



Svarsboken VA

Dina frågor finns nog till stor del redan besvarade av oss!

Ett urval av våra svar till olika problemställningar inom VA-området från de senaste veckorna

www.ivl.se/publikationer

www.hammarbysjostadsverk.se/publikationer

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00, Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se

Innehåll

Pilotförsök med MembranBioReaktor för avloppsvattenrening Delrapport 1 - Försöksår 1	1
Behandling av biologiskt renat avloppsvatten med ozon eller aktivt kol	2
Activated carbon for the removal of pharmaceutical residues from treated wastewater	3
Deammonification Synthesis report 2014	4
Ammonium Feedback Control in Wastewater Treatment Plants	5
Slamavvattning i kommunala reningsverk - Nuläget, begränsningar och perspektiv	6
Metoder för fosforåtervinning ur avloppsslam	7
Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk	8
Transport and fate of silver as polymer-stabilised nanoparticles and ions in a pilot wastewater treatment plant, followed by sludge digestion and disposal of sludge/soil mixtures: A case study.	9
Reclaimed Wastewater Use Alternatives and Quality Standards - From Global to Country Perspective: Spain versus Abu Dhabi Emirate	10
Membranfiltrering och fällning för behandling av kommunalt avloppsvatten - En innovativ metod för högre resurseffektivitet	11
Increased total efficiency in sewage treatment (ITEST) - Evaluation report	12
Monitoring, investigation and analysis of pathogens in MBR treated water at Hammarby Sjöstadsvverk, Stockholm	13

Pilotförsök med MembranBioReaktor för avloppsvattenrening Delrapport 1 - Försöksår 1

Oscar Samuelsson, Hugo Royen, Elin Ottosson, Christian Baresel, Klara Westling, Rune Bergström, Lars Bengtsson, Jingjing Yang, Sofia Andersson, Anders Björk, Niklas Dahlén, Christer Laurell, Erik Lindblom, Jonas Grundestam

Det finns ett växande intresse för kommunal avloppsvattenrening med membranteknik i Sverige. Fördelarna med membranteknik är att låga utsläpps- och partikelhalter kan uppnås på en liten anläggningsyta. Den största nackdelen är en ökad energi-förbrukning, på grund av den ökade luftning för rengöring av membranerna och stora recirkulationsflöden som innebär ökad pumpenergi. Stockholm Vatten har beslutat att införa membranteknik i befintliga volymer på Henriksdal avloppsreningsverk. Detta för att klara både framtida skärpta utsläppskrav och en ökad belastning (fördubblad till år 2040, jämfört med dagens belastning). Ökningen orsakas av avvecklingen av Bromma reningsverk i kombination med en allmän befolkningstillväxt.

Försök med en MembranBioReaktor (MBR) har under ett år genomförts på Hammarby Sjöstadsvverk där en skalenlig pilotanläggning med membranteknik, Sjöstadsvverkets Linje 1, har jämförts med en konventionell reningsanläggning, Henriksdal. Flödena under försöket motsvarade prognosticerade flöden för Henriksdal år 2040. Fyra olika driftsfall studerades i pilotförsöken där inflödet av avloppsvattnet varierade mellan: konstant medelflöde, dynamiskt medelflöde och maximalt flöde (förväntad maximal veckobelastning år 2040). Följande slutsatser kunde dras:

