2505

DET BESTE INNEN

# HISTORIE & VITENSKAP

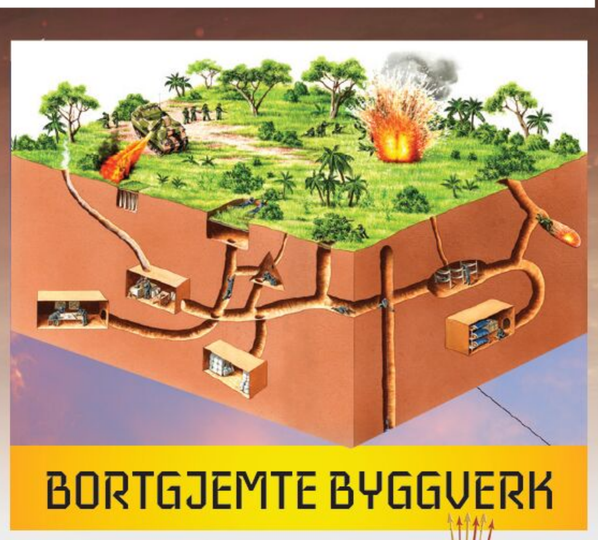
AVHENGIGHETENS MAKT
ER VAPING FARLIG?

144 SPENNENDE SIDER

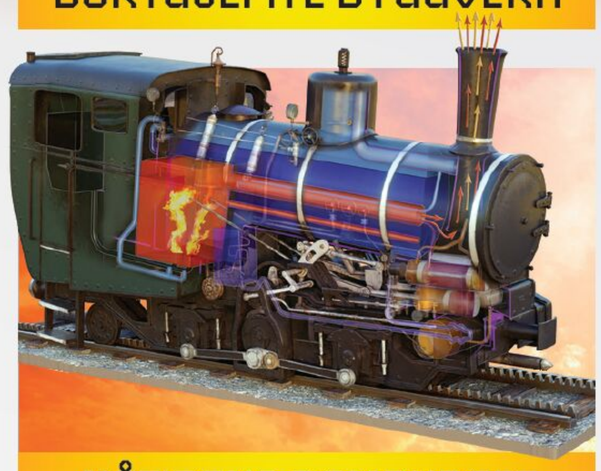


SLIK TRENER EN ASTRONAUT

## UNIVERSETS STØRSTE SORTE HULL



BORTGJEMTE BYGGVERK



NÅTIDENS DAMPKRAFT



SANNHETEN OM SUPERMAT



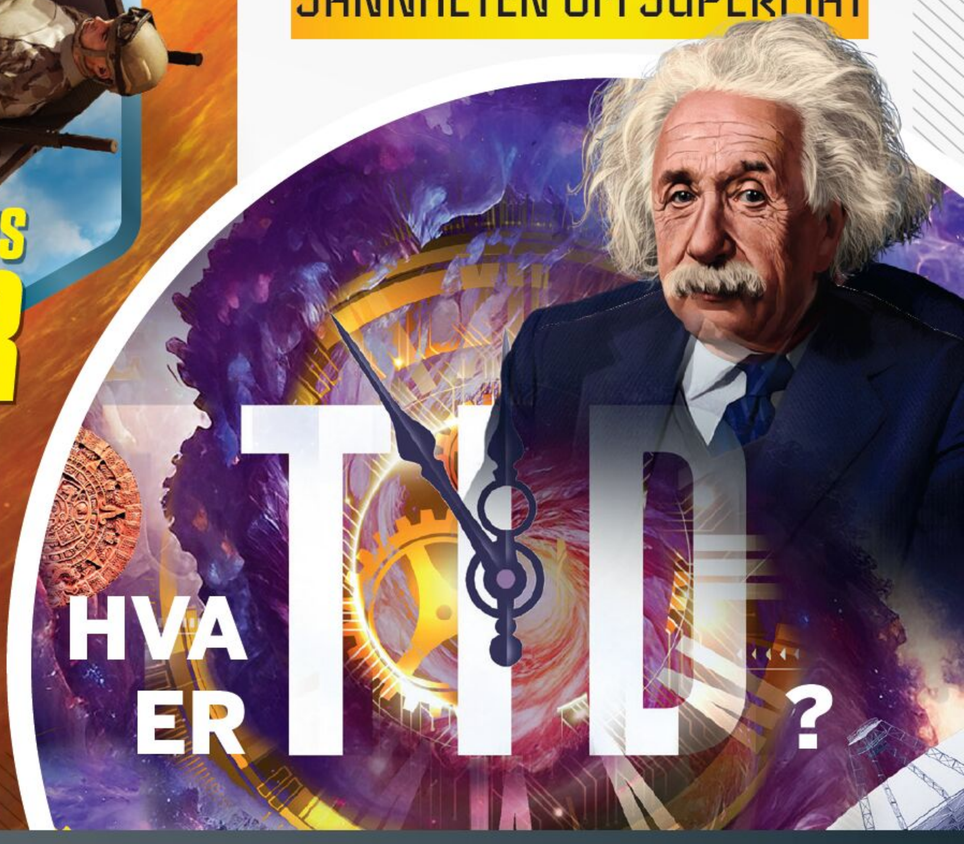
ALT OM APPLE VISION PRO



FREMTIDENS DRONER



NÅ KOMMER 6G




- OPPFINNELSER FRA D-DAGEN
- STORE DYREVANDRINGER
- KAN MAN TRANSPLANTERE EN HJERNE?
- SLIK FIKK JORDEN VANN
- 80-TALLETS KULESTE TING

| bc | 2181 | 026 |
|---|---|---|
| FAKTA | | |

FORSKNING · MILJØ · TEKNIKK · TRANSPORT · HISTORIE · ROMMET

ORAGE

***DET BESTE INNEN HISTORIE & VITENSKAP***
2024 © Orage AS
ISBN 978-82-8447-511-0

**Redaksjon**
Redaktør: Inger Marit Hansen
Grafiker: Oda Sofie Undertun Kvalvik
Coverdesign: Bens Aarø

**Salgsansvarlig**
Øystein Berg
*+47 909 61 959*
*berg@orage.no*

**Utgitt av**
Orage AS
Jarlsøveien 50
3124 Tønsberg, Norge
*+47 47 46 60 00*
*post@orage.no*
*www.orage.no*

**Trykk**
Trykket i Latvia, Artko AS

*Alle Orages produkter trykkes ved svanemerkede trykkerier.*

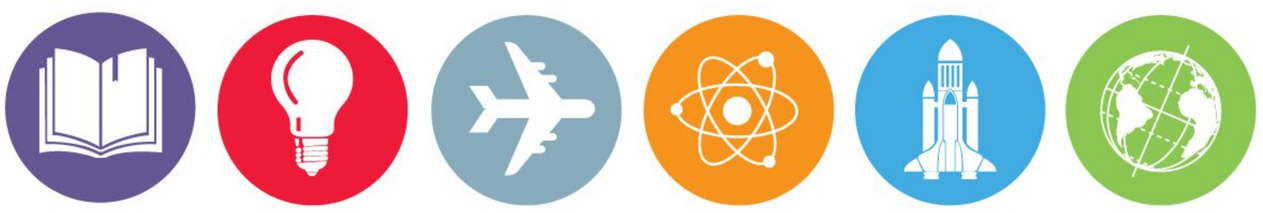
***Utgitt på lisens av Future Plc.***

*This bookazine is published under licence from Future Publishing Limited.*
*All rights in the licensed material belong to Future Publishing Limited and it may not be reproduced, whether in whole or in part, without the prior written consent of Future Publishing Limited.*
*©2024 Future Publishing Limited.*
*www.futureplc.com*

***Artiklene er hentet fra diverse utgaver av***
*How It Works © Future Publishing Limited*

# VELKOMMEN!

Vi åpner denne utgaven av **Det beste innen Historie & Vitenskap** med en spesialreportasje om tidens fysikk, raskt etterfulgt av en omvisning i universets mest massive og illevarslende himmellegemer – supermassive sorte hull. Disse to temaene kan ikke forklares skikkelig av vitenskapen, de er overveldende på alle måter, og de innkapsler alt av menneskelig forståelse. De favner alt det denne boka tar for seg: tid, rom og alt imellom, inkludert hvor jorden fikk vannet fra, hjernetransplantasjoner, utrolige hemmelige underjordiske byggverk, hvordan astronauter trener for livet og jobber i verdensrommet, 1980-tallets uunnværlige dingser og elektroniske apparater, dampkraftens fremtid pluss mye mer. Len deg tilbake og kos deg med over 140 sider fascinerende historie, fakta, statistikk og svar på noen av vitenskapens store spørsmål.
God fornøyelse!

