

Initial övergripande miljöbedömning av HTC-processen

Christian Baresel, Christian Junestedt, Hugo Royen

Bakgrund

Ett av de primära syftena med kommunala avloppsreningsverk (ARV) är rening av avloppsvatten och hantering av avloppsslammet som uppstår vid reningen för att minska den negativa miljöpåverkan som t.ex. utsläppen av närsalter till recipienter orsakar. Avloppsvattenrening och slamhanteringen kan vid en första anblick då uppfattas som enbart positivt. Tittar man dock på hela systemet, dvs. vad som behöver tillföras till behandlingsprocesserna i form av resurser och vilka emissioner och restprodukter som genereras kan bilden bli ett annat och vissa behandlingssteg framstår som mer eller mindre miljövänliga.

Potentialen att förenkla slamhanteringen för reningsverk genom hydrotermisk karbonisering (HTC) undersöks i innovationsprojekt RE:Source. HTC-processen sker vid förhöjt tryck (~20 bar) och temperatur (~200 °C) under mellan 1 till 4 timmar, där också slammet hygieniseras. Produkten blir ett lätt filtrerbart HTC-slamslurry som består av ett fast kolliknande material (HTC-kol) och ett HTC-processvatten. HTC-kolet kan enligt vissa försök uppnå en TS halt på mellan 50% och 70 % enbart genom mekaniskt avvattning. Reningsverken avvattnar idag slam till cirka 25 % TS inför transport till slutdestinationen som vanligtvis utgörs av användning som jordförbättringsmedel eller biogödsel. Slammet kan rötas före slutavvattningen vilket ger möjlighet att producera biogas och minska slamvolymerna som behöver hanteras. HTC-processen som läggs före slutavvattningen behöver kräver en TS-halt mellan 10-20 % TS.

Den här sammanställningen avhandlar miljöpåverkan av HTC-processen i jämförelse med dagens reningsverk och specifik för Hofors avloppsreningsverk, Gästrike Vatten, som inte tillämpar en anaerob slamstabilisering. Eventuella miljönyttor och -belastningar diskuteras dock även för anläggningar med slamrötning eller samrötning av avloppsslam med andra organiska restprodukter såsom matavfall m.m.

Syfte med miljöpåverkansbedömning

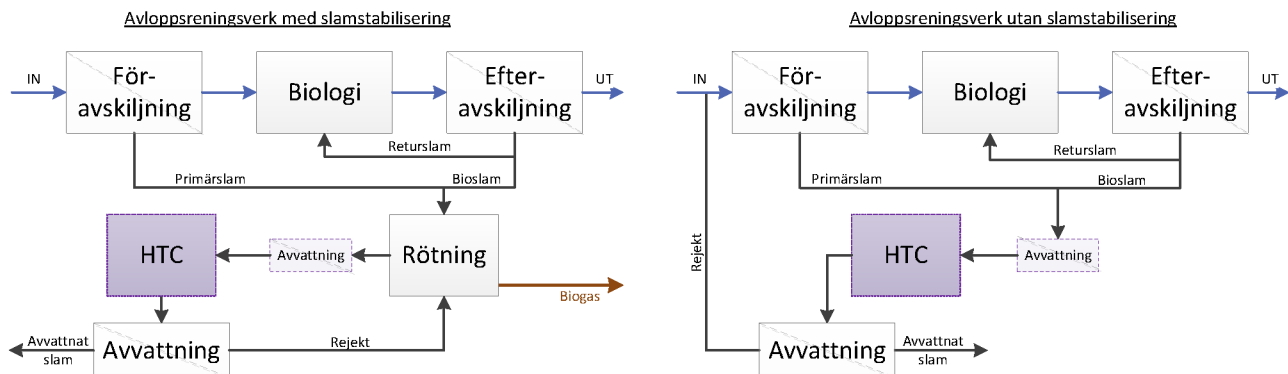
Miljöpåverkansbedömningens syfte är att söka förstå hur den totala miljöpåverkan av slamhanteringen skulle påverkas av HTC-processen samt för att identifiera nyckelaspekter för att minska resursanvändning och emissioner till miljön.

