortar materialets fosforrenande egenskaper. 14 % av fosforfällorna var felinstallerade vilket till stor del tog bort filtrets funktion. Endast fyra stycken fastighetsägare hade bytt filtermaterialet.

För att kunna göra exaktare bedömningar av fosforfällornas funktion krävs vidare utredning med provtagning och analys. Den här undersökningen belyser inte enbart problemen med fosforfällorna utan ger också en bild av hur hela anläggningarna fungerar. I flertalet fall verkade fosforfällornas problem ha en koppling till brister i föregående reningssteg. Resultaten av undersökningen belyser komplexiteten av dagens system för myndigheten att göra tillsynen och fastighetsägarens ansvar för sin miljöfarliga verksamhet. 29 stycken fosforfällor hade ett pH lägre än 8,5 vilket kan innebära att den inbundna fosfor till viss del börjar läcka ut igen från filtret. Robusthet och teknik ifrågasätts när en dyr installation för fastighetsägaren kanske inte gör den nytta som det var tänkt.

1. Syfte och bakgrund

I Trollhättans kommun finns det ca 2500 enskilda avlopp varav 80 stycken har en fosforfälla som renar avloppsvattnet från fosfor (exkluderat minireningsverk med fosforfälla). Att rena avloppsvatten från fosfor med en fosforfälla är en relativt ny teknik och den äldsta anläggningen med fosforfälla i Trollhättans kommun är från 2007. Tillsynsmyndigheten upplevde att det fanns frågetecken kring hur bra den nya tekniken fungerade i praktiken och undrade om fastighetsägarna hade bytt filtermaterialet i tid. Eftersom tillsynsmyndigheten ej ansåg sig ha resurser att utföra en undersökning själva så anlätades en student från Göteborg Universitet via Miljöbron i Västra Götaland. Frågeställningarna för undersökningen var:

- Hur sköts pH-mätning och byte av filtermaterial?
- I vilken grad upplever fastighetsägarna att underhåll och skötsel av fosforfällorna är betungande?
- Är det behov av serviceavtal avseende pH-mätning och byte av filtermaterial?
- I vilken grad är det behov av att Miljöförvaltningen utför tillsyn eller kontroll?

2. Avloppsvatten och fosfor

Fosfor är ett essentiellt näringsämne som är en begränsad faktor för växter i sjöar och hav. Generellt är fosfor svårtillgänglig för växter på grund av att den befinner sig i en form som inte växterna kan ta upp. Samtidigt blir för höga halter av fosfor i mark och vatten en förorening, eftersom det leder till övergödning och algblooming i vattendragen. I avloppsvatten från ett hushåll med vattenspolande toalett kommer den största delen av fosfor från fekalier och urin. Enligt SMED (Svenska Miljö Emissionens Data) beräknas att vi i Sverige tillför 0,6 kg fosfor per person och år. Sammantaget beräknas att de enskilda avloppen släpper ut 287 ton fosfor per år. Totalt sett står de enskilda avloppen i Sverige för nästan lika stora utsläpp av fosfor till

havet som de kommunala avloppsreningsverken, 14 % respektive 17 %. Därför behöver en vattenspolande toalets vatten renas från bland annat fosfor för att inte öka på övergödningen i vattendragen.

Enligt de allmänna råden NFS 2006:7 skall kommunerna bedöma vilka områden i kommunen som det bör ställas strängare reningskrav än normal skyddsnivå på de enskilda avloppsanläggningarna, så kallad hög skyddsnivå. Den höga skyddsnivån anger lägsta funktionskravet på anläggningarna och innebär bl.a. att reduktionen av fosfor är minst 90 procent och 50 procent reduktion av kväve. Vid normal skyddsnivå är kraven bl.a. att reduktionen av fosfor är minst 70 procent, minst 90 procent reduktion av organiska ämnen (mätt som BOD₇) samt att åtgärder vidtas för att minimera risk för smitta eller annan olägenhet för djur. Normal skyddsnivå är alltid minimikravet och inkluderas även i hög skyddsnivå men med det utökade kravet på reduktion av fosfor och kväve.

3. Reningsteknik för fosfor

Fosfor renas ur avloppsvattnet primärt den första tiden i en mark-/infiltrationsbädd. Med tiden avtar reningsförmågan och för att bibehålla hög skyddsnivå behövs det extra rening. Idag finns det främst två tekniker på marknaden. Den ena tekniken innebär att en kemikalie tillsätts före slamavskiljningen så att fosfor fälls ut i slammet, så kallad kemisk fällning. Den andra tekniken innebär att som ett sista steg efter slamavskiljning och övrig rening anlägga en brunn med ett grusmaterial som kan binda fosfor, en så kallad fosforfälla. Fosforfällan är alltså ett sista renande steg i en avloppsanläggning. Anledningen till att den är just sista steget beror på att vattnet behöver vara så rent som möjligt och fritt från organiskt material för att fosforfällan skall uppnå maximal funktion.

3.1 Fosforfällan

Fosforfällan är en brunn som innehåller ett material som kan binda och reagera med fosfor. Avloppsvattnet leds antingen uppifrån och ned eller tvärtom så att vattnet måste gå genom filtermaterialet för att komma ut. Det finns olika konstruktioner av brunnar som antingen är i plast eller betong. Beroende på typ placeras filtermaterialet löst i brunnen eller i en säck som köps färdig att kopplas in i brunnen. Säckarna finns i tre storlekar och två modeller, 370 kg, 500 kg eller 1000 kg. De två olika modellerna kallas 1.0 och 1.1. På modell 1.0 renas vattnet uppifrån och ner och på modell 1.1 renas vattnet nerifrån och upp genom materialet.

