



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Følgeforskning i projektet 'Biosamfund Samsø'

Karakterisering af vandressourcen på Samsø

Titel:

Karakterisering af vandressourcen på Samsø

Udarbejdet for:

Samsø Kommune
Søtofte 10, 8305 Samsø

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Agro Food Park 15, Skejby
8200 Aarhus N
Bioressourcer og Bioraffinering

Februar 2018

Forfatter: Søren Ugilt Larsen & Sebastian Skipper Ravn

Indholdsfortegnelse

1. Sammendrag	4
2. Indledning	6
3. Metode.....	7
3.1. Vandstrømme	7
3.2. Næringsstoffer	9
4. Resultater	10
4.1. Vandstrømme	10
4.2. Næringsstoffer	19
4.3. Kritiske stoffer	20
5. Diskussion	22
6. Referencer.....	24

1. Sammendrag

Vand og næringsstoffer er vigtige ressourcer for landbrugsproduktionen, og i en fremtid med stigende fokus på bæredygtighed og cirkulære produktionssystemer er det afgørende at udnytte disse ressourcer optimalt. En forudsætning for dette er at have overblik over disse ressourcer. Nærværende rapport præsenterer en karakterisering af de væsentligste vand- og næringsstofressourcer på Samsø, baseret på umiddelbart tilgængelige data. Kortlægningen af husdyrgødning fra landbruget samt landbrugets anvendelse af næringsstoffer findes i en parallel karakterisering af landbruget på Samsø, udført af Aarhus Universitet.

Karakteriseringen af vandressourcer på Samsø omfatter data for nedbør, fordampning og overskudsnedbør (1989-2016), udledning af vand via Sørenden (2007-2016), udledning af vand fra Ballen Rensningsanlæg (2015-2017), vandindvinding til husholdninger og erhverv (2002-2011) og vandindvinding til markvanding (2006-2011). Kortlægningen af vandressourcerne viser bl.a.:

- Der er en meget stor variation fra år til år, hvilket især skyldes årsvariationer i nedbørsmængden.
- Som gennemsnit er der et årligt nedbørsoverskud på 7,6 mio. m³ for hele Samsø (67 mm/år).
- Der er meget stor variation mellem årstiderne med overskudsnedbør i vinterhalvåret og underskud af nedbør i sommerhalvåret pga. langt større potentiel fordampning om sommeren.
- I månederne april-august er der et væsentligt underskud af nedbør på i gennemsnit 22,1 mio. m³ for hele Samsø, men underskuddet varierer mellem årene fra 4,9 til 36,9 mio. m³.
- Der udledes årligt en betydelig mængde vand via Sørenden på gennemsnitligt 2,8 mio. m³, hvoraf 79 % udledes i perioden oktober-marts.
- Der udledes årligt i størrelsesordenen 0,23 mio. m³ vand fra Ballen Spildevandsanlæg, der modtager ca. 60 % af spildevandet på Samsø. Nordby Renseanlæg vil fremover få en kapacitet til at rense 20 % af spildevandet på Samsø, mens de resterende 20 % renses i små anlæg eller lokale nedsivningsanlæg.
- Vandindvinding via vandværker til husholdning og erhverv er relativt konstant med gennemsnitligt 0,45 mio. m³ pr. år.
- Vandindvinding til markvanding varierer meget mellem år, fra 0 til 0,41 mio. m³ pr. år.

Karakteriseringen af næringsstofressourcer på Samsø omfatter deponering af N og S fra luften (2015) samt udledning af N og P via Ballen Rensningsanlæg (2015-2017). Kortlægningen viser bl.a.:

- Den årlige deposition fra luften udgør på Samsø 9 kg N og 1,9 kg S pr. ha.
- Ballen Rensningsanlæg renser i gennemsnit knap 600 m³ spildevand pr. døgn, og dette svarer til ca. 70 % af den samlede spildevandsmængde på Samsø.
- Spildevandsmængden varierer noget mellem årene, men der er også stor variation mellem årstiderne med største mængder i vintermånederne.
- Som gennemsnit af årene 2015-2017 tilførtes der ca. 10,6 tons N, 1,4 tons P og 112 tons COD pr. år med spildevand til Ballen Rensningsanlæg, mens der via udløbet udledtes hhv. 0,8 tons N, 0,05 tons P og 6,6 tons COD pr. år.

- Ballen Rensningsanlæg fjernede årligt ca. 9,8 tons N og 1,35 tons P fra spildevandet, svarende til en 'bortrensning' på 92,4 % af mængden af total-N og 96,4 % af mængden af total-P i det indløbne spildevand.
- Næringsstofmængden i spildevand tilført Ballen Rensningsanlæg varierer noget mellem årstiderne med generelt størst mængder N og P i sommer- og efterårs-månederne.
- Der foreligger ikke analysedata vedr. kritiske stoffer i 'råspildevand'.

Vand udledt via Sørenden og via Ballen Rensningsanlæg og evt. andre rensningsanlæg udgør vandressourcer, der er særdeles relevante i forhold til markvanding på Samsø. En væsentlig udfordring for begge disse vandressourcer er dog, at en stor del af vandet primært er til stede i perioder af året, hvor der ikke er vandingsbehov. Derfor kan en udnyttelse af vandressourcerne kræve en form for opmagasinering indtil perioder med vandingsbehov, og dette kan udgøre en væsentlig praktisk og økonomisk barriere. For udnyttelsen af spildevand som vandressource og næringsstofforsource er der desuden udfordringer med potentielle risici for udspreddning af kritiske stoffer og patogener m.m., ligesom der kan være lovgivningsmæssige barrierer. Udnyttelse af mere eller mindre rensset spildevand i planteproduktionen vil derfor kræve en solid dokumentation af, hvordan udnyttelsen kan ske i praksis uden at gå på kompromis med sikkerhed.

Rapporten indeholder også forslag til områder, der bør belyses nærmere til brug i det videre arbejde mod en bedre udnyttelse af vand- og næringsstofforsourcerne på Samsø.

2. Indledning

Vand og næringsstoffer er vigtige ressourcer for landbrugsproduktionen. I en fremtid med stigende krav om bæredygtighed og cirkulære produktionssystemer vil der være stort behov for at udnytte disse ressourcer optimalt. Et naturligt første trin i denne udvikling er at få et bedre overblik over størrelsen på disse ressourcer, hvilket er en forudsætning for at kunne planlægge udnyttelsen af ressourcerne. Dette gælder ikke mindst for øsamfundet Samsø, hvor der er en geografisk betinget afgrænsning af ressourcerne, og hvor der desuden er et ønske om en udvikling hen imod en større grad af cirkulær økonomi.

Som en del af projektet Biosamfund Samsø er der gennemført følgeforskning til karakterisering af anvendelse af jord, vand og næringsstoffer på Samsø. Nærværende rapport præsenterer en karakterisering af de væsentligste vand- og næringsstofressourcer og giver et overblik over hovedkilderne af vand og næringsstoffer på Samsø. Kortlægningen er baseret på umiddelbart tilgængelige data, og der er ikke tale om en udtømmende analyse af vand- og næringsstofkredsløbet på Samsø. Hovedfokus for vandressourcerne er lagt på nedbør, fordampning og nedbørsoverskud, udledning af vand via Sørenden, udledning af spildevand fra spildevandsanlægget Ballen Rensningsanlæg samt vandindvinding til husholdning, erhverv og markvanding. Hvor det har været muligt, er der også angivet årsvariationer og årstidsvariationer for de analyserede ressourcer. For næringsstofressourcerne er der fokuseret på afsætning af næringsstoffer fra luften og næringsstoffer via Ballen Rensningsanlæg. Kortlægningen af husdyrgødning fra landbruget samt landbrugets anvendelse af næringsstoffer findes i en parallel karakterisering af landbruget på Samsø, udført af Aarhus Universitet.

