

Miljøfarlige stoffers skæbne i renseanlæg

Der findes en række modeller til at estimere emissionen af kemikalier fra et renseanlæg. Her beskrives SimpleTreat-modellen

Af Margrethe Winther-Nielsen, mwn@dhi.dk, Dorte Rasmussen, Kenneth Janning og René Dupont, DHI - Institut for Vand og Miljø, Hørsholm

Inden et nyt kemikalie kan produceres eller tages i anvendelse i Danmark eller et andet EU-land, skal det underkastes en miljørisikovurdering i henhold til de gældende regler i den Europæiske Kommission. Kommissionen kræver, at der fremlægges fysisk-kemiske data for kemikallet samt oplysninger om stoffets biologiske forhold, f.eks. dets bionedbrydelighed bestemt under standardiserede forhold.

Miljørisikovurdering

Kommissionen har endvidere udgivet tekniske vejledninger til gennemførelse af miljørisikovurderinger (Technical Guidance Document = TGD [1]), hvori der indgår brug af matematiske

modeller. Principperne i EU's TGD [1] er indarbejdet i modellen USES 2.0. Modellen kan benyttes til estimering af et organisk kemikalies skæbne i miljøet, dvs. dets fordeling i forskellige miljørum. Et miljørum kan f.eks. være en vandig recipient, det øverste lag af en landbrugsjord eller et grundvandsdepot. En kvantitativ estimering af et stofs skæbne i et miljørum benævnes »predicted environmental concentration« (PEC). For at vurdere om den estimerede PEC udgør en risiko for organismer i miljøet, sammenlignes PEC-værdien med en »predicted no effect concentration« (PNEC) for de aktuelle organismer. Hvis $PEC > PNEC$ er der en potentiel risiko for, at kemikallet vil udgøre en risiko for miljøets organismer.



GEO KOORDINERER KAMPEN MOD FORURENINGEN



Forurening kan sive gennem al slags jord. Det skyldes et netværk af fine sprækker eller hulrum, som forureningen kan trænge igennem helt ned til grundvandet.

GEO har erfaringerne og udstyret til at undersøge og kortlægge graden og omfanget af en forurening. Herefter kan vi på baggrund af en risikoanalyse udpege de bedst egnede afværgeforanstaltninger.

GEO koordinerer herefter den samlede indsats og fører kontrol med arbejdet undervejs. Det kan dreje sig om afgravning og bortkørsel af forurennet jord, in-situ oprensning af jord og grundvand, grundvandskontrol og meget andet.

GEO
Maglebjergvej 1
2800 Lyngby
Tlf.: 4588 4444

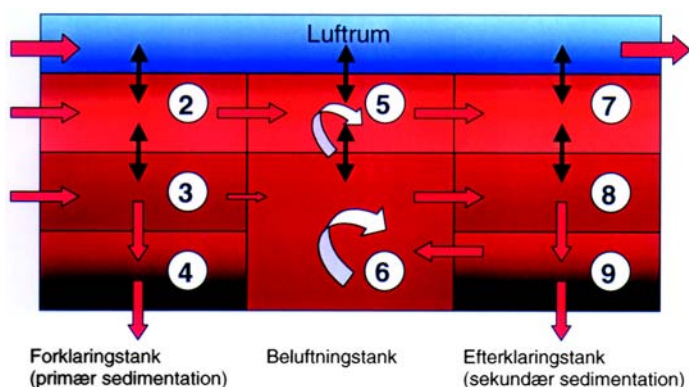
Saralyst Allé 52
8270 Højbjerg
Tlf.: 8627 3111

Hobrovej 372
9200 Aalborg SV
Tlf.: 9818 9144

GEO

- EKSPERTER I JORD, VAND OG MILJØ

GEO er det nye navn for Geoteknisk Institut, hvor 210 højt kvalificerede medarbejdere står for landets mest omfattende ekspertise indenfor jord, vand og miljø. Her samles specialister i geoteknik, jord- og grundvandsforurening samt vandforsyning. GEO har hovedkontor i Lyngby og afdelinger i Århus, Aalborg, Vissenbjerg, Roskilde og Höör i Sverige.