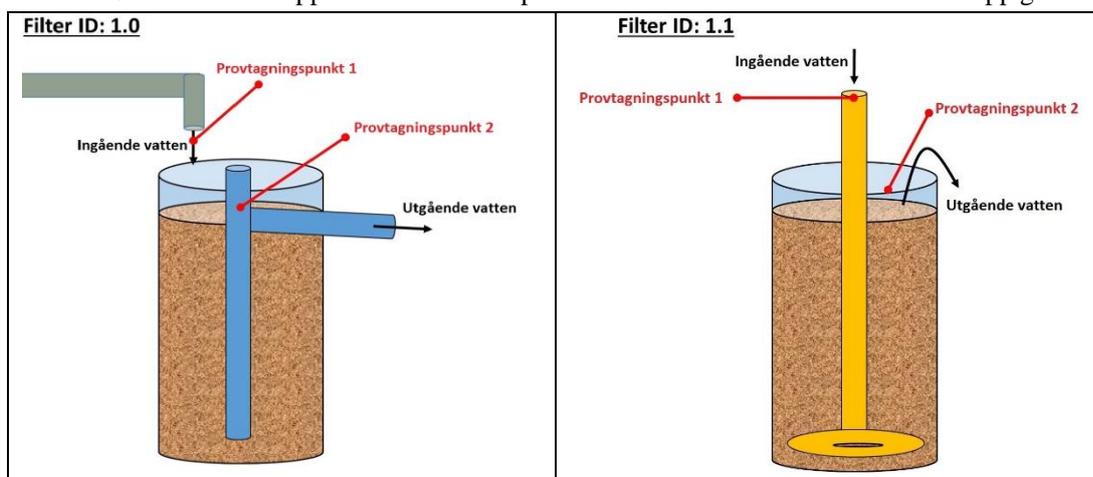


Bild 1 Modell 1.0

Bild 2 Modell 1.0 och 1.1.

Källa Bioptech AB 2015

3.2 Filtermaterialet

Det finns flera olika sorter av material som kan användas i en fosforfälla bland annat s.k. hyttsand som är en masugnsslagg. I Sverige är den ledande produkten ett stenmaterial av kalk och kisel som framställs från Opoka. Opoka bryts i kalkbrott och består av en blandning av kiseldioxid och kalciumkarbonat. Opokan värmebehandlas vid hög temperatur (900C°) så att det mesta av kalciumkarbonaten omvandlas till kalciumoxid, produkten kallas Polonite ($\text{CaCO}_3(\Delta T) \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$), se bild 3. Mycket forskning har lagts ned på att studera funktionen på Polonite för att kunna använda den till att rena fosfor i stora avloppsreningsverk, enskilda avlopp och för att rena avrinningsvattnet från jordbruk.

Det är flertalet fysikaliskt och kemiskt komplexa reaktioner som ingår i processen att binda fosfor. Den här rapporten kan inte i detalj redogöra för dessa då det helt går utanför ramarna av detta projekt. Forskning pågår också kring vad som sker och allt är inte kartlagt. Därför presenteras här en kortare redogörelse för de principer man kommit fram till som är viktiga i sammanhanget så att man som läsare kan få en förståelse för de slutsatser som dragits av mätningar och iakttagelser vid undersökningen av fosforfällorna.



Bild 3 Polonite. Källa Biotech AB 2015

3.3 Polonite och fosforrening

Poloniten består av 2-6 mm stora bitar som placeras i en brunn gjord av plast eller betong, löst eller i en säckkonstruktion som det slamavskilda och renade avloppsvattnet leds till. Vattnet filtreras sakta genom Poloniten och leds sedan ut ur brunnen för att därefter släppas ut i ett dike eller någon form av infiltrationsanordning.

Två faktorer är avgörande för Polonitens funktion som fosforfilter: den ena är att fosforföreningar adsorberas (fastnar/tas upp) på ytan av Poloniten genom en reaktion med kalciumet i poloniten. Den andra funktionen är att Poloniten gör miljön basisk vilket ger optimala förhållanden för olika fosforföreningar att fällas ut. Avloppsvatten innehåller fosfor i olika former som ortofosfater (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4), polyfosfat (P_2O_7) och organiskt bunden fosfor. Kalciumet i Poloniten kan reagera med fosfaterna tillsammans med hydroxidjonerna och bilda kalciumföreningar som exempelvis kalciumfosfater och hydroxyapatit ($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$). Reaktionerna är bland annat beroende av pH, temperatur och fosfatkoncentrationen i avloppsvattnet och sker i sekvenser mellan olika kalciumkarbonat/fosfatmineraler. Vid $\text{pH} > 9.3$ sker reaktionerna direkt och vissa steg hoppas över (Nelin and Supervisor: Renman, 2008). När Poloniten är ny är den basisk och vattnet får ett pH på ca 12. Med tiden sjunker pH och när pH går under 10 minskar dess förmåga att adsorbera och fälla ut fosfor. Av forskningen som gjorts på Polonite och dess förmåga att reducera fosfor ur avloppsvatten har tydliga samband mellan pH och fosforreducerande förmåga visats. När pH är högre än ~10 reduceras 90 % fosfor eller mer och när pH är ~8.5 så reduceras 70 % (Renman and Renman, 2010) (Nelin, 2008). Att mäta pH är därför en indikator på hur bra materialets fosforreducerande egenskaper är.

Lösligheten för kalciumfosfaterna förändras beroende på pH, temperatur och struktur samt komplexiteten av molekylerna. Generellt har de mer komplexa kristallina föreningarna som bildas vid högt pH mycket låg löslighet (Dorozhkin, 2010). Utifrån den forskning som tagits del av så verkar förhållandena mellan exakt vilka kalciumföreningar som kontrollerar lösligheten av fosfat vara oklart. Samband har dock visats att amorft kalciumfosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), kalciumvätefosfat (CaHPO_4) och oktakalciumfosfat ($\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_3$) bildas och att dessa ökar sin löslighet vid $\text{pH} < 8.5$ (Gustafsson et al., 2008). När filtermaterialet får lägre pH kan därför den inbundna fosfor lösas igen. Det skulle kunna innebära att filter som inte byts ut i tid till viss del läcker ut den inbundna fosfor igen. Analyser med spektroskopiska metoder av Polonite har dock visat på att det främst är de mer kristallina föreningarna som bildas vid filtrering av avloppsvatten. För ett kvalitativt kretslopp för fosfor är kunskapen avgörande om vilka kemiska föreningar som bildas då de kristallina föreningarna är mindre växttillgängliga. (Eveborn et al., 2009)

Temperaturens inverkan på fällningsreaktionen av fosfor har visats i en studie från 2014 där man i labbskala ökade Polonitens fosforbindande kapacitet 1.5 gånger när temperaturen ökade från 4.3 till 16.5 °C. Tester som utförts i laboriemiljö vid rumstemperatur kan därför ge överskattningar av vilka halter fosfor som kan reduceras i en verklig anläggning där temperaturen är lägre (Herrmann et al., 2014). Sambandet mellan löslighet, pH och temperatur för de mest aktuella kalciumfosfaterna är viktiga att känna till för att kunna bedöma när filtret måste bytas och för att veta hur lättillgängliga fosfaterna är.