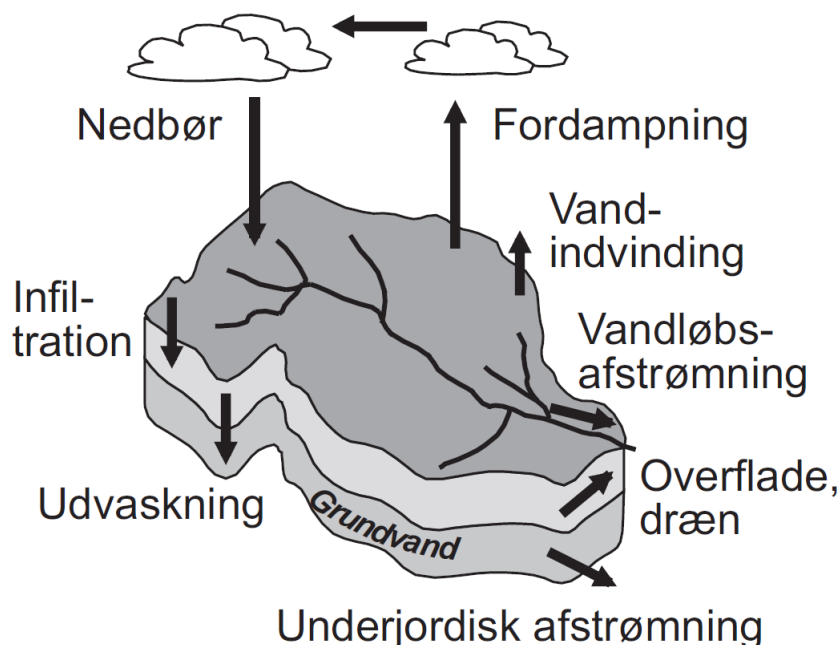


Figur 2.1. Kort over Samsø. (Fra www.samsoe.dk).

3. Metode

3.1. Vandstrømme

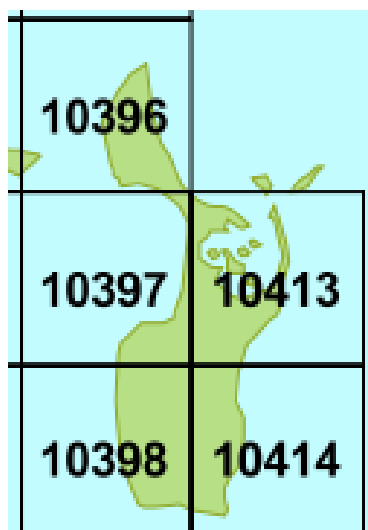
Vandbalancen for et givent opland giver et overblik over 'vandhusholdningen', dvs. summen af indgående og udgående poster. Vandbalancen er dynamisk og påvirket af en række processer og forhold såsom klima, geologi, arealanvendelse, dræning og vandindvinding. Figur 3.1 skitserer de væsentligste poster i vandbalancen. I nærværende projekt er der ikke mulighed for at belyse alle poster af betydning for vandbalancen for Samsø, men opgørelsen har til formål at give et overblik over de væsentligste kendte poster, herunder nedbør og fordampning samt kendte poster mht. afvanding, vandindvinding samt vand via spildevandsrensningsanlæg.



Figur 3.1. Skitse over hovedposterne i en vandbalance for et givent vandløbsopland. (Fra Plauborg et al., 2002).

Nedbør, fordampning og overskudsnedbør

Nedbør og potentiel fordampning for Samsø er baseret på månedsdata fra DMI, leveret juli 2017. Data for potentiel fordampning er fra 20x20 km grid nr. 20118, som dækker den østlige del af Midt- og Sydsamsø. Data for nedbør er fra 10x10 km grid nr. 10413, som dækker den østlige del af Midtsamsø, dvs. 10x10 km nedbørsgrid'et dækker den nordvestlige kvadrant af 20x20 km grid'et for fordampning. Se figur 3.2.



Figur 3.2. Overblik over grids hvorfra der er opnået nedbørs- og fordampningsdata. For nedbør er der anvendt data fra 10x10 km grid nr. 10413. For potentiel fordampning er der anvendt data fra 20x20 km grid nr. 20118, som omfatter 10x10 km grid nr. 10413, 10414 samt to tilsvarende grids øst for disse. (Fra Danmarks Meteorologiske Institut).

De modtagne data for nedbør er ikke korrigeret for vind og wetting. Derfor er nedbøren korrigeret jf. Scharling & Kern-Hansen (2000) med brug af månedsvise standardværdier for nedbørskorrektion fra tabel 3.4 i Allerup et al. (1998). Potentiel fordampning er beregnet efter Makkinks formel som beskrevet i Scharling (2001) og Plauborg et al. (2002). Nedbørsoverskud er beregnet som nedbør minus potentiel fordampning.

Der er anvendt griddata fra 1989 til 2016, dvs. i alt 28 år. Der er i fremstillingen af resultaterne beregnet gennemsnitlige månedsværdier, årsværdier samt værdier for vinterhalvåret (oktober-marts) og sommerhalvåret (april-september). Gennemsnitsværdierne er baseret på de 28 års data, og desuden er der i visse tilfælde angivet minimum- og maksimum-værdier for den 28-årige periode.

Den samlede mængde nedbør, fordampning og nedbørsoverskud og -underskud i kubikmeter for hele Samsø er desuden beregnet månedsvis og på årsniveau ved at gange med det samlede areal for Samsø på 114,26 km² ([Wikipedia](#)). 1 mm nedbør på hele Samsø svarer således til 114.260 m³ vand.

Udledning af vand via Sørenden

Data for udpumpning af vand via Sørenden er leveret af Samsø Spildevand. Der foreligger data for udpumpede mængder (m³) på månedsniveau for årene 2007-2016, dvs. 10 år. Desuden er der data for energiforbrug (kWh) til pumpning for årene 2013-2016. Data foreligger for 5 pumpeniveauer, og i opgørelsen er opsummeret den samlede vandmængde for de 5 pumpeniveauer.

Udledning af vand fra spildevandsanlæg på Samsø

Der er fra Samsø Spildevand indhentet spildevandsdata for Ballen Rensningsanlæg fra årene 2015, 2016 og 2017. Indløbs-flow er målt som døgn-flow med en målefrekvens på 6 gange årligt, mens udløbs-flow er målt 12 gange årligt. Ballen Rensningsanlæg modtager ca. 70 % af spildevandet fra Samsø. Endvidere er der fra Samsø Spildevand modtaget oplysninger om forventet kapacitet for Nordby Renseanlæg, når dette anlæg er færdigudbygget.

Vandindvinding til husholdning og erhverv samt markvanding

Data vedr. vandindvinding til husholdning og erhverv samt til markvanding er fra Madsen et al. (2014). Data for vandværksindvinding til husholdninger og erhverv er angivet for perioden 2002-2011, mens indvinding til markvanding er angivet for periode 2006-2011.

3.2. Næringsstoffer

Afsætning af næringsstoffer fra luften

Oplysninger om årlig afsætning (deposition) af kvælstof og svovl fra luften er hentet fra tabeller på [hjemmesiden](#) for Institut for Miljøvidenskab under Aarhus Universitet. De nyeste data er på nuværende tidspunkt for 2015.

Næringsstoffer via rensningsanlæg

Der er fra Samsø Spildevand indhentet data for Ballen Rensningsanlæg for årene 2015, 2016 og 2017. Ballen Rensningsanlæg renses ca. 670 % af det spildevand, som der produceres på Samsø. Data omfatter kontrolanalyser af indløbsvandet med en analysefrekvens på 6 gange om året. Til hver kontrolanalyse er der en sammenhørende flowmåling udtrykt som et døgn-flow. Derudover er der kontrol af udløbsvandet samt udløbs-flow med en analysefrekvens på 12 gange pr. år. Analyserne for indløb og udløb indeholder ikke tungmetaller og miljøfremmede stoffer.

