



RENT VAND?

En virksomhedscase udarbejdet af Frederiksberg Forsyning og Naturvidenskabernes Hus

I samarbejde med



PROBLEMBASERET PROJEKTFORLØB

Drikkevand betragtes som en fødevarer og skal derfor leve op til strenge krav fra myndighederne. Men hvad er det for noget, der kan forurene grundvandet? Og er der forskel på, hvilke trusler der er for vandet forskellige steder i landet? Det skal du og dine gymnasieelever undersøge i vores virksomhedscase med Frederiksberg Forsyning.

Kickoff

Forløbet starter med et besøg hos Frederiksberg Forsyning på Frederiksberg. Medarbejdere fra Frederiksberg Forsyning præsenterer vandværket og viser, hvordan man kan arbejde med vandet for at rense det. Det vil være muligt at få vandprøver med hjem, hvis der medbringes blue-cap flasker.

Pitch

Eleverne laver i grupper et skriftligt produkt, som de får feedback på fra en medarbejder fra Frederiksberg Forsyning. Dato for aflevering af det skriftlige produkt aftales senere.

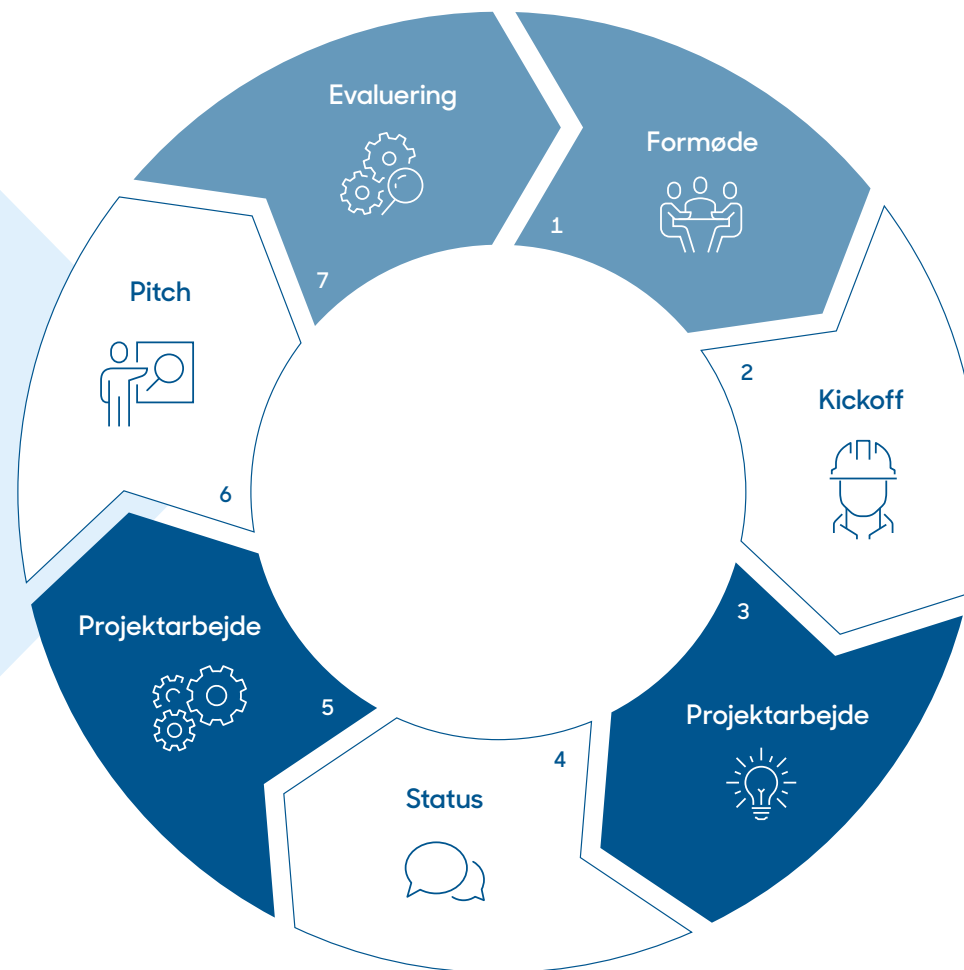


VIRKSOMHEDSCASENS FASER

Virksomhedscasen er et problembaseret undervisningsforløb med udgangspunkt i en autentisk case fra Frederiksberg Forsyning. Hensigten er, at forløbet løfter de faglige forløb i gymnasieskolen og indfrier målet om, at eleverne udvikler kompetencer til at forstå, formulere og behandle samfundsrelevante problemer med henblik på at udvikle bæredygtige løsninger til fremtiden.

