

# Søer

Søer, store som små, er vigtige økosystemer for biodiversiteten. Selv de mindste vandhuller uden synligt dyreliv som fx fisk, har en meget stor betydning for natur, og ikke mindst for padder og krybdyrs levevis og spredningsmuligheder. Søerne ligger spredt ud over hele landet, og ingen er vel i tvivl om definitionen på en sø, men helt korrekt defineres den geografisk som 'en permanent vandfyldt lavning i landskabet'.

I Danmark er der ca. 120.000 søer, og de dækker ca. 1,4% af arealet. Langt de fleste af søerne er små – kun få er større end 10.000 m<sup>2</sup>. Søer der er over 100 m<sup>2</sup>, er en beskyttet naturtype i Naturbeskyttelsesloven. Små vandhuller og søer i landbrugslandet har især været til gene for dyrkningen af marker. Derfor er mange søer langsomt blevet helt tørlagt ved hjælp af afvanding, dvs. dræning, kanalisering og rørlægning overalt i landet i de seneste 200 år. Det var en stor gevinst for biodiversitet og natur at naturtypen i 1990'erne blev beskyttet ved lov. Siden er mange søer blevet genstand for naturgenopretning og er derved genopstået.

Fra 1996 til 2006 er der kommet ca. 6.000 ha nye søer og vandhuller til. De større genoprettede søer omfatter fx Filsø i Vestjylland, Egå Engsø ved Århus, Bølling Sø vest for Silkeborg og senest Søborg Sø i Nordsjælland der antages at være



Figur 112 Geografisk placering af nogle søer. Filsø, Bølling Sø og Egå Engsø er naturgenoprettede søer. Søborg Sø regner man med igen er en sø i 2023. Gårdbø Sø eksisterer ikke længere.

fyldt med vand fra 2023. Figur 112 viser beliggenheden af disse fire søer.

I Vendsyssel lå der i 1500-1700-tallet en 5 km<sup>2</sup> stor sø, Gårdbø sø. Den er i dag tørlagt og eksisterer ikke som sø. På figur 113 ses en cirkelformet kanal der hedder



Figur 113. Gårdbø Sø eksisterer ikke som sø i dag. På figuren ses 'landkanalen' der er gravet, den giver et indtryk af den tidligere søs udstrækning.

'Landkanalen'. Den er en gravet kanal som kan give et indtryk af den tidligere søs udstrækning.

### Hvor kommer vandet fra?

Vandet på jordkloden opholder sig i fire store puljer, se figur 114. Her er puljerne nævnt efter relativ størrelse som er angivet i parentes:

- atmosfærisk vand (0,001 %)
- vand på polerne, polaris, (1,7 %)
- søer, vandløb og grundvand på land-områderne (4,1 %)
- havet (94,2 %)