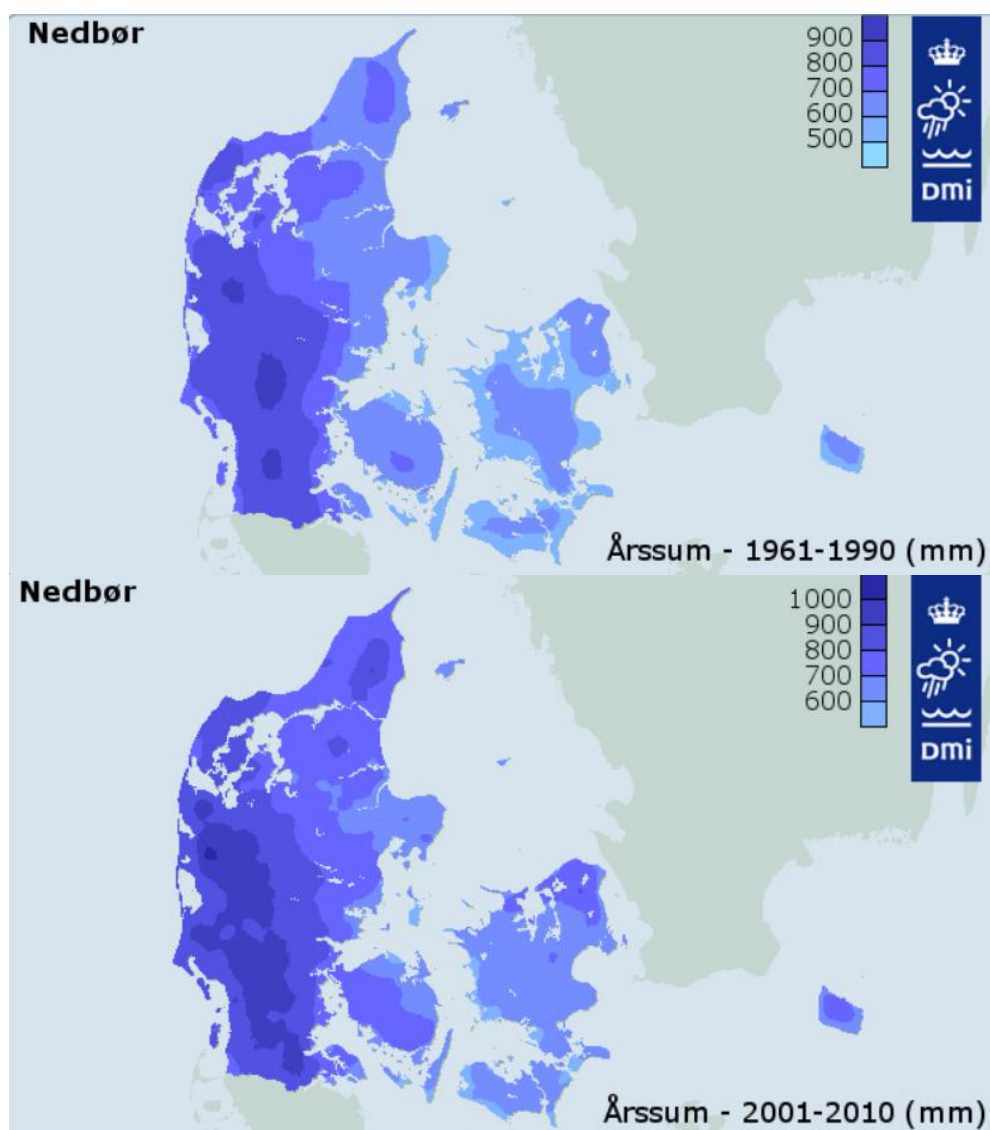
Der foreligger én slamanalyse fra maj 2016 af det slam, der modtages på Ballen Rensningsanlæg. Derudover bortkøres der slam til slambehandler. Her foreligger der én analyse, baseret på en sammenstukket prøve af 12 stikprøver udtaget månedligt i perioden januar til december 2016. Slamanalyserne indeholder analyser for tungmetaller og miljøfremmede stoffer.

4. Resultater

4.1. Vandstrømme

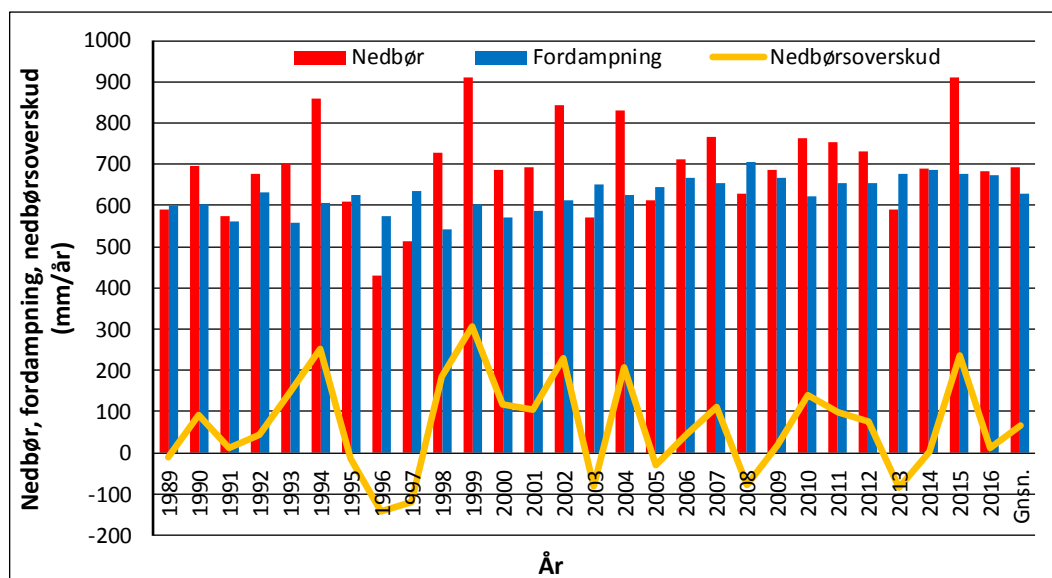
Nedbør, fordampning og nedbørsoverskud

Samsø er et af de mest nedbørsfattige områder i Danmark (figur 4.1). Der har dog også været en generel udvikling i nedbørsmængden over tid, som delvis ses af figur 4.1 men også illustreres af, at den gennemsnitlige årlige nedbørsmængde for hele Danmark var 712 mm for årene 1961-1990, mens den for årene 2006-2015 var 792 mm ([DMI Klimanormaler](#)).



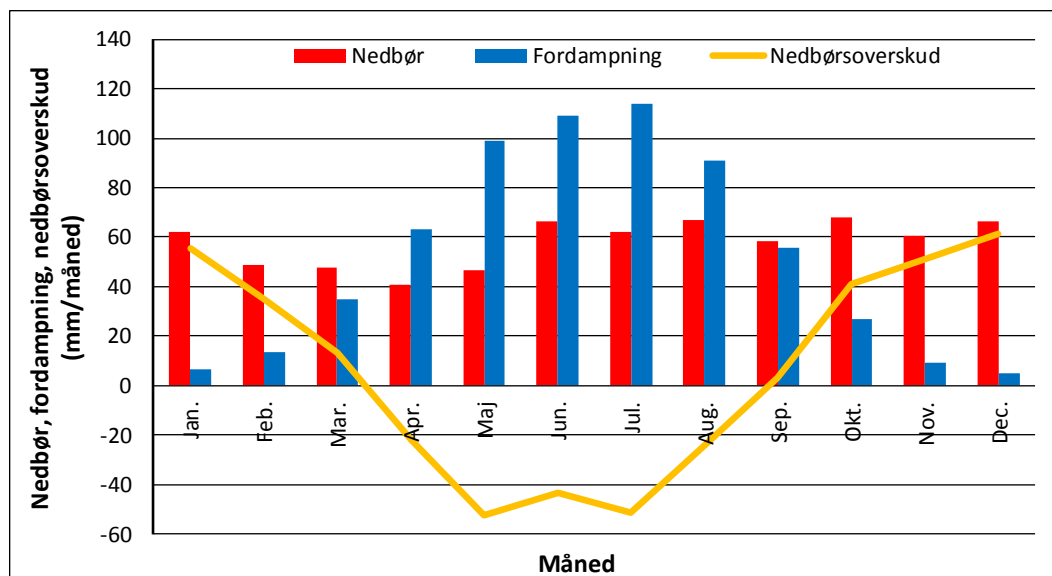
Figur 4.1. Nedbørsnormaler for forskellige områder i Danmark for perioden 1961-1990 og perioden 2001-2010. Fra [DMI Vejrarkiv](#).

Som gennemsnit af årene 1989-2016 var den årlige nedbør på Samsø 695 mm, men med betydelige årsvariationer mellem 431 og 910 mm pr. år (figur 4.2). Den gennemsnitlige årlige potentielle fordampning varierede mellem 542 og 706 mm pr. år med et gennemsnit på 627 mm pr. år. Det betyder, at det årlige nedbørsoverskud som gennemsnit har været 67 mm pr. år men varierende fra et underskud på 142 mm pr. år (år 1996) til et overskud på 306 mm pr. år (år 1999).