- Förväntade utsläppskrav, < 0,2 mg/L Tot-P och < 6 mg/L Tot-N, var möjliga att uppnå under minst en månad för samtliga driftsfall. Vid maximalt flöde tilläts en högre dos av både järnsulfat och kolkälla.
- Vid normal dosering av järnsulfat noterades ingen negativ effekt med fouling på membranerna. Det fanns inte heller några indikationer på att förbrukningen av järnsulfat, vid normal dosering, skilde sig i MBR-systemet jämfört med Henriksdal. Vid maximala belastningsfallet doserades en högre halt järnsulfat vilket resulterade i låg utgående fosfathalt kring 0,1 mg/L. Det fanns dock en indikation på att förhållandet mellan avskild mängd fosfor per doserad mängd järn försämrades vid den högre dosen.
- Membranerna hade en hög medelpermeabilitet och robust avskiljning av partikulärt material under hela försöksåret. Slammets filtrerbarhet analyserades med två mätmetoder inom ett examensarbete. Filtrerbarheten förbättrades under tiden som försöket pågick, och var god enligt mätmetodernas referensvärden.
- Membranerna rengjordes med kemikalier, oxalsyra och natriumhypoklorit, vid fem tillfällen. Vid ett av dessa tillfällen analyserades halten klororganiska föreningar, AOX, i utgående vatten. AOX ökade under det dygn som rengöringen genomfördes från 0,03 till 0,6 mg/L i utgående vatten. Efterföljande dygn var halterna åter 0,03 mg/L.
- Det var möjligt att hålla en hög slamhalt i Sjöstadsvverket Linje 1, 4000 -10 000 mg/L, genom hela försöket. Även den totala slamåldern var hög jämfört med traditionella system; 15-50 dygn. En jämförelse mellan slammets aktivitet; nitrifikations- och denitrifikationshastighet, visade dock att aktiviteten var lägre i MBR-systemet än i Henriksdal.
- Nitrifikation noterades i MBR-reaktoren vid belastningstoppar av ammonium. Detta gjorde att nitrifikationen, från systemet i sin helhet, var fullständig under hela försöksåret.

Behandling av biologiskt renat avloppsvatten med ozon eller aktivt kol

Christian Baresel, Mats Ek, Mila Harding, Rune Bergström

Behandling med ozon respektive granulerat aktivt kol (GAC) har jämförts för ytterligare rening av ett redan väl kemiskt och biologiskt behandlat avloppsvatten. Avloppsvattnet togs från försöksanläggningen Hammarby Sjöstadswerk där inkommande vatten till Henriksdalsverket behandlats genom förfällning, fördenitrifikation, nitrifikation och efterdenitrifikation i en MBR i pilotskala. Processen är den som planeras för den kommande utbyggnaden Henriksdalsverket, och ger ett partikelfritt vatten.

Reningen i pilotanläggningen är mycket effektiv, men ytterligare avskiljning av en del organiska föreningar kan på sikt komma att krävas. Det gäller särskilt en del läkemedelsrester. Extra steg med ozonbehandling eller aktivt kol är de mest aktuella, och har testats i denna studie i en skala på ca 1 m³/tim. Koncentrationerna av 37 läkemedelsrester och ett antal fenoliska ämnen har analyserats före och efter behandlingarna.

Ozon testades i doser mellan 3 och 13 g/m³. 9 av de 18 detekterbara läkemedlen i vattnet från MBR-piloten avlägsnades redan vid 3 g ozon/m³. Efter 5 g/m³ återstod 6 föreningar i mätbar halt, och efter 7 g/m³ endast 3 stycken (atenolol, metoprolol och oxazepam). Efter 13 g/m³ återstod endast oxazepam (18 ng/L). Bland fenolära föreningar avlägsnades triklosan och bisfenol A effektivt vid 7 g ozon/m³. Nonylfenol och oktylfenol var betydligt mer stabila, och halterna halverades bara vid 7 g/m³. 13 g ozon/m³ gav inte mycket bättre effekt. En metod att reglera ozondos efter behov diskuteras.

Granulerat aktivt kol (GAC) testades i en anläggning med automatisk backspolning när bädden tenderade att sätta igen. Huvuddelen av analyserna gjordes när ca 6 800 bäddvolymeter hade passerat, motsvarande ca 13 m³/kg kol. Avskiljningen avtar normalt med belastningen, men har i tidigare försök visats vara acceptabel åtminstone till 25 000 bäddvolymeter eller 50 m³/kg kol. Kontakttiden i bädden (EBCT) tyckts inte påverka avskiljningen i intervallet 10 till 18 minuter.

Avskiljningen av läkemedelsrester var generellt bättre med GAC än med 7 g ozon/m³, och för oxazepam även klart bättre än vid 13 g ozon/m³. Oktylfenol och triklosan reducerades bra, men inte nonylfenol och bisfenol A. Nya analyser vid högre belastning krävs dock för att bedöma avskiljningen över kolets hela tekniska livslängd. Kompletterande analyser efter runt 16 700 Empty Bed Volumes (EBV), motsvarande drygt 32 m³/kg kol, tyder dock på en fortsatt bra reningseffektivitet.