Forskning har också visat att den fosforreducerande förmågan hos Polonite minskar kraftigt om den utsätts för obehandlat avloppsvatten med för högt BOD_7 . Organiskt komplexa ämnen hindrar och fördröjer fällningsreaktionen (Eveborn et al., 2009). I en studie av Nilsson et al. (2013) testades två anläggningar i verklig skala under sju månader som utsattes för avloppsvatten med hög (120 mg/L) respektive låg (20 mg/L) BOD_7 halt. Studien visade att den fosforreducerande förmågan hos Polonite minskade med tiden och att anläggningen som belastades med hög BOD_7 halt hade på 6 månader sjunkit till en fosforreducerande förmåga på 76 %. Anläggningen som belastades med låg halt av BOD_7 visade inte någon tendens till att förlora sin kapacitet förrän den sjunde månaden då den gick ner till ca 80 %. Studien avbröts för anläggningen med hög BOD_7 halt efter sex månader (Nilsson et al., 2013).

4. Genomförande

4.1 Förberedelser och utförande av undersökningen

Projektet startade i december 2014 med planering, inläsning och kontakter togs med Biotech samt ett litet frågeformulär skickades till 12 kommuner i Västra Götaland. Frågorna gällde hur de hanterar enskilda avlopp med fosforering samt vad de upplever som problematiskt med anläggningarna i sin kommun. Frågorna finns i bilagan på sidan 22. Fem testinspektioner av fosforfällor gjordes den 13 april 2015. Anläggningarna som testinspektionerna utförts på inspekterades sedan igen under maj då alla 64 inspektioner utfördes.

4.2 Metod

Vid varje anläggning inspekterades följande saker:

- Fosforfällan inspekterades okulärt och fotograferades.
- Typ av brunn och konstruktion noterades.
- pH mättes i fosforfällan i provtagningsröret på modell 1.0, uppe på gruset på modell 1.1 och vid utloppet i de brunnarna med löst material.
- Storlek på filtermaterialet noterades om fastighetsägaren visste vilken det var.
- Utsläppspunkten undersöktes och om recipienten verkade påverkad dokumenterades det samt om utsläppspunkten var skyddad.
- Om en s.k. provtagningsbrunn fanns kontrollerades den.
- Luftningsrören kontrollerades om det fanns vatten i, i sådant fall mättes det.
- Markbäddar på burk besiktigades okulärt.
- Slamavskiljaren kontrollerades hur den såg ut och om den verkade fungera som den skulle eller eventuellt visade tecken på att ha varit översvämmad.

Följande frågor ställdes till fastighetsägarna:

- Vilken storlek på filtermaterial de hade.
- Om de bytt filter och mätt pH någon gång.
- Hur de planerat att omhänderta sitt filtermaterial när det skall bytas.
- Om det varit problem med fosforfällan.
- Om de fört en journal över sin anläggning.
- Typ av markbädd noterades.
- Hur många hushåll och personer som anläggningen belastades av.
- Om det varit några problem med fosforfällan eller anläggningen i övrigt.

Utrustning som användes var:

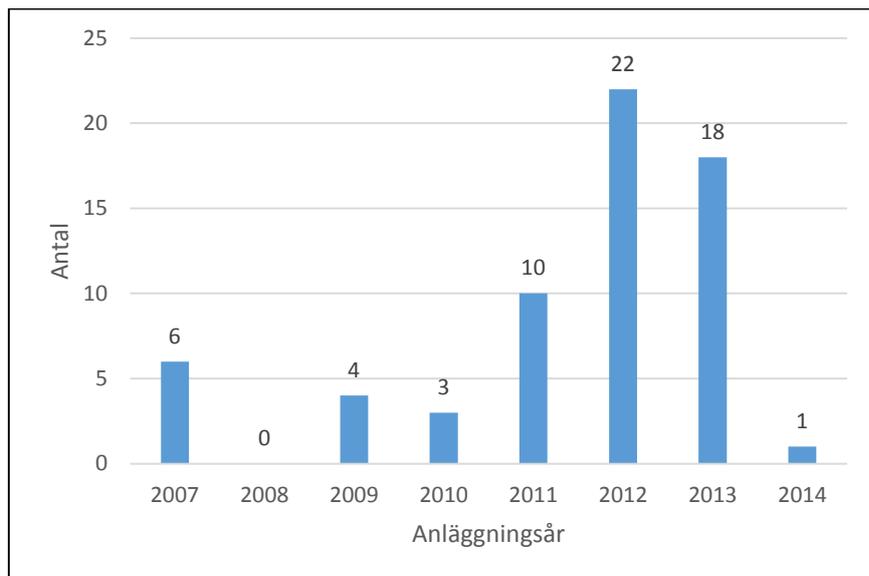
- Provtagningsstav med provtagningsflaska i polyeten (PE-HD) för att få upp vatten ur fosforfällan
- pH mätare märke Voltcraft PH-100ATC
- destillerat vatten att skölja pH-mätaren med mellan varje provtagning
- kranvatten som provtagningsflaskan sköljdes av med mellan varje provtagning
- kniv att skära av spännband på brunnslocken
- tumstock att mäta djupet i luftningsrören och ett extra måttband med en tyngd på för djupa rör
- ficklampa
- kamera
- kofot

pH mätaren kalibrerades 2 gånger per vecka med buffertlösning pH 7 och 10.

5. Resultat

5.1 Åldersfördelning

Av 80 anläggningar med fosforfälla i Trollhättans kommun undersöktes totalt 64 anläggningar. 16 stycken ingick ej på grund av att de inte var i bruk, var helt nya eller för att fastighetsägaren ej önskade besök. Anläggningarna hade tagits i bruk mellan åren 2007 – 2014 varav 51 stycken var fyra år eller yngre. Se figur 1.