Att bedöma den totala miljöpåverkan

En systemanalys med hjälp av livscykelanalys metodik (LCA-metodik) genomförts på ett övergripande och beskrivande sätt. LCA innebär att exempelvis utvinning av jungfruliga råvaror som behövs vid tillverkning av el, olika kemikalier som används för att behandla avloppsvattnet m.m. tagits med i utvärderingen tillsammans med transporter. Detta innebär alltså att även den indirekta påverkan som slamhanteringen ger upphov till tas med i den sammanlagda miljöpåverkan. Pga. det tidigare stadiet av försöken med HTC har ingen kvantitativt (alltså LCA modellering) kunnat utföras och endast ett fåtal miljöpåverkanskategorier som t.ex. klimatpåverkan och övergödning har ingått i studien. Andra potentiella positiva och negativa miljöaspekter som HTC kan innebära tas dock med i diskussionen. Bedömningen nedan utgår dessutom från dagens slamhantering och hur en HTC implementering skulle påverka dess miljöpåverkan primärt. Även en sekundär inverkan tas upp då en HTC-behandling skulle kunna ändra på dagens slamhantering och medföra andra miljöaspekter jämfört med dagens slamhantering.

Direkta och indirekta miljöpåverkan av slamhantering vid avloppsreningsverk

Det studerade systemet utgörs av reningsverkets hantering av slam som uppstår från reningsprocess vilket omfattar både primär och bioslam. En hantering i nuläge kan inkludera både anaerob slamstabilisering med slutavvattning eller endast en slutavvattning av slammet innan transport för vidarehantering utanför reningsverket. En möjlig HTC-process skulle då placeras före slutavvattningen och därmed ligger efter ett eventuellt stabiliseringssteg med biogasutvinning. Dessutom skulle ett extra avvattningssteg behövas för att uppnå den torrhalten på 8-15%. HTC processen klarar TS mellan ca 5% till 20%. Ju högre TS desto mindre mängd vatten att värma som HTC-processen kräver. Den vanliga slamförtjockningen som reningsverk tillämpar före slamrötning eller slamavvattning skulle inte kunna uppnå dessa TS-halter.



Figur 1. Avloppsreningsverk med och utan slamstabilisering och placering av HTC-processen.

Lustgas- och metanemissioner – Klimatpåverkan (GWP)

Till den direkta miljöpåverkan som dagen slamhantering medför och som framförallt påverkar klimatet (miljöpåverkansfaktor (KPI): Global Warming Potential (GWP)) räknas direkta emissioner av lustgas (N_2O) från slammet vid hantering, lagring och transport. Dessa emissioner uppstår då de biologiska nedbrytningsprocesser i slammet fortsätter när slammet har lämnat reningssteget. Tillämpas en slamrötning så uppstår dessutom metanemissioner (CH_4) som slip vid röttningsprocessen och den efterföljande gashantering inkl. t.ex. uppgradering eller användning i en gasmotor. Vid rötning uppstår även metanemissioner vid den efterföljande avvattningen och vid transport och lagring av slammet. I dagens reningsverk kan dessa metan- och lustgasutsläppen endast reduceras genom en bättre och kontrollerad biologiskt nedbrytning av kväve och organisk material i slammet. Då praktiska begränsningar i både reningsprocessen och slamrötningen sätter gränser hur länge slammet kan brytas ner i processerna kan dock emissionerna inte undvikas helt. I vissa lägen kan dock tekniska åtgärder som t.ex. inkapslade lagringsutrymmen, efterrötning, syresättning m.m. möjliggöra att dessa direkta emissioner kan tas hand om. Även när slammet har lämnat reningsverket avgår en viss mängd lustgas och metan vid långtidslagring, transport, spridning på åkermark m.m. Mängden emissioner beror även här på hur stabiliserat slammet är när den lämnar reningsverket.