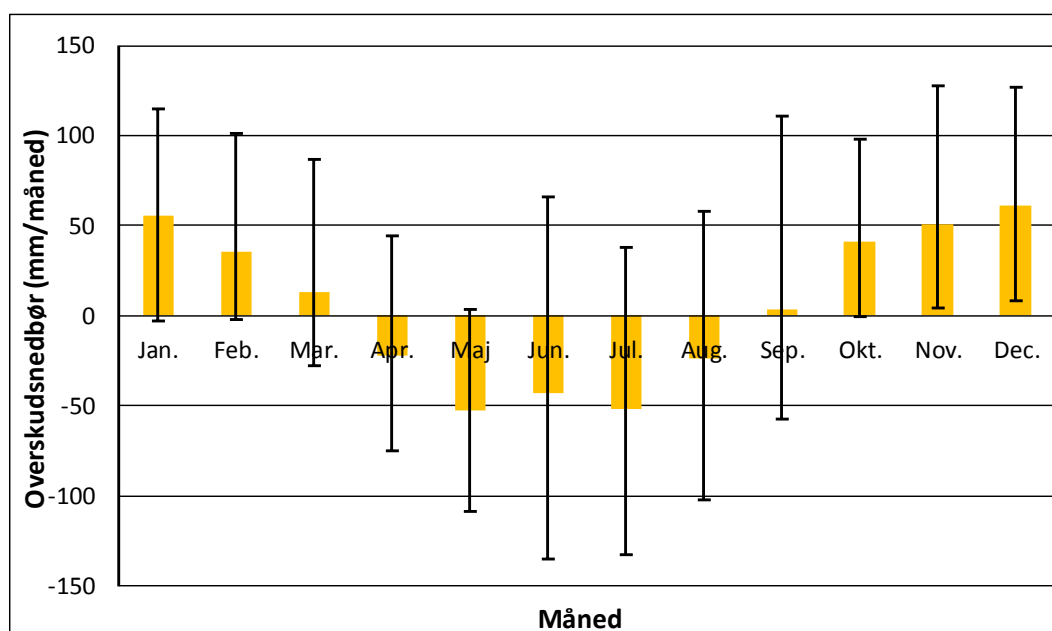
Figur 4.2. Årlig nedbør og potentiel fordampning samt nedbørsoverskud for Samsø for årene 1989-2016. Data fra DMI.

Der er betydelig variation nedbør og især potentiel fordampning henover året. Dette er illustreret i figur 4.3, der viser gennemsnitlige månedsværdier. Som gennemsnit for perioden 1989-2016 var der nedbørsunderskud i alle månederne fra april til august, omtrent balance i september og et nedbørsoverskud i de øvrige måneder, hvor fordampningen er lav. Det samlede gennemsnitlige nedbørsunderskud i månederne april-august var 194 mm pr. år.



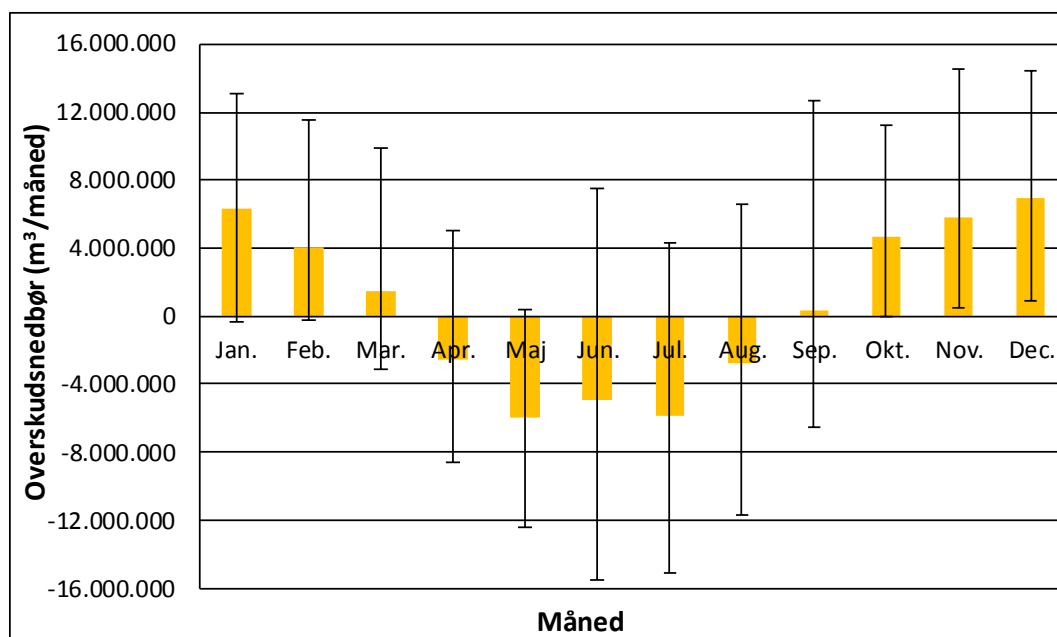
Figur 4.3. Månedlig nedbør og potentiel fordampning samt nedbørsoverskud for Samsø for årene 1989-2016. Data fra DMI.

Udover årstidsvariationen i overskudsnedbør er der også betydelig variation mellem årene. Dette er illustreret i figur 4.4, der viser månedsvise minimum- og maksimumværdierne for perioden 1989-2016. I sommermånederne har der således været eksempler på meget store nedbørsunderskud i visse tørre år og endda nedbørsoverskud i meget våde år. Som sum for månederne april-august varierede nedbørsunderskuddet mellem 43 mm pr. år (år 2011) og 323 mm pr. år (år 1995) og som nævnt med et gennemsnit på 194 mm pr. år.



Figur 4.4. Variation i månedlig overskudsnedbør på Samsø for årene 1989-2016. Søjlerne viser gennemsnitsværdien for perioden, lodrette fejllinjer viser minimum og maksimum værdier for perioden. Data fra DMI.

Nedbørsoverskud kan omregnes fra mm til m³ for hele Samsøs areal (114,26 km²), og som gennemsnit af årene 1989-2016 var den årlige nedbør 79,3 mio. m³ og den årlige potentielle fordampning 71,7 mio. m³, dvs. et nedbørsoverskud på 7,64 mio. m³. Figur 4.5 viser den gennemsnitlige månedlige overskudsnedbør for hele Samsø, som varierede fra et nedbørsoverskud på 6,98 mio. m³ i december til et nedbørsunderskud på 5,99 mio. m³ i maj. For månederne april-august var det gennemsnitlige nedbørsunderskud på 22,1 mio. m³, men varierende fra 4,9 til 36,9 mio. m³. Nøgletallene for vandmængderne er opsummeret i tabel 4.1.



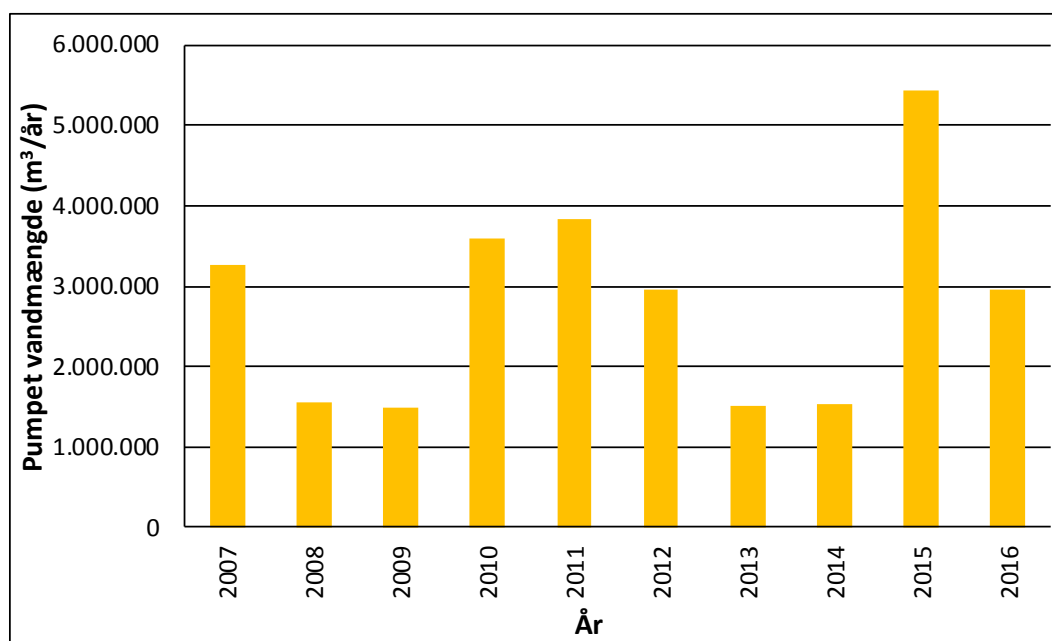
Figur 4.5. Variation i månedlig overskudsnedbør på Samsø for årene 1989-2016, angivet i m³. Søjlerne viser gennemsnitsværdien for perioden, lodrette fejllinjer viser minimum og maksimum værdier for perioden. Data fra DMI.