Figur 1 Fördelning i ålder på anläggningarna som inspekterades

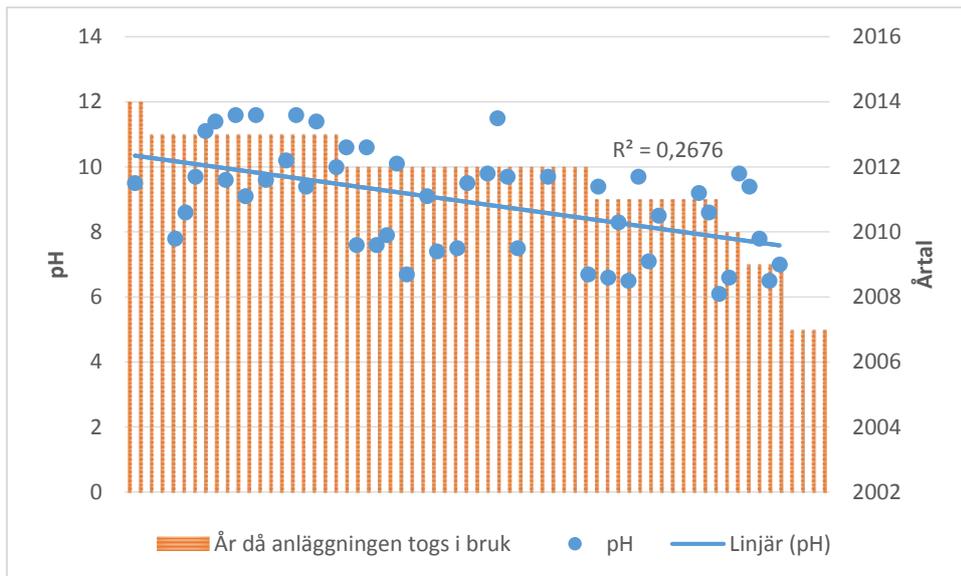
Resultaten presenteras enligt följande:

1. pH-mätning
2. Felinstallerade fosforfällor
3. Okulär bedömning

En sammanställning av resultaten finns i tabell 1 under punkt 5.6 på sidan 16. Resultat utöver fosforfällorna finns på sidan 16 under punkt 5.5 övriga resultat.

5.2 pH-mätning

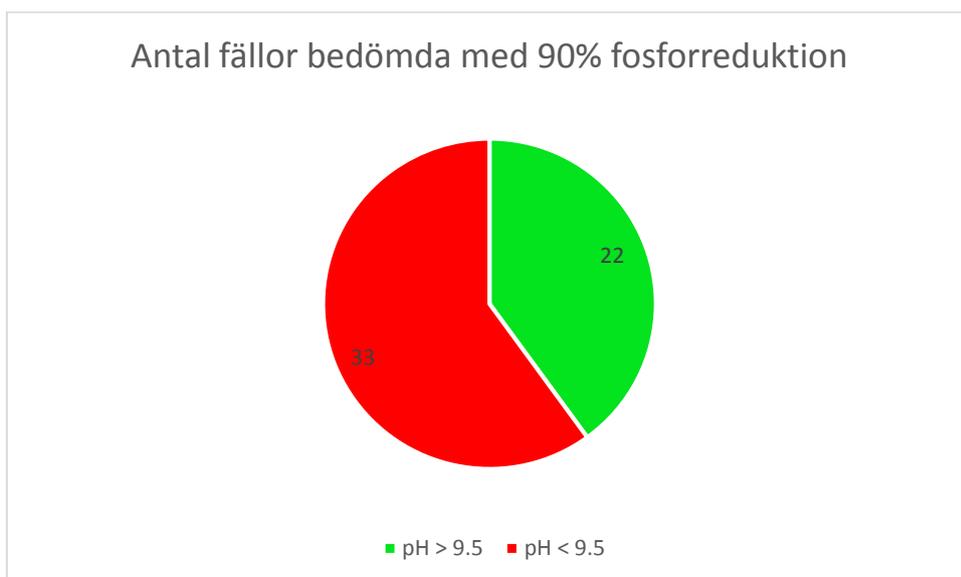
pH mättes på utgående vatten från fosforfällorna och redovisas i figur 2. Trendlinjen ($R^2=0,2699$) indikerar sjunkande pH med ålder på filtermaterialet. Det saknas pH-mätning på 16 fosforfällor pga. att dessa ansågs allt för förorenade vid provtagningstillfället.



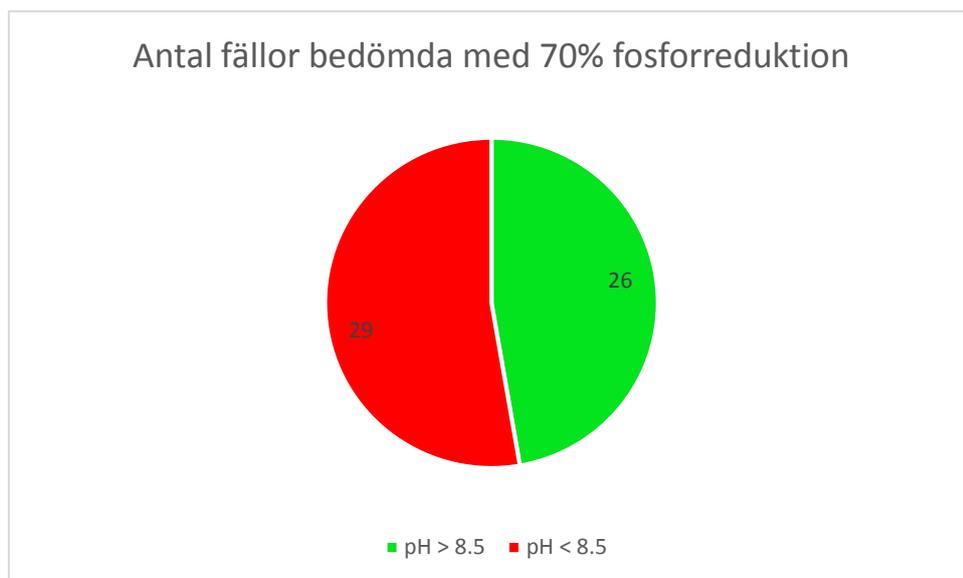
Figur 2 Röda staplar är årtal då anläggningen togs i bruk eller då filtermaterialet bytts. Blå punkt anger pH-värdet. 16 stycken saknar uppgift om pH pga. utebliven provtagning.