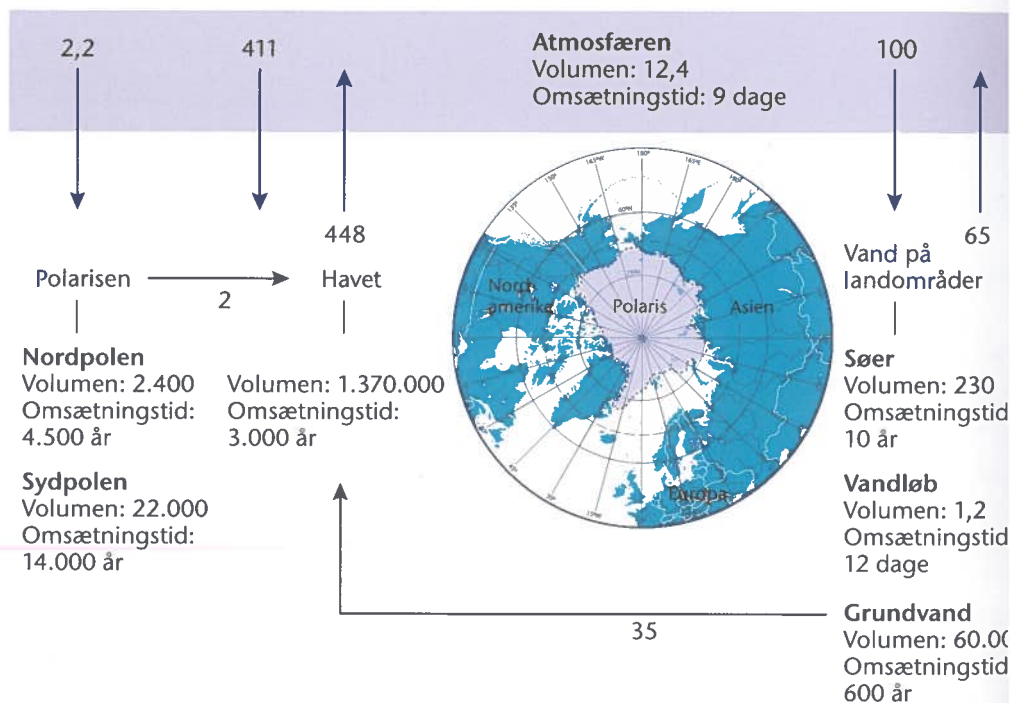
Vandet transporteres mellem disse puljer, og omsætningstiden er meget forskellig for hver pulje. Atmosfæren har den laveste

omsætningstid på ni dage. Vandløb har meget kort omsætningstid på 12 dage, søer har en omsætningstid på 10 år.

### Søen som økosystem

Vandet i søer er stillestående, og søer modtager vand fra oplandet og via regn. Nogle få søer har gennemstrømning af vand via en lille å. Landskabets form bestemmer søens udbredelse og dybde. Alle disse fysiske parametre har indflydelse på søen som økosystem og den balance der er i søen mellem opløste stoffer, primærproduktion og fauna.

Søens økosystem er sårbart over for stoffer der tilføres, så derfor har jordbrugets sammensætning, omgivelsernes vegetation og bebyggelse i nærområdet



Figur 114. Den globale vandbalance. De blå tal angiver volumen målt i  $10^{12} \text{ m}^3$ . De sorte tal (pilene) angiver transporten mellem puljerne målt i  $10^{12} \text{ m}^3$  pr. år. Efter Sand-Jensen og Lindegaard, 2004.



Figur 115.

- a. Eutrof sø hvor vækst af alger ofte giver uklart vand.
- b. Oligotrofe søer har meget få næringsioner og dermed klart vand.
- c. Store Øksø tilhører den dystrofe søtype med surt, brunt vand. Den brune farve skyldes søvandets store humusindhold.

stor betydning for de abiotiske faktorer som fx næringsionbalance og pH. De abiotiske faktorer er grundlag for primærproduktion og efterfølgende opbygning af de trofiske niveauer og fødekæder i søen.

### Næringsrige og næringsfattige søer

Søer inddeles efter deres indhold af næringsstoffer og betegnes som næringsrig sø, kaldet **eutrof** sø, som næringsfattig sø, også kaldet **oligotrof** og den brunvandede sø, kaldet **dystrof** sø, se figur 115.

#### Den eutrofe sø

En naturlig næringsrig sø er beliggende i et landområde med næringsrig jordbund

som muld og lerjord. Jordbunden og omgivelserne tilfører vandet næringsstoffer, og hvis der ikke er yderligere tilførsel af næringsstoffer fra menneskelige aktiviteter som landbrug eller husspildevand så indfinder der sig en balance mellem de trofiske niveauer.

I de eutrofe søer med klart vand kan der vokse planter på bunden. Ved bredden af søen findes en rørskov, ofte af smalbladet dunhammer (*Typha angustifolia*) og tagrør. Derefter ses et flydebladsbælte af fx hvid åkande. I søen ses også en gruppe planter der kaldes rankegrøde. De har rødder i bunden, men stængler med blade strækker sig helt op til overfladen. Typisk rankegrøde er vandpest

Figur 116.