Tabel 4.1. Nedbør, potentiel fordampning samt nedbørsoverskud for Samsø for årene 1989-2016, angivet som mm og som m³ for hele Samsøs areal. Der er dels opsummeret på årsbasis (januar-december) og dels for månederne april-august, hvor der generelt er nedbørsunderskud. Værdierne er angivet som gennemsnit samt som minimum- og maksimumværdi for perioden. Data fra DMI.

Variabel	Sum jan.-dec.			Sum apr.-aug.		
	Gnsn.	Min.	Maks.	Gnsn.	Min.	Maks.
Nedbør (mm/år)	694	431	910	283	165	447
Potentiel fordampning (mm/år)	627	542	706	476	408	548
Overskudsnedbør (mm/år)	67	-142	306	-194	-323	-43
Nedbør (m ³ /år)	79.330.045	49.250.402	104.013.049	32.280.633	18.885.121	51.093.530
Potentiel fordampning (m ³ /år)	71.685.092	61.906.068	80.667.560	54.397.554	46.595.228	62.603.054
Overskudsnedbør (m ³ /år)	7.644.953	-16.220.578	34.975.900	-22.116.921	-36.885.185	-4.916.722

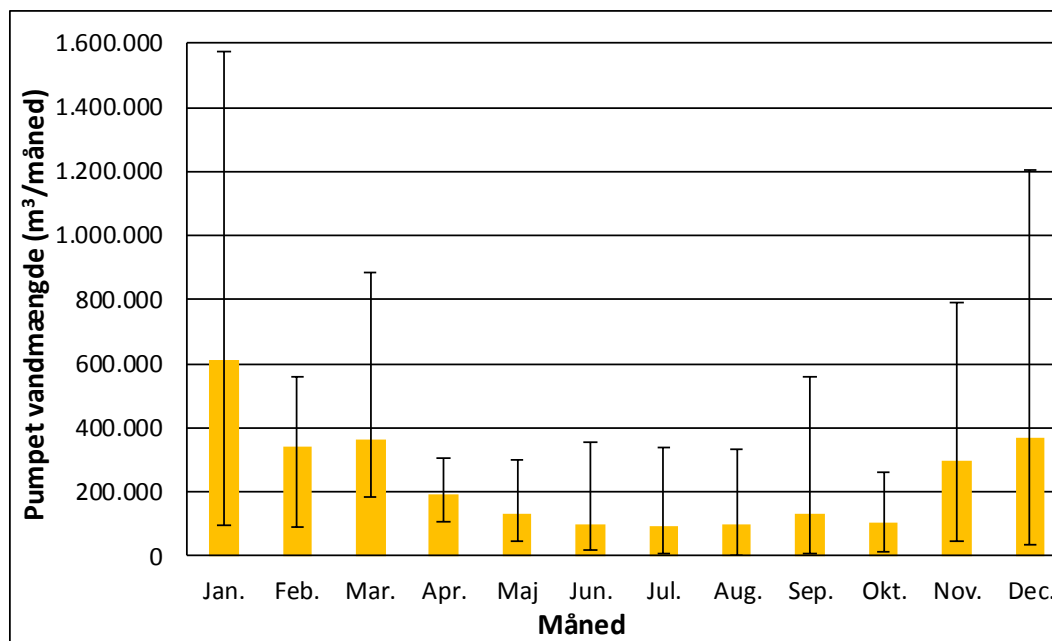
Udledning af vand via Sørenden

Der udpumpes årligt betydelige mængder drænvand til havet via Sørenden, der strækker sig over ca. 8 km og udgør et af de væsentligste vandløb på Samsø (Samsø Kommune, 2017). Den årligt pumpede vandmængde for årene 2007-2016 er vist i figur 4.6. Der er betydelige årsvariationer i pumpet vandmængde, som skyldes årsvariationer i overskudsnedbøren (fig. 4.2), og for den 10-årige periode har mængden varieret mellem 1,4 og 5,4 mio. m³ vand med et gennemsnit på 2,8 mio. m³. Energiforbruget til pumpningen er for årene 2013-2016 opgjort til i gennemsnit 216.029 kWh pr. år, varierende mellem 128.411 og 337.655 kWh pr. år.



Figur 4.6. Årlig mængde vand pumpet ud i Sørenden på Samsø for årene 2007-2016. Data fra Samsø Spildevand.

Der er også betydelig årstidsvariation i mængden af vand, der pumpes til Sørenden, og figur 4.7 viser månedlige mængder pumpet vand som gennemsnit af perioden 2007-2016. Der pumpes størst mængde vand i vintermånederne, hvor overskudsnedbøren er størst (figur 4.2), mens der i sommermånederne pumpes væsentligt mindre, og i visse tilfælde næsten ikke pumpes noget vand. Som sum af månederne april-august varierede den pumpede mængde vand mellem 0,23 og 1,25 mio. m³ med en gennemsnitsmængde på 0,61 mio. m³.



Figur 4.7. Månedlig mængde vand pumpet ud i Sørenden på Samsø for årene 2007-2016. Søjlerne viser gennemsnitsværdien for perioden, lodrette fejllinjer viser minimum og maksimum værdier for perioden. Data fra Samsø Spildevand.

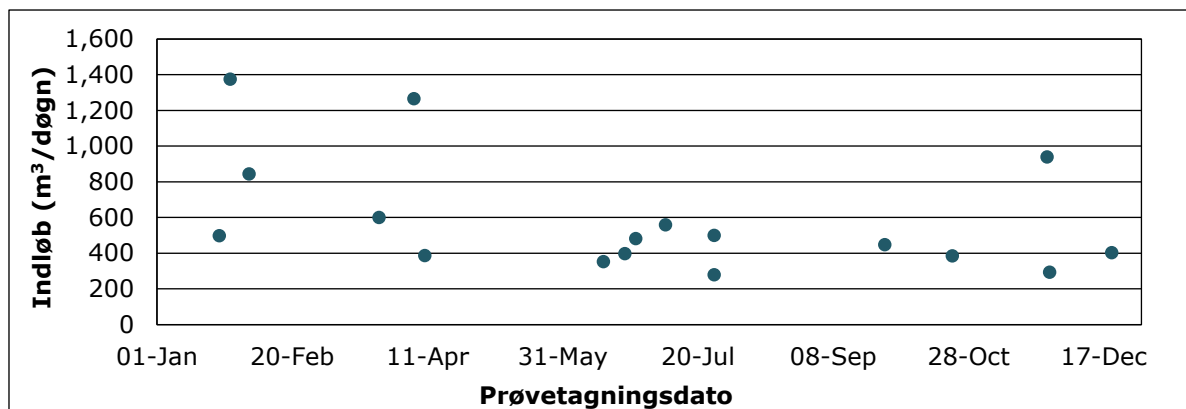
Udledning af vand fra spildevandsanlæg på Samsø

Ud fra data modtaget for Ballen Rensningsanlæg er der udregnet et gennemsnitligt års-flow gennem rensningsanlægget fra årene 2015, 2016 og 2017. I tabel 4.2 ses det gennemsnitlige års-flow for hhv. indløb og udløb på Ballen Rensningsanlæg. Der ses en lille variation i indløbs- og udløbs-mængderne, hvilket skyldes, at der ikke ligger lige mange målinger bag beregningen af hhv. indløbsmængder og udløbsmængder.

Tabel 4.2. Gennemsnitlig årligt vand-flow gennem Ballen Rensningsanlæg. Data fra Samsø Spildevand.

År	Indløb (m ³ /år)	Udløb (m ³ /år)	Gennemsnit (m ³ /år)
2015	256.230	326.340	291.285
2016	231.470	234.208	232.839
2017	161.634	196.948	179.291
Gennemsnit	216.445	252.499	234.472

I figur 4.8 ses årstidsvariationer i indløbs-flowet på Ballen Rensningsanlæg, sammenstillet af data fra 2015, 2016 og 2017. Her fremgår det, at der er store variationer i indløbs-flowet, varierende mellem 300 og 1.400 m³ pr. døgn. Flowdata i figur 4.8 antyder et relativt lavere flow i sommermånedene sammenlignet med vintermånedene. På grund af relativt få målinger er det ikke muligt at lave et rimeligt estimat for årlig vandmængde i månederne april-august, men et groft skøn ud fra flow-data i figur 4.8 kan være, at vandmængden i disse 5 sommermåneder udgør ca. en tredjedel af det årlige flow.