22 stycken fosforfilter hade $\text{pH} \geq 9.5$ eller högre. Figur 3. Vid $\text{pH} 9.5$ är förutsättningen för inbindning av fosfor mycket god och enligt forskning 90 % eller högre. De fosforfällor som ej gick att mäta pH på, pga. att de var så förorenade, har tolkats som att de har lägre fosforreduktion än 90 %.

26 stycken hade $\text{pH} \geq 8.5$ eller högre. Figur 4. Vid $\text{pH} 8.5$ är förutsättningen för inbindning av fosfor lägre än vid $\text{pH} \geq 9.5$ enligt forskning ca 70 %. De fosforfällor som ej gick att mäta pH på, pga. att de var så förorenade, har tolkats som att de har lägre fosforreduktion än 70 %.



Figur 3 Fördelning av fosforfällor med 90 % fosforreducerande förmåga enligt pH-mätning: $\text{pH} > 9.5$ var 22 stycken och de med $\text{pH} < 9.5$ var 33 stycken.



Figur 4 Fördelning av fosforfällor med 70 % fosforreducerande förmåga enligt pH-mätning: pH>8.5 var 26 stycken och de med pH<8.5 var 29 stycken.

5.3 Felinstallerade fosforfällor

Nio stycken (14 %) av de 64 undersökta fosforfällorna var felkopplade eller filtermaterialet ej installerat i brunnen. Felkopplingen gör så att vattnet inte flödar genom filtermaterialet på rätt sätt och dess funktion som fosforfilter reduceras. I vissa fall gör felinstallationen att hela anläggningens flöde stoppas upp så att föregående reningssteg påverkas negativt. Exempel på felinstallation kunde vara att inloppsröret inte kopplats på rätt sätt, säcken hade inte öppnats på rätt sätt eller att inloppsröret gav ett bakfall till föregående reningssteg. Se bilder 4-6 som exempel på hur en felkopplad och felinstallerad säck kan se ut.



Bild 4 Inloppet kopplat till utloppsröret.



Bild 5 Säcken vikt så att inkommande vatten rinner över kanten på säcken och därmed ej rinner genom filtermaterialet.



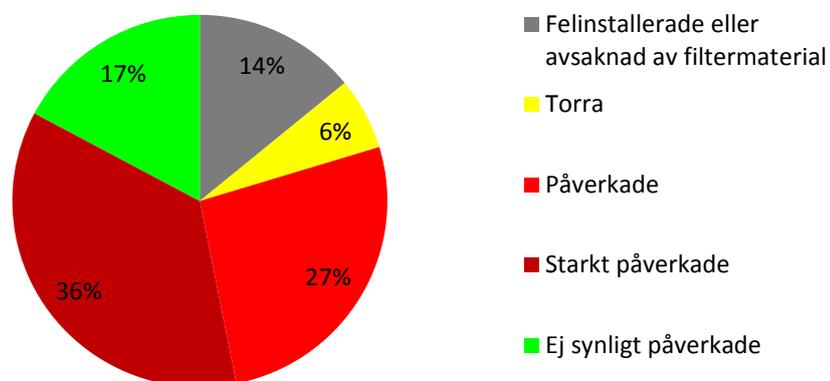
Bild 6 Inloppet felaktigt kopplat till utloppsroret. Här syns också att filtret förorenats.

5.4 Okulär bedömning

Utifrån vad som okulärt kunde ses vid inspektionstillfället så har fosforfällorna delats in i fyra kategorier: ej synligt påverkade, påverkade, starkt påverkade och torra. Där "ej synligt påverkade" hade klart vatten och inget synligt material uppe på eller runtomkring filtermaterialet. "Påverkade" hade synligt material på filtermaterialet eller ett vatten med viss turbiditet. "Starkt påverkade" var kraftigt förorenade, hade kraftig slamtillväxt och turbiditet. "Torra" hade onormalt lite vatten i och på filtermaterialet. Bilder på sidan 15 samt figur 5 på sidan 14 illustrerar resultaten.

Totalt bedömdes 11 fosforfällor vara opåverkade och "rena". 40 stycken hade någon form av påverkan dvs. såg förorenade ut i varierande grad. Vad påverkan berodde på går inte att säga då det måste göras en grundlig bedömning i varje enskilt fall. 4 stycken fosforfilter var i princip torra vilket bedömdes som att något tekniskt fel gjorde att inte vattnet flödade normalt i eller till fosforfällan vilket också är en indikation på problem. Det skall noteras att på fosforfällor där vattnet filtreras underifrån och upp (modell 1.1 och brunnar med löst material) syns inte belastande material från tidigare reningssteg så snabbt som på de där vattnet filtreras uppifrån och ner.

Okulär bedömning och felinstallation



Figur 5 Sammanställning över fördelningen av okulär besiktning och felinstallerade fosforfällor.



11 stycken

Ej synligt påverkade

Klart vatten och inget synligt läckage från tidigare reningssteg eller slamtillväxt.



17 stycken

Påverkade

Fosforfällor med tydlig av påverkan av material, utfällning eller tillväxt som sedimenterat uppe på filtermaterialet. Även grumliga fosforfällor.



23 stycken

Starkt påverkade

Kraftigt förorenade fosforfällor med hög turbiditet och slampåverkan.



4 stycken

Torra

Inget vattenflöde

5.5 Övriga resultat

- Endast 4 stycken fastighetsägare hade bytt filtermaterial. En fastighetsägare hade försökt utan att lyckas pga. att det kommunala bolaget nekat att utföra det. Alla fastighetsägare uttryckte besvär över att omhändertagandet och bytesintervallet var otydligt.
- Alla slamavskiljare med trekammarfunktion hade en borste i T-röret som var felplacerad så att luftningen hindrades. Många borstar var dessutom igenslammade och hade påväxt.
- Många fastighetsägare påpekade att slamsugningen inte skötts i tid och många hade ingen koll på när och om slamtömningsentreprenören hade varit där. Endast ett fåtal förde en journal över sin anläggning.
- 17 anläggningar som det gick att inspektera luftningsrören hade ansevära mängder med vatten i luftningsrören (mellan 5-20 cm). 4 stycken anläggningar hade upp till 60 cm vatten. 3 stycken hade också fullt med slam i något eller alla luftningsrör. Vissa luftningsrör gick inte att inspektera pga. att de var böjda, för höga eller anlagda på ett sådant sätt att man inte kunde mäta i dem.
- Täta lock på luftningsrören var vanligt men ingen statistik fördes över det.
- Problem med att huvarna på luftningsrören ramlade av var vanligt och många fastighetsägare trodde det var för att vilda djur kliar sig mot dem. En del hade skruvat fast locken, andra struntade i att sätta tillbaka dem.
- För låga luftningsrör var också vanligt (i markhöjd). I vissa fall var det entreprenören som konstruerat anläggningen med för låga rör och i andra fall hade fastighetsägaren kapat av rören. Ingen statistik fördes över höjden på luftningsrören.