Reningen med ozon och GAC jämfördes också med reningen vid omvänd osmos (RO) inom en annan aktivitet av projektet. RO var effektivare än både ozon och GAC, men är totalt sett betydligt mer resurskrävande.

Avloppsvattnets färg minskade kraftigt med de två metoderna, men allra mest med ozon. Övriga parametrar påverkades mindre, men en ytterligare desinfektion av det redan ganska rena vattnet noterades med båda metoderna.

Varje enskilt ämnes gränsvärde gällande möjlig påverkan på recipienten (PNEC) samt det aktuella reningsverkets initiala utspädning i recipienten bör styra reningsgraden.

Vid en jämförelse mellan metoderna bör även kostnader (kapital- och driftkostnader) samt totala resursförbrukning tas i beaktan. Även en livscykel analys över den totala miljöpåverkan av dessa metoder bör ingå. Dessa beräkningar är ännu inte slutförda, men ozon blir troligen billigare än GAC vid samma grad av rening.

Activated carbon for the removal of pharmaceutical residues from treated wastewater

Mats Ek, Christian Baresel, Jörgen Magnér, Rune Bergström and Mila Harding

Pharmaceutical residues, which pass naturally through the human body into sewage, are in many cases virtually unaffected by conventional wastewater treatment. Accumulated in the environment, however, they can significantly impact aquatic life. The present study indicates that many pharmaceutical residues found in wastewater can be removed with activated carbon in a cost-efficient system that delivers higher resource utilisation and security than other carbon systems. The experiment revealed a substantial separation of the analysed compounds, notwithstanding their relatively high solubility in water and dissimilar chemical structures. This implies that beds of activated carbon may be a competitive alternative to treatment with ozone. The effluent water used for the tests, performed over 20 months, originated from Stockholm's largest sewage treatment plant. Passing through a number of different filters with activated carbon removed 90–98% of the pharmaceutical residues from the water. This paper describes pilot-scale tests performed by IVL and the implications for an actual treatment plant that has to treat up to several thousand litres of wastewater per second. In addition, the advantages, disadvantages and costs of the method are discussed. This includes, for example, the clogging of carbon filters and the associated hydraulic capacity limits of the activated carbon.

Deammonification Synthesis report 2014

Jozef Trela, Andriy Malovanyy, Jingjing Yang, Elzbieta Plaza, Karol Trojanowicz, Razia Sultana, Britt-Marie Wilén, Frank Persson, Christian Baresel

Nitrogen removal in wastewater treatment plants (WWTPs) is one of the most crucial end-of-pipe actions by which society can protect the environment from anthropogenic nitrogen loads that would otherwise have a negative impact on natural water systems. Without nitrogen removal from municipal wastewater, many ecosystems would have more problems with eutrophication and oxygen depletion and algae blooming as result, as challenges in regions such as the Baltic Sea illustrate. An increasing population and the restoration, or at least maintenance, of our ecosystem will in the future require even more stringent nitrogen removal targets than we have today.

Nitrogen removal in WWTPs is also one of the most resource-intensive processes, which requires both a high amount of energy needed for aeration in the nitrification process as well as external carbon sources addition in the form of methanol/ethanol for the denitrification process. As the use of these resources contributes to impacts on our environment, reducing energy and resource consumption in nitrogen removal is one of the most focused research and development (R&D) areas in wastewater treatment worldwide.

The most significant step towards a more sustainable nitrogen removal has been accomplished with the implementation of the deammonification process based on nitritation/anammox in side-stream treatment, i.e. the treatment of ammonium-rich supernatant from digested sludge dewatering. However, the process can be improved further in many different ways.

The upcoming application of the deammonification process is for the mainstream, i.e. wastewater with low concentration and temperature. The pioneering work by a group consisting of researchers and experts from the Royal Institute of Technology (KTH) and IVL Swedish Environmental Research Institute has a significant share in this research field.