- a. Søen set fra vandsiden ind mod flydebladsbælte med hvid åkande (*Nymphaea alba*) og rørskov af tagrør (*Phragmites australis*).  
b. Svømmende vanddaks (*Potamogeton natans*).



(*Elodea canadensis*) og svømmende vanddaks, se figur 116. Hos nogle arter af vanddaks er bladpladen svømmende i vandoverfladen. Blomsterne hæves over vandet eller flyder i vandoverfladen ved blomstring.

#### Den oligotrofe sø

I en naturlig næringsfattig sø som ofte findes på næringsfattig jordbund, fx sand, er der en tilsvarende balance mellem plantevækst og tilgængelige næringsstoffer. Næringsfattige søer ses ofte i skove og på heder. En næringsfattig sø er mere sårbar over for tilførsel af næringsstoffer fra menneskelige aktiviteter. Den har en sparsom vegetation der har tilpasset sig forholdene med en lav pH,



Figur 117. Tvepibet lobelie (*Lobelia dortmanna*).

ofte under 5. Men planterne kan vokse på dybt vand, fordi vandet er klart. Er der planter der oftest ses, er tvepibet lobelie, se figur 117. Lobelie har en grundset roset af cylinderformede, hule blade som indeholder to store luftkanaler. Lobelie vokser på bunden, og solens stråler kan nå ned til den fordi søen ikke har meget algevækst pga. det lave indhold af næringsstoffer. Når den blomstrer i juli til september, kan man se fine 'svævende' blomster hen over vandspejlet. Derfor kaldes denne søtype også for **beliesø**.

#### Den dystrofe sø

Vi har ikke mange dystrofe søer i Danmark, men de er meget udbredt i Sverige og Norge. En dystrof sø er ofte beliggende i skove eller moseområder, og den brune farve på vandet stammer fra et stort indhold af humusstoffer. Denne søtype kan både være næringsrig og næringsfattig ligesom vandet både kan være til den sure og den basiske side på pH-skalaen. I Danmark har naturtypen ofte pH 3-6. Bunden vegetationen kan være meget beskeden hvis der ikke trænger lys derved. Ofte s

man flydebladsvækst som fx gul åkande, se figur 118.