Läckage av näringsämnen - Övergödningspotential (EP) & Försurningspotential (AP)

Ett av reningsverkets primärsyfte är att på ett kontrollerat sätt avlägsna och ta hand om närsalter (kväve och fosfor) i avloppsvattnet. Närsalterna som inte bryts ner och avgår till atmosfären (kvävgas, lustgas, m.m.) hamnar i avloppsslammet i olika former. Återföring till åkermark har varit huvudmålet i svensk slamhantering för att tillgodose behovet av närsalter i jordbruket. Även om marksystemet är för heterogent och komplext för att kunna kvantifiera hur mycket av dessa näringsämnen som kan tas upp av växter så står det klart att en stor fraktion hamnar i recipienter via utläckage med markvatten och ytavrinning. Detta tas med i miljöpåverkansanalyser som Övergödningspotential (EP) och Försurningspotential (AP) som framförkallt härrör från förluster av Ammoniak (NH_3) som sker vid lagring och vid spridning på åkermark. Dessa läckage/förluster kan minimeras genom att återföra näringsämnen i rätt form så att de lätt kan tas upp av växterna samt att en överdosering och tidsoptimerad dosering sker. En återföring av rena näringsämnen i rätt form skulle möjliggöra att minska läckaget och samtidigt minska risken med kontaminering av mark med andra föroreningar som följer med slammet.

Spridning av tungmetaller och organiska föroreningar – Ecotoxicity (ETP)

Som exempel för spridning av föroreningar vid användning av slam på åkermark och jordförbättringsmedel kan tungmetaller kadmium, zink, koppar och även läkemedelsrester samt hormonstörande ämnen nämnas. Dessa ämnens förekomst, egenskaper och negativa miljöpåverkan har varit okända innan de hamnat i fokus under de senare decennierna. Andra viktiga faktorer att ta hänsyn till är att föroreningskoncentrationer i sig inte behöver innebära direkta problem, däremot utgör en ackumulering av ämnen och deras nedbrytningsprodukter över lång tid en potentiell fara för natur och människor. Dessutom är angreppssättet med haltbaserade kontroller begränsat till mer eller mindre känd miljöpåverkan av olika ämnen, då negativa effekter av nya eller ännu okända föroreningar som hamnar i slammet inte kan omfattas. En kvantifiering av ecotoxicitet av slammet är således fortfarande nästintill omöjligt.

Försiktighetsprincipen talar mot en direkt återföring av slam till åkermark när det är kontaminerat med tungmetaller och andra föroreningar. Förslagen till nya gränsvärden för kadmium (inom Naturvårdsverkets redovisning av regeringsuppdrag om återföring av fosfor 2013) har nyligen blåst liv i en gammal debatt där det framhålls att en hållbar återföring av fosfor till jordbruksmark skulle kunna äventyras, och då även p.g.a. halter av övriga föroreningar. Detta gäller i förlängningen även andra användningsområden som idag inte omfattas av certifiering, exempelvis i de fall där slammet används direkt som jordförbättrande material för deponitäckning, återställande av gruvtäkter m.m., trots att slutrecipienten av föroreningsläckage från detta slam likaväl är naturen. Dessa problem framkommer dock endast i fallet med en direkt återföring av slam men hindrar inte återföringen av rena närsaltsprodukter som sådan genom exempelvis fosforextraktion.

Substitution av fossila bränslen vid biogasproduktion - Klimatpåverkan (GWP) & Försurningspotential (AP)

Användning av biogasen som fordonsgas eller för produktion av el och värme ger en minskning av emissioner p.g.a. substitutionen av fossila bränslen som t.ex. bensin i fordon som annars skulle ha används för detta. En ökad biogasproduktion kan således kompensera för andra emissioner. Samtidigt behöver biogasläckaget vid slamhantering och uppgradering samt emissioner från biogasanvändning och produktion tas med i bedömning då redan en mindre fraktion av den totala biogasproduktionen (<6%) som läcker från hanteringen kan förstöra dessa miljövinster. Vid aneorob framställning av biogas bildas lika stora mängder metan och koldioxid. Rötning innebär en kolförlust att beakta i sammanhanget.

Energianvändning - Klimatpåverkan (GWP) & Försurningspotential (AP)

Energi behövs vid slamhantering framförallt för avvattningen och vid slamstabilisering för uppvärmning av rötammaren. Under ett normalår släpper den svenska elproduktionen ut cirka 20 gram CO₂/kWh vilket är lågt jämförd med utsläpp från nordisk elproduktion som uppgår till cirka 100 gram CO₂/kWh och utsläpp från europeisk elproduktion som uppgår till cirka 450 gram CO₂/kWh. Utsläppen varierar kraftigt med väderlek och tillrinning i vattenmagasinen. Koldioxidutsläppen ökar vid ökning av elproduktion baserad på olja, kol, torv, naturgas till följd av vädret eller besvärliga driftsituationer i kärnkraftverken. Även utsläpp av metan och lustgas förekommer från elproduktion. Generellt kan miljöpåverkan minskas genom att använda mindre energi samt genom att byta till el från endast förnyelsebara energikällor. Eller via en ökad nettoenergiproduktion med hjälp av slamrötning för att substituera and emissioner (se ovanför).