This Synthesis report provides an overview of the work performed by the KTH/IVL R&D-group at the R&D-facility Hammarby Sjöstadswerk in Stockholm since the collaborative activities were initiated in 2008. The expertise of KTH stretches longer back than this (starting from year 1999 with first studies in laboratory scale), but this report has the aim to present the KTH/IVL research of the last years (2008-2014) and provide an overview of the expertise and potential that the group has within the field of deammonification in all its applications.

The main competences and research focus of the KTH/IVL group includes:

- Side-stream deammonification process operation and control
- Mainstream deammonification process operation and control
- GHG-emissions measurement and control from deammonification processes
- Holistic WWTP-system approaches including deammonification processes

This Synthesis report does not include a review of the research groups' activities in relation to other international research. However, the included review of performed research and listed publications will provide an indication of the group's activities. In addition, interested collaboration partner are invited to see the actual work at the R&D-facility Hammarby Sjöstadswerk.

The shared goal by the group members is clear: Side-stream and Mainstream Deammonification process for Energy Positive Nitrogen Removal as a part of creating water resource recovery facilities previously known as wastewater treatment plants.

Ammonium Feedback Control in Wastewater Treatment Plants

Linda Åmand

The aeration process is often the single largest consumer of electricity in a wastewater treatment plant. Aeration in biological reactors provides microorganisms with oxygen which is required to convert ammonium to nitrate. Ammonium is toxic for aqueous ecosystems and contributes to eutrophication. The importance of aeration for the treatment results in combination with the high costs motivates automatic control of the aeration process.

This thesis is devoted to ammonium feedback control in municipal wastewater treatment plants. With ammonium feedback control, the aeration intensity is changed based on a measurement of the outlet ammonium concentration. The main focus of the thesis is design, implementation, evaluation and improvement of ammonium PI (proportional-integral) controllers.

The benefits of ammonium feedback control are established through long-term experiments at three large wastewater treatment plants in Stockholm, Sweden. With ammonium feedback control, energy savings up to around 10 % were achieved compared to keeping the dissolved oxygen concentration constant. The experiments generated several lessons learned with regard to implementation and evaluation of controllers in full-scale operation.

The thesis has established guidelines on how to design ammonium feedback controllers for situations when cost-effective operation is the overall aim. Simulations have demonstrated the importance to limit the dissolved oxygen concentration in the process and under what conditions the energy saving with ammonium feedback control is large.

The final part of the thesis treats improvements of ammonium PI control through minor modifications to the control structure or controller. Three strategies were studied: gain scheduling control, repetitive control, and a strategy reacting to oxygen peaks in the last aerobic zone. The strategies all had their benefits but the ammonium feedback controller was the key factor to improved aeration control.

Slamavvattning i kommunala reningsverk - Nuläget, begränsningar och perspektiv

Christian Baresel, Maximilian Lüdtke, Erik Levlin, Uwe Fortkamp, Östen Ekengren

Slamhanteringen på kommunala reningsverk står inför förändringar. Inte minst på grund av de ökade kraven på restkoncentrationer av olika föroreningar i slammet blir slamspridningen en allt större utmaning. Detta har uppmärksammats på senare år och bl.a. reningsverkets branschorganisation jobbar aktivt med frågan (Svenskt Vatten, 2013). Tekniska möjligheter att minska t.ex. tungmetaller i avloppsslam har nått en gräns där ytterligare steg inte är rimliga. Även i uppströmsarbeten har problem att minska föroreningsnivåer för att klara framtida utsläppskrav för slam uppdragats. Eftersom krav på återvinning av näringsämnen samtidigt blir allt tydligare och intresset för att utnyttja slam som en energiresurs blir allt större, kommer olika andra slambehandlingsmetoder spela en allt viktigare roll i framtiden.

De flesta av alternativen för slamhantering kräver ett behandlingssteg där vattenhalten i slammet minskas för att möjliggöra en vidarebehandling av slammet. Detta inkluderar olika sätt såsom gravimetrisk, mekanisk och termisk avvattning som presenteras i denna rapport. Möjligheter och potential, men även nackdelar med de olika teknikerna diskuteras. Eftersom vissa slamhanteringsmetoder som t.ex. slamförbränning redan nu kan antas spela en viktig roll i framtidens slamhantering, så kommer även slamtorkningen få en viktig roll som ett nödvändigt försteg.