Virksomhedssamarbejdet vil forløbe gennem syv faser, som fremgår af modellen. Faserne er fleksible, og modellen kan tilpasses din læreplan og dine ønsker. Samarbejdet vil strække sig over 5–30 undervisningstimer afhængig af, hvilke faser I har mulighed for at deltage i. Modellen viser indholdet for de forskellige faser. Den specifikke tidsramme aftaler du i samarbejde med Naturvidenskabernes Hus og Frederiksberg Forsyning.

[Læs mere om modellens faser.](#)



OM FREDERIKSBERG FORSYNING



Frederiksberg Forsyning arbejder strategisk med at understøtte FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling. En af deres kerneopgaver er at levere sikkert drikkevand af høj kvalitet til deres kunder som en del af Verdensmål nr. 6: Rent vand og sanitet.

Grundvandet i Danmark er udsat for mange trusler – blandt andet forurening og overforbrug.

Når vand pumpes op fra grundvandsreserverne dybt nede under jordens overflade, er det af en helt anden kvalitet, end det man umiddelbart forventer, når man tænder for vandhanen. Det smager og lugter helt anderledes. Efter noget tid vil det jern, som vandet indeholder, begynde at udfælde og gøre vandet grumset og uappetitligt. Dertil kommer forurening fra gammel industri, landbrug eller affaldsstationer, der på grund af uforsigtighed med kemikalier og miljøfremmede stoffer er endt i grundvandet. De danske vandværker – heriblandt Frederiksberg Forsyning – fjerner det uønskede indhold i vandet og omdanner det til rent drikkevand.

Frederiksberg Forsyning sørger for drikkevand til ca. 103.000 kunder og tusindvis af virksomheder. Det årlige forbrug er lige over 5 mio. m³ vand, men kun ca. 45 procent af den mængde kan hentes fra deres egne borer. De sidste 55 procent købes af HOFOR.

Case

Hvordan undgår man, at grundvandet bliver forurennet, og hvorfor er det et problem, hvis det bliver forurennet?

- *Undersøg, hvorfor vi som samfund for alvor er begyndt at undersøge drikkevandet. Hvad er det for nogle uønskede stoffer, der kan være til stede i vandet?*
- *Hvilke kilder til forurening findes der på landet og i byen? Kan man se forskel på grundvandet de to forskellige steder?*

PROBLEMSTILLINGER

Problemstillingerne på denne side er idéer til mulige problemstillinger og fagligt indhold, I kan arbejde med på tværs af fag eller i specifikke fag. I kan udvælge enkelte problemstillinger, som I vil arbejde videre med.



FORLØBSBESKRIVELSE

Arbejdet med casen 'Rent vand?' i samarbejde med Frederiksberg Forsyning er bygget op omkring GEOdetektiv-modellen, hvor der er en række problemstillinger, som alle rækker ind i den overordnede case. Problemstillingerne kan udfoldes i større eller mindre grad således, at der f.eks. bruges alt fra en halv lektion til flere lektioner på den enkelte problemstilling. Problemstillingerne kan behandles i en vilkårlig rækkefølge, og du kan til- eller fravælge problemstillinger, så det passer med det ønskede tidsforbrug og fokus for undervisningen.

Et forslag til forløb kan være som i tabellen til højre.