Kemikalieanvändning - Klimatpåverkan (GWP) & Försurningspotential (AP) & Icke förnyelsebara materialresurser (ADP)

Kemikalier som används vid slamhanteringen omfattar framförallt tillsatser vid slamavvattningen. Under tillverkningsprocessen av dessa kemikalier uppstår framförallt emissioner som leder till en klimatpåverkan och försurningspotential. Att minska emissioner vid tillverkningen är ett sätt vid kemikalietillverkningen att minska miljöpåverkan, vid reningsverk är det framförallt att minska doseringsbehovet vid avvattningen som skulle ge en minskad miljöpåverkan.

Transporter - Klimatpåverkan (GWP) & Försurningspotential (AP)

Flest slamtransporter sker i samband med transport av organiskt avfall och slam till lagring, spridning och täckning. Även kemikalietransporter och transporten av fordonsbränsle innebär transporter relaterade till

slamhanteringen. Att minska antal transporter, att maximera utnyttjande av befintlig lastutrymme eller att använda förnyelsebar bränsle såsom fordonsgas kan minska miljöpåverkan från slamtransporter.

Materielbehov - Icke förnyelsebara materialresurser (ADP)

Miljöindikatorn utarmning av icke förnyelsebara materialresurser visar hur mycket icke förnyelsebara materialresurser som gått åt under livscykeln framförallt för tillverkning av utrustning och reservdelar som krävs för att behandla slammet vid ett reningsverk. I ett större perspektiv bör även tillverkning av slamtransportfordon, spridningsredskap, lagerutrymmen etc. tas med dock skulle en sådan analys bli för omfattande. Vid reningsverk är det tillverkning av installationsmaterialen som har en betydande påverkan, detta beror framförallt på de materialresurser som krävs för tillverkningen stål och betong. Möjligheten att minska denna miljöpåverkan finns genom att använda så lite material med hög resursförbrukning som möjligt.

Andra miljöaspekter

Avloppsslam kan bära på smittämnen i form av bakterier, parasiter, virus, och svampar. De vanligaste patogenerna som man finner i svenska slam är Salmonella, Campylobacter, Giardia, Cryptosporidium, Escherichia coli, och andra enterokocker och stafylokocker samt norovirus som alla kommer in till reningsverken via avloppsvattnet. Det finns stora variationer i förekomst av levande oönskade mikroorganismer i slammet. Detta i kombination med att reningsprocesserna inte är optimerade för reduktion av patogener gör att det är svårt att förutse när ökade smittrisker förekommer. Tidigare har det inte funnits specificerade krav på förekomst av dessa ämnen i slam för användning på jordbruksmark eller annan mark i Sverige. Trots detta har vi hittills inte haft några nämnvärda smittproblem som kunnat spåras till slamspridning i Sverige. Detta är naturligtvis bra, men ger samtidigt inga garantier att det inte kan ske i framtiden. Smittskyddsinstitutet har länge jobbat för att införa en reglering som omfattar all markanvändning och de flesta är idag överens att en slamhygienisering behövs för en säker återföring till jordbruk. Idag täcks patogenkontrollen för spridda slam till åkermark in av reningsverkens Revaq-certifiering där rötning och långtidslagring (6 månader) hittills ansetts vara tillräckligt för att döda av de vanligaste patogena mikroorganismerna (Revaq 2015). En skärpning av hygieniseringskraven för avloppsslam avsedd för produktiv mark är dock att vänta enligt bl.a. Naturvårdsverkets utredning "Hållbar återföring av fosfor" (Naturvårdsverket 2013).