Tyskland, som är EUs största slamaktör, samt andra länder, tas som ett exempel upp hur slamhantering ser ut idag och hur utvecklingen kommer att ske i framtiden. Det är viktigt att nämna att Tyskland och andra länder har haft en egen tradition vad gäller slamhanteringen och att den infrastrukturen som finns därmed är utgångspunkten för deras vidareutveckling. Sverige har andra förutsättningar och därmed också möjligheter att utveckla egna strategier (Baresel m fl., 2014).

Utöver avvattningseffektiviteten bedöms även kostnader och potentialen. Notera att presenterade siffror endast återger rapporterade värden från olika källor som används i rapporten samt erfarenheter från samarbeten med olika reningsverk (bl.a. European Commission, 1999; Rönnlund 2003; ATV-DVWK 2004; WEAT, 2012; DWA 2013; PURE 2014; m.m.). Enstaka tester, labbförsök eller teknikutveckling kan därmed visa upp lägre eller högre värden än vad som presenteras nedan. Potentialbedömningen beskriver möjligheten att i en snar framtid kunna utveckla tekniken till en användbar och kostnadseffektiv avvattningsteknik i avloppsreningsverk. Med detta avses högre TS halter än vad som erhålls i dag. Observeras bör att flera av de beskrivna teknikerna kan ingå i ett flerstegsbehandlingssystem, exempelvis centrifug före ett torksteg.

Rapportens författare bedömer att det finns en del tekniker som har en större potential än andra och som samtidigt är kompaktare och kräver mindre resurser för drift. Till dessa kan främst torkningstekniker räknas. Dessutom finns tekniker som än så länge finns mest på ritbordet och som därför är svårt att bedöma med avseende på kostnader och potentialen. Dessa borde dock testas i t.ex. pilotskala för vidareutveckling.

Metoder för fosforåtervinning ur avloppsslam

Erik Levlin, Kåre Tjus, Uwe Fortkamp, Mats Ek, Christian Baresel, Ola Palm, Emilie Ljung

Fosfor är en globalt begränsad resurs som är viktig som näringsämne för livsmedelsförsörjningen. Kommunalt avloppsvatten innehåller stora mängder fosfor som idag inte återvinns och reningsprocessen är därmed att betrakta som en sänka för denna viktiga resurs.

I denna rapport presenteras en utredning av status för tekniker och för återvinning av fosfor från kommunal avloppsvattenrening och vilka kostnader en återvinning medför.

För återvinningen är användbarheten av den återvunna fosforprodukten grundläggande, vilket till stora delar är beroende av i vilken grad fosforprodukten kan renas från tungmetaller. Värdet av fosforprodukten bestäms dels av användbarheten för gödning, dels av om den kan användas som råvara i fosfatindustrin. Det högsta ekonomiska värdet har produkter som är identiska med de fosforprodukter som idag tillverkas av fosfatindustrin och därmed har ett högt förädlingsvärde och stor efterfrågan.

En mängd tekniker för fosforåtervinning har utvecklats och finns i allt från idéstadium och prototyp till drift i full skala. Kostnaderna varierar men är ofta höga i jämförelse med produktion av jungfrulig fosfor. Förutsättningar är också olika som till exempel skala för rimlig ekonomisk drift. I storskaliga anläggningar med slamförbränning synes rening av askan från tungmetaller och användning av askan som gödning vara en ekonomiskt tillämpbar teknik.

Vid utvärdering av tekniker för återvinning av fosfor från kommunal vattenrening bör ett flertal faktorer tas hänsyn till. Kostnaden för uppberedning bör t.ex. vägas mot kostnaden för omhändertagande av slam. Viktiga är också krav på renhet, till exempel halt av tungmetaller som kadmium. Det är därför viktigt att belysa de alternativa behandlingsmetoderna ur ett systemperspektiv och utifrån det perspektivet vidare utveckla metoderna.

Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk

Kerstin Magnusson och Cajsa Wahlberg

Förekomst av mikroskopiska skräppartiklar undersöktes i inkommande och utgående vatten från tre svenska avloppsreningsverk, Henriksdals reningsverk i Stockholm med 750 000 personenheter (pe), Ryaverket i Göteborg, (740 000 pe) och Långeviksverket i Lysekil (12 000 pe). Provtagningar gjordes vid tre tillfällen vid varje avloppsreningsverk och partiklarna fångades upp på filter med två olika maskstorlekar, 300 µm och 20 µm. Prover togs också efter passage genom membranbioreaktor (MBR) i pilotanläggningen Hammarby Sjöstadsverket. Filtren analyseras under stereolupp vilket gav tillräckligt god upplösning för att kunna skilja mellan naturliga och antropogena partiklar. Med ytterligare hjälp av smälttester var det möjligt att i de flesta fall dela upp partiklarna i två huvudgrupper: syntetiska (plast) och icke-syntetiska men ändå antropogena (d.v.s. mänskligt tillverkade) partiklar. Den senare gruppen utgjordes nästan uteslutande av textilfibrer av naturmaterial som till exempel bomull. Ett antal av de vanligast förekommande partikeltyperna analyserades även med FTIR-spektroskopi, vilket gav information om exakt vilka material de bestod av. Cellulosafibrer, t.ex. från toalettpapper, betraktades i den här studien inte som mikrokräp.

De viktigaste resultaten från studien var följande:

- Antalet uppmätta mikrokräppartiklar uppgick till mellan tiotusen och flera hundra tusen per kubikmeter inkommande vatten. Med de vattenflöden som rådde vid provtagningstillfällena var tillflödet av partiklar i storleksordningen 108 mikroplastpartiklar och 1010 icke-syntetiska antropogena fibrer per timme till de två stora verken Henriksdal och Ryaverket, och 106 mikroplastpartiklar och 107 icke-syntetiska antropogena fibrer till det mindre Långeviksverket.
- Merparten av mikrokräppartiklar i inkommande vatten, 70-100 procent, avskildes i avloppsreningsverken, men utgående vatten innehöll trots detta substansiella halter.
- Större partiklar, >300 µm kvarhölls i avloppsreningsverken i större utsträckning än de partiklar som var <300 µm. Detta gällde både mikroplast och icke-syntetiska antropogena fibrer.
- Icke-syntetiska antropogena fibrer hölls kvar i avloppsreningsverken i större utsträckning än mikroplastpartiklar.
- Mängden mikrokräppartiklar >300 µm i utgående vatten var kraftigt reducerad efter passage genom Ryaverkets skivfilter med en porstorlek på 15 µm jämfört med de övriga två reningsverken. Däremot såg man ingen skillnad mellan verken för partiklar <300 µm.
- Ingen reduktion av mängden mikrokräp kunde uppmätas efter Henriksdals sandfilter.
- MBR-anläggningen i Hammarby Sjöstadsverket reducerade mängden mikrokräppartiklar >20 µm till en tiondel av vad man detekterade i utgående vatten från de övriga avloppsreningsverken.
- FTIR-analyser av mikrokräpet visade att vanliga förekommande material var bl.a. polypropen, polyeten, polyamid och akrylatplast. Partiklar i form av fibrer bestod av material som polyamid (nylon), polyetylentereftalat (PET), polypropen och bomull.

Transport and fate of silver as polymer-stabilised nanoparticles and ions in a pilot wastewater treatment plant, followed by sludge digestion and disposal of sludge/soil mixtures: A case study.

Jonas Hedberg, Christian Baresel och C., Odnevall Wallinder, I.

A case study of transport and changes in properties of polymer-stabilised Ag NPs is presented in this paper investigating their interaction in different treatment steps within a fully realistic pilot wastewater treatment plant (WWTP), in anaerobic digested sludge, and in soil/sludge mixtures. The fate of the same Ag NPs was tracked in these environments, hence taking the history of the Ag NPs into account. The results show that most of the Ag NPs end up in the sludge (80–100 percent), also after anaerobically digestion. Furthermore, the fraction of silver in the supernatant was very low after 48 h incubation with silver-containing digested sludge mixed with different soil types.

However, when Ag NPs were added directly to the sludge/soil mixture, soluble silver was present in the supernatant with sandy soil, but not with clayey soil. In all, generated findings show that risk assessments and toxicological studies of Ag NPs suspensions must take into account possible chemical and particle transformations upon environmental entry, as silver in general become less soluble when transported to WWTPs and interacting with sludge, and soil.

