

Sjøvann kan framskynde overgangen til sirkulærøkonomi og effektivisere fosforgjenvinning

Av Sina Shaddel og Tonje Grini

Sina Shaddel har bachelor og master fra Iran innen kjemisk prosesseteknologi, og er i dag doktorgradsstipendiat ved Institutt for Bygg- og Miljøteknikk (IBM) ved NTNU i Trondheim. Før han startet på sin doktorgrad jobbet han i 5 år, blant annet som prosessingeniør innen vannbehandling. Tonje Grini er mastergradsstudent innen Vann og Miljø, også ved IBM, hvor hun skriver sin master for Recover-prosjektet under veiledning av Sina Shaddel og Stein W. Østerhus. Recover er et forskningsprosjekt med fokus på gjenvinning av ressurser fra avløpsvann, med vekt på nitrogen, fosfor og karbon.

Summary

Seawater can accelerate the transition towards circular economy and make phosphorus recovery more efficient. Phosphorus (P) from rock phosphate is a limited resource, and increasing demand will make the phosphorus situation challenging in the coming century. With the transformation to circular economy in the wastewater industry, we wish to make recovery of P more efficient. In wastewater utilities with biological P removal there is a great potential to crystallize P as struvite. This process needs an addition of magnesium, and an alternative to commercial magnesium salts is seawater, which is both cheap and unlimited.

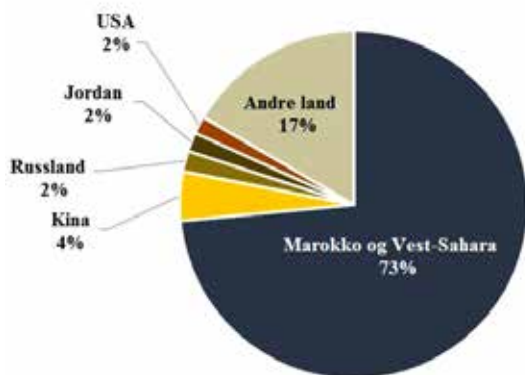
Sammendrag

Fosfor fra fosfatbergarter er en begrenset ressurs, og en stadig voksende etterspørsel vil gjøre fosforsituasjonen i verden tilspisset det kommende århundret. Med utviklingen av en sirkulær økonomi i avløpsbransjen ønsker man å effektivisere gjenvinning av blant annet fosfor. Ved renselanlegg med biologisk fosforfjerning er det et stort potensiale for krystallisering av fosfor som struvitt. Dette krever en ekstern magne-

siumkilde, og et alternativ til kommersielle magnesiumsalter er sjøvann, som både er billig og ubegrenset.

Overgang til sirkulær økonomi i avløpssektoren

Over hele verden har overgangen til sirkulærøkonomi blitt et viktig grep i utviklingen mot et mer bærekraftig samfunn. Særlig har redesign av konvensjonelle prosesser og praksis for å utnytte energi og ressurser i avløpsvann blitt en viktig del av EUs mål om å beskytte begrensede ressurser. Målet er å øke graden av gjenvinning og resirkulering slik at vi forhindrer en framtidig uttømming av ikke-fornybare ressurslagre. Dette er blant annet viktig for fosfor som vi i dag får fra fosfatbergarter som er i fare for å bli tomme i løpet av det kommende århundret. Eksport av fosfor er også begrenset til en håndfull land i verden, og Europa importerer det meste av mineralisk fosfor fra kun ett land, nemlig Marokko (Childers, Corman, Edwards, & Elser, 2011). En ny praksis for resirkulering av fosfor er dermed helt nødvendig for å sikre tilgangen på fosfor også i framtiden. For å overholde utslippskravene

