

# Varde Kommune

## Videregående vurdering af de natur- og miljømæssige konsekvenser for Karlsgårde Sø ved afskæring af vandet fra Holme Å

### Rekvirent

Varde Kommune  
att. Jan Pedersen  
Teknik og Miljø  
Toften 2  
6818 Årre

### Rådgiver

Orbicon A/S  
Natur og Plan  
Jens Juuls Vej 16  
8260 Viby J

Projekt : 1391400021  
Projektleder : Henrik Skovgaard  
Tekst : Henrik Skovgaard  
Kvalitetssikring : Jacob Peter Jacobsen  
Revisionsnr. : 0.2  
Godkendt af : Henrik Vest Sørensen  
Udgivet : April 2014

Orbicon A/S  
Jens Juuls Vej 16  
8260 Viby J  
87 38 61 66

info@orbicon.dk  
www.orbicon.dk

CVR nr: 21 26 55 43

Nordea:  
2783-0566110733

## INDHOLDSFORTEGNELSE

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Indledning .....   | 3  |
| 2   | Planmæssige bindinger .....  | 4  |
| 2.1 | Vandplanen.....  | 4  |
| 2.2 | Naturplanen .....  | 5  |
| 2.3 | Vandrammedirektivet vs. Natura 2000-direktiverne .....                 | 5  |
| 2.4 | Øvrige bindinger .....   | 6  |
| 3   | Formål og detaljeringsgrad.....  | 7  |
| 4   | Datagrundlag .....   | 8  |
| 5   | konsekvenser af afskæring af vandet fra Holme Å.....                   | 10 |
| 5.1 | Vandtilførsel og næringsstofbelastning .....                           | 10 |
| 5.2 | Fremtidig tilførsel af vand og næringsstoffer til Karlsgårde Sø .....  | 13 |
| 6   | Nuværende tilstand i søen.....   | 15 |
| 6.1 | Vandkemi.....  | 15 |
| 6.2 | Undervandsvegetation.....  | 17 |
| 7   | Effekter af reduceret vandtilførsel og næringsstofbelastning .....     | 18 |
| 7.1 | Fosfor og kvælstof .....   | 18 |
| 7.2 | Klorofyl.....  | 19 |
| 7.3 | Risikoen for intern belastning med fosfor .....                        | 20 |
| 8   | Rekreativ udnyttelse af karlsgårde kanal efter omlægning af holme å .. | 22 |
| 9   | Samlet vurdering .....   | 23 |
| 10  | Referencer .....   | 25 |

## 1 INDLEDNING

Karlsgårde Sø er en kunstig sø, dannet ved opstemning af det lille vandløb Nørrebæk og tilledning af vand fra de tre store vandløb i Varde Å-systemet – Grindsted/Varde Å, Ansager Å og Holme Å. I 2011 afsluttede Naturstyrelsen gennemførelsen af det store naturgenopretningsprojekt "Varde Å", gennem hvilket vandet fra Varde Å og Ansager Å blev ledt uden om Karlsgårde Sø i et restaureret åløb, efter i mange år at været blevet ledt gennem søen for at producere el på Karlsgårdeværket. Ved afskæringen af vandtilførslen fra de to vandløb til Karlsgårde Sø blev den samlede vandtilførsel til søen reduceret med godt 70 %. Det blev i VVM-redegørelsen for naturgenopretningsprojekt "Varde Å" konkluderet, at denne afskæring af en stor del af søens vandtilførsel ikke ville være i afgørende konflikt med de vedtagne natur- og miljømålsætninger for søen, og projektet er i dag gennemført med stor succes for vandløbene og uden åbenlyse problemer for søen. Naturgenopretningsprojekt "Varde Å" omfattede ikke afskæring af vandet fra den tredje store kilde til vandtilførsel til søen – Holme Å – hvorfor dette vigtige vandløb stadig henligger med en fysisk adskillelse fra det øvrige vandløbssystem.

Varde Kommune har i forlængelse af naturgenopretningsprojekt "Varde Å" og som forberedelse til implementeringen af vandplanen ønsket at få undersøgt de natur- og miljømæssige konsekvenser af at lede vandet fra Holme Å tilbage i det oprindelige løb og derigennem genskabe fri faunapassage ved det stemmeværk (Hostrup Stemmeværk), hvor hovedparten af åens vandføring i dag ledes til Karlsgårde Sø.

Dette notat indeholder en belysning af de problemstillinger, der er eller kan være forbundet med en yderligere afskæring af vandtilførslen til Karlsgårde Sø og en vurdering af, hvordan afskæringen kan forventes at ville påvirke søens tilstand i relation til både vandplanens miljømålsætning og naturplanens naturmålsætning for søen.

Notatet bygger videre på det notat, der blev udarbejdet af Orbicon i april 2012. Datagrundlaget er blevet forbedret, idet Naturstyrelsen i 2012 har undersøgt Karlsgårde Sø i det nationale overvågningsprogram. Desuden har Varde Kommune udtaget tre vandprøver i Nørrebæk i perioden januar 2014 til februar 2014 til analyse for jern, fosfor og kvælstof.

## 2 PLANMÆSSIGE BINDINGER

Karlsgårde Sø er omfattet af planmæssige bindinger i både vandplanen for Hovedvandopland 1.10 – Vadehavet og naturplanen for Natura 2000-område nr. 88/Habitatområde H77 – Nørholm Hede, Nørholm Skov og Varde Å øst for Varde.

De planmæssige bindinger betyder, at myndigheden (Varde Kommune) ved myndighedsudøvelsen i forbindelse med afskæringen af vandet fra Holme Å er forpligtet til at iagttage både vandplanens og naturplanens retningslinjer og målsætninger.

Dertil kommer en særlig forpligtelse til at iagttage de nødvendige forholdsregler i forbindelse med tungmetalproblematikken i søen.

### 2.1 Vandplanen

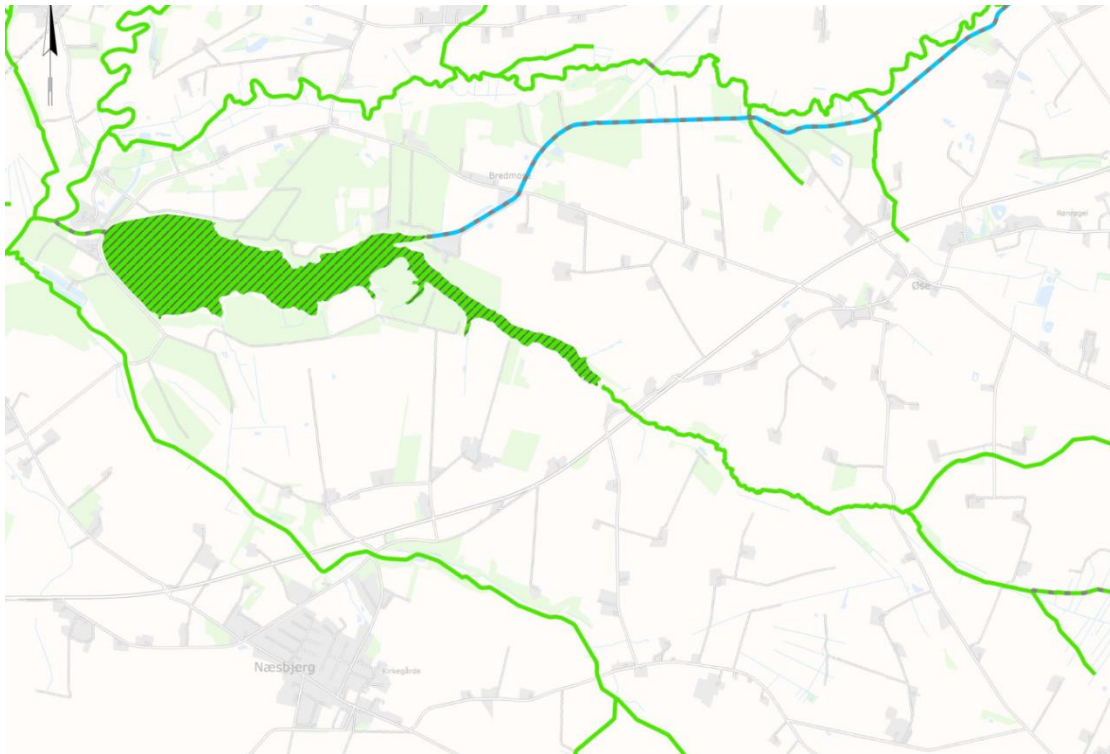
Karlsgårde Sø er i vandplanen klassificeret som en "stærkt modificeret sø", opstået ved opstemning af vandløbet Nørrebæk og indtil for få år siden forsynet med vand fra Grindsted/Varde Å, Ansager Å og Holme Å via gravede kanaler.