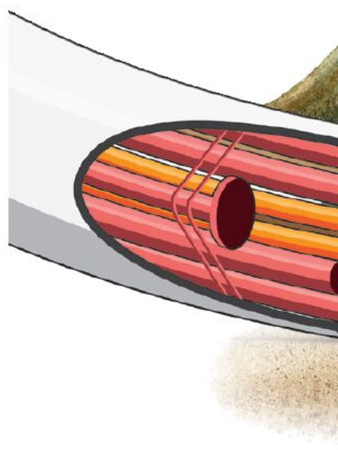




## HØYTFLYVENDE DRONE

BAE Systems drone PHASA-35 har nådd stratosfærisk høyde. Les mer på side 106.

# INNHOLD



## VITENSKAP


**010** Tid
**018** Hva er supermat?
**022** Hvorfor vaping ikke er bra for deg
**028** Er hjernetransplantasjon mulig?
**030** Orkesterarrangement
**032** Hvorfor har vann «hud»?
**033** Slik lages sjøglass


## ROMFART


**036** De største sorte hullene i universet
**042** Slik trener astronauter for rommet
**048** Slik fikk jorda vannet sitt
**054** Rakettmotoren Super SpaceX


## MILJØ


**058** Store dyrevandringer
**064** Livet i en komposthaug
**068** Dødelige dinosaursykdommer
**072** Slik overlever du i Australias outback
**078** Hva er synkehull?