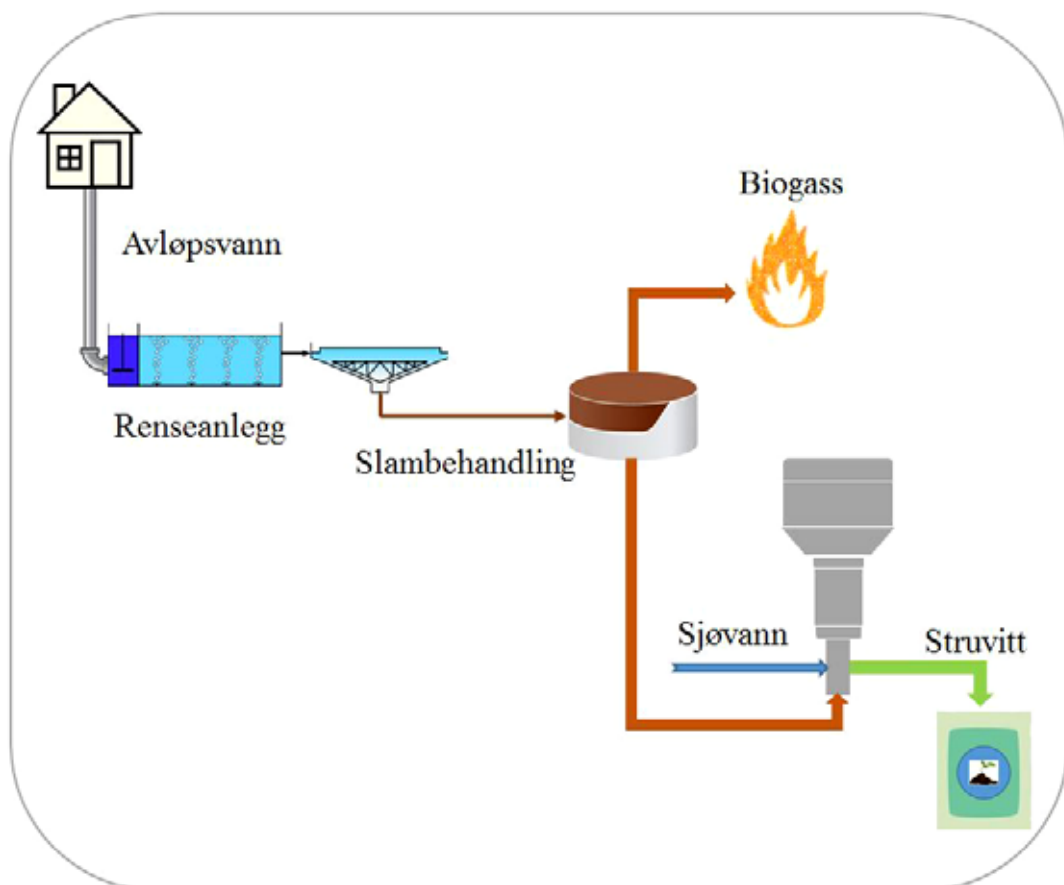


Figur 1: Estimert fordeling av globale fosforreserver (D. Kok et al., 2018)

for næringsstoffer og hindre gjengroing av rør gjenvinner noen avløpsrensplanlegg i dag fosfor i form av struvitt. Fordelen med dette er at det også har potensiale som gjødselprodukt.

Struvitt som problemløser og inntektskilde

Struvitt er et mineral som består av magnesium, ammonium og fosfat ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$, på engelsk forkortet MAP, som ikke må forveksles med gjødselvaren monoammoniumfosfat), som historisk sett har vært en «trouble maker» i rensplanlegg hvor det har forårsaket tap av kapasitet og store vedlikeholdskostnader. Det har et høyt potensiale for utfelling i rensplanlegg med biologisk fosforfjerning der anaerob nedbryting av slammet frigjør store mengder fosfat og ammonium til vannfasen. Dette, sammen med struvittens gode gjødselgenskaper og simultan gjenvinning av ammonium, har gjort kontrollert utfelling av struvitt til en foretrukket måte å gjenvinne fosfor på (Muster et al., 2013). Ulike teknologier er utviklet i blant annet USA,



Figur 2: Forenklet flytskjema for struvittanlegg med sjøvann som magnesiumkilde

Nederland og Japan, og vi skal ikke lenger enn til Danmark før vi finner anlegg som produserer og selger struvitt. Blant annet har Herning renseanlegg anslått at de vil spare ca. 200 000 DKK per år i vedlikeholdskostnader, og at de vil selge struvitt i form av produktet PhosphorCare™ for rundt 500 000 DKK per år som gjødsel, dvs. 200 tonn struvitt. Ved Åby renseanlegg i Århus regner de med å kunne oppnå 45-60% gjenvinning av fosforen inn til anlegget med struvitt (Miljøministeriet, 2014), og at de skal kunne selge sluttproduktet for opp mot 3000 DKK/tonn (Aarhus Kommune). Enten målet er å senke vedlikeholdskostnader eller tjene penger på å selge et sluttprodukt, så vil gjenvinning av fosfor i form av struvitt kunne bidra til mindre import

av fosfor. I tillegg vil man få bedre kontroll på planteopptak og avrenning ved bruk av struvittgjødsel sammenlignet med bruk av behandlet slam med kjemisk bundet fosfor.

Kan sjøvann gjøre fosfor-gjenvinning mer lønnsomt og bærekraftig?