Karlsgårde Sø har målsætningen "godt økologisk potentiale". Målsætningen "godt økologisk potentiale" er anvendt, fordi søen er kunstig. Målsætningen indebærer, at søens tilstand skal svare til, hvad man finder i sammenlignelige naturlige søer, idet der dog accepteres afvigelser, der måtte være betinget af søens kunstige oprindelse og karakter.

Miljømålet er i vandplanen udmøntet gennem et krav til vandets maksimale indhold af klorofyl-a på 16,1 µg/l (maksimal sommermiddelværdi). Det er i vandplanen angivet, at forudsætningerne for opfyldelse af dette krav er maksimale næringsstofkoncentrationer på 70 µg/l total-fosfor og 0,96 mg/l total-kvælstof (sommermiddelværdier).

Karlsgårde Sø er ikke i vandplanen udpeget til en supplerende indsats til forbedring af den økologiske tilstand, idet målsætningen er opfyldt og forventes at være det også i 2015.

Nørrebæk har målsætningen god økologisk tilstand, mens Karlsgårde Sø har målsætningen maksimal økologisk potentiale (stærkt modificeret vandløb). Målsætningen er ikke opfyldt for Nørrebæk, der har moderat tilstand, mens den er opfyldt for Karlsgårde kanal.



Figur 2.1: Målsætninger i vandplanen for Karlsgårde Sø og vandløb med vandtilførsel til Karlsgårde Sø, dvs. Nørrebæk i den sydøstlige ende af søen og Karlsgårde Sø. Signatur: Grønt skraveret er målsætningen "godt økologisk potentiale"; grøn er "god økologisk tilstand"; blåskraveret er "maksimal økologisk potentiale"

## 2.2 Natura 2000-planen

Karlsgårde Sø er i Natura 2000-planen karakteriseret som en næringsrig sø (habitat-type 3150) og indgår i udpegningsgrundlaget som en sådan. Natura 2000-planens målsætning for Karlsgårde Sø er "god - høj naturtilstand"<sup>1</sup>.

## 2.3 Vandrammedirektivet vs. Natura 2000-direktiverne

For søer, der er omfattet af både Vandrammedirektivet og Natura 2000-direktiverne, gælder det strengeste miljømål. For Karlsgårde Sø's vedkommende betyder det, at naturplanens mål om "god - høj naturtilstand" er gældende, men fordi vandkvaliteten i al væsentlighed reguleres i medfør af vandplanen, vil "godt økologisk potentiale" og de dermed forbundne krav til vandkvaliteten skulle korrespondere med "høj - god naturtilstand". Denne nødvendige korrespondance er sikret i forbindelse med udarbejdelsen af vand- og naturplanerne.

<sup>1</sup> Der foreligger ikke i skrivende stund et system til bedømmelse af naturtilstanden i de 5 danske søtyper, men et system er for nærværende under udarbejdelse og afprøvning.

Idet Karlsgårde Sø aktuelt opfylder vandplanens målsætning om "godt økologisk potentiale", vil kommunen ved myndighedsudøvelsen i praksis skulle forholde sig til det overordnede krav om, at vandområdernes tilstand ikke må forringes og til de specifikke vandkemiske kravværdier, der i vandplanen er fastsat for Karlsgårde Sø.

#### 2.4 Øvrige bindinger

Foruden vand- og naturplanernes målsætninger og krav til den økologiske tilstand og naturtilstanden gælder der for Karlsgårde Sø særlige bindinger som følge af tidligere tiders tungmetalforurening<sup>2</sup> og deraf følgende forhøjede koncentrationer af tungmetaller i sedimentet. Sidstnævnte indebærer en risiko for, at der i forbindelse med evt. afskæring af vandet fra Holme Å kan ske ændringer af mobiliteten af tungmetallerne som følge af forringede iltforhold ved bunden og i sedimentet.

---

<sup>2</sup> Fra det tidligere Grindstedværket, nu Danisco.

### 3 FORMÅL OG DETALJERINGSGRAD

Formålet med denne redegørelse er – på overordnet niveau – at belyse og vurdere, hvordan afskæring af vandtilførslen fra Holme Å kan forventes at ville påvirke natur- og miljøtilstanden i Karlsgårde Sø. Redegørelsen skal skabe grundlag for en vurdering af, hvordan afskæringen af vandet fra Holme Å vil påvirke søens tilstand i relation til målene i både vandplanen og Natura 2000-planen samt i forhold til den særlige tungmetalproblematik. Da afskæring af vand fra Holme Å vil reducere vandføringen betydeligt i Karlsgårde kanal, gives der endvidere end vurdering af de fremtidige muligheder for rekreativ værdi og benyttelse af kanalen for lokale beboere.

Rapportens detaljeringsgrad er tilpasset formålet, således at rapportens indhold og vurderinger modsvarer kravene i "Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter", § 7, stk. 1: § 7.

*Før der træffes afgørelse i medfør af de bestemmelser, der er nævnt i § 8, skal der foretages en vurdering af, om projektet i sig selv, eller i forbindelse med andre planer og projekter, kan påvirke et Natura 2000-område væsentligt. De projekter, der omfattes af kravet om vurdering, er projekter som ikke direkte er forbundet med eller nødvendige for Natura 2000-områdets forvaltning.*

*Stk. 2. Hvis myndigheden vurderer, at projektet kan påvirke et Natura 2000-område væsentligt, skal der foretages en nærmere konsekvensvurdering af projektets virkninger på Natura 2000-området under hensyn til bevaringsmålsætningen for det pågældende område. Viser vurderingen, at projektet vil skade det internationale naturbeskyttelsesområde, kan der ikke meddeles tilladelse, dispensation eller godkendelse til det ansøgte.*

I forhold til bestemmelserne i ovennævnte § 7 er det vurderingen, at afskæring af vandet fra Holme Å til Karlsgårde Sø er en handling, der er begrundet i en indsats i vandplanen til genskabelse af kontinuitet i vandløbssystemet, og som ikke er direkte forbundet med eller nødvendig for Natura 2000-områdets forvaltning. Der vil dog være en positiv effekt på et væsentligt element i udpegningsgrundlaget i naturplanen, nemlig snæbelen, der ved genskabt passage til og fra Holme Å vil få adgang til yderligere gydeområder.

#### 4 DATAGRUNDLAG

Redegørelsen er udarbejdet på grundlag af eksisterende data og viden, der består af data af både ældre dato fra Ribe Amt og nye data fra Naturstyrelsen og Varde Kommune i perioden 2012-2014. Vurderingen foretages dermed på et nyere datagrundlag end Orbicons tidligere notat om Karlsgårde Sø (Orbicon, 2012).