Figur 1. Delsystemer (bokse) og interaktioner for skæbnen af et kemikalie i et rensesanlæg [2]. 2, 5 og 7 er vandfase, 3, 6 og 8 er suspenderede slampartikler, 4 og 9 er sedimenterede slampartikler.

Kemikalieudledning via rensesanlæg

Mange af de kemikalier, der anvendes i husholdninger og industrier, afledes til kloaksystemer, som er forbundet til biologiske rensesanlæg. Et kemikalie, der ledes til et rensesanlæg, kan potentielt havne i flere miljørum. Omfatter rensesanlægsprocessen en primær sedimentation, vil den del af kemikaliets i det tilledte spildevand, der er bundet til slampartikler, føres bort med det primære slam.

På nogle rensesanlæg bliver det primære slam behandlet biologisk i en rådnetank. I rådnetanken kan der ske en hel eller delvis nedbrydning af visse kemikalier. Nedbrydes et kemikalie ikke, er der risiko for, at det kan havne på landbrugsjord, hvis slammet anvendes som jordforbedringsmiddel i et landbrug. Fra jorden er der endvidere en potentiel risiko for, at kemikaliets kan havne i overfladevand og grundvand.

Den del af kemikaliets, der ledes videre igennem rensesanlægsprocessen, kan havne i:

- luften over rensesanlægget som følge af fordampning eller afstripping fra anlæggets beluftningstanke
- den vandige recipient
- det biologiske slam, der udtages fra beluftningstanken.

For at kunne beregne PEC i de modtagende miljørum er det nødvendigt at kunne estimere emissionen af et kemikalie fra et rensesanlæg. Der findes en række forskellige modeller, der kan benyttes til at forudsige et kemikalies skæbne i et rensesanlæg. En af disse er modellen SimpleTreat 3.0 [2]. SimpleTreat 3.0 benyttes som et standardberegningsmodul i visse af USES 2.0's emissionsscenarier til estimering af eksponeringskoncentrationer i vand-, jord- og luftmiljø [1].

SimpleTreat-modellen

Modellen er bygget op over en simplificeret udgave af et rensesanlæg og inkluderer kun de trin, der har (dvs. forventes at have) størst betydning for et organisk kemikalies skæbne [3]. Der er regnet med et system, der maksimalt indeholder følgende tre procestrin: forklaringstank, beluftningstank og efterklaringstank. Det er endvidere muligt at udelade forklaringstanken i modellerne således, at den samlede proces kun består af en beluftningstank efterfulgt af en efterklaringsenhed. Geometrien af de forskellige tanke er fastlagt, så der regnes med en fastholdt dybde af hver tank, og et areal der er proportionalt med det antal personer, der er tilknyttet det rensesanlæg, der modelleres over. Derudover inkluderer modellen et afgrænset luftrum over rensesanlægget, hvis højde er sat til 10 m. Arealet af luftrummet beregnes som summen af overfladearealet for procestankene.

Modellen beskriver et lukket system, der er sammensat af et antal åbne og indbyrdes kommunikerende delsystemer. De to varianter af modellen, dvs. med og uden primær sedimentation er sammensat af henholdsvis 9 og 6 delsystemer. Interaktioner mellem forskellige faktorer er skitseret i figur 1. De tre forskellige typer pile i figuren repræsenterer de mest relevante interaktioner, der indgår i modellen:

- De røde pile viser den advective massestrøm af kemikaliets fra en boks til en anden, som er et resultat af medie-strømmen, der transporterer kemikaliets. Disse processer er irreversible transportprocesser.
- Dobbeltpilene viser den diffusive massestrøm, der drives af ikke-ligevægtskoncentrationerne i to tilstødende boksers medium.
- Nedbrydningsprocesserne i det vandige medium og i de suspenderede slampartikler er angivet med de buede pile i boks 5 og 6.

Det skal understreges, at SimpleTreat 3.0 primært er udviklet til brug for generiske eksponeringsvurderinger og ikke som redskab til vurdering af kemikaliers skæbne i et specifikt rensesanlæg. Muligheden for at vælge mellem to typer rensesanlæg samt frit at kunne fastsætte enkelte parametre for anlægget gør det dog muligt til en vis grad at tilnærme modellen et specifikt scenario.