Eftersom slammet till stor del består av olika organiska föreningar som genomgår en biologisk nedbrytningsprocess, så uppstår det lukt i samband med all slamhantering. Slamstabilisering och vidaregående slambehandling som exempelvis torkning kan minska risken för luktstörningar från slutprodukten, dock kan ökade luktproblem uppstå lokalt vid själva behandlingen.

Hur påverkar HTC denna miljöpåverkan

Direkta emissioner:

Gasfas, ca 2% CO₂.

Biogasproduktion:

HTC-rejekt vatten från slutavvattningen har visat kunna öka biogasproduktionen vid befintliga anläggningar.

Energiförbrukning: Vid HTC-processen blir slammet infört i en syrefri miljö vid ett tryck på 20-25 bar och en temperatur på 180-220 °C. Själva reaktionen är i princip en exoterm process vilket innebär att energi i form av värme frigörs. Mängden energi som frigörs beror på typ och mängd av det organiska innehållet i den biomassa som behandlas. För avloppsslam och framförallt rötat slam är denna organiska andel lägre än vid andra substrat vilket medför att det krävs en extra extern värmekälla för att upprätthålla processen. En optimerad energiåtervinning kan dock minimera detta energibehov eller i bästa fall göra HTC-processen energineutralt.

Med användningen av HTC på avloppsslam kan det specifika energiinnehållet öka jämfört med avvattnat slam. Slutprodukten kan vidarebehandlas till pellets eller annat och kan ersätta fossila bränslen i befintliga förbränningsanläggningar. Tester visar att även kväve och svavel avlägsnas under processen med upp till 60

% vilket resulterar i ett renare bränsle (He m fl., 2013). Dessutom verkar HTC-processen utjämna kvalitetsskillnader i bränsleegenskaper i biokolet jämfört med utgångssubstratet (Liu och Balasubramanian, 2012). En studie utförd av Jeitz m fl. (2012) på VA-anläggningen i Kaiserslautern (Tyskland, 100 000 pe) där avloppsslam traditionell rötas, avvattnas mekaniskt, torkas och sedan tillförs förbränningen, hävdar att användning av HTC-processen skulle ge ett effektivare hanteringssystem. Den energin som produceras i vanliga fall i form av biogas och vid förbränning av slam skulle kunna ökas med 10 % om avvattnat slam istället direkt tillförs HTC-processen utan rötning samtidigt som 20 % av den elektriska och 70 % av den termiska energiförbrukningen kan sparas in. Liknande besparingspotential rapporteras av Excala m fl. (2011) som jämfört behandling av mekaniskt avvattnat slam med en TS på 30 % till en biokol med TS på 95 %. Jämfört med den traditionella behandlingen kräver HTC-behandlingen endast hälften av den elektriska energin och bara en fjärdedel av den termiska energin för att uppnå detta. Notera att värmeåtervinningen från HTC-processen som kan användas för att värma upp slammet inför processen inte ha tagits med i denna jämförelse. Även en komplettering med HTC-processen efter den traditionella avvattningen efter rötning skulle ge en vinst då den elektriska och termiska energiförbrukningen kan minskas mer än förlusten i den användbara energin.

Vid processen frigörs cellbundet vatten vilket medför en bättre avvattningsförmåga för HTC-behandlat slam. Rapporterade TS-halter genom mekanisk avvattning ligger på mellan 50% och 70%. Med tanke på att flest tester än så länge har utförts på labbskalenivå eller mindre pilotskala där erfarenheter visat att avvattningsförmågan överskattas, så ligger realistiska TS-halter av mekaniskt avvattnat HTC-slam på 40-60%. Appliceras HTC-processen på slam med en TS-halt på 9 % ökar avvattningsbarheten avsevärt efter HTC-processen och TS-halter på 52 % för anaerob stabiliserat och 70 % för ostabiliserat slam vid användning av endast mekaniska avvattningsteknik (centrifugering och press) har rapporterats (Excala m fl. 2011). Oavsett så kan mängderna slam minskas avsevärt med en bättre avvattning vilken minskar efterföljande transporter. Vid en eventuell torkning av slammet minskar energibehovet för slamtorkning avsevärt då torkningsprocessen börjar vid ett redan relativt högt TS-halt. Vid vissa termiska behandlingsmetoder som katalytisk förgasning som endast kräver en TS-halt på 60 % kan en torkning eventuellt helt faller bort. En bättre avvattningsförmåga innebär också att mindre mängd eller inga avvattningskemikalier behöver tillsättas och därmed minskar miljöpåverkan från kemikalieanvändningen.