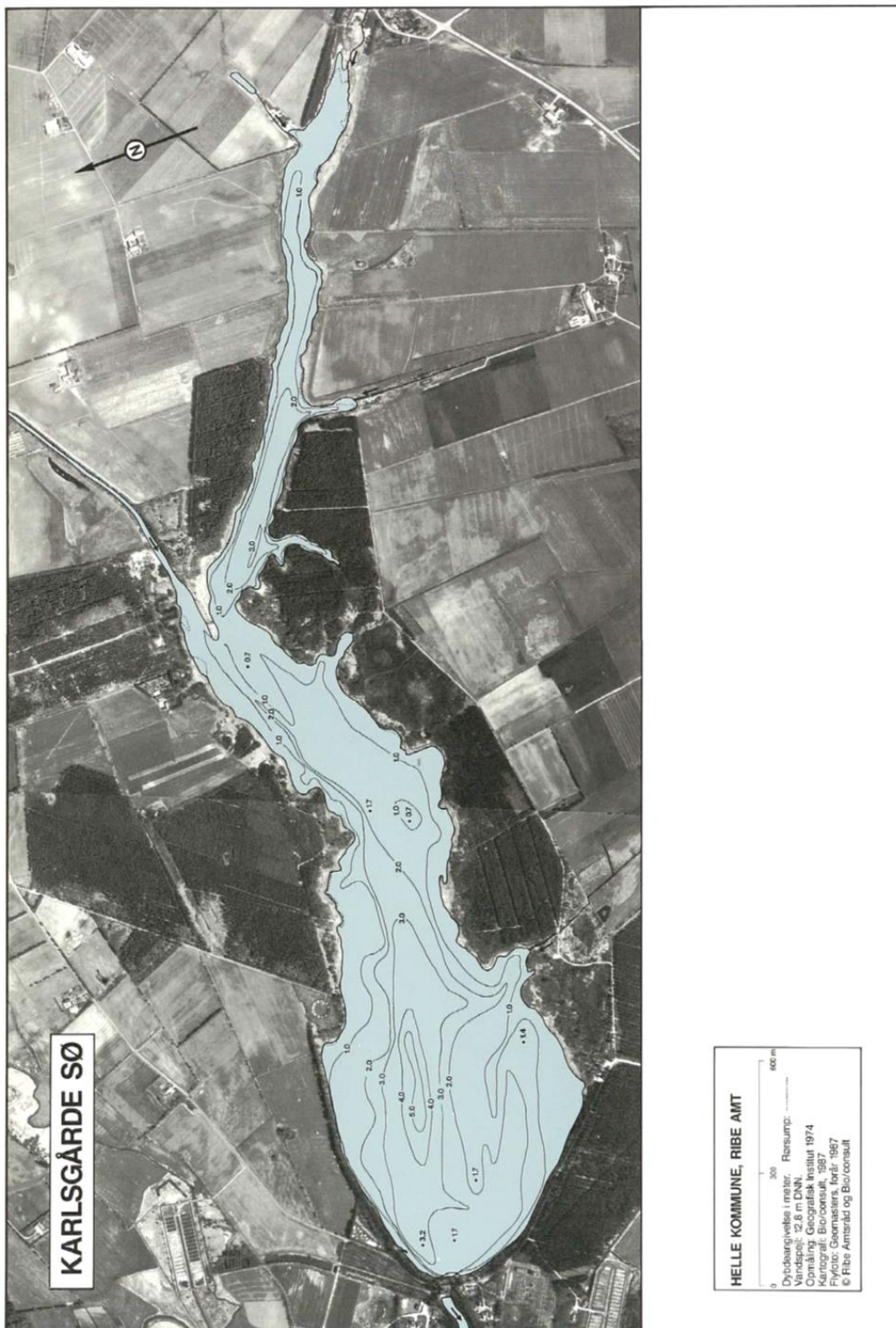
Der beregnes karakteristiske afstrømninger ( $l/s/km^2$ ) for deloplandet til Nørrebæk og det umålte opland. Belastningen med kvælstof og fosfor fra hele søens opland baseres på måleresultaterne fra Nørrebæk. I belastningsopgørelsen inddrages viden om arealudnyttelse, herunder spildevand fra spredt bebyggelse. Belastningen fra nedbøren på søoverfladen baseres på erfaringstal fra NO-VANA programmet.

Den nuværende miljøtilstand i søen vurderes især på baggrund af Naturstyrelsens data fra 2012. Den fremtidige miljøtilstand i søen vurderes på baggrund af en ny modelopstilling baseret på Vol-lenweiders fosformodel, samme metode som i vandplanerne. Tilstandsvurderingen baseres på indhold af næringsstoffer og klorofyl, sigtdybde, iltforhold og sedimentforhold på baggrund af eksisterende data.

Dybdekort for Karlsgårde Sø er vist omstående, mens morfometriske data er vist nedenstående (Ribe Amt, 2002).

|               |                          |
|---------------|--------------------------|
| Areal         | 857.000 m <sup>2</sup>   |
| Volumen       | 1.350.000 m <sup>3</sup> |
| Middeldybde   | 1,6 m                    |
| Største dybde | 6,6 m                    |





## 5 KONSEKVENSER AF AFSKÆRING AF VANDET FRA HOLME Å

Afskæringen af vandet fra Holme Å vil i givet fald være den anden store reduktion af vandtilførslen til Karlsgårde Sø, idet hovedparten af vandtilførslen til søen blev afskåret i 2010 i forbindelse med naturgenopretningen af Varde Å.

Ved afskæringen af vandet fra Varde Å blev vandtilførslen til søen reduceret med godt 70 %, og vandets gennemsnitlige opholdstid i hovedbassinet blev som følge heraf øget fra ca. 2 til ca. 8 døgn. I VVM-redegørelsen<sup>3</sup> for Varde Å naturgenopretningsprojektet blev det konkluderet:

”Vandkvaliteten i søen vil næppe ændres væsentlig, da søen fortsat vil have en meget kort hydraulisk opholdstid (ca. 8 døgn). Opholdstiden vurderes at være den mest begrænsende faktor i forhold til produktionen af planteplankton.”

Afskæringen af vandet fra Holme Å bringer dermed i udgangspunktet søen i konflikt med netop den faktor, der i VVM-redegørelsen anses for at være den mest betydende for søens tilstand i hen- seende til planteplankton og vandets klarhed. Det gør spørgsmålet om ændringen af den hydrauliske opholdstid til et vigtigt emne i denne vurdering sammen med den fremtidige tilførsel af fosfor og kvælstof til søen og udveksling af fosfor mellem sediment og søvand.

### 5.1 Vandtilførsel og næringsstofbelastning

Karlsgårde Sø har i det østlige bassin tilløb af Nørrebæk og to mindre tilløb/grøfter. Det andet og største tilløb i dag er Karlsgårde Kanal, der modtager vand fra Holme Å. Det østlige bassin omgi- ves hovedsagelig af landbrugsarealer, hvoraf nogle ligger i permanent græs. Vestbassinet er omgi- vet af eksensivt udnyttede arealer som hede, plantage og moser (Ribe Amt, 2002). Søen har afløb ved det gamle stemmeværk til Varde Å. Turbinerne er fjernet.

Der er tidligere beregnet en vandtilførsel til Karlsgårde Sø, som kort gennemgås, idet den anven- des som kontrol for beregning af en ny vand- og stoftilførsel til søen. Ifølge vandbalancen fra 1993 (Ribe Amt, 1995) var den samlede vandtilførsel til Karlsgårde Sø på 245,5 mill. m<sup>3</sup>/år. Ved afskæ- ringen af vandet fra Grindsted/Varde Å og Ansager Å blev den samlede tilførsel ifølge den opgørel- se reduceret med netto 176,4 mill. m<sup>3</sup>/år, svarende til en procentuel reduktion på ca. 72 %.

Af den resterende vandtilførsel på 69,1 mill. m<sup>3</sup>/år udgjorde vandtilførslen fra Holme Å i 1993 netto 63,5 mill. m<sup>3</sup>/år. Fjerner man vandet fra Holme Å i opgørelsen, er den tilbageværende vandtilførsel

---

<sup>3</sup> Ribe Amt 2006. Genopretning af Varde Å – et naturprojekt. VVM-redegørelse.

til Karlsgårde Sø i 1993 på 5,6 mill. m<sup>3</sup>/år, svarende til ca. 2,3 % af den oprindelige vandtilførsel. Ved afskæringen af vandet fra Grindsted/Varde Å og Ansager Å blev den oprindelige opholdstid på ca. 2 døgn øget til ca. 8 døgn. Ved afskæring af vandet fra Holme Å vil den hydrauliske opholdstid<sup>4</sup> i søen blive øget fra de oprindelige ca. 2 døgn til i størrelsesordenen 90 døgn, det vi sige en meget markant ændring, både absolut og relativt (Orbicon, 2012). Vurderet på grundlag af sommermidlevandføringerne i Varde Å nedstrøms Karlsgårde Sø i perioden 1993-2007 vil vandets opholdstid ved afskæring af vandet fra Holme Å i tørre år nå op på mere end 205 døgn, hvilket skal ses i forhold til en sommeropholdstid i 1993 på ca. 141 døgn (Orbicon, 2012).

Det blev påpeget i rapporten fra 2012, at grundlaget for en beregning af vandtilførslen burde opdateres med nyere data. På baggrund af målte vandføringer i Nørrebæk har Orbicon foretaget nye beregninger af karakteristiske afstrømninger for Nørrebæk og det fremtidige umålte opland til Karlsgårde Sø.

Det fremtidige vandopland til Karlsgårde Sø uden tilførsel af vand fra Holme Å vil bestå af Nørrebæks opland på 13,15 km<sup>2</sup> målt ved Præstebro (st. 310243) samt det umålte opland på 5,5 km<sup>2</sup>, der fremgår af det skraverede område på figur 5.1. Det samlede opland er således 18,65 km<sup>2</sup>. Vingemålinger af vandføringer i Nørrebæk er anvendt til opstilling af en QQ relation med Holme Å ved Hostrup (st. 31.17) baseret på en målt tidsserie fra 1980-2013.