Lektion	Fagligt indhold
1 - 2	Besøg på Frederiksberg Forsyning – start på case
3 - 4	Hvilke problemer kan der være ved at anvende grundvand som drikkevand? <ul style="list-style-type: none"> • Gruppearbejde om forskellige forureningstyper • Eksperiment: Ioner i grundvandet
5	Hvorfor er det vigtigt at kvalitetssikre vand? <ul style="list-style-type: none"> • Skrivning af læserbrev – hvorfor skal vi sikre et rent grundvand? • Undersøgelse af lokale grundvand – Jupiterdatabasen
6	Hvordan fjernes uønskede stoffer fra grundvandet? <ul style="list-style-type: none"> • Arbejdsark: Vandværket • Arbejdsark: Redoxreaktioner på vandværket
7 - 8	Hvordan hænger nitrogens kredsløb sammen med vandets kredsløb? <ul style="list-style-type: none"> • Eksperiment: Ammonium, nitrit og nitrat • Arbejdsark: Hydrogeologi
9	Hvilke forskelle kan der være på grundvand på land og i by? <ul style="list-style-type: none"> • Podcast: Vandet i grunden – hvordan står det til med grundvandet? • Kortarbejde: GEUS – kort over grundvandskemi
10	Arbejde med overordnet case 'Rent vand?'

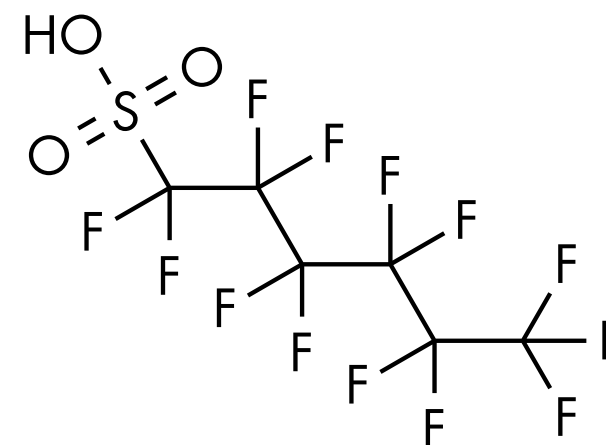
HVILKE PROBLEMER KAN DER VÆRE VED AT ANVENDE GRUNDVAND SOM DRILLEKVVAND?

I Danmark kommer næsten alt drikkevandet fra grundvand. Kun få steder på Sjælland indvindes overfladevand som supplement til grundvandsindvindingen. Grundvand er generelt mere fri for sygdomsfremkaldende mikroorganismer og smitstoffer end overfladevand. Men kvaliteten af grundvandet er ikke alle steder i landet helt i top. Nogle steder er grundvandet forringet f.eks. på grund af menneskeskabt forurening (nitrat, sprøjtemidler, opløsningsmidler, PFAS, PFOA, osv.), saltvandindtrængning fra havvand eller andet. Grundvandets kvalitet afhænger udover forureningsgraden i det specifikke område også af jordbundens filtreringskvalitet, hvor der er store regionale forskelle på, hvor meget sand eller ler jordbunden indeholder og dermed, hvor meget vandet bliver rensat for stoffer på dets vej gennem jorden. Forskellene i jordbundens opbygning giver ikke kun anledning til forskelle i, hvor rensat vandet bliver på vej ned gennem jorden, men også i, hvor hårdt eller blødt vandet i det givne område er. Vand er f.eks. blødt i Vestjylland og hårdt i Østjylland, Fyn og på Sjælland. Årsagen til forskellen i vandets hårdhed findes i de kalkaflejringer, som er fremherskende i Østdanmark, og som giver anledning til Ca^{2+} og Mg^{2+} i vandet.

Et af de stoffer, der kan være problematiske i det danske grundvand, er f.eks. nitrat. Nitrat i vandet kan være sundhedsskadeligt og er derfor uønsket. Nitrat stammer primært fra husdyrgødning, som bliver spredt i landbruget. Nitrat er en letopløselig ion og bliver dermed let ført med regnvand ned i grundvandet. En stor del af

nitraten bindes af rødder i jordbunden, og ved at holde skarp kontrol med mængden af nitrat, der anvendes som gødning, kan en stor del af nitratforureningen undgås.