5.6 Sammanställning av resultat

| Bedömning | Förklaring | Antal | Procentuell fördelning (av 64 stycken) |
|-------------------------|----------------------|-------|--|
| Installation | Felinstallerade | 9 | 14 % |
| pH | pH \geq 9.5 | 22 | 34 % |
| | pH \geq 8.5 | 26 | 41 % |
| Okulär bedömning | Ej synligt påverkade | 11 | 17 % |
| | Påverkade | 17 | 27 % |
| | Starkt påverkade | 23 | 36 % |
| | Torra | 4 | 6 % |

Tabell 1 summering av resultaten.

6. Diskussion och slutsats

6.1 Fosforfällorna

Utifrån den okulära bedömningen var 40 av de 64 (63 %) fosforfällorna i varierande grad på något sätt belastade och påverkade av någon form av material. 9 stycken (14 %) var felinstallerade vilket gav dem en icke optimal funktion. Felinstallation går att åtgärda men kan bli kostsamt om det stoppat upp flödet i tidigare reningssteg så att dessa blivit förstörda. Utifrån forskning som visat att organiskt material sätter ner filtermaterialets fosforbindande egenskap kraftigt så kan resultatet av den här undersökningen indikera att det finns problem med anläggningarnas fosforfällor.

Undersökningen ger också en tydlig indikation på att nya anläggningar inte fungerar optimalt. Det är ett nedslående resultat att anläggningar som är yngre än 8 år håller så pass låg kvalitet.

pH-mätning är en indikator på hur filtermaterialets fosforreducerande egenskaper är men beroende på bland annat vattenflöde vid den aktuella tidpunkten för mätning kan pH variera då det är en viss inställetid. Fosforfällan kan därför trots ett lägre värde än det som satts som gräns i den här bedömningen ha en relativt hög rening av fosfor. Tekniken att rena fosfor ur avloppsvatten på enskilda avlopp bör ändå vara robust och garantera hög skyddsnivå på 90 % rening av fosfor även om föregående reningssteg avtar i sin förmåga att ta upp fosfor med tiden. Det var endast nio stycken fastighetsägare som hade mätt pH själva. Flera av dessa hade tyvärr använt pH-stickor med fel skala (upp till pH 7). De flesta fastighetsägare uttryckte okunskap kring fosforfällans funktion och konstruktion, pH-mätningen, när de skulle byta filter och endast fyra stycken hade bytt filtermaterial. 29 stycken fosforfilter hade ett pH lägre än 8,5 vilket kan innebära att de till viss del släpper ifrån sig av den inbundna fosfor. Okunskapen i kombination med i vissa fall frustration över att deras nya anläggningar uppvisade tydliga problem gav bilden av att fastighetsägarna upplevde sin situation med avloppsanläggningen som betungande. Det gällde både fosforfällan och övriga delar av anläggningarna.

De frågeställningar som Trollhättans kommun ställt sig inför den här undersökningen var inte unika, vilket det frågeformulär som skickats ut till kommunerna före undersökningen visade. De flesta kommuner uttryckte att kunskapen kring fosforfällorna hos tillsynsmyndigheterna, entreprenörerna och kommunens avfallshantering var bristfällig. En del uttryckte också oro över hur bra fosforfällor fungerar och hur miljövänlig produkten är.

Ett flertal fastighetsägare som besöktes hade haft sin entreprenör på besök någon dag innan inspektionen för att försäkra sig om att allt stod rätt till med anläggningen. De hade fått beskedet av entreprenören att det såg mycket bra ut. I flertalet fall av dessa så var det alldeles svart i fosforfällbrunnen och fanns vatten i luftningsrören. Det är ju olyckligt i sammanhanget om det är så att inte entreprenörerna har tillräcklig kunskap.

6.2 Anläggningarna

När en fosforfälla inte ser bra ut eller inte har en optimal funktion, behöver det inte alltid betyda att det är fosforfällan i sig som är problemet. I många fall kan fosforfällan även vara en indikation på att reningssteget framför fällan inte fungerar. Vissa fosforfällbrunnar hade klart vatten men med ett lager med någon form av partiklar/sedimenterat material uppe på fällan vilket kan tyda på att det tidigare skett en belastning. Andra brunnar hade kraftig tillväxt av någon form av alger vilket kan indikera på höga näringshalter. Poloniten är känslig för BOD₇ och därför måste föregående reningssteg fungera optimalt vilket undersökningen ger en indikation på att det är problem med. För att kunna dra säkrare slutsatser kring fosforfällornas funktion krävs

noggrann provtagning och analys av BOD₇-halt i fosforfällorna, materialets fosforrenande förmåga och eventuella andra utfällningar.

Belastningen av otillräckligt renat vatten på fosforfällorna verkade ha olika orsaker. Flertalet anläggningar hade problem med luftningen, slamflykt från slamavskiljaren, oregelbunden slamtömning, att man inte fyllt på med vatten i slamavskiljaren efter slamtömning, ojämn fördelning till markbädden från fördelningsbrunnen, otäta rör i övriga anläggningen, felkonstruerade markbäddar och inträngning av grundvatten i markbädden. Icke befintlig eller bristfällig luftning verkade vara ett genomgående problem. Alla anläggningars luftningsrör gick ej att inspektera men av de som inspekterades hade 17 stycken mellan 5-20 cm vatten som var mer eller mindre svartslammigt. 17 stycken anläggningar var totalt i så dåligt skick att de är i behov av akuta åtgärder. Hur kan så många nya anläggningar ha så stora brister att de är i ett akut tillstånd redan efter 1-8 år? Frågan behöver utredas.