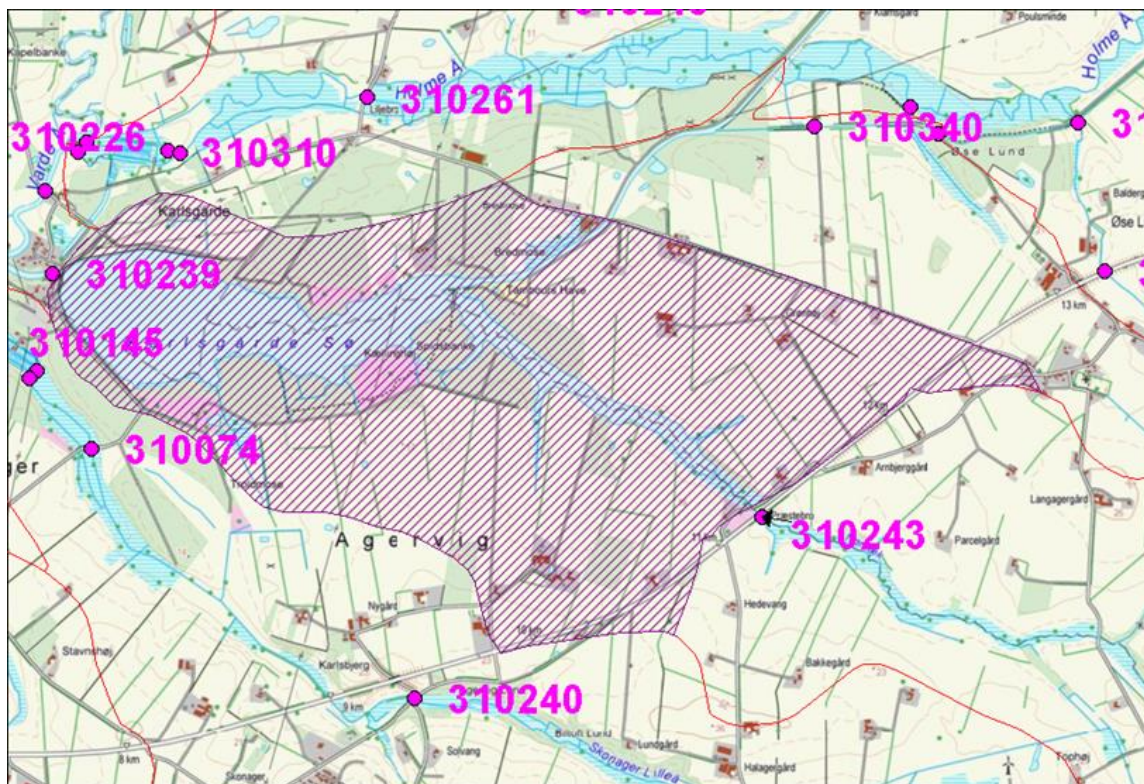
|                                | Median minimum Q,<br>l/s | Sommer middel, Q, l/s | Års middel Å, l/s |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Nørrebæk                       | 30,5                     | 55                    | 100               |
| Umålt opland                   | 12,5                     | 23                    | 42                |
| I alt søopland uden<br>Holme Å | 43                       | 78                    | 142               |

Tabel 5.1: Karakteristiske afstrømninger fra Nørrebæk og umålt opland til Karlsgårde Sø efter afskæring af vand fra Holme Å.

Den samlede vandtilførsel til Karlsgårde Sø fra oplandet vil således være 4.48 mio m<sup>3</sup>/år. Det er lidt lavere end de tidligere beregnede 5,6 mio m<sup>3</sup>/år, jf. tabel 5.1. Vandtilførslen inklusiv vand fra Holme Å er 80,16 mio. m<sup>3</sup>/år mod tidligere beregnet 69,1 mio m<sup>3</sup>/år. Med de nye beregninger reduceres vandtilførslen til ca. 6 % af den nuværende vandtilførsel. Den hydrauliske opholdstid (årgennemsnit) i søen vil ændres fra ca. 6 døgn til 109 døgn. Før afskæringen af Varde Å og Ansager Å i

<sup>4</sup> Opholdstiden er et udtryk for, hvor mange døgn det i gennemsnit varer at udskifte hele søens vandmasse. Det bemærkes, at vandbalancen fra 1993 tegner et "øjebliksbillede" af vandtilstrømningens størrelse, men at det indbyrdes forhold mellem de enkelte bidragydere til den samlede vandtilførsel formodentlig er relativt stabilt.

2010 var opholdstiden ca. 2 døgn. I sommerhalvåret (maj til september) vil søvandet fremover blive udskiftet knap 1 gang.



Figur 5.1: Vandløbsstationer og fremtidigt vandopland for Karlsgårde Sø uden vand fra Holme Å.

Spørgsmålet er herefter, hvilken betydning en sådan forlængelse af opholdstiden (mindskelse af vandskiftet) vil have for tilstanden i søen. Besvarelsen af dette spørgsmål kræver foruden viden om effekten af opholdstiden også viden om, hvordan afskæringen af vandet fra Holme Å vil påvirke næringsstofbelastningen af søen.

Karlsgårde Sø blev tidligere belastet med næringsstoffer fra det åbne land og punktkilder, herunder rensesanlæg, industri, dambrug, spredt bebyggelse og regnvandsbetingede udledninger (Ribe Amt, 2002). Efter afskæring af vand fra Varde Å og Ansager Å i 2010 og fremtidig afskæring af vand fra Holme Å vil belastningen fra oplandet reduceres til et bidrag fra det åbne land (landbrug og naturlig udvaskning) samt spredt bebyggelse.

Selvom vandplanen fastsætter krav til søens kvælstofkoncentration, er fosfor det vigtigste næringsstof i relation til vandets indhold af planteplankton og videre i relation til vandets klarhed (sigtdybden) i Karlsgårde Sø. Det skyldes, at fosfor er nærmere begrænsende værdier for vækst af planteplankton end kvælstof i Karlsgårde Sø. I det følgende vurderes den fremtidige kvælstoftilførsel dog

også, idet der må forventes en væsentlig lavere tilførsel ved afskæring af Holme Å. Også tilførslen af jern er vigtigt, idet jern binder fosfor og dermed reducerer tilgængeligheden af fosfor for planteplankton.

På baggrund af nye og ældre data fra Nørrebæk ved Præstebro (st. 310243) kan der beregnes en gennemsnitlig årskoncentration af kvælstof, fosfor og jern fra Nørrebæk og det umålte opland, jf. tabel 5.2. De nyeste målinger fra 2014 tillægges størst værdi, da koncentrationer af fosfor og kvælstof er entydigt lavere end i 2002, formentligt på grund af ændringer i udledninger fra oplandet. Det skal dog bemærkes, at tre målinger giver en betydelig usikkerhed på årgennemsnittet, og derfor er der valgt et konservativt estimat for fosfor på 60 µg P/l. Koncentrationen af kvælstof og jernkoncentrationen er et simpelt gennemsnit af de tre målinger i 2014, da de er knap så afgørende for beregninger af den fremtidige tilstand i søen.

Ved efterfølgende multiplikation med den beregnede vandtilførsel på 4,48 mio. m<sup>3</sup>/år kan der gives et overslag over den samlede stoftilførsel til søen, som indgår i en ny massebalance for søen i kapitel 5.2. Der er for få nye data til at beregne en egentlig stoftransport i Nørrebæk.

|                                | Total-N, mg/l | Total-P, µg/l | Total-Fe, mg/l | Vandføring l/s |
|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 1993 (årsgns.)                 | 5,6           | 83            | 4,0            | 136            |
| 2002 (årsgns.)                 | 4,3           | 84            | 3,0            | 128            |
| 7. januar 2014 (enkeltprøve)   | 3,7           | 42            | 1,9            |                |
| 4. februar 2014 (enkeltprøve)  | 3,5           | 38            | 3,3            |                |
| 25. februar 2014 (enkeltprøve) | 3,8           | 54            | 2,8            |                |
| Estimeret årgennemsnit i 2014  | 3,7           | 60            | 2,7            |                |

Tabel 5.2: Beregnede årgennemsnit (tidsvægtet) af kvælstof (N), fosfor (P), jern (Fe) og vandføring samt 3 enkeltmålinger i 2014 af samme parametre i Nørrebæk ved Præstebro.