PFAS er en gruppe af kemiske fluor-stoffer, der er svære at nedbryde, og dermed findes i miljøet i lang tid. Der er bekymring for, hvilke helbredsmæssige påvirkninger som PFAS kan medføre.



perfluorohexanesulfonic acid

MATERIALEBANK

Litteratur

PFAS

[Sundhedsstyrelsen – PFAS](#)

[Teknologisk Institut – PFAS-forurening i miljøet – hvad gør vi?](#)

[Aarhus Universitet – Fremtidens drikkevand kan være truet af PFAS-stoffer – vi skal handle nu for at sikre rent vand til kommende generationer](#)

Chlorerede forbindelser

[Miljøstyrelsen – Sensorløsning til monitorering af forurening af chlorerede forbindelser i vand \(Kap. 1\)](#)

[NIRAS og RAMBØLL – Håndbog om undersøgelser af chlorerede stoffer i jord og grundvand](#)

[Miljø- og Energiministeriet – Chlorerede, phosphorholdige og andre pesticider i drikkevand](#)

Nitrat

[Miljøministeriet – Nitrat i grundvandet](#)

[GEUS – For meget nitrat giver blå spædbørn](#)

[Københavns Universitet – Nitrat i grundvandet](#)

[Aarhus Universitet – Nitrat i drikkevand øger risikoen for tarmkræft](#)

Generel forurening

[Miljøstyrelsen – Kilder til forurening af grundvandet](#)

[Aktuel Naturvidenskab – Et helhedssyn på uønskede stoffer i drikkevandet](#)

[Vandet i Jorden – Drikkevandet i Danmark og Grønland – kap. 2. Grundvandets kemiske sammensætning](#)

Lærebogsmateriale

Kend Kemien 1, 1. udgave, 2. oplag, 2005, Gyldendal, A. Nyvad, H. Parbo, K.K. Mortensen:

- s. 127-133 Vand og opløselighed
- s. 135-137 Vands hårdhed
- s. 153-154 Drikkevand og kvaliteten af grundvand

Basiskemi C, 1. udgave, 5. oplag, 2011, Haase og Søns Forlag, H. Mygind, O. V. Nielsen, V. Axelsen:

- s. 43 Tabel over nogle ionforbindelsers opløselighed i vand ved 20 °C

NF-grundbogen, 1. udgave, 1. oplag, 2014, Lindhardt og Ringhof Forlag A/S, A. Grosen, L. Jacobsen, A.V. Witt:

- s. 69-71 Hvordan dannes grundvand?
- s. 71-74 Rensning af grundvand
- s. 75-76 Danmarks rene grundvand
- s. 76-78 Trusler mod vores drikkevand

Øvelsesvejledning

[Ioner i grundvandet – Naturvidenskabernes Hus](#)

Arbejdsark

[Vejledning til Jupiterdatabasen – Naturvidenskabernes Hus](#)

[Opgave 3.02 Hårdhedsgrader – NF-grundbogen](#)

HVORDAN FJERNES UØNSKEDE STOFFER FRA GRUNDVANDET?



For at grundvandet kan omdannes til drikkevand til de danske forbrugere, efter det er pumpet op fra undergrunden, bliver vandet iltet og filtreret på et vandværk.

Grundvandet ledes ned af en trappe for at tilføre ilt til vandet og dermed fjerne opløste luftarter, f.eks. methan, svovlbrinte og carbondioxid. Ved iltningen sker der en omdannelse af nogle af de ioner, der befinder sig i grundvandet, f.eks. Fe^{2+} og Mn^{2+} , hvorefter jernet og manganet kan fjernes ved en sandfiltrering.

Vandet kan yderligere renses ved brug af et kulfilter, der på grund af sit store overfladeareal kan fjerne forurenende stoffer fra vandet. Aktivt kul har vist sig effektiv til at fjerne organiske forureninger, pesticider og herbicider.

Chlorerede carbonhydrider – såsom tetrachlorethen og trichlorethen – kan nedbrydes ved hjælp af H_2O_2 og energi fra f.eks. UV-lys.