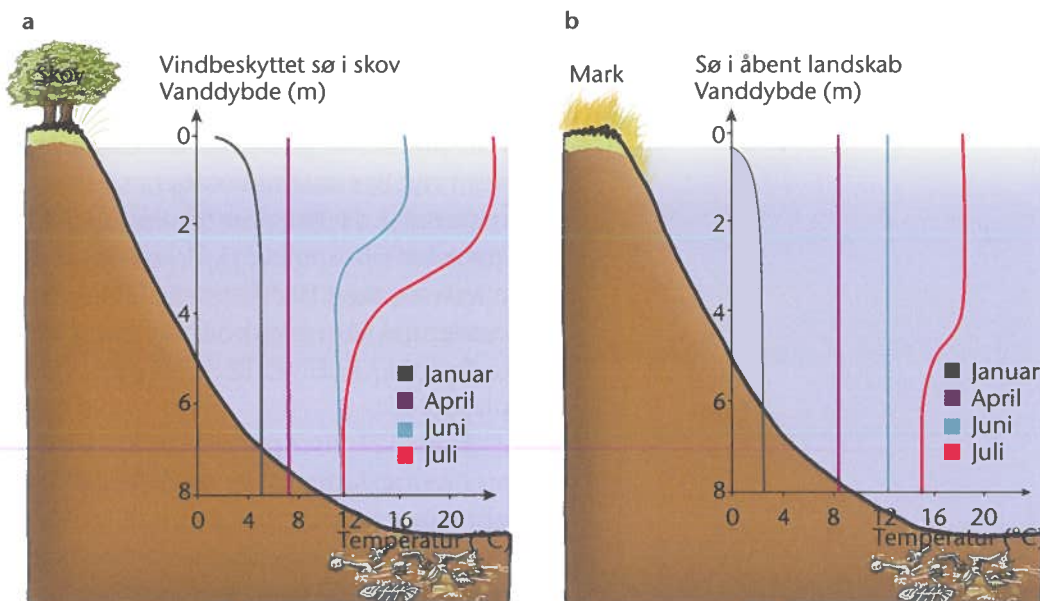
## Temperatur og springlag

Om foråret opvarmer solen vandoverfladen, og temperaturen i søen stiger, men ikke i hele søen. I dybe søer varer det en tid inden varmen fordeler sig i vandmasserne i dybden, og der kan opstå en lagdeling af vandet med varmt vand i overfladen og køligere vand ved bunden. Overgangen mellem de to vandlag kaldes for **springlag**. Denne opdeling forstærkes af at jo varmere vand er, jo lettere er det. Vands densitet er størst ved 4 °C, og derfor ligger det kolde vand nederst. Vindens påvirkning af søens overflade kan give opblanding i vandmasserne så temperaturforskellen mindskes, men i nogle søer opstår der ret hurtig en lagdeling som opretholdes.



Figur 118. Gul åkande (*Nuphar lutea*).

Figur 119 viser målinger foretaget i to lige dybe søer, den ene beliggende i skov (a) og den anden i åbent land (b). I januar er begge søer ofte dækket med is, men i april har solens varme størst påvirkning på søen i det åbne land. I den vindbeskyttede skovsø opstår der i juni en stor temperaturforskel mellem bund og overflade. I det åbne land har vinden betydning for opblanding af vandmasserne så der først opstår en temperaturforskel i juli.



Figur 119. Temperaturforskel vist i forhold til dybden målt i forårs- og sommermånederne i to forskellige 8 meter dybe søer.

- a. Sø i skov.
- b. Sø i åbent landskab.

## Næringsstoffer i søen og primærproduktion

De mest betydningsfulde næringsstoffer i en sø er nitrogen og phosphor.

Nitrogen findes i vandet opløst som ionerne nitrat,  $\text{NO}_3^-$ , og ammonium,  $\text{NH}_4^+$ . Planktonalger i de frie vandmasser og søens planter optager nitrogen og indbygger det i deres celler bl.a. som aminosyrer, peptider og proteiner.

Tidligt om foråret er der et højt niveau af tilgængeligt nitrogen efter at dødt organisk stof er nedbrudt i løbet af vinteren. Ved den proces er der blevet frigjort ammonium,  $\text{NH}_4^+$ , og noget ammonium kan være omdannet videre til nitrat.

Med den øgede lysmængde fra solen forårs månederne vokser planterne og planktonalgerne, og de forbruger nitrat og ammonium. Dannelsen af springlag i sommer månederne gør at der opstår en mangel på nitrogen i de øvre vandmasser. Der er derimod rigelige mængder nitrogen ved bunden, idet den mikrobiel omsætning af organisk stof foregår her. Fotosyntesen foregår primært i de øvre vandmasser, fordi det er her lyset er til rådighed for planktonalgerne, og det skaber et højere indhold af opløst ilt (dioxygen). Den dannede ilt i de øvre vandmasser kan ikke trænge ned til bunden pga. lagdeling med springlaget. Ved bunden forbruges ilt af den mikrobielle omsætning og der kan opstå stedvise pletter med lavt iltindhold at denitrificerende bakterier danner gassen dinitrogen,  $\text{N}_2$ , og forbrug af nitrat som oxidationsmiddel kaldes også for denitrifikation eller nitratrespiration. Figur 120 viser indholdet af nitrat og ilt i forhold til dybden.