## HISTORIE


**082** Utrolige oppfinnelser fra D-dagen

**088** 12 hemmelige underjordiske byggverk

**094** Slik ble radaren oppfunnet


## TEKNOLOGI


**100** Fremtidens droner

**108** 6G: Raskere, smartere, bedre

**114** Krigsspill

**120** Slik fungerer flammekastere

**122** Uunnværlige dingser fra 1980-tallet

**128** Vi demonterer Apple Vision Pro


## TRANSPORT


**132** Alt om sparkesykler

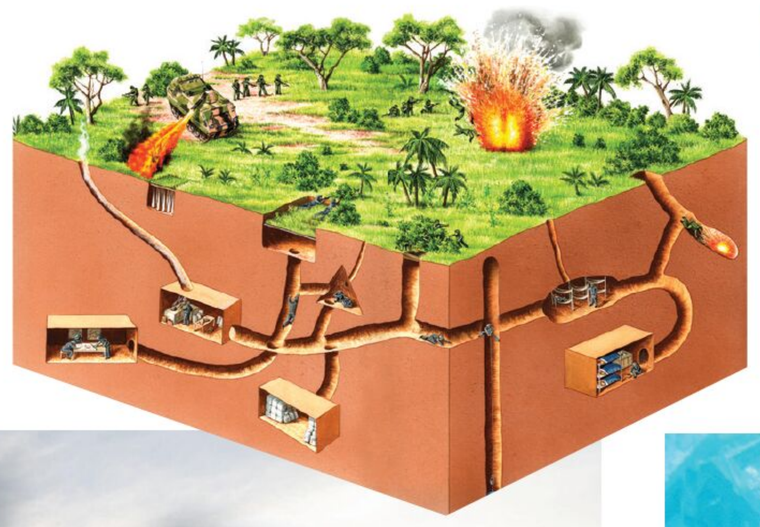
**136** Inni en luksus-hydrofoil

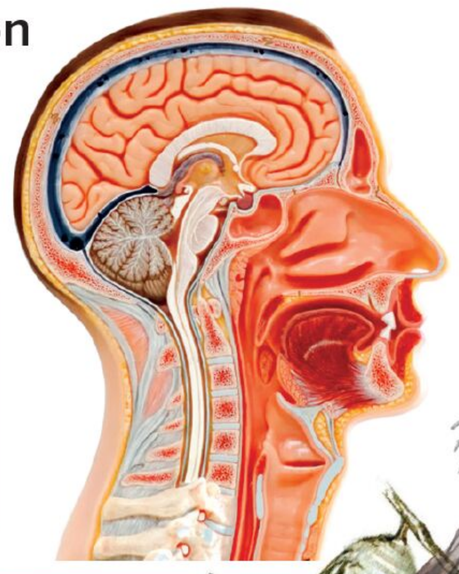
**138** Fremtidens dampkraft

**142** Hva er katteøyne?





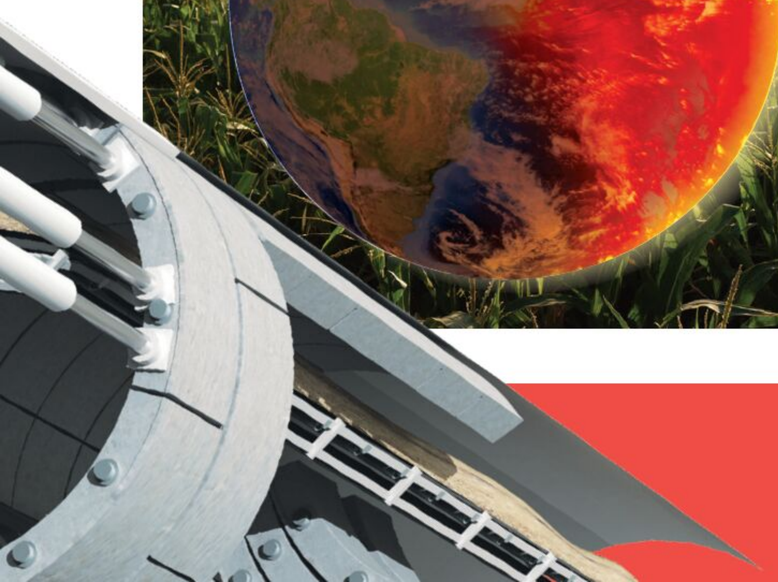



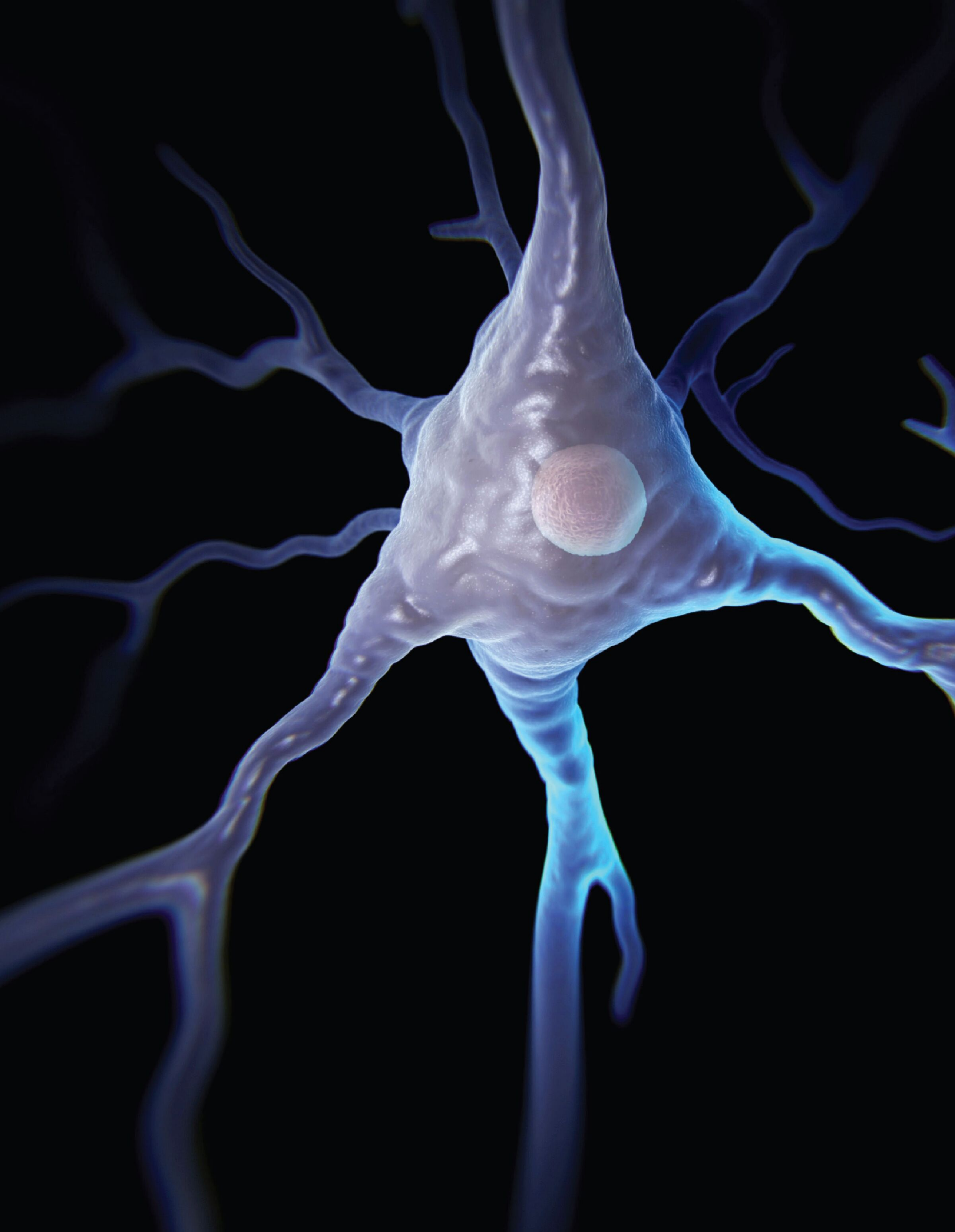












# VITENSKAP

# TID

**Hva er tid? Vi tar en titt på noen av måtene vi måler denne ustoppelige naturkraften på, og dens nære forbindelse med rommet.**

TEKST ANDREW MAY

**VISSTE DU AT?** I oldtiden var en time en tolvtedel av dagslysets varighet, som varierte i lengde med årstidene.

# Tid

Tiden er noe vi alle tar for gitt, men som kan være svært vanskelig å forstå når vi tenker nøye over det. Allerede på 400-tallet e.Kr. bemerket Augustin at han visste nøyaktig hva tid var, bortsett fra når han prøvde å forklare den. Mange av oss vil kanskje si det samme i dag, og verdens filosofer krangler fortsatt om hva tid egentlig er, og hvordan vi oppfatter den. Heldigvis er det noen aspekter ved emnet som vi nå er i stand til å fastslå mye mer presist, takket være supernøyaktige klokker og sofistikerte matematiske teorier. På de neste sidene får du en guidet tur gjennom noen av de mest fascinerende høydepunktene. Vi begynner med å se på hvordan tidsmålingen vår har utviklet seg gjennom århundrene, fra oldtidens solur og megalittiske kalendere