Uavhengig av teknologi krever struvittproduksjon fra kommunalt avløpsvann en ekstern magnesiumkilde. Det som brukes mest er magnesiumklorid ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) og andre magnesiumsalter, som i alle tilfeller begrenser hvor bærekraftig og lønnsom prosessen er. For at hele prosessen skal være i tråd med bærekraftprinsippet og for å senke kostnadene må vi finne



Figur 3: Sina Shaddel (doktorgradsstipendiat) og Tonje Grini (masterstudent) viser fram struvitt som er produsert fra avløpsvann og sjøvann, her fra avløpslaboratoriet til NTNU i Trondheim.

alternative metoder. For renseanlegg nær kysten er sjøvann foreslått som en mulig fornybar og rimelig magnesiumkilde. Sjøvann inneholder ca. 1,2-1,3 g/L magnesium, og med et relativt lavt innhold av kalsium har man oppnådd høy fosforgjenvinning og et rent sluttprodukt ved utfelling i urin. Foruten en pilot-studie i Japan er det imidlertid lite forskning på bruk av sjøvann til struvittproduksjon fra kommunalt avløpsvann, selv om denne studien konkluderer at sjøvann er et godt alternativ. På bakgrunn av denne og andre studier har vi derfor forsket på bruk av sjøvann gjennom Recover-prosjektet som NTNU er en del av. Målet vårt har blant annet vært å finne ut om man vil få utfelling av andre mineraler, slik som kalsiumfosfat – siden sjøvann inneholder en del kalsium- og om fosforgjenvinningen kan måle seg med det man oppnår med rene magnesiumsalter. Blant annet vil bruk av sjøvann fortynne konsentrasjonen av fosfat og ammonium i fellingsmediet, og dermed senke potensialet for utfelling. Det man har funnet i andre studier er at mengden magnesium i forhold til fosfat (Mg:P) og pH er to av de viktigste faktorene for utfelling. For å oppnå en høy fosforgjenvinning med struvitt er det fordelaktig med en basisk løsning og Mg:P > 1, og man kan til en viss grad kompensere for en lavere pH ved å heve Mg:P. Dermed sparer man kostnadene ved pH-justering med f.eks. lut ved å tilsette mer av en billig magnesiumkilde, slik som sjøvann er. Selvsagt vil andelen sjøvann være begrenset av hvor mye fellingsmediet kan fortynnes før man får en undermettet løsning, samt hvor mye salt som kan returneres til den biologiske renseprosessen før det vil ha innvirkning på biologisk aktivitet og slamkvalitet. Siden dette er en prosess som egner seg best for rejektivann fra avvanning av utrånnet slam, vil allikevel sjøvannet utgjøre en svært liten del av total mengde avløpsvann. Konsentrasjonene av løst fosfat og ammonium vil også være høye i utgangspunktet slik at noe fortynning vil være mulig. Utfra våre resultater ser sjøvann ut til å egne seg godt som magnesiumkilde, og kan i tillegg der det er tilgang på det vurderes som et alternativ til kjemikalier.

Et potensiale i Norge?

Ettersom struvittutfelling har best forutsetninger i anlegg med biologisk fosforfjerning, er mulighetene for dette per i dag begrenset til et fåtall anlegg i Norge. På grunn av et høyt krav til lett tilgjengelig karbon i avløpsvannet er det fortsatt diskusjoner om hvorvidt norske forhold er egnet for en slik prosess i det hele tatt. Enda mer snevert blir utvalget av aktuelle renseanlegg hvis man ser på utnyttelse av sjøvann for struvittproduksjon. Mye vil også avhenge av om det er politisk vilje i Norge til å øke selvforsyningsgraden av fosfor og gjøre oss bedre rustet mot en eventuell råvarekrise. Konsulentbransjen tilegner seg stadig større erfaring fra utbygging av struvittanlegg i andre land, og flere nasjonale og internasjonale forskningsprosjekter på ressursgjenvinning viser at det er stor interesse og et behov for en effektivisering av fosforgjenvinning også her til lands. Recover-prosjektet ønsker å bidra til økt faglig kompetanse innen gjenvinning av næringsstoffer fra avløpsvann, og dermed gi norsk avløpsbransje gode forutsetninger for å ta del i utviklingen mot en sirkulær økonomi.

Referanser

Aarhus Kommune. (11.05.2016). Fra slam til guld.

Childers, D. L., Corman, J., Edwards, M., & Elser, J. J. (2011). Sustainability Challenges of Phosphorus and Food: Solutions from Closing the Human Phosphorus Cycle. *BioScience*, 61(2), 117-124. doi:10.1525/bio.2011.61.2.6

D. Kok, D.-J., Pande, S., van Lier, J., R. C. Ortigara, A., Savenije, H., & Uhlenbrook, S. (2018). *Global Phosphorus Recovery for Agricultural Reuse*. Miljøministeriet. (2014). *Fosforgjenvinding ved struvittutfældning - Forøget fosforgjenvinding fra spildevand og slam*. Retrieved from http://stjerniholm.dk/wp-content/uploads/2017/11/Rapport_foroget_fosforgjenvinding_som_struvit.pdf

Muster, T. H., Douglas, G. B., Sherman, N., Seeber, A., Wright, N., & Güzükar, Y. (2013). Towards effective phosphorus recycling from wastewater: Quantity and quality. *Chemosphere*, 91(5), 676-684. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.057>