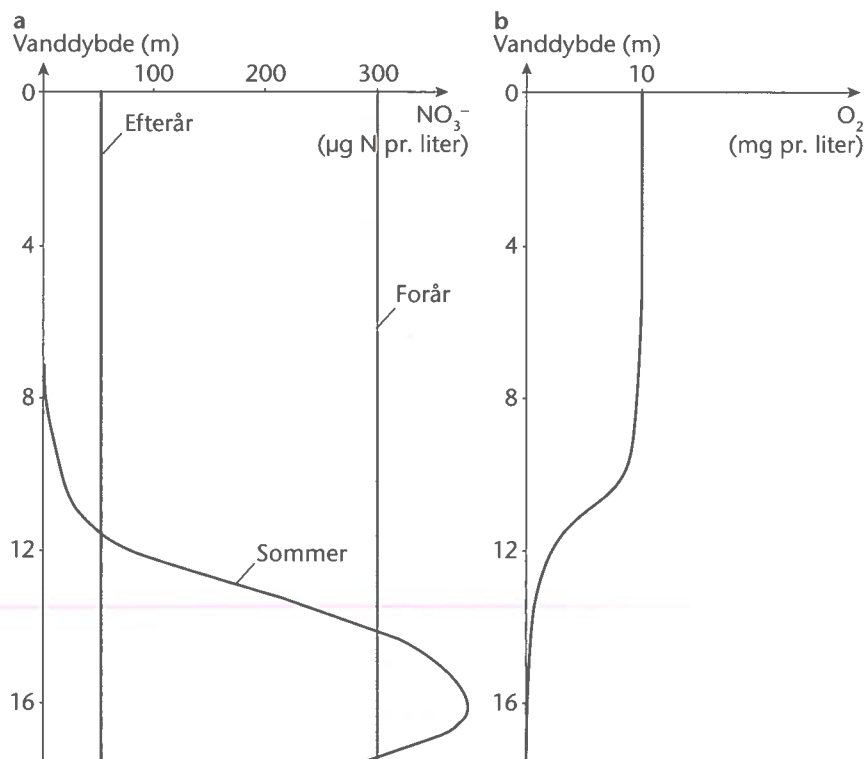
Phosphor er et grundstof der oftest findes i rigelige mængder aflejret i bundmateriale. Herfra sker der en jævn frigivelse af fosfat,  $\text{PO}_4^{3-}$ , som alger og planter optager til deres vækst. Phosphor omdannes til organisk bundet phosphor indbygget i fx DNA, RNA, ATP og phospholipider.

Figur 121 viser phosphors kredsløb i en næringsfattig sø. På søens bund kan phosphor danne tungtopløselige forbindelser med calcium, aluminium eller jern. I nogle søer ses jernoxider som

Figur 120.

- Indhold af nitrat i forhold til dybden målt i en dyb sø hvor der dannes springlag om sommeren.
- Indhold af ilt i forhold til dybden målt i samme sø om sommeren.

Efter Sand-Jensen og Lindegaard, 2004.