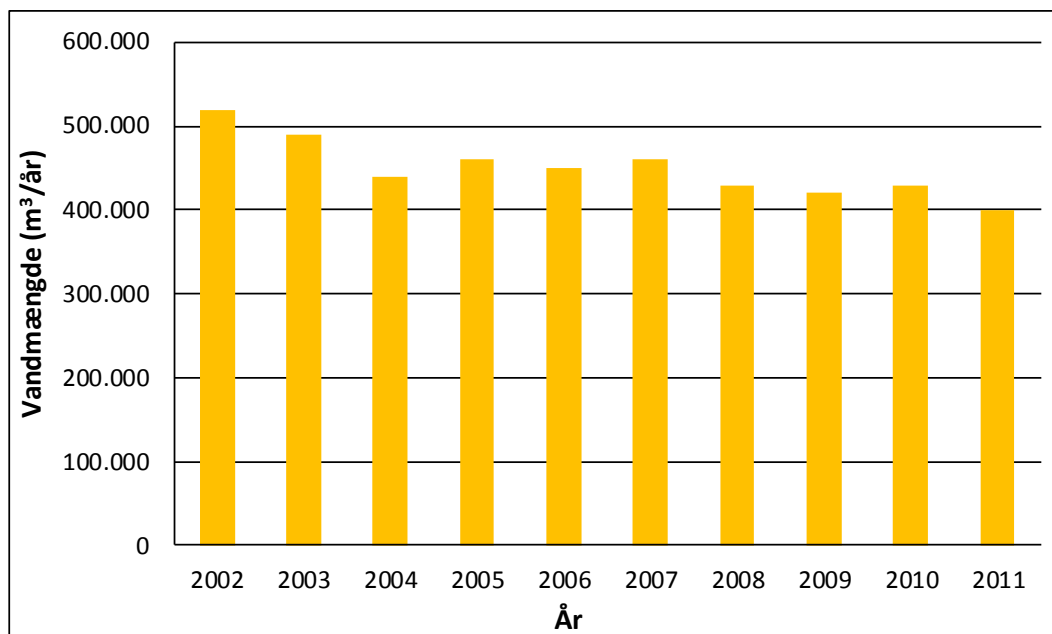


Figur 4.8. Årsvariation i indløbs-flow for Ballen Rensningsanlæg baseret på årene 2015, 2016 og 2017.

Ballen Rensningsanlæg renser som nævnt ca. 60 % af spildevandet på Samsø, svarende til en gennemsnitlig belastning på ca. 2.500 personækvivalenter (PE). Derudover vil Nordby Renseanlæg efter udbygning have en kapacitet på 130.000 m³ spildevand pr. år (ca. 900 PE), svarende til ca. 20 % af Samsøs spildevand. Den resterende del af spildevandet renses i mindre anlæg eller nedsives i nedsivningsanlæg. Der er planer om fra 2019 at inddrage spildevandet fra yderligere et boligområde i Ballen Rensningsanlæg.

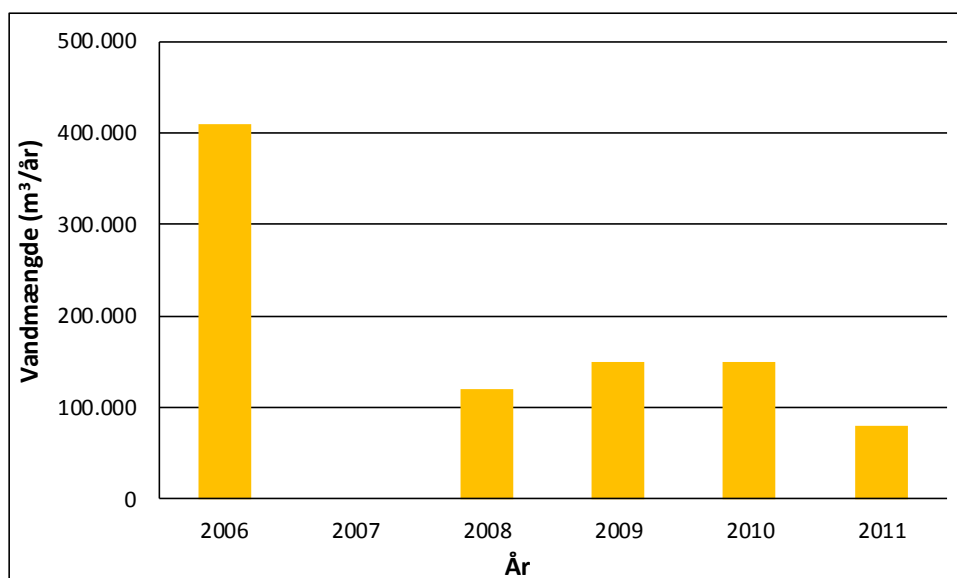
Vandindvinding til husholdning og erhverv samt markvanding

Vandværkernes indvinding til husholdninger og erhverv på Samsø er vist i figur 4.9 for årene 2002-2011. Den indvundne vandmængde er relativt konstant over årene med en gennemsnitlig årlig vandmængde på 0,45 mio. m³ vand og en variation mellem 0,40 og 0,46 mio. m³. Udover vandværkernes vandindvinding sker der også i et vist omfang vandindvinding fra private boringer, men denne indvinding vurderes at have mindre betydning for de samlede vandressourcer.



Figur 4.9. Vandindvinding til husholdning og erhverv på Samsø i årene 2002-2011. Data fra Madsen et al. (2014).

Den årlige vandindvinding til markvanding er vist i figur 4.10 for årene 2006-2011, og her er betydeligt større udsving mellem årene med variation mellem 0 og 0,41 mio. m³ pr. år og en gennemsnitlig mængde på 0,13 mio. m³ pr. år. Årsvariationen hænger naturligt sammen med variationen i overskudsnedbør (figur 4.2). Iflg. Madsen et al. (2014) var der mulighed for vanding på 3.204 ha, svarende til 39 % af det dyrkede areal på 8.121 ha eller svarende til 28 % af Samsøs samlede areal.



Figur 4.10. Vandindvinding til markvanding på Samsø i årene 2006-2011. Data fra Madsen et al. (2014).

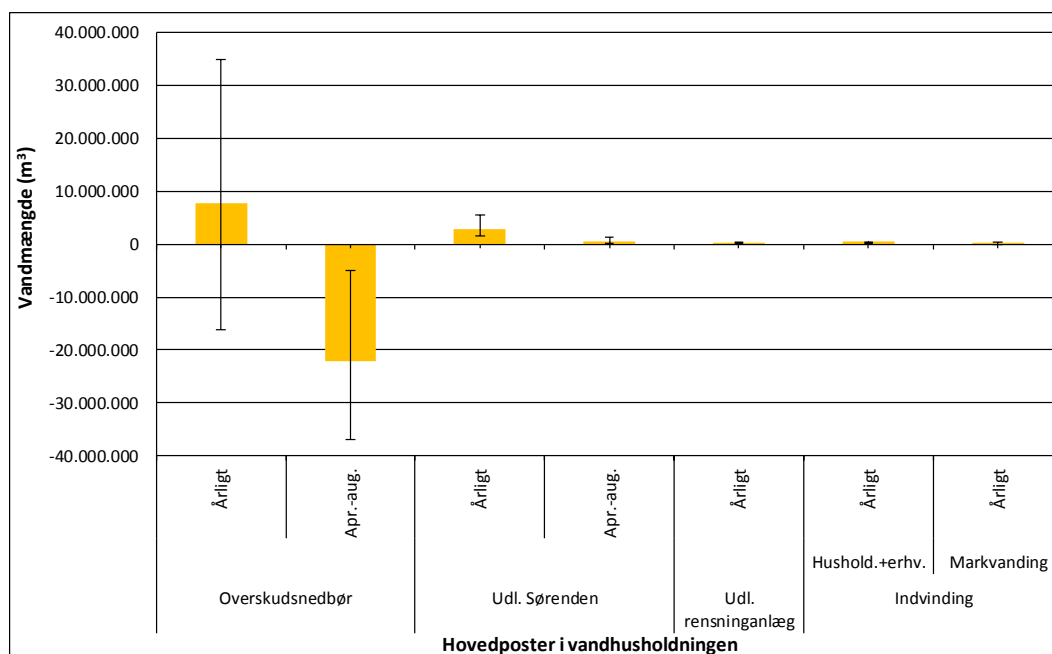
Hovedposter i vandhusholdningen for Samsø