MATERIALEBANK

Litteratur

[Frederiksberg Forsyning – Sådan behandler vi vandet](#)

[Vandets vej – Vandbehandling](#)

[Miljøministeriet – Hvad kontrolleres drikkevandet for?](#)

[Dansk kemi – Gymnasiekemi – Bakterier i miljøets tjeneste](#)

[Geologisk nyt \(2007\) nr. 6 – Vandbehandling – fra regnvand til drikkevand](#)

[Geologisk nyt \(1997\) nr. 4 – Jernforbindelser i grundvand – 30 års erfaring med jernfjernelse](#)

[Miljøministeriet – Arsenfjernelse på danske vandværker](#)

[SDU – Giftrester skal væk fra vores drikkevand](#)

[Aktivt kul](#)

[Miljøstyrelsen – Fjernelse af pesticider og chlorerede opløsningsmidler i vand Med UV-H₂O₂ AOP](#)

[DR – Forurenede grundvand: Sådan kan regionerne rydde op](#)

Arbejdsark

[Vandværket – Naturvidenskabernes Hus](#)

[Redox-reaktioner på vandværket – Naturvidenskabernes Hus](#)

[DTU – Miljøingeniøren på vandværket – kemi-opgaver](#)

HVILKE FORSKELLE KAN DER VÆRE PÅ GRUNDVAND PÅ LAND OG I BY?

Danmarks mest nitrat-forurenede grundvand findes i et bælte midt gennem Jylland mellem Grenå, Silkeborg, Viborg, Nykøbing Mors, Løgstør og Aalborg. Men også i Sønderjylland og omkring Roskilde Fjord er der fundet høje koncentrationer af nitrat i grundvandet. Nitraten stammer primært fra husdyrgødning, der bliver spredt i landbruget. Den del, der ikke bliver kvælstoffikseret eller på anden måde optaget af planter, kan udvaskes og transporteres med vandet fra rodzonen i jorden og ned til grundvandet. Afhængigt af jordens sammensætning varierer det, hvor stor en del af vandet fra rodzonen, som kommer ned i grundvandsmagasinerne. Vand fra rodzonen trænger lettere gennem sandjorde end gennem lerjorde, og de områder af Danmark, hvor det er sand, der dominerer jordbunden, opleves der en større grundvandsdannelse end i resten af landet.

Langt det meste grundvand dannes i Jylland, hvor der falder de største nedbørsmængder, og hvor vandet let kan sive ned gennem sandjorden. Modsvarende dannes der mindst grundvand på øerne, hvor der dels ikke falder så meget nedbør, og hvor jordbunden er præget af store mængder ler.

I byerne er det ikke så meget nitrat, der forurener grundvandet, men mere f.eks. pesticidrester og deres nedbrydningsprodukter. Pesticidresterne kommer her fra sprøjtning i haver og langs veje og fortove. Der findes også pesticidrester i landbrugsområderne.



MATERIALEBANK

Litteratur

[Geoviden – Grundlæggende om grundvand](#)

[Vandets vej – Forurening af grundvand](#)

[GEUS – kvælstof og nitrat](#)

[Danske regioner – Jordforurening og grundvand](#)

[Region Hovedstaden – Nye undersøgelser skal sikre Farums grundvand](#)

[Fredensborg Forsyning – Vi drikker vores grundvand](#)

Video

[Underground Geocenter – nitrat i grundvandet \(4 min 14 sek\)](#)

[Danske Regioner – Beskytter grundvandet \(2 min 25 sek\)](#)

Podcast

[Vandet i grunden – hvordan står det til med grundvandet? \(Del 1 og Del 2\)](#)

Data og kort

[GEUS – Kort over nitrat i grundvandet](#)