som Stonehenge, via de tidligste mekaniske urene til dagens allestedsnærværende kvartsdrevne og elektroniske klokker og urverk. Deretter tar vi et dypdykk i Einsteins forbløffende relativitetsteori, som viser hvordan rom og tid er tett forbundet med hverandre, og hvordan ulike observatører kan oppleve at tiden går med ulik hastighet. Til slutt blir vi oppdatert på den nyeste generasjonen av høyteknologiske atomklokker, hvorav noen er så nøyaktige at de ikke mister så mye som et sekund i løpet av hele universets levetid.

© Getty



Aztekernes kalender som du ser her, er en nyere slektning av den gamle mayakalenderen.

# Å GÅ TILBAKE I TID

For forhistoriske mennesker var det mye viktigere å holde oversikt over årstiden enn å vite hvilken tid på dagen det var. Derfor var deres mest sofistikerte forsøk på å måle tiden ikke så mye klokker som kalendere. De fulgte med på solens og månens skiftende posisjon på himmelen for å holde styr på årstidene, og flere av deres mest slående monumenter for dette formålet er bygget rundt sol- eller måneposisjoner. Sommersolvervmonumentet i Stonehenge er det mest berømte av disse, men Newgrange i Irland – som er bygget etter vintersolverv – er like imponerende og enda eldre.

Den eldste og enkleste metoden for å beregne tiden på døgnet var også basert på solen. Dette er soluret, som har den ulempen at det ikke fungerer om natten eller når det er overskyet. Et mer pålitelig alternativ, som dukket opp i Det gamle Egypt, er vannuret. Dette er kanskje mindre kjent i dag enn timeglasset, som er en noe senere oppfinnelse, men vannuret fungerer etter samme grunnprinsipp, bare med rennende vann i stedet for sandkorn.

**Visste du at?**

Det eldste kjente soluret er fra 1500 f.Kr.