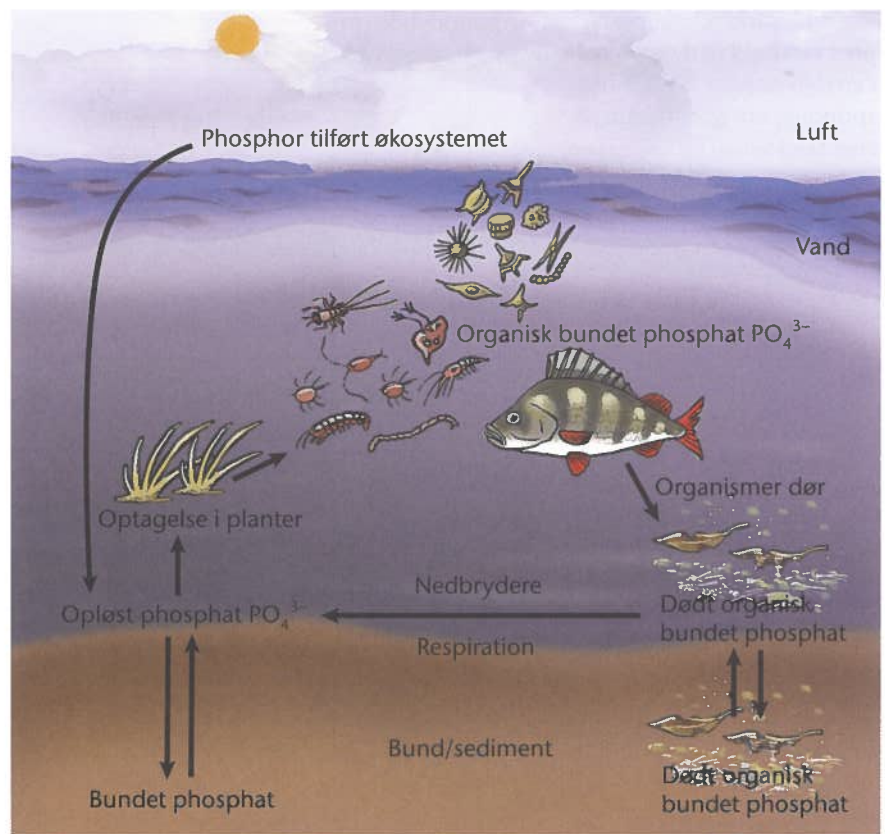
rustfarvede mineraler på bunden, se figur 122. Disse kan binde fosfat, og fosfor er derved mere utilgængeligt for omdannelse. Hvis indholdet af oxygen på bunden bliver lavt, fx ved mikrobiel nedbrydning af dødt organisk stof, øges frigivelsen af fosfat fra jernoxiderne, og fosphatindholdet i vandet stiger. I søen er der derfor en konstant pulje af tilgængeligt fosfor nær bunden.

I søen er der om foråret den højeste koncentration af opløst fosfat fordi det er blevet frigivet fra sedimentet og via nedbrydning af organisk stof vinteren over. Figur 123 side 102 viser indholdet af fosfat i forhold til dybden i en dyb sø hvor der dannes springlag. Planktonalgerne opbruger puljen af fosfat i søens øvre vandmasser i takt med at solindstrålingen og fotosyntesen stiger. De lagdelte vandmasser med springlag hindrer at fosfat fra bunden kan nå de øvre lag, hvor fotosyntesen foregår.

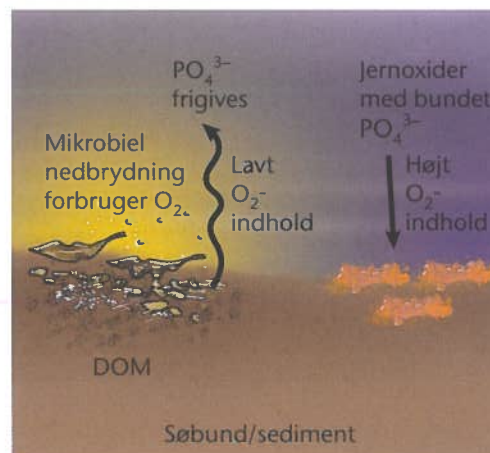
I phosphors kredsløb er der ingen processer som oxidation og reduktion eller dannelse af gasforbindelser som i nitrogenkredsløbet. Dvs. at når en sø først har fået en stor phosphorpulje på bunden, er den vanskelig at reducere via naturlige processer. Læs mere om phosphors betydning i afsnittet Biomanipulation på side 118.