Hydrotermisk förkolning kräver en mekanisk föravvattning vilket innebär en viss extra energiförbrukning. Kemikalier krävs troligtvis inte i denna avvattningssteget. Då en bättre slutavvattning kan uppnås utrustningen för denna ersätts med en ny energieffektivare slutavvattning som t.ex. skruvpressar och den gamla utrustningen (oftast dekantercentrifug) kan användas för avvattning före HTC. Genom detta skulle en ökning av det totala energibehovet för avvattningen vara minimal eller till och med längre än innan HTC-implementeringen.

Närsalter

Biokolet efter HTC-processen innehåller runt 92 % av totalfosfor från utgångssubstratet och drygt 50% av totalkvävet.

Att bestämma i projektet är hur mycket fosfor som binds i HTC-kolet då slam från reningsverk hydrotermiskt karboniseras vid olika pH:n. Resultat enligt föreliggande studie är ingen förändring noterats i intervallet pH 6-8.

Att bestämma i projektet är också hur mycket av fosfor som kan utvinnas ur HTC-kolet från slam genom lakning med syra och efterföljande utfällning i basisk miljö. Resultat enligt föreliggande studie är drygt 80% = $0,92 \times 0,90$.

Föroreningar

Organiska föroreningar kan brytas ner i HTC

Kemikalieanvändning

I HTC processen används endast organisk syra för mild sänkning av pH.

Transporter

Materialet kan efter HTC utan användning av kemikalier med enkla metoder avvattnas till mellan 40%-60% TS. Detta leder till mindre transportvolym av behandlat slam än för närvarande.

Materielbehov

HTC-processen och det extra avvattningssteget kräver en viss materialförbrukning vilket består framförallt av stål för utrustning och betong för fundament, byggnader etc. samt andra material för utrustningen. Jämfört med andra slamhanteringsprocesser är dock reaktionsvolymerna signifikant mindre och materialförbrukningen således mindre.

Andra aspekter

HTC-processen ger även en hygienisering av slammet eftersom processen sker vid 200C.

Under HTC processen bildas en mindre mängd gaser i huvudsak bestående av koldioxid och det kan eventuellt även bildas gaser som har lukt.

HTC-kolet bör även kunna utnyttjas för andra processer som t.ex. i slutpolering vid ARV för rening av läkemedelsrester för att ersätta kommersiell aktiv kol vilket skulle ge ytterligare miljöfördelar då tillverkning och regenerering av kommersiell aktiv kol kräver stora energiresurser och därmed påverkar miljön negativt.

Miljöpåverkan av HTC vid Hofors avloppsreningsverk

Reningsprocessen vid Hofors reningsverk kan betecknas som underbelastat och omfattar förbehandling, biologisk behandling enligt aktivslamprocessen och kemisk fällning för fosforreduktion med aluminiumsalt. Kemikalietillsatsen sker för att säkerställa utsläppskravet avseende fosfor. Slambehandlingen omfattar förtjockning och mekanisk avvattning med centrifug. Det avvattnade slammet omhändertas av entreprenör och slutanvändning utgörs av slamspridning. En möjlig ändring i processen till en förfällning för en ökad slamproduktion diskuteras.

HTC-processen skulle även helt kunna ersätta slamstabiliseringen (både med och utan extern substrat) då processen i sig garanterar en hygienisering och slutproduktens energivärde skulle ökas avsevärt. Dessutom sparas uppvärmningsenergin för röt-kammarna in och slipp av växthusgaser vid rötning och uppgradering undviks. Nackdelen skulle vara att ingen energi kan tillverkas från biogas vid reningsverk. Detta är dock endast relevant om extern inköpt elenergi är dyrare än el tillverkat på plats under användning av biogas.