6.3 Avfallshantering och hälsoskydd

Om alla fastighetsägare som försökt byta filter i tid fått möjlighet att göra det skulle trots allt endast fem stycken bytt sedan 2007. Den siffran borde varit mellan 20-30 stycken, troligtvis fler om man tittar på åldersfördelningen av de inspekterade fosforfällorna. Det är en tydlig signal om att frågan behöver regleras på något sätt så att det blir tydligt när ett fosforfilter skall bytas. Kommunernas avfallshantering av Poloniten behöver kretsloppsanpassas för att kunna anses uppfylla miljöbalkens krav på kretslopp. Avfallsfrågan utreddes redan 2012 av Avfall Sverige och då gavs råd och rekommendationer för hanteringen. Enligt den utredningen bedöms filtermassan som hushållsavfall så länge den har en utbytestid på fem år eller mindre. Om man överskrider fem år betraktas det istället som byggavfall/verksamhetsavfall.

Bakteriereduktionen av avloppsvatten är en komplicerad process där pH är en av många olika faktorer till varför de fekala bakterierna inte överlever i en avloppsanläggning. (Stevik et al., 2004) När filtermaterialet är nytt är det filtrerade vattnet mycket basiskt med pH 11-12. Vid så höga pH-värden kan inga mikroorganismer överleva. (Palm, 2009) Med tiden när filtret belastats med mer avloppsvatten avtar pH. pH varierar också beroende på flödet i anläggningen då det har en viss inställetid. Enligt Nilsson et al. (2013) studie av fosforfällors bakteriedödande egenskaper varierade reduktionen av Enterokocker på mellan 22-93 %. Studien pågick under en 6-månaders period då en fosforfälla belastades med avloppsvatten som hade en halt av 20 mg/L BOD₇. Enterokocker kan leva vid pH10 och det är bara första tiden då filtermaterialet är nytt som pH garanterat är över 10. När pH≤10 finns det därmed bakterier som kan överleva och förökas. (Fisher and Phillips, 2009; Nilsson et al., 2013) Detta innebär att ett fosforfilter *inte* är ett filter för att rena bakterier från avloppsvatten mer än den första tiden utifrån att bakteriereduktionen sker pga. högt pH.

Även om själva filtermaterialet i sig kan vara mycket basiskt när filtermassan är förbrukad så innehåller det avloppsvatten som inte är tillräckligt basiskt för att vara hygieniserat. Den frågan borde utredas noggrannare med tanke på hur ett filterbyte skall utföras och att fastighetsägarna får lov att ha eget omhändertagande.

Trots att det ställs krav på ett skyddat utlopp från fosforfällan i Trollhättans kommun så observerades att många utlopp var helt oskyddade så att barn eller djur kan skada sig på det starkt basiska vattnet. Det tyder på att det krävs mer tillsyn av den här typen av anläggningar än vad som gjorts hittills för att garantera säkerheten.

6.4 Nyttja för miljö och lantbruk – kretslopp?

Utifrån den forskning som här studerats om Polonite så verkar det ha mycket god förmåga att reduceras fosfor under optimala förhållanden. Men på grund av resultaten av den här undersökningen har frågor uppstått kring om det är bästa möjliga teknik till en rimlig kostnad för fastighetsägarna. En säck Polonite på 370-1000 kg kostar mellan 5-12000 kr beroende på vad som ingår (transport, installation och borttransport av förbrukat

material). Den kan behöva bytas minst vart annat år kanske oftare om det blir problem med anläggningen. Frågan kring hur kretsloppsanpassad lösningen är, behöver utredas: bryta Opoka, upphetta den till 900C°, transportera den till Sverige och till varje anläggning. Transporter och byte av filter är frågor som måste lösas för att få till ett kvalitativt kretslopp.

Det är en stor vinst att reducera fosfor från små avlopp - men vilken nytta har den infångade fosfor för lantbruket? Under optimala förhållanden har studier visat att Polonite *kan* mättas med hjälp av kaliumfosfat (KH₂PO₄) med mellan 1.86 – 7.39 g P kg⁻¹ (Cucarella et al., 2007) (Gustafsson et al., 2008). Gustafsson et al. visade dock att materialet varierade i mättnad beroende på vilket skikt av filtermassan som analyserades. I samma studie undersöktes också vilken effekt den fosformättade Poloniten hade vid odling av korn, vilken var marginell. I en annan studie av Cucarella et al. med odlingsförsök under ett års tid med vintervete kunde inte heller någon signifikant skillnad i tillväxt visas. Däremot visades att koncentrationen av växttillgängligt fosfor i jorden skiljde sig åt beroende på mängden Polonite som användes vid odlingen. Vid en högre dos Polonite till jorden minskade kvarvarande växttillgänglig fosfor jämfört en lägre dos. (Cucarella et al., 2012) Utifrån detta uppkommer frågor kring hur mycket fosfor ett förbrukat filtermaterialet egentligen kan ta upp under förhållanden som *inte* är lika optimala som på laboratoriet och hur tillgänglig den är för växter. Växttillgängligheten är en komplicerad fråga som inte enbart beror på vilka kemiska föreningar som har bildats. Typ av jord, kemiska och mikrobiologiska processer i jorden som dessutom påverkas av typ av gröda och hur jorden i övrigt brukas är också viktiga faktorer. (Linderholm, 2011)

6.5 Tillsynsfrågan

Tillsynsarbetet med enskilda avlopp berörs av flera miljö kvalitetsmål som syftar till att god ekologisk och kemisk status i alla inlands- och kustvatten skall uppnås till år 2021. Enligt senaste rapporten från HaV (Rapport 2015:1) behöver åtgärdstakten inom en tioårsperiod öka till 5 % och initialt 6.3 % för anläggningar utan efterföljande rening (enbart slamavskiljning), för att Sverige skall nå miljömålen. Undersökningen av fosforfällor i Trollhättans kommun visar symptom på bristande reningsfunktion hos enskilda avloppsanläggningar som är yngre än åtta år. Om inte Trollhättans kommun är ett undantag så kan kanske inte åtgärdstakt och utsläppshalter likställas.