### Søers fauna

Livet i en sø er præget af mange forskellige dyregrupper: Fugle der opholder sig og fouragerer i søen, dvs. finder

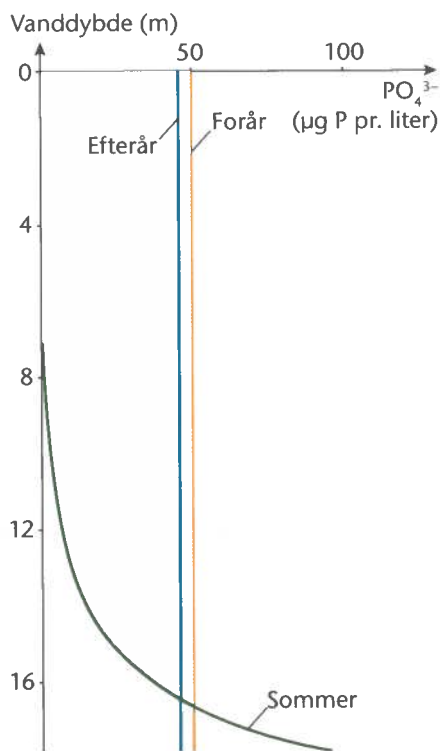


Figur 121. Phosphorkredsløb i en næringsfattig sø. Efter Rasmussen, 2001.



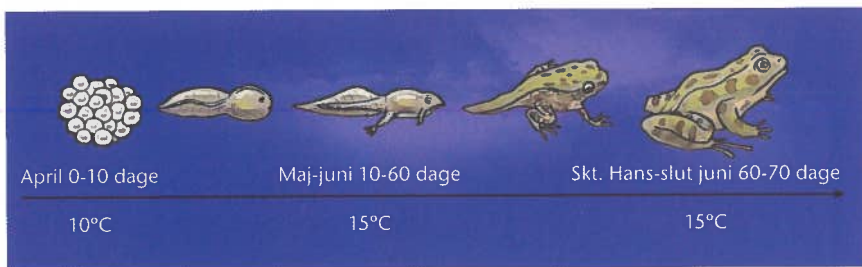
Figur 122. Jernoxider i sedimentet binder fosfat så det ikke er tilgængeligt for planter. Frigivelsen af fosfat fra sedimentet sker når iltindholdet bliver lavt, fx pga. mikrobiel nedbrydning af dødt organisk materiale (DOM).

Figur 123. Indhold af fosfat i forhold til dybden målt i en dyb sø hvor der dannes springlag om sommeren. Efter Sand-Jensen og Lindegaard, 2004.



deres føde, ferskvandsfisk der er tilpasset stillestående vand, og padder som vand-salamander og frøer der lever deres liv i og ved stillestående vand, hvor vandhullet og små søer er deres primære biotop.

Figur 124. Frøens udvikling.



## Padder

Frøer begynder deres liv som æg på lav vand i søen hvor solen varmer mest. Frøen lægger sine æg i store klumper. hver klump kan der være mellem 500 og 6.000 æg. Æggene klækkes efter ca. 10 dage og kræver en temperatur på 10 °C. Efterfølgende varer larvens udvikling 50-60 dage ved en temperatur på 15 °C. Frøen i det vandlevende larvestadie kaldes for haletudser.

I gennem de 50-60 dage udvikles for og baglemmer. I Danmark er det omkring Skt. Hans i juni måned at frøerne går på land, og resten af livet lever frøen som en landlevende padder, men stærkt afhængig af sø og vandhul. På figur 124 vises udviklingen fra æg til voksen hos en frø.

Alle krybdyr og padder er beskyttet af en særlig fredning. Disse arter må hverken dræbes, indfanges, transporteres eller håndteres. Figur 125 viser udbredelsen af den mest almindelige frø, butsnudet frø, i Danmark.

Skrubtudsen er den mest hårdfør overfor prædation. Den har gennem evolutionen udviklet haletudser der indeholder en gift, således at haletudserne kan leve sammen med fisk uden at blive ædt og den er derfor den mest udbredte art i søer og damme. Skrubtudsens haletudser bliver dog ædt af stor vandsalamander, gulmedelarver og vandkalv, sidstnævnt er et stort rovinsekt.

Haletudser af butsnudet frø udskiller kemiske stoffer der påvirker udviklingen af andre haletudser, således at udviklingen