1. Så stor del som möjligt av det organiska kolet i inkommande avloppsvatten bör föras över till slamfasen;
2. En så långtgående reduktion av fosfor som möjligt i vattenbehandlingen ger en potentiellt utmärkt möjlighet att återta fosfor i en anrikad form.
3. Det är en fördel om det avskilda slammet har en svagt sur karaktär (pH gärna ca 6- 6,5). Denna effekt kan förstärkas om aktivslamsystemet kan drivas med en kontrollerad nitrifikation. En sådan situation förstärks av att en förfällning drivs. Den organiska belastningen på biologin minskar härigenom, se ovan och möjligheterna till en kontrollerad nitrifikation förstärks. Denna biologiska process är surgörande genom att nitrater bildas. Detta är således en fördel för HTC-processen, samtidigt som ett utsläpp av ammonium från Hofors ARV begränsas.

Frånvaron av en anaerob slamrötning vid anläggningen kan bedömas som fördelaktigt för en HTC implementering då utgångssubstratet då har en högre andel organiskt material som ger ett energirikare HTC-kol. Dessutom har avvattningstester visat att ostabiliserat slam som behandlat med HTC kan avvattnas till högre TS genom mekaniskt avvattning än stabiliserat slam som behandlats med HTC. Detta minskar transportbehovet och eventuella läckage från det avvattnade HTC-slammet. Samtidigt är detta endast fördelaktigt om HTC-kolet sedan används som ersättning för fossila bränslen.

Relaterade studier

Baier m fl. (2013) har genomförda miljöbedömningar av flera olika slamhanteringssystem i Schweiz med termiskt behandling av slam i mono-, sam-, eller cementförbränning som slutsteg. HTC-processen ingår som ett alternativ i flera upplägg; som behandlingssteg direkt efter vattenreningen eller efter anaerob stabilisering i olika förbränningsalternativ. Systemupplägg med HTC som en del representerar genomgående det bästa miljöalternativet oavsett påverkanskategori (klimatpåverkan, eutrofiering, försurning, ekotoxicitet (mark och vatten), toxicitet, m.m.). Samma studie har också visat genom pilot och fullskaletester att avvattningsförmågan av biokolet ökar avsevärt och att fosfor kan återvinnas bra från HTC-biokol. Utöver det har testerna visat att andelen fosfor i biokolet ligger generellt högre än den i askan från slamförbränning och att den något lägre pH i biokolet minskar förbrukningen av syra vid användning av utlakningsmetoder för fosforåtervinning. Rejektvattnet från HTC-processen har visats kunna behandlas i antingen aeroba eller anaeroba system system.

Slutsatser och rekommendation för vidareförande arbete

Följande potentiella miljöpåverkan av HTC-processen har identifierats och beskrivits i avsnitten ovan.

Tabell 1. Summering av positiva och negativa miljöpåverkan av HTC-processen.

Positiv miljöpåverkan	Negativ miljöpåverkan
<ul style="list-style-type: none">Hygenisering av slam	<ul style="list-style-type: none">Eventuella toxiska nedbrytningsprodukter i HTC-rejekt och HTC-slam
	<ul style="list-style-type: none">Eventuella luktproblem
<ul style="list-style-type: none">Ökad biogasproduktion	
<ul style="list-style-type: none">Inga utsläpp av klimatgaser vid efterbehandling av rötresten	
<ul style="list-style-type: none">Mindre transportvolym för behandlat slam.	
<ul style="list-style-type: none">Minskad kemikalieanvändning vid efterbehandling	
<ul style="list-style-type: none">Återvinning av fosfor och andra mineraler	
<ul style="list-style-type: none">Kolet kan användas som biobränsle eller för kemisk/tekniska insatsvaror	

Som nästa steg rekommenderas en kvantitativ livscykelanalys enligt ISO 14044 där alla inflöden till och utflöden från systemet inventeras kvantitativt så långt detta är praktiskt möjligt. Alla flöden hänförs då till en så kallad funktionell enhet (räknebas). De olika flödena klassificeras sedan, dvs. hänförs till påverkanskategorier, såsom emissioner med klimatpåverkanspotential, uttag av naturresurser osv. Som bas kan data från en planerad HTC-pilot i kombination med uppskalningar och data från reningsverk användas.

Det bör också tas med i framtida uppskalningar att generellt sett så blir miljöpåverkan mindre per ton behandlad slam för den större anläggningen, för alla miljöpåverkanskategorier, förutsatt att anläggningen utnyttjas enligt designkapaciteten.