Hovedposterne i vandhusholdningen for Samsø er illustreret i tabel 4.3 og figur 4.10. Tallene viser bl.a. følgende:

- Der er en meget stor variation fra år til år, hvilket især skyldes årsvariationer i nedbørsmængden (se også figur 4.2).
- Som gennemsnit er der et årligt nedbørsoverskud på 7,6 mio. m³ for hele Samsø (67 mm/år).
- Der er meget stor variation mellem årstiderne med overskudsnedbør i vinterhalvåret og underskud af nedbør i sommerhalvåret pga. langt større potentiel fordampning om sommeren.
- I månederne april-august er der et væsentligt underskud af nedbør på i gennemsnit 22,1 mio. m³ for hele Samsø, men underskuddet varierer mellem årene fra 4,9 til 36,9 mio. m³.
- Der udledes årligt en betydelig mængde vand via Sørenden på gennemsnitligt 2,8 mio. m³, hvoraf 79 % udledes i perioden oktober-marts.
- Der udledes årligt i størrelsesordenen 0,23 mio. m³ vand fra Ballen Spildevandsanlæg, der modtager ca. 70 % af spildevandet på Samsø.
- Vandindvinding via vandværker til husholdning og erhverv er relativt konstant med gennemsnitligt 0,45 mio. m³ pr. år.
- Vandindvinding til markvanding varierer meget mellem år, fra 0 til 0,41 mio. m³ pr. år.

Tabel 4.3. Hovedposter i vandhusholdningen på Samsø. Der er angivet årlige gennemsnitsværdier samt minimum- og maksimum-værdier for dataperioden. Hvor det er muligt, er der også angivet vandmængder for perioden april til august.

Hovedposter i vandhusholdningen	Dataperiode	Vandmængde (m ³ /år)		
		Gnsn.	Min.	Maks.
Overskudsnedbør, hele Samsø, årligt	1989-2016	7.644.953	-16.220.578	34.975.900
Overskudsnedbør, hele Samsø, apr.-aug.	1989-2016	-22.116.921	-36.885.185	-4.916.722
Udpumpning i Sørenden, årligt	2007-2016	2.815.521	1.490.327	5.441.774
Udpumpning i Sørenden, apr.-aug.	2007-2016	605.165	234.549	1.245.233
Udledning via rensninganlæg, årligt	2015-2017	234.472	179.291	291.285
Udledning via rensninganlæg, apr.-aug.	-	-	-	-
Vandindvinding til husholdning og erhverv, årligt	2002-2011	450.000	400.000	460.000
Vandindvinding til markvanding, årligt	2006-2011	130.000	0	410.000



Figur 4.11. Hovedposter i vandhusholdningen på Samsø, angivet i m³ for perioden. Søjlerne viser gennemsnitsværdien for perioden, lodrette fejllinjer viser minimum og maksimum værdier for perioden.

4.2. Næringsstoffer

Afsætning af næringsstoffer fra luften

Der afsættes løbende næringsstoffer fra luften, både som våd-deposition og tør-deposition. For 2015 er der estimeret en samlet afsætning af 103 tons kvælstof og 22 tons svovl på Samsø, svarende til 9 kg N/ha/år og 1,9 kg S/ha/år ([Aarhus Universitet, 2017](#)). Med et landsgennemsnit på hhv. 13,1 kg N/ha/år og 2,3 kg S/ha/år ligger depositionen af kvælstof og svovl i den lave ende for danske forhold.

Næringsstoffer via rensningsanlæg

Der behandles dagligt næsten 600 m³ spildevand på Ballen Rensningsanlæg, som indeholder næringsstoffer, der potentielt kan udnyttes som en ressource. I tabel 4.4 er udregnet årsværdier for mængder af vand, total-N, total-P og COD for hhv. ind- og udløb. Tallene i tabel 4.4 indeholder ikke data fra den mængde slam, som bliver behandlet på Ballen Rensningsanlæg. Dette er valgt, da der bliver tilført og bortført ca. de samme mængder næringsstoffer, som svarer til ca. 10 % af det tilførte via indløbet.

Som det fremgår af tabel 4.4, tilføres der i gennemsnit ca. 10,6 tons N, 1,4 tons P og 112 tons COD pr. år til Ballen Rensningsanlæg. Sammenlignes indløbsmængderne med udløbsmængderne, fjernes der årligt ca. 9,8 tons N, 1,35 tons P og 104 tons COD på rensningsanlægget. Det betyder, at rensningsanlægget fjerner 92,4 % og 96,4 % af

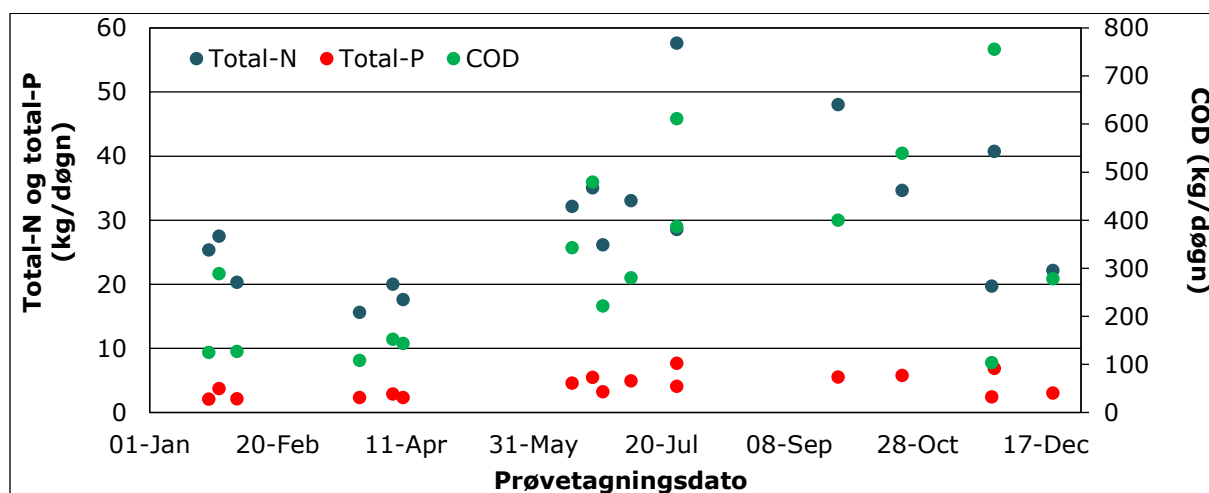
mængden af hhv. total-N og total-P i det indløbne spildevand. N fjernes primært ved denitrifikation, hvorved N frigives som frit N til atmosfæren. P fjernes primært med slamfraktionen, der køres bort fra spildevandsanlægget.

Hvis det antages, at næringsstofferne N og P kan udnyttes fra råspildevandet og udbringes på Samsøs ca. 6.000 ha landbrugsareal, vil det svare til ca. 1,8 kg N/ha og 0,23 kg P/ha.

Tabel 4.4. Spildevandsdata fra Ballen Rensningsanlæg i årene 2015 til 2017. Der er angivet mængder af spildevand, total-N, total-P og COD for hhv. indløb og udløb.

År	Indløb				Udløb			
	Vand-flow (m ³ /år)	Total-N (ton/år)	Total-P (ton/år)	COD (ton/år)	Vand-flow (m ³ /år)	Total-N (ton/år)	Total-P (ton/år)	COD (ton/år)
2015	256.230	9,9	1,4	101,1	326.340	0,9	0,09	9,8
2016	231.470	12,1	1,6	136,8	234.208	0,7	0,04	7,3
2017	161.634	9,7	1,2	98,1	196.948	0,7	0,04	6,6
Gen-nemsnit	216.445	10,6	1,4	111,9	252.499	0,8	0,05	7,9

Samsøs befolkningstæthed varierer med årstiden, hvorved mængden af potentielle næringsstoffer i spildevandet ligeledes varierer henover året. I figur 4.12 ses et billede af årsvariationen med hensyn til mængden af næringsstoffer i tilført spildevand til Ballen Rensningsanlæg. Figuren er lavet ved sammenstilling af analysedata fra 2015, 2016 og 2017. Der ses en tendens til større udledning af næringsstoffer pr. døgn i sommer- og efterårsmånederne sammenlignet med vinter- og forårsmånederne. Denne variation skal også tages i betragtning ved vurdering af, hvorvidt næringsstoffer fra spildevandet kan udnyttes.