Fastighetsägarna lägger stora summor på sina anläggningar som borde kunna hålla minst 20-30 år om de är rätt anlagda och sköts på rätt sätt. Frustration har observerats under inspektionerna hos fastighetsägare som tror sig ha köpt sig fria för lång tid framöver och verkar inte helt inse att de själva har ansvar för sin anläggning. Tillsynsmyndigheten har ett komplext arbete gentemot flera aktörer när det gäller enskilda avlopp, ett arbete som är resurskrävande. Undersökningen belyser att i dagsläget verkar det krävas mer tillsyn på nya anläggningar än vad som gjorts tidigare. Även någon form av tillsyn verkar krävas på fosforfällorna som fastighetsägarna inte bytt filter på eller mätt pH på i den omfattning som krävts.

6.6 Felkällor

Största bristerna i undersökningen är att pH-mätningen endast gjorts vid ett tillfälle och ingen provtagning med analys av fosforhalter eller BOD₇ har gjorts. Att dra knivskarpa gränser för vilken fosforreducerande förmåga filtren har genom en enda pH-mätning är inte tillförlitlig. En fosforfälla från 2007 hade ett pH-värde på över 9 vilket visar på att endast pH-mätningen ej är en säker metod. Eftersom en liknande undersökning ej gjorts tidigare har metoden också utvecklats efter hand så att de första fosforfällorna är ej bedömda med samma erfarenhet. Det går ej heller att bedöma vad för typ av grumlighet som syns i fosforfällorna. Det kan vara andra fällningsreaktioner, alg tillväxt eller BOD₇-ämnen. Ett problem vid bedömningen av fosforfällorna var att fastighetsägarna oftast inte själva visste vilken storlek på säck de hade. Det hade varit bra om temperaturen i fosforfällorna också mätts för att kunna jämföra med de studier som gjorts i förhållande till fosforreducerande förmåga. Materialet är också spretigt och olika orsaker har noterats till varför

anläggningarna ej fungerar som de ska och inga exakta slutsatser har kunnat dras vad problemen är utan måste bedömas mer noggrant i varje enskilt fall.

Slutord

Havs- och Vattenmyndigheten finansierar just nu ett antal projekt inom små avlopp varav några direkt tar upp flera av frågorna som ställts i den här rapporten. Bland annat Miljösamverkan Halland, Luleå Tekniska Universitet och Avfall Sverige har fått medel under 2015-2016 för att utreda hur man skall hantera frågorna med fosforfällor i små avloppsanläggningar.

Tackord

Ett varmt tack till Anne Charlotte Elgåfoss, Sofia Bohlin och Michael Kööhler miljöinspektörer i Trollhättans kommun som med sitt tålamod, engagemang och kunskap hjälpt till och handlett mitt arbete med projektet. Tack också till Miljöbron som förmedlat kontakten mellan Göteborgs Universitet och Trollhättans kommun.

Referenser

Avfall Sverige Rapport U2012:03

- Cucarella, V., Renman, G., Zaleski, T., and Mazurek, R. (2012) RECYCLING OF CALCIUM-SILICATE MATERIAL AFTER WASTEWATER FILTRATION TO AGRICULTURE - SOIL CONDITION IMPACT. *Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia I Inzynieria Ekologiczna S*, 19(3), 373-382.
- Cucarella, V., Zaleski, T., Mazurek, R., and Renman, G. (2007) Fertilizer potential of calcium-rich substrates used for phosphorus removal from wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(6), 817-822.
- Dorozhkin, S.V. (2010) Amorphous calcium (ortho)phosphates. *Acta Biomaterialia*, 6(12), 4457-4475.
- Eveborn, D., Gustafsson, J.P., Hesterberg, D., and Hillier, S. (2009) XANES Speciation of P in Environmental Samples: An Assessment of Filter Media for on-Site Wastewater Treatment. *Environmental Science & Technology*, 43(17), 6515-6521.
- Fisher, K., and Phillips, C. (2009) The ecology, epidemiology and virulence of *Enterococcus*. *Microbiology-Sgm*, 155, 1749-1757.
- Gustafsson, J.P., Renman, A., Renman, G., and Poll, K. (2008) Phosphate removal by mineral-based sorbents used in filters for small-scale wastewater treatment. *Water Research*, 42(1-2), 189-197.
- Herrmann, I., Nordqvist, K., Hedstrom, A., and Viklander, M. (2014) Effect of temperature on the performance of laboratory-scale phosphorus-removing filter beds in on-site wastewater treatment. *Chemosphere*, 117, 360-366.
- Linderholm, K. (2011) Fosfor och dess växttillgänglighet i slam - en litteraturstudie, Rapport nr 2011-16, Svenskt Vatten Utveckling.
- Nelin, C., and Supervisor: Renman, G. (2008) Evaluation of using fine grain size Polonite as sorbent for retaining phosphorus from wastewater. Lunds Universitet.
- Nilsson, C., Renman, G., Westholm, L.J., Renman, A., and Drizo, A. (2013) Effect of organic load on phosphorus and bacteria removal from wastewater using alkaline filter materials. *Water Research*, 47(16), 6289-6297.

- Palm, O. (2009) System för kvalitetssäkring och jordbruksanvändning av källsorterade avloppsfraktioner från enskilda hushåll. In A. Richert Stintzing, Ed. JTI - institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Renman, A., and Renman, G. (2010) Long-term phosphate removal by the calcium-silicate material Polonite in wastewater filtration systems. *Chemosphere*, 79(6), 659-664.
- Stevik, T.K., Aa, K., Ausland, G., and Hanssen, J.F. (2004) Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review. *Water Research*, 38(6), 1355-1367.

Bilaga

Frågor som skickades ut till 12 kommuner i Västra Götalands län innan projektet:

1. Hur många enskilda avlopp har ni i kommunen och hur många av dessa har krav på någon form av aktivt fosfor-reducerande steg?
2. Vilken typ av tillsyn gör ni för att veta att eventuell fosforrening fungerar?
3. Om ni gör tillsyn och finner att anläggningen ej uppfyller kraven vad gäller fosforredueringen, vilka förelägganden gör ni då?
4. Finns det något annat vad gäller enskilda avlopps rening av fosfor som ni tycker är problematiskt?