## 5.2 Fremtidig tilførsel af vand og næringsstoffer til Karlsgårde Sø

I tabel 5.3 er der opstillet en simpel beregning af tilførslen af vand, kvælstof og fosfor til Karlsgårde Sø efter afskæring af vand fra Holme Å. Tilførslen fra Nørrebæk og det umålte opland er beregnet ud fra de karakteristiske afstrømninger i tabel 5.2 med et årgennemsnit for 2013-2014 multipliceret med de målte årskoncentrationer. Årskoncentrationer i det umålte opland er ud fra en konservativ betragtning den samme som i Nørrebæk. Nettotilførslen af vand på søoverfladen er på årsbasis vurderet at være 0, mens den årlige nettodeposition af kvælstof og fosfor direkte på søoverfladen

er sat til 17 kg N/ha og 0,04 kg P/ha, jf. målinger fra det nationale overvågningsprogram NOVANA (Ellermann m.fl., 2006).

|                      | Vand, mio m <sup>3</sup> /år | Fosfor, kg/år | Kvælstof t/år |
|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| Nørrebæk             | 3,15                         | 189           | 12.6          |
| Umålt opland         | 1,33                         | 80            | 5.3           |
| Nedbør netto         | 0                            | 3,0           | 1.5           |
| I alt tilført til sø | 4,48                         | 272           | 19.4          |

Tabel 5.3: Massebalance med tilførsel og fraførsel af vand, fosfor og kvælstof til Karlsgårde Sø efter afskæring af vand fra Holme Å.

Som det fremgår af tabel 5.3 vil den årlige tilførsel af fosfor og kvælstof være 272 kg fosfor og 19,4 ton kvælstof.

Ifølge vandplanen for Vadehavet tilføres Karlsgårde Sø ca. 0,35 kg P/ha opland (Naturstyrelsen, 2013). Med et fremtidigt opland på 18,65 km<sup>2</sup> tilføres søen ifølge vandplanens arealkoefficient for afstrømning ca. 0,6 ton P/år (Naturstyrelsen, 2013). Udfra simpel forholdsregning af tilførslen i 1993 har Orbicon tidligere beregnet en årligt tilførsel på 0,5 ton P/år (Orbicon, 2012). Den nye beregnede tilførsel på 0,3 ton P/år er således lavere end tidligere beregnet, hvilket stemmer godt overens med den generelle reduktion af fosforkoncentrationen i vandløb gennem de seneste 10-20 år som følge af forbedret spildevandsrensning m.m. Det skal dog endnu en gang bemærkes, at beregningen af tilførsel af fosfor til Karlsgårde Sø er behæftet med en del usikkerhed på grund af få nyere målinger i Nørrebæk.

I det fremtidige opland findes ca. 18 ejendomme i det åbne land, som har privat rensning med direkte udledning til vandløb og søer. De øvrige ejendomme har typisk mekanisk rensning og ned-sivning eller afløb til offentligt kloaksystem, hvorfra der antages ikke at være nogen udledning af fosfor, kvælstof og organisk stof til Karlsgårde Sø. De 18 ejendomme med direkte udledning vil ud fra normtal for spredt bebyggelse på 2,5 kg P/år pr. ejendom bidrage med ca. 45 kg P/år svarende til 17 % af den fremtidige tilførsel efter afskæring af vand fra Holme Å. Hvis disse ejendomme meddeles påbud om forbedret rensning kan den samlede tilførsel af fosfor til søen fomentlig nedbringes til 227 kg P/år svarende til en indløbskoncentration på ca. 50 µg P/l. Udledninger fra spredt bebyggelse er behæftet med stor usikkerhed, men med 60 µg P/l som fremtidig indløbskoncentration vurderes det ikke nødvendigt at reducere tilførslen yderligere for at leve op til kravene i 1. generations vandplan (2010-2015).

## 6 NUVÆRENDE TILSTAND I SØEN

Karlsgårde Sø er undersøgt flere gange af Ribe Amt, således i 1977-1979, 1993-1994, 2000, 2002, 2006 og 2012. Ribe Amt undersøgte søen indtil 2006, hvorefter Naturstyrelsen har haft ansvaret for overvågningen i henhold til det nationale overvågningsprogram NOVANA. I 2012 blev søen undersøgt 7 gange jf. ekstensiv 1 programmet for søer i NOVANA.

### 6.1 Vandkemi

I tabel 6.1 ses sommergennemsnit af de vigtigste vandkemiske parametre i Karlsgårde Sø for perioden 1993-2013.

|      | Total-P,<br>µg P/l | Total-N,<br>mg N/l | Klorofyl,<br>µg/l | Sigt dybde,<br>meter | Fe,<br>mg Fe/l |
|------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| 1993 | 154                | 3,7                | 97                | 0,7                  |                |
| 2002 | 79                 | 3,1                | 11                | 0,7                  | 1,51           |
| 2006 | 57                 | 2,7                | 17                | 0,75                 |                |
| 2009 | 88                 | 2,5                | 15                | 0,7                  |                |
| 2012 | 78                 | 1,9                | 31                | 0,8                  |                |

Tabel 6.1: Sommergennemsnit (maj-september) for vandkemiske parametre i Karlsgårde Sø i perioden 1993-2012.

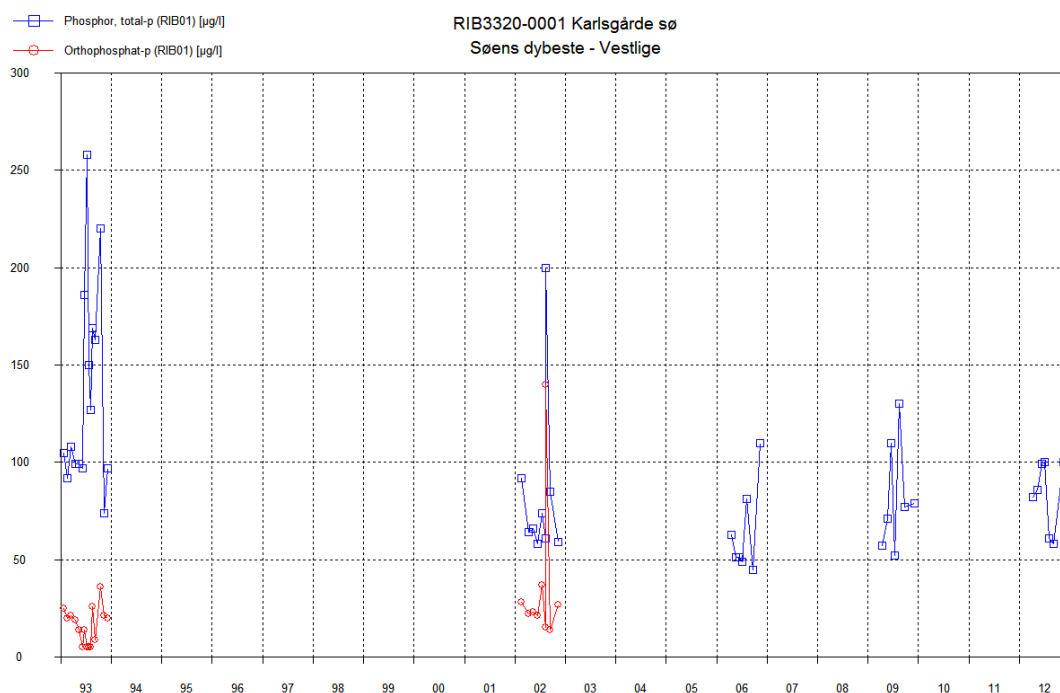
Årsgennemsnittet for fosfor i 2012 var 84 µg P/l, dvs. meget tæt på sommergennemsnittet på 78 µg P/l. Det er lidt højere end vandplanens krævværdi på 70 µg P/l (støtteparameter) for fosforkoncentrationen i søen (Naturstyrelsen, 2013). Generelt er fosforkoncentrationen i Karlsgårde Sø reduceret betydeligt siden 1993, men i perioden 2002-2012 har den ligget på et niveau omkring 80 µg P/l, også efter afskæring af vand fra Varde Å og Ansager Å i 2010. Der var tidligere store årstidsmæssige udsving i koncentrationen, men de er blevet væsentligt indskrænkede, figur 6.1.