Reclaimed Wastewater Use Alternatives and Quality Standards - From Global to Country Perspective: Spain versus Abu Dhabi Emirate

Sahar Dalahmeh and Christian Baresel

Reclaimed wastewater use is crucial for increasing water availability, improving water resources management, minimising environmental pollution and permitting sustainable nutrient recycling. However, wastewater also contains microbiological and chemical pollutants posing risks to human health and the environment, and these risks have to be handled. Successful use of reclaimed wastewater requires stringent standards for its treatment, disposal and distribution. This report summarises global and country-specific wastewater quality standards for different reclaimed wastewater use schemes, discusses specific standards and describes reclaimed wastewater use applications in two selected countries, Spain and Abu Dhabi Emirate.

The World Health Organization (WHO) Guidelines for the Safe Use of Wastewater for Agriculture focus on the protection of public health. The European Commission does not directly regulate wastewater use, but discharge of treated wastewater into water bodies is regulated by Council Directive 91/271/EEC, which requires treated wastewater to have a maximum of 25 mg BOD₅/L, 125 mg COD/L and 35-60 mg total solids (TS)/L. In sensitive areas, sewage treatment plant effluent must comply with a maximum of 2 mg total phosphorus/L and 15 mg total nitrogen/L. EU Council Directive 2008/105/EC also sets environmental quality standards for priority substances, i.e. pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, phenolic compounds and volatile organic compounds. In Spain, the EU directives and Royal Decree 1620/2007 regulate use of reclaimed wastewater. The Royal Decree sets quality criteria for microbial parameters, solids and turbidity for different applications. The Regulation and Standards Bureau (RSB) of Abu Dhabi Emirate sets the quality criteria for water discharging to marine and land environments and used for irrigation. These include limits for organic matter, solids, nutrient, pathogen indicators and helminths.

In Spain, agriculture is the largest sector for reclaimed wastewater use, consuming approx. 350 Mm³/year. Landscape irrigation and maintenance of natural hydrological regimes are the second largest users, consuming approx. 50-60 Mm³/year of wastewater each. In contrast, only <0.5% of the water used in industry is reclaimed wastewater. In Abu Dhabi Emirate, reclaimed wastewater is not used in crop cultivation, but most of the wastewater produced is used for irrigation of public parks and roadsides (287 Mm³/year) and in forestry (130 Mm³/year). District cooling in residential areas is another application for wastewater use in Abu Dhabi Emirate.

The technologies used to facilitate wastewater treatment vary. The Barcelona metropolitan wastewater treatment plant (Spain), which supplies reclaimed wastewater for use, conducts biological treatment with activated sludge, tertiary treatment with coagulation-flocculation, filtration, UV disinfection, post-disinfection and oxygen saturation. The effluent wastewater complies with the Royal Decree and EU directives. In contrast, five treatment plants in the Navarra region of Spain use secondary treatment with trickling filters or activated sludge, two having lagoons for tertiary treatment. The hygiene quality of effluent from these plants does not comply with the Royal Decree and several fail to remove persistent organic compounds and pharmaceutical residues effectively. In Abu Dhabi Emirate, the largest sewage treatment plant, Mafraq, carries out conventional activated sludge treatment, followed by sand filtration and chlorination. Its effluent complies with RSB standards, but occurrence of pharmaceutical residues in effluent wastewater has been documented in Abu Dhabi.

Besides standards and regulations and appropriate treatment, other aspects which need consideration in planning reclaimed wastewater use for various applications include: cultural and socio-economic aspects, willingness of users to accept and pay for treated wastewater, online and real-time water quality monitoring, and reduced energy use and waste generation.

Membranfiltrering och fällning för behandling av kommunalt avloppsvatten - En innovativ metod för högre resurseffektivitet

Rune Bergström, Lars Bengtsson, Uwe Fortkamp, Susanna Berg

Behandling av kommunalt avloppsvatten är en process där stora mängder vatten hanteras och som idag kräver mycket resurser. IVL Svenska Miljöinstitutet har tagit fram en innovativ metod med stor potential att minska resursanvändningen, att öka utbytet av biogas och producera ett mycket rent vatten. Metoden baseras på en utökad förfällning av avloppsvatten för avskiljning av bland annat större delen av det organiska materialet, vilket också minskar belastningen på det följande membranfiltreringssteget med ultrafiltration och omvänd osmos och därmed ger förutsättningar att nå höga reningsgrader. Slammet från fällningen rötas för att producera biogas.