Regulatorisk miljørisikovurdering af kemikalier

SimpleTreat blev designet til at kunne indgå som et hjælpeværktøj i den regulatoriske risikovurdering af kemikalier. Det var hensigten, at modellen skulle kunne beregne den relative miljøemission af et organisk kemikalie fra et rensesanlæg på basis af forholdsvis få stofparametre. Modellens udformning blev derfor tilpasset de stofparametre, der kræves på det initiale trin (screeningsniveauet) i en EU-anmeldelsesprocedure for et kemikalie. De stofparametre, der skal foreligge for et kemikalie på dette trin, er:

- molekylvægt
- vandopløselighed
- damptryk
- hydrofobicitet, udtrykt ved stoffets octanol/vandfordelingskoefficient (K_{ow})
- bionedbrydelighed, dvs. resultatet af en standardiseret test for let bionedbrydelighed: positiv eller negativ.

Modellen kan estimere de relative emissioner og elimineringen af et kemikalie ud fra disse fem basisparametre. Den opnåede viden kan benyttes til sammenlignende vurderinger af forskellige kemikaliers skæbne i et standardrensanlæg. For at kunne estimere eksponeringskoncentrationer i form af koncentrationer i afløbsvand, i det producerede slam samt i luften over rensesanlægget, skal der tillige tilvejebringes data om kemikaliets emissionshastighed i et kloaksystem. Endvidere kan rensesanlæggets kapacitet (personækvivalenter = PE), slam-belastning, beluftningsmetode (overflade- eller boblebeluftning), spildevandstilledning og driftstemperatur specificeres.

Miljøfarlige stoffers skæbne i danske rensesanlæg

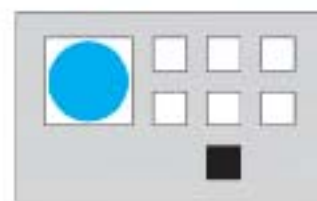
I 1992-1995 blev der foretaget en undersøgelse af udvalgte miljøfarlige stoffers skæbne på danske rensesanlæg. Undersøgelsen, der blev foretaget på I/S Avedøre Kloakværk, Marselisborg Renssanlæg og Skævinge Renssanlæg, omfattede kemiske analyser af flowproportionale prøver udtaget fra rensesanlæggenes tilløb, afløb og slam [4,5,6]. Belastningen og

Industri Vand

Vandbehandlingsanlæg.

Kedelvand. Kølevand. Procesvand. Skyllevand

Rådgivning ● Fabrikation ● Service



SILHORKO

Specialfirma i vandbehandling

Hovedkontor og fabrik:
SILHORKO-EUROWATER A/S, Stilling,
8660 Skanderborg. Tlf. 87 93 83 00

Sjællandsafdeling:
SILHORKO-EUROWATER A/S,
3200 Helsingør, Tlf. 48 79 52 21

E-mail: info@silhorko.dk
<http://www.silhorko.dk>

Anlæg	Belastning 1992				Proceskombination			
	Total		Industri		Primær	Sekundær	Slamstabilisering	Slamafvanding
	10 ³ PE	10 ³ m ³ · d	10 ³ PE	10 ³ m ³ · d				
Avedøre Skævinge	350 9	65 1,2	175 4,5	32,5 -	M	B N D B N D K	Anaerob Aerob	Centrifuge Centrifuge

Tabel 1. Belastning og proceskombinationer for renseanlæg [4].

Proceskombination

M: Mekanisk bundfældning
K: Kemisk fældning
B: Biologisk rensning (BOD-fjernelse)
N: Nitrifikation
D: Denitrifikation

Stof	Målte koncentrationer						Beregnete koncentrationer			
	Indløb (µg/l)		Udløb (µg/l)		Slam (µg/kg tørstof)		Udløb (µg/l)		Slam (µg/kg tørstof)	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
Tungtflygtige stoffer										
Naphtalen ¹	1,16	0,30	0,04	0,03	520	200	0,47	0,13	492	107
Phenanthren ²	0,52	0,49	0,06	0,02 ⁴	960	330	0,05	0,06	754	513
Benz(a)pyren ¹	-	<0,34	0,02	-	240	300		0,09		2.650
DEHP ²	42	247	19	5,2	42.958	45.500	3,7	61	103.000	2.030.000
Flygtige stoffer										
Toluen ³	3,7	<11,5	-	-	5)	5)	0,13	<0,66	952	380
Ethylbenzen ³	2,0	-	-	-	5)	5)	0,07		490	
Xylener ³	3,6	<0,5	-	-	5)	5)	0,2	0,013	1.000	800

Tabel 2. Stofkoncentrationer beregnet med SimpleTreat 3.0 og målt ved analyse af spildevand og slam fra I/S Avedøre Kloakværk (A) og Skævinge Renseanlæg (S).