Klorofyl koncentrationen (udtryk for mængden af planteplankton i vandet) er ligeledes reduceret betydeligt siden 1993 og har ligget på et lavt niveau omkring 15 µg/l indtil 2012, hvor den steg til 31 µg/l. Det er højere end vandplanens kravværdi på 16,1 µg/l for Karlsgårde Sø og den typiske kravværdi på 25 µg/l for søtypen (type 9) med målsætningen godt økologisk potentiale. I basisanalysen for 2. generations vandplaner, som er offentliggjort på Naturstyrelsens hjemmeside i februar 2014 vurderes søen at være i risiko for ikke at opfylde målsætningen i 2021. Ikke på grund af klorofyl, fordi Naturstyrelsen formentlig har anvendt et gennemsnit af målinger fra 2009 og 2012 til at fastsætte den nuværende koncentration, som er lavere end 25 µg/l ( $31+15/2$  µg/l < 25 µg/l). Årsagen er, at der i 2. generations vandplaner indgår flere indikatorer end klorofyl, herunder krav til sam-

mensætningen af planteplankton, som søen ikke vil kunne overholde. Det vides ikke, om det vil udløse krav til en indsats i oplandet.

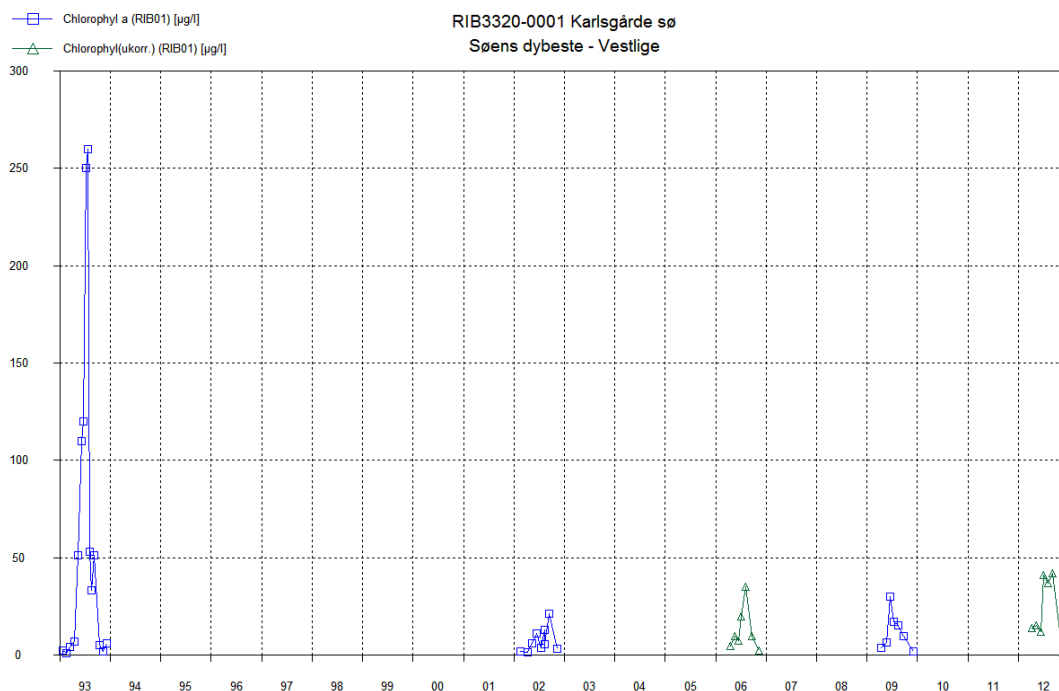
Koncentrationen af klorofyl er størst om sommeren, hvor planteplankton har størst vækst, figur 6.2. Årsagen til stigningen i koncentrationen af klorofyl kan være den markant forlængede hydrauliske opholdstid i i søen siden forrige undersøgelse af søen i 2009. Længere opholdstid giver mulighed for opblomstringer af større og mere langsomtvoksende arter af planteplankton. Der kan således både være sket et skifte i artssammensætningen af planteplankton, hvor relationen af biomasse af planteplankton og klorofyl har ændret sig, og generelt kan biomassen været steget. Klorofylkoncentrationen i 2012 stemmer dog bedre overens med de generelle relationer mellem fosforkoncentration og koncentration af klorofyl i danske søer end i 2009. På trods af stigningen i koncentrationen af klorofyl er der ikke sket ændringer i sigtdybden, som i hele perioden 1993-2012 har ligget på 0,7-0,8 meter om sommeren.

Koncentrationen af kvælstof er halveret siden 1993 og også lavere end i 2009. Med et sommergennemsnit på 1,87 mg N/l er koncentrationen dog stadig så høj, at planteplankton ikke vækstbegrænses på grund af mangel på kvælstof. Denne værdi ligger også højere end vandplanens kravværdi på 0,96 mg/l. I 2002 blev der målt jern i Karlsgårde Sø. En koncentration på 1,51 mg Fe/l i vandfasen er høj for danske søer og skyldes en stor tilførsel fra oplandet. Det høje jernindhold bidrager til effektivt at fælde opløst fosfor fra vandfasen til sedimentet.



Figur 6.1. Koncentrationen af fosfor i den vestlige del af Karlsgårde Sø i perioden 1993-2012





Figur 6.2: Koncentrationen af klorofyl i den vestlige del af Karlsgårde Sø i perioden 1993-2012.

## 6.2 Undervandsvegetation

Ved en undersøgelse af undervandsvegetationen i 2009 blev der fundet 7 arter egentlige undervandsplanter med bændelvandaks, smalbladet vandpest og aks-tusindeblad som de dominerende. I 2009 var dækningsgraden af undervandsvegetation 6,2 % og den absolutte dybdegrænse 2,25 m. I 2012 var dækningsgraden øget markant til 21,2 % og dybdegrænsen øget til 2,70 m., hvilket er et tegn på en forbedret tilstand. Dog findes hovedparten af planterne stadig på dybder under 1,5 meter i overensstemmelse med sigtddyden om sommeren i søen. I 2012 blev der kun registreret én art, kruset vandaks, men formentlig findes de tidligere registrerede arter stadig i søen.

Undervandsvegetation er en naturlig og vigtig del af økosystemet i søen og bidrager positivt til søens miljøtilstand ved at fjerne næringsstoffer fra vandet, give større sigtddybe, flere vandfugle, flere vandinsekter og en bedre fordeling mellem rovfisk og fredfisk. Undervandsvegetation kan potentielt dække større områder af søen end bredvegetation som tagrør, der typisk kun vokser ud til 1 meters dybde. Undervandsplaner kræver god sigtbarhed i vandet, mens bredvegetation og flydebladsplanter bedst gror i områder med lidt strøm og næringsrig bund. Der findes ingen data, der kan dokumentere, om bredvegetationen eller flydebladsplanter har bredt sig efter afskæring af Varde Å. Der kan heller ikke ses ændringer på luftfoto. Ved afskæring af vand fra Holme Å vil bredvegetationen formentlig brede sig ind i de områder, hvor der bliver mere stillestående vand efter afskæring af vand fra Holme Å. Det forventes ikke, at der kommer mere bredvegetation i søen som

helhed ved afskæring af vand fra Holme Å, snarere tværtimod, da der vil komme færre næringsstoffer til søen.

## 7 EFFEKTER AF REDUCERET VANDTILFØRSEL OG NÆRINGSSTOFBELASTNING

### 7.1 Fosfor og kvælstof

Effekten af reduceret vandtilførsel og fosforbelastning ved afskæring af vandet fra Holme Å kan vurderes ved hjælp af Vollenweiders model:

$$P_{sø} = P_{indløb} / (1 + tw^{0.5}), \text{ hvor}$$

$P_{sø}$  er søvandets indhold af fosfor

$P_{indløb}$  er indløbsvandets indhold af fosfor

$tw$  er vandets opholdstid i år

Ved afskæring af vandet fra Holme Å vil opholdstiden blive ca. 109 døgn, svarende til 0,3 år. Med en tilbageværende vandtilførsel på 4,48 mio m<sup>3</sup>/år og en fosfortilførsel på 272 kg P/år vil den gennemsnitlige fosforkoncentration i det indstrømmende vand ( $P_{indløb}$ ) blive ca. 60 µg/l. Indsætter man disse værdier i Vollenweider-modellen, fås en fremtidig ligevægtskoncentration af fosfor i søen ( $P_{sø}$ ) på ca. 40 µg/l, under forudsætning af, at søen er i stand til at binde fosfor i sedimentet (netto-tilbageholdelse). Modelberegningerne viser, at søvandets indhold af fosfor for en given fosforbelastning ikke er særlig følsom over for mindre variationer af opholdstiden.