Metoden har testats på Hammarby Sjöstadswerk av IVL och i ett examensarbete genomfört av Susanna Berg, KTH. Arbetet är en del i projektet Morgondagens kommunala vattenrening - en produktionsanläggning för nyttigheter, som är delfinansierat av Vinnova.

Undersökningarna ledde till följande resultat:

- Optimerad förfällning kan avskilja en stor del av det organiska innehållet, och valet av fällningskemikalierna påverkar avskiljningsgraden.
- En efterföljande membranfiltrering kan avskilja stora delar av kvarvarande föroreningar inklusive kväve som fanns kvar i vattnet.
- Det var således möjligt att uppnå höga reningsgrader.
- Resultaten tyder på en intressant potential för metoden och att vidare utvecklingsmöjligheter finns.

Increased total efficiency in sewage treatment (ITEST) - Evaluation report

Uwe Fortkamp, Christian Junestedt, Christian Baresel, Klara Westling, Mats Ek

In the LIFE+ project ITEST, Increased Total Efficiency in Sewage Treatment, a technical solution for efficient and improved nitrogen removal from municipal wastewater was demonstrated. This technical solution, which is based on operating the sewage treatment plant (STP) at a temperature of about 20°C even during periods with a cold inflow using waste heat, has been tested in pilot scale at Hammarby Sjöstadsværk i Stockholm.

In this report, the results and evaluation of the demonstration period of the technology, performed at Hammarby Sjöstadsværk, Stockholm is presented. The results show that the nitrogen removal increased in a treatment line operated at 20°C in comparison to the removal efficiency in a parallel line with fluctuating temperature, thus achieving lower output concentrations. The need for aeration was reduced, but on the other hand increased use of electrical power was needed to overcome the pressure drop in the heat exchanger. Among other parameters, choice of heat exchanger influences the life cycle assessment of the process.

Monitoring, investigation and analysis of pathogens in MBR treated water at Hammarby Sjöstadsverk, Stockholm

Ramnath Lakshmanan, Ulla Chowdhury, Sudhir Chowdhury, Christian Baresel, Hugo Royen

This report summarises the findings from operations with AQUA-Q's online real-time water quality monitoring system on the effluent from a pilot Membrane Bioreactor (MBR) within the co-financed VINNOVA-project entitled Tomorrows Sewage Treatment Plants – A Utility Production Facility (Morgondagens kommunala vattenrening – en produktionsanläggning för nyttigheter).

Significant progress has been made during recent years with regard to real-time water quality monitoring systems for monitoring and control of water quality and water treatment operation. This report provides an evaluation of the efficiency of the MBR process at the R&D-facility Hammarby Sjöstadsverk, Stockholm, Sweden. This includes the monitoring of larger contaminants (>0.2µm) in effluent water of the MBR process. Aqua-Q's early warning system, WQM-100, has monitored the water quality 24/7 during the spring 2014 and the particle/micro-contaminants removal efficiency of the MBR was evaluated.

Aqua-Q's real-time monitoring system detected that one of the membranes (membrane A) of the MBR-process had a constant leakage of micro-contaminants. Periodic variations in the measured micro-contaminants concentration could have been caused by an overload in MBR process and also by a potential filter breakthrough. However, during the test period no significant problems were observed in the MBR-process control.

For evaluation and verification of the indication from Aqua-Q's real-time monitoring system, complete microbiological analyses were performed with an alternative ISO standard method (Microbiological Survey, MBS) and by a certified environmental laboratory (Eurofins, Stockholm).

The results highlight the importance of real time quality monitoring of processes related to human sources of microbiological growth. Therefore, a better understanding and control of water qualities in water treatment processes is cost and resource effective, and reduces microbiological emissions to the environment.

Hammarby Sjöstadsverk

Försöks- och demonstrationsanläggningen för framtidens VA-teknik



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se