Figur 4.12. Årsvariation af mængden af Total-N, Total-P og COD som strømmer igennem Ballen Rensningsanlæg.

4.3. Kritiske stoffer

Der foreligger ikke analyser af kritiske stoffer i spildevandet, men der foreligger analyse-data fra slamprøver. I analysedata fra slamprøverne ses det, at der forekommer tungme-

taller og enkelte miljøfremmede stoffer. Ved evt. brug af råspildevand til udbringning i landbrugsproduktionen er der behov for at dokumentere disse forhold nærmere, da der kan opstå problematikker i forbindelse med indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i råspildevandet.

5. Diskussion

Mængden af overskudsnedbør på Samsø er et udtryk for den mængde vand, der potentielt kan blive til grundvand eller udledes til vandmiljøet. I nærværende kortlægning er det ikke muligt at afgøre, hvor store andele af overskudsnedbøren der potentielt kan bidrage til grundvandsmagasinerne.

Tallene for overskudsnedbør viser et markant nedbørsunderskud i sommermånederne i de fleste år, hvilket medfører behov for markvanding på en del arealer og især i visse afgrøder. Dette kan være en kritisk faktor både for produktionsøkonomien og for grundvandsressourcerne, og det er ønskeligt at kunne udnytte andre vandressourcer til markvanding. Sammenlignet med det samlede nedbørsunderskud for hele Samsø i månederne april-august udgør vand fra Sørenden og Ballen Rensningsanlæg relativt små mængder. Da der ikke er vandingsbehov på alle arealer og i alle afgrøder, vil disse vandressourcer dog alligevel kunne udgøre et relevant bidrag til vanding i landbrugsproduktionen.

For anvendelse af vand fra Sørenden til markvanding er det en væsentlig udfordring, at der primært pumpes vand i perioder af året, hvor der ikke er særligt stort vandingsbehov og vice versa. Derfor kan anvendelsen af denne vandressource kræve en form for opmagasinering, indtil der er vandingsbehov. Både opmagasinering og evt. transport af vand til markvanding af de relevante arealer kan udgøre økonomiske barrierer for udnyttelsen.

Anvendelse af vand fra Ballen Rensningsanlæg er på mange måder oplagt, da der både er tale om en vandressource og en gødningsressource. Den årlige vandmængde, der renses i Ballen Rensningsanlæg, er således større end den årlige mængde vand, der blev indvundet til markvanding i årene 2007-2011, men noget mindre end mængden, der blev vandet med i 2006. Selvom spildevand 'produceres' hele året, så er der generelt en større udledning af vand via Ballen Rensningsanlæg i vinterperioden end i sommermånederne, hvor der er behov for markvanding. Ligesom for udnyttelse af vand fra Sørenden til markvanding kan der således også være behov for opmagasinering af spildevandet, indtil der er vandingsbehov, hvilket kan udgøre en betydelig barriere. Endvidere kan der være lovgivningsmæssige barrierer for udvanding af mere eller mindre rensede spildevand, ligesom der kan være udfordringer pga. potentielt kritiske stoffer.

Anvendelse af spildevand til udvanding i afgrøder vil være en oplagt mulighed for at udnytte næringsstoffer i spildevand, som ellers kun ville blive udnyttet i begrænset omfang. Således 'bortrenses' mere end 90 % af N-indholdet i spildevandet ved denitrifikation til atmosfærisk kvælstof – som godt nok er uskadeligt, men som ikke gør noget gavn som gødning. En stor del af P-indholdet i spildevand fjernes med slamfraktionen, og da spildevandsslam generelt udbringes på marker, udnyttes denne P-ressource allerede i stor udstrækning, om end ikke på alle bedriftstyper.

En fjernelse af næsten 10 tons N pr. år fra spildevand, der renses i Ballen Rensningsanlæg, vil således kunne udgøre en betydelig N-kilde til planteproduktion af udvalgte produktioner. Udover de ca. 60 % af spildevandet på Samsø, der renses på Ballen Rensningsanlæg, kan der potentielt også være andre relevante spildevandskilder, f.eks. fra Nordby Rensningsanlæg. Det vil dog næppe være realistisk at udnytte spildevand fra meget små, decentrale rensningsanlæg.

Hvis spildevand og dermed næringsstoffer i spildevand i større stil skal udnyttes i planteproduktionen, er der behov for dokumentation af, hvordan udnyttelsen kan foregå uden

risiko for potentielle problemer med kritiske stoffer, risiko for spredning af patogener etc., ligesom der kan være behov for tilpasning af den lovgivningsmæssige regulering. Et 'double-loop'-system kan være en mulig tilgang, hvor spildevand i første trin udbringes i en 'non-food-afgrøde', der anvendes til f.eks. energiformål såsom biogasproduktion, hvorefter næringsstofferne i næste trin kan udbringes i en fødevareafgrøde.

I det videre arbejde mod en bedre udnyttelse af vand- og næringsstofressourcerne på Samsø vil det bl.a. være nyttigt at fokusere på følgende områder:

- Iværksættelse af et monitoringsprogram for vand-flow og næringsstofindhold (primært N og P) i de væsentligste hovedvandløb på Samsø. Dette vil bidrage til overblik over, hvor stor en andel af nedbøren, der afvandes ad disse veje, samt hvor stor en næringsstofressource/miljøbelastning disse kilder udgør.
- Indsamling og opsummering af data fra Nordby Renseanlæg på tilsvarende vis som for Ballen Rensningsanlæg i denne rapport. Dette vil kunne gøres, når anlægget er færdigudbygget og har været i drift i mindst ét år og vil give viden om de potentielle vand- og næringsstofressourcer fra dette rensningsanlæg.
- Indsamling af tilgængelig viden om rensningen af den resterende mængde spildevand, der ikke renses i centrale rensningsanlæg i Ballen eller Nordby.
- Indsamling af viden om kapaciteter og praksis for opsamling af drænvand i vandingsbassiner på Samsø.
- Indsamling og opsummering af eksisterende viden om grundvandsforekomster og grundvandsdannelse samt nitratindholdet i grundvandsressourcerne på Samsø. Dette kan forbedre forståelsen af, i hvilket omfang der kan indvindes grundvand til forskellige formål såvel som behovet for at forbedre drikkevandskvaliteten.
- Indsamling af viden om andre næringsstofressourcer på Samsø med særlig fokus på husdyrgødning. Dette vil give et vigtigt bidrag til at kunne lave en overordnet næringsstofbalance for Samsø (primært N og P), som på sigt også skulle omfatte posterne import og eksport af næringsstoffer til og fra Samsø.

6. Referencer

Aarhus Universitet (2017). Tabeller: Depositionsberegninger for svovl og kvælstof - for farvandsområder samt regioner og kommuner. Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab. <http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/model/deposition/danmark/> Siden tilgået 15/6 2017.

Allerup, P., Madsen, H. & Vejen, F. (1998). Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Technical Report, 98-10, Danish Meteorological Institute. https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/1998/tr98-10.pdf

Madsen, B., Stefaniak, I., Hedtoft, A., Sørensen, B.L., Plauborg, F., Jørgensen, C.D. & Kristensen, I.T. (2014). Behov for vand i Region Midtjylland - udvikling i befolkning, indkomster og arbejdspladser. Rapport fra Center for Regional- og Turismeforskning (CRT). 74 sider. http://www.rm.dk/siteassets/regional-udvikling/jordforurening/7_publicationer-og-film/publikationer/behov-for-drikkevand-i-region-midtjylland.pdf

Plauborg, F., Refsgaard, J.C., Henriksen, H.J., Blicher-Mathiesen, G. & Kern-Hansen, C. (2002). Vandbalance på mark- og oplandsskala. DJF-rapport nr. 70, Markbrug. April 2002. 46 sider. <http://pure.au.dk/portal/files/458473/djfm70.pdf>

Samsø Kommune (2017). [Udbudmateriale for vedligeholdelse af kommunale vandløb](#). Naturafdelingen, Samsø Kommune, april 2017.

Scharling, M. (2001). Sammenligning af potentiel fordampning beregnet ud fra Makkink's formel og den modificerede Penman formel. Technical Report, 01-19, Danish Meteorological Institute. http://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/2001/tr01-19.pdf

Scharling, M. & Kern-Hansen, C. (2000). Praktisk anvendelse af nedbørkorrektion på gridværdier. Technical Report, 00-21, Danish Meteorological Institute. https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/2000/tr00-21.pdf