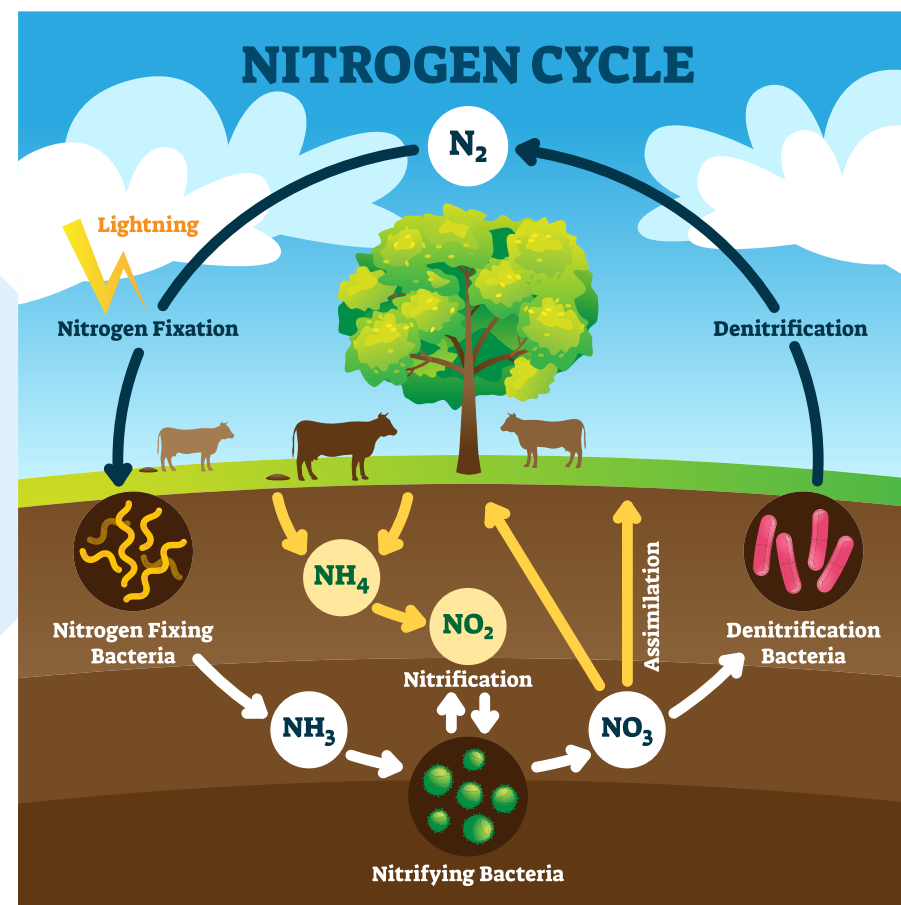
[GEUS – kort over grundvandskemi](#)

HVORDAN HÆNGER NITROGENKREDSLØBET SAMMEN MED VANDETS KREDSLØB?

Grundstoffet nitrogen findes på forskellige former. Langt den største mængde findes som N_2 i atmosfæren. Denne form kan hverken dyr, mennesker eller de fleste planter udnytte. Det livsvigtige nitrogen er derfor nødt til at blive optaget i en anden form. Planter kan optage nitrogen i form af nitrat (NO_3^-) eller ammonium (NH_4^+) gennem rødderne. Enkelte planter, f.eks. ærteblomster, kan binde N_2 direkte fra luften.

N_2 fra luften kan af lyn spaltes til enkelte nitrogen-atomer, der føres med regnvand ned i jorden. Her bliver der dannet nitrat, som planterne kan optage. Nitrogen optages i dyr og mennesker gennem føden og udskilles igen gennem urinen i form af stoffet urea. Svampe og bakterier nedbryder urea til ammoniak, der kan omdannes til ammonium ved at reagere med vand. Bakterier i jorden er i stand til at omdanne ammonium til nitrat, som planterne igen kan optage gennem rødderne.

Ved at tilføje gødning til marker, kan der skabes forstyrrelser i dette kredsløb, hvor der tilføjes en større mængde af nitrogen, end planterne kan nå at optage. Sker dette, er der en risiko for, at nitrogen-forbindelser trækkes med ned i grundvandet gennem afstrømning.



MATERIALEBANK

Litteratur

[Virtuel Galathea 3 – Nitrogens kredsløb](#)

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt](#)

[KU – Mad til Milliarder, kap. 4 – Kvælstof – i luften, på land og til vands](#)

[KU – Vandets kredsløb](#)

[AU – Vandets kredsløb, De dyrebare dråber](#)