Antager man proportionalitet mellem vandtilførslen og fosforbelastningen, vil fosforkoncentrationen i det tilstrømmende vand være den samme, uanset vandtilstrømningens størrelse, og søkoncentrationen bliver da først og fremmest et spørgsmål om vandtilstrømningens indflydelse på opholdstiden. Det vurderes på den baggrund, at fordi afskæringen af vandet fra Holme Å til Karlsgårde Sø er ledsaget af en tilsvarende reduktion af fosforbelastningen, vil den resulterende øgning af opholdstiden<sup>5</sup> ikke føre til kritiske øgninger af fosforkoncentrationer i sø vandet i forhold til de opstillede krav i vandplanen (maks. 70 µg/l total-fosfor som sommergennemsnit), snarere tværtimod. Modelberegningerne viser, at selv ikke variationer af opholdstiden på +/- 50 %<sup>6</sup> (55-165 døgn) vil give anledning til at ændre denne vurdering. Hvis den sande indløbskoncentration skulle vise sig at være 70-80 µg/l i stedet for de estimerede 60 µg/l ville fosforkravet i vandplanen stadig kunne overholdes.

<sup>5</sup> Under forudsætning af, at der ikke sker frigivelse af fosfor fra sedimentet, at vindbetinget suspension ikke fører til øget indhold af fosfor i sø vandet og under forudsætning af, at fiskefaunaen ikke har negativ indflydelse på dyreplankton/planteplankton-relationen.

<sup>6</sup> Data fra den hydrometriske station viser, at årsmiddelvandføringen i Varde Å har varieret med en variation af denne størrelsesorden.

Afskæringen af vandet fra Holme Å vurderes således at medføre en lavere koncentration af fosfor i Karlsgårde Sø i en fremtidig situation, når søen er kommet i ligevægt med den eksterne tilførsel af fosfor.

For kvælstof gælder, at jo længere opholdstid, desto større kvælstoffjernelse via denitrifikation og sedimentation, og desto lavere søvandskoncentration. Det bemærkes, at den kvælstoffjernelse, der i dag sker i Karlsgårde Sø som følge af vandtilførslen fra Holme Å, vil ophøre. Kvælstoffjernelsen er beregnet ud fra følgende:

$N_{ret} (\%) = 42,1 + 17,8 \times \log_{10}(T_w)$  ([www.naturstyrelsen.dk](http://www.naturstyrelsen.dk). Beregning af kvælstoffjernelse i søer).

N ret = kvælstoffjernelsen i procent, hvor  $T_w = V/Q_{til}$  er vandets opholdstid eller vandskiftet pr. år (i en situation med vand fra Holme Å 0,016 år).

Med udgangspunkt i vandplanens data for belastning af Karlsgårde Sø med ca. 18 kg N/ha/år og et opland for Holme Å på 147,7 km<sup>2</sup> (st. 31.17 ved Hostrup) kan der beregnes en årlige tilførsel på ca. 266 t N/år. Da fjernelsen i søen i dag er ca. 10 % vil merudledningen til Vadehavet således stige med ca. 26 t N/år. Det skal i forhold til en samlet udledning til Vadehavet fra hovedvandoplandet på 8.478 t N/år (Naturstyrelsen, 2013).

## 7.2 Klorofyl

Ud fra en model for sammenhængen mellem fosfor og klorofyl (der også anvendes i vandplanerne) kan der beregnes en fremtidig koncentration af klorofyl i søen:

$$\text{Klorofyl } a = 229,1 * TP^{0,8}$$

Med en fremtidig fosforkoncentration på 40 µg P/l kan der beregnes en klorofylkoncentration på ca. 18 µg/l i Karlsgårde Sø. Ifølge udkast til vandplanen for Hovedvandopland Vadehavet defineres god økologisk tilstand for lavvandede søer som et klorofylindhold på maks. 21-25 µg/l som sommergennemsnit. Dette krav vil derfor kunne overholdes. Karlsgårde har haft en koncentration af klorofyl på under 20 µg/l men med en væsentlig større tilførsel af partikulært materiale og en relativt lav sigtddybe. Det forventes, at sigtddyben vil stige lidt, hvis vandet fra Holme Å afskæres.

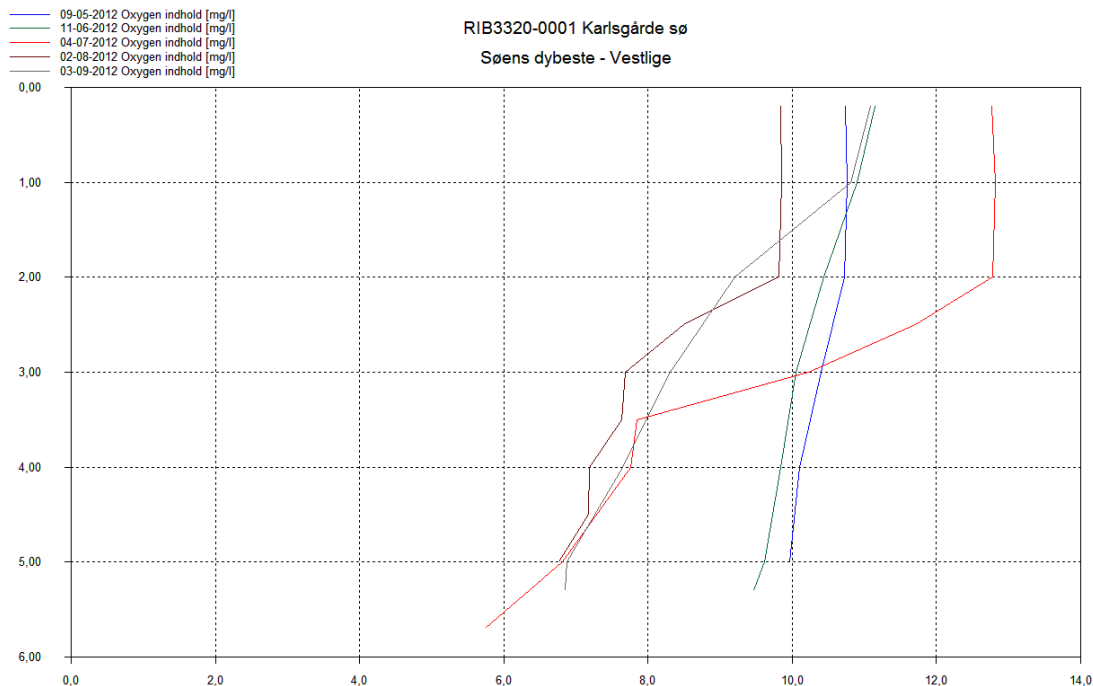
### 7.3 Risikoen for intern belastning med fosfor

Sedimentet i Karlsgårde Sø er næringsrigt efter mange års belastning med fosfor fra et stort opland med mange forureningskilder. Sedimentet er derfor en potentiel kilde til intern belastning, som kan føre til forhøjelse af søvandets fosforindhold og deraf afledte negative effekter på miljøtilstanden (øgede planteplanktonbiomasser og forringet sigtddybde).

I statusrapporten fra 1995 (Ribe Amt, 1995) angives det på baggrund af en sedimentundersøgelse i 1994, at sedimentets indhold af jern er så højt, at der kun er ringe risiko for fosforfrigivelse under iltede forhold. Sker der iltsvind i bundvandet og i sedimentet, er der dog risiko for betydende fosforfrigivelse, idet der i sedimentet findes en stor pulje af mobiliserbar, jernbundet fosfor. Det betyder, at det primære spørgsmål ved afskæring af vandet fra Holme Å bliver, hvorvidt risikoen for lagdeling af vandmasserne og iltsvind i bundvandet øges.

Denne problemstilling er belyst i VVM-redegørelsen fra 2006 (Ribe Amt, 2006). Heraf fremgår det, at allerede afskæringen af vandet fra Varde Å og Ansager Å ville bevirke en øgning af risikoen for iltsvind i bundvandet ved lave vindhastigheder og reduceret omrøring af vandmasserne. Den konkrete vurdering var, at dannelse af temperaturspringlag og iltsvind i bundvandet ville kunne ske efter 8-10 døgn med vindstille eller meget små vindhastigheder. Konklusionen var, at afskæringen af vandet fra de to vandløb ikke ville få kritisk betydning for tilstanden i søen, idet perioder af 8-10 døgn med vindstille eller meget små vindhastigheder generelt vil være meget sjældne.