- 1): ikke let bionedbrydeligt stof
2): potentielt bionedbrydeligt stof
3): let bionedbrydeligt stof
4): en enkelt måling viste 34 µg/l
5): ikke analyseret
-: ikke detekterbart

proceskombinationerne for Avedøre Kloakværk og Skævinge Renseanlæg er vist i tabel 1. Det ses, at processen på Avedøre omfattede en primær sedimentation og en anaerob slamstabilisering. På Skævinge Renseanlæg var der ingen primær sedimentation, og slamstabiliseringen blev foretaget under aerobe forhold.

Der er gennemført en række beregninger med SimpleTreat 3.0 for nogle af de samme stoffer, der blev analyseret for i 1992-1995, og de beregnede værdier er sammenlignet med de analyserede. Et udsnit af resultaterne for Avedøre Kloakværk og Skævinge Renseanlæg er vist i tabel 2. Vi anvendte gennemsnitlige belastningsforhold for renseanlæggene i prøvetagningsperioden, og stofparametrene for kemikalierne blev hentet i faglitteraturen.

Den bedste overensstemmelse mellem målte og beregnede stofkoncentrationer er fundet for phenathren på Avedøre Kloakværk. Både den beregnede udløbskoncentration og stofkoncentrationen i slammet ligger på nogenlunde samme niveau som de målte koncentrationer. Beregningen med SimpleTreat 3.0 overestimerer tilsyneladende udløbskoncentrationerne for de øvrige stoffer med undtagelse af DEHP på Avedøre Kloakværk. DEHP-koncentrationen i slam er endvidere kraftigt overestimeret for Skævinge Renseanlæg, mens der er fundet en mindre underestimering af slammets naphtalenindhold. Det skal bemærkes, at benz(a)pyren ikke blev detekteret i indløbet til Avedøre Kloakværk, men både målt i udløbssvand og slam.

Generelt viser den gennemførte sammenligning mellem beregnede og målte stofkoncentrationer for de tre renseanlæg, at SimpleTreat 3.0 oftest overestimerer stofkoncentrationerne. Det betyder, at for hovedparten af stofferne i tabel 2, kan en

risikovurdering baseret på modelberegningerne forventes at være på den sikre side.

Der kan være flere årsager til de fundne uoverensstemmelser mellem modelberegninger og målte værdier. Som tidligere nævnt er SimpleTreat 3.0 ikke udviklet med henblik på en vurdering af stofskæbnet i et specifikt renseanlæg, men til en generisk risikovurdering. Modellen er bygget op over en simplificeret udgave af et renseanlæg og omfatter f.eks. hverken et procestrin med denitrifikation eller en rådnnetank. Et andet ikke uvæsentligt aspekt er, at måleprogrammet i 1992-1995 ikke blev tilrettelagt med henblik på en modelvalidering. Det kan ikke udelukkes, at analyseresultaterne fra et måleprogram specielt designet med henblik på en modelvalidering vil give et andet indtryk af overensstemmelsen mellem beregnede og målte værdier.

Referencer

1. EU Kommissionen (1996). Technical Guidance Document in Support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified substances and Commission Regulations (EC) No. 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances.
2. Struijs, J. (1996). SimpleTreat 3.0: A model to predict the distribution and elimination of chemicals by sewage treatment plants. National Institute of Public Health and the Environment, The Netherlands.
3. Struijs, J., J. Stoltenkamp and D. van de Meent (1991). A spreadsheet-based box model to predict the fate of xenobiotics in a municipal wastewater treatment plant. Wat. Res. 225:891-900.
4. Miljøstyrelsen (1994). Miljøfremmede stoffer i renseanlæg. Miljøprojekt nr. 278.
5. Miljøstyrelsen (1995). Måleprogram for phthalater på 3 danske renseanlæg. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 54.
6. Miljøstyrelsen (1996). Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam. Miljøprojekt nr. 325.