Lærebogsmateriale

I gang med Kemi, Nucleus Forlag, L. A. Egebo

- s. 176–181 – Næringsalte og vandmiljø

Videre med Kemi, Nucleus Forlag, L. A. Egebo og H. Wolff

- s. 265–273 – Tema: Nitrogens Stofkredsløb

Aurum 2, Lindhardt og Ringhof, K.R. Kristiansen og G. Cederberg

- s. 100–103 – Nitrogenkredsløbet

Basiskemi B, Haase & Søns forlag, H. Mygind, O.V. Nielsen, V. Axelsen

- Kap. 9 – Vigtige uorganiske nitrogenforbindelser

Video

[Miljøstyrelsen – Hvor kommer grundvandet fra? \(1 min 39 sek\)](#)

Øvelsesvejledning

[Ammonium, nitrit og nitrat – Naturvidenskabernes Hus](#)

I gang med Kemi – Nucleus Forlag, L. A. Egebo

- s. 182–186 – Koncentration af nitrat målt ved hjælp af lys

Arbejdsark

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt – Spørgsmål til teksten](#)

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt – Jordbundsforhold og grundvandskvalitet i Danmark](#)

HVORFOR ER DET VIGTIGT AT KVALITETSSIKRE VAND?



Adgang til rent drikkevand er et af FN's 17 verdensmål. Alle mennesker skal have adgang til rent drikkevand, og i Danmark er drikkevandet heldigvis af en meget høj kvalitet.

Men hvorfor er det egentligt problematisk med f.eks. høje nitratkoncentrationer eller rester af pesticider eller PFOS i grundvandet?

Et højt nitratindhold i grundvandet medfører en evt. sundhedsrisiko. Nitrat, der kan omdannes til nitrit, hæmmer kroppens evne til at optage ilt, hvilket kan give en blåfarvning af huden. Et for lavt iltindtag er specielt farligt for helt spæde børn.

PFOS og PFAS er kendetegnet ved, at det stort set ikke nedbrydes i naturen, samt ved, at det har nogle problematiske sundhedsskadelige egenskaber. Vandværker har siden juni 2021 kontrolleret drikkevand ud fra en ny og strengere grænseværdi indført af Den Europæiske Fødevarerikkerhedsautoritet. Når grænseværdierne i analyserne overskrides, kan vandværkerne benytte sig af andre borer eller opblende vandet med rent vand, så koncentrationen af de fluorerede forbindelser (PFOS og PFAS) mindskes.

MATERIALEBANK

Litteratur

[Virtuel Galathea 3 – Nitrogens kredsløb](#)

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt](#)

[KU – Mad til Milliarder, kap. 4 – Kvælstof – i luften, på land og til vands](#)

[KU – Vandets kredsløb](#)

[AU – Vandets kredsløb, De dyrebare dråber](#)

Lærebogsmateriale

I gang med Kemi, Nucleus Forlag, L. A. Egebo

- s. 176–181 – Næringsalte og vandmiljø

Videre med Kemi, Nucleus Forlag, L. A. Egebo og H. Wolff

- s. 265–273 – Tema: Nitrogens Stofkredsløb

Aurum 2, Lindhardt og Ringhof, K.R. Kristiansen og G. Cederberg

- s. 100–103 – Nitrogenkredsløbet

Basiskemi B, Haase & Søns forlag, H. Mygind, O.V. Nielsen, V. Axelsen

- Kap. 9 – Vigtige uorganiske nitrogenforbindelser

Video

[Miljøstyrelsen – Hvor kommer grundvandet fra? \(1 min 39 sek\)](#)

Øvelsesvejledning

[Ammonium, nitrit og nitrat – Naturvidenskabernes Hus](#)

I gang med Kemi – Nucleus Forlag, L. A. Egebo

- s. 182–186 – Koncentration af nitrat målt ved hjælp af lys

Arbejdsark

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt – Spørgsmål til teksten](#)

[Hydrogeologi 2022 af Otto Leholt – Jordbundsforhold og grundvandskvalitet i Danmark](#)

OM NATURVIDENSKABERNES HUS

Naturvidenskabernes Hus bygger bro mellem skoler og virksomheder i hele landet og udvikler, udbreder og understøtter praksisnær undervisning, der engagerer børn og unge og inspirerer til STEM-studievalg. Det er vores vision, at mange flere unge vælger en STEM-uddannelse til gavn for erhvervslivet, samfundet og en bæredygtig fremtid.

Læs mere på nvhus.dk