De nye data fra søen i 2012 giver mulighed for at vurdere risikoen for iltsvind og dermed forbundet risiko for frigivelse af både fosfor og tungmetaller fra sedimentet som følge af yderligere reduktion af vandgennemstrømningen. Iltprofiler fra søen i 2012 viser, at iltkoncentrationen ikke er under ca. 6 mg/l i bundvandet sommermånedene, hvorved det jernbundne fosfor fastholdes i en oxideret sedimentoverflade, figur 7.1. De tidligere vurderinger, at afskæringen af vandet fra Varde Å og Ansager Å ikke ville give anledning til iltsvind i bundvandet, ser således ud til at holde. Vandets nuværende opholdstid om sommeren er flere måneder, og det er således ikke vandgennemstrømningen, der har afgørende betydning for opblandingen af vandmasserne og iltningen af bundvandet.



Figur 7.1: Iltprofil på dybeste sted i Karlsgårde Sø gennem i sommermånederne 2012.

Ved afskæring af vandet fra Holme Å vil omrøringen af vandmasserne i den kritiske periode om sommeren hovedsagelig være afhængig af vindpåvirkningen, da søen generelt er lavvandet. Det kan ikke afvises, at iltvind i bundvandet kan opstå i det lille område af søen med dybder på 5-6 meter i en varm stille periode, men det vil som regel kun være kortvarigt og ikke give anledning til problematisk frigivelse af fosfor fra sedimentet. Det høje jernindhold i sedimentet vil under normale iltede forhold i sedimentoverfladen forhindre frigivelse af fosfor til vandfasen. Efter afskæring af vand fra Holme Å må der dog forventes en indsvingningsperiode til en ny ligevægtstilstand for koncentrationen af fosfor på nogle år.

Hvis vandet fra Holme Å afskæres vil både tilførslen af jern og fosfor reduceres betydeligt. Nørrebæk har en relativt høj jernkoncentrationen, så det fosfor, som tilføres søen herfra, vil også fremover kunne bindes til jern i søen.

For så vidt angår tungmetaller, som er en vigtig parameter, angives det i VVM-redegørelsen, at udvekslingsforsøg viste ingen frigivelse, selv ikke efter 20 døgn med iltfrie forhold. Med de målte iltkoncentrationer i søvandet er der således heller ikke risiko for øget frigivelse af tungmetaller til søvandet og nedstrøms recipienter.

## **8 REKREATIV UDNYTTELSE AF KARLSGÅRDE KANAL EFTER OMLÆGNING AF HOLME Å**

Beregninger viser, at Karlsgårde Kanal ikke længere vil modtage vand fra vandløb, hvis vandet fra Holme Å afskæres. Der vil i forbindelse med meget nedbør ske en diffus tilførsel af vand til kanalen, og den nederste del af strækningen kan blive påvirket af opstuvende vand fra søen, så der i perioder er vand i kanalen. Kanalen vil dog ikke længere have karakter af vandløb, og vil især på de øvre dele fremstå tør i nedbørsfattige perioder. Betydningen af opstuvning af vand fra Karlsgårde Sø i kanalen kan ikke vurderes endeligt uden en opmåling af kanalen, men da der er relativt meget fald i kanalen vil opstuvningen ikke nå langt op i kanalen. Den rekreative udnyttelse af kanalen vil derfor ikke længere knytte sig til aktiviteter som sejlads, fiskeri m.m. Til gengæld vil der opstå et stort potentiale for rekreativ udnyttelse af Holme Å, hvis vandet tilbageføres hertil.

## 9 SAMLET VURDERING

Afskæring af vandet fra Holme Å til Karlsgårde Sø forventes ikke at ville påvirke miljøtilstanden yderligere end de ændringer, der skete i forbindelse med afskæringen af vandet fra Grindsted/Varde Å og Ansager Å, hvor vandets opholdstid i søen blev markant forlænget. På årsbasis kan vandets fremtidige opholdstid forventes at ville blive øget til ca. 109 døgn på årsbasis og med en længere opholdstid om sommeren.

Det er vurderingen, at denne forøgelse af opholdstiden ikke i sig selv er problematisk i forhold til de fremtidige fosforkoncentrationer i søvandet og muligheden for at opfylde målsætningen i vandplanen. Fosforkoncentrationen var i 2012 78 µg P/l (sommergennemsnit). Koncentrationen af fosfor i det primære tilløb Nørrebæk har vist sig at være relativt lavt, og der kan derfor beregnes en fremtidig koncentration af fosfor på 40 µg P/l, når søen er kommet i ligevægt med den eksterne tilførsel af fosfor. Det vil resultere i et koncentration af klorofyl på ca. 18 µg/l, hvormed kravet i vandplanen fortsat kan overholdes.

Det vurderes, at afskæringen af vandet fra Holme Å ikke øger risikoen for frigivelse af fosfor fra sedimentet, idet målinger af iltkoncentrationer i bundvandet i de dybdeste dele af søen i 2012 ikke indikerer iltvind. Tidligere undersøgelser har vist, at sedimentet indeholder en stor pulje af mobiliserbar fosfor (primært jernbundet), men den vil være stabilt bundet, når der er ilt i bundvandet. Nørrebæk har en relativt høj jernkoncentrationen, så det fosfor, som tilføres søen herfra, vil også fremover kunne bindes til jern i søen.

Karlsgårde Sø er med sin bellighed i et forholdsvis åbent og fladt landskab, størrelse og øst-vestlige orientering vindeksponeret. Om sommeren er det derfor vindforholdene, der er mest afgørende for opblandingen af vandmasserne i søen. I perioder om vinteren med langvarigt isdække er der en risiko for lave iltkoncentrationer i bundvandet, som kan fremme den interne belastning, men i så fald vil forhøjede fosforkoncentrationer i søvandet ikke resultere i samme kritiske forringelse af vandets klarhed, som tilfældet vil være ved intern belastning om sommeren.

Da undersøgelser har vist, at selv langvarigt iltvind over sedimentet ikke forårsager frigivelse af tungmetaller, er det vurderingen, at risikoen for forurening af nedstrøms recipienter er forsvindende lille.

Samlet set er det vurderingen, at afskæring af vandtilførslen fra Holme Å ikke vil føre til en væsentlig forringelse af tilstanden i Karlsgårde Sø, snarere tværtimod. Afskæringen vurderes dermed heller ikke at bringe søens tilstand i konflikt med miljømålene i vandplanen, målsætninger i Natura 2000-planen eller bestemmelserne i habitatbekendtgørelsen. Der er derfor ikke behov for en egent-

lig Natura 2000 konsekvensvurdering af afskæring af vandet fra Holme Å i forhold til Karlsgårde Sø. Der vurderes endvidere, at der ikke opstår en konflikt i forhold til tungmetalproblematikken og miljøbeskyttelsesloven i den sammenhæng.

Det kan ikke udelukkes, at der i 2. generations vandplaner kan komme krav om reduktion af tilførslen af fosfor for at kunne opfylde målsætningen for alle biologiske indikatorer, men den problemstilling er også aktuell med den nuværende vandtilførsel fra Holme Å.

Det bemærkes, at Karlsgårde Sø i dag tilbageholder ca. 10 % af den tilførte kvælstof fra Holme Å. Ved at afskære denne tilførsel øges tilførslen af kvælstof derfor med ca. 26 t N/år lidt til slutrecipienten Vadehavet.



Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Frohn, L.M., Geels, C., Kemp, K., Løfstrøm, P., Mogensen, B.B. & Monies, C. 2007: Atmosfærisk deposition 2006. NOVANA. Aarhus Universitet. Danmarks Miljøundersøgelser. 62 s.- Faglig rapport fra DMU, nr. 645. <http://www.dmu.dk/Pub/FR645.pdf>

Naturstyrelsen, 2010: Virkemiddelkatalog til brug for vandplanindsatsprogrammer.

Naturstyrelsen, 2013: Vandplan 2010-2015, Vadehavet, Hovedvandopland 1.10  
Vanddistrikt: Jylland og Fyn – forslag

Orbicon, 2012: Vurdering af de natur- og miljømæssige KONSEKVENSER FOR  
Karlsgårde Sø af afskæring af vandet fra Holme Å. Notat til Varde Kommune.

Ribe Amt, 1995: Karlsgårde Sø. Miljøtilstand.