De første mekaniske urene dukket opp i siste del av 1200-tallet. Det var en europeisk oppfinnelse som var basert på et system med vekter, spaker og tannhjul – «urverk» med andre ord. De tidligste mekanismene hadde ikke de velkjente urskivene, men slo ganske enkelt med en klokke hver time. De var de første apparatene som faktisk bar navnet «klokke», fra det latinske ordet clocca, som betyr klokke eller bjelle.

I løpet av de neste århundrene ble urene gradvis finslipt og forbedret i to retninger: i retning av større presisjon og større praktisk anvendelighet. Et stort sprang fremover i nøyaktighet kom i siste del av 1600-tallet, med innføringen av pendelur. Dette gjorde det mulig å vise nøyaktige minutter og til og med sekunder i tillegg til timer. Når det gjaldt det praktiske, ble klokkene gradvis

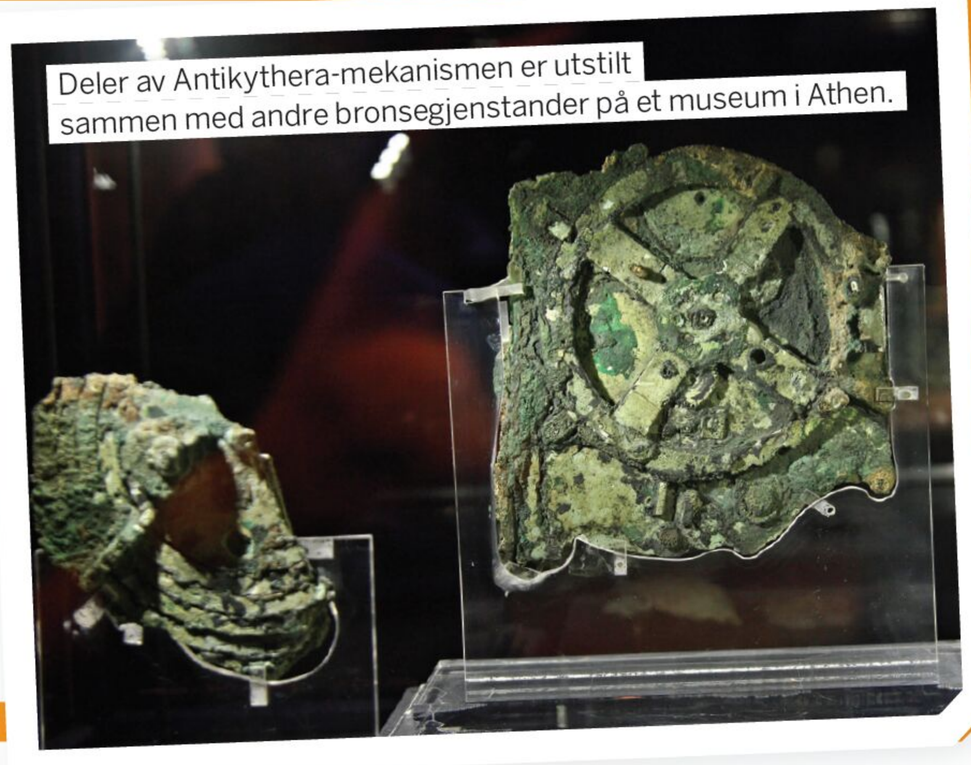



**4 BAKRE URSKIVER**
To store urskiver og tre mindre viser ytterligere astronomiske data, samt datoer for OL og andre leker.

**1 JUSTERINGSKNOTT**
Denne har ikke overlevd, så vi vet ikke hvordan den så ut, men den ble brukt til å legge inn ønsket dato.

## DATAMASKIN FRA DET GAMLE HELLAS

Antikythera-mekanismen, som noen ganger kalles verdens eldste datamaskin, er en kompleks kalenderenhet som ble laget rundt år 100 f.Kr. Analogmaskinen har fått navnet sitt fordi den ble funnet i et skipsvrak utenfor den greske øya Antikythera, selv om den sannsynligvis stammer fra en annen øy, Rhodos. Den er laget av bronse og har omtrent samme størrelse og form som en skoeske. Den er sterkt korrodert, men intakt nok til at forskerne kan se hvordan den må ha fungert. Ved å vri på en knapp på siden kunne man stille inn ønsket dato, som via et komplekst tannhjulsystem inne i boksen betjente en rekke visere på forsiden og baksiden. Den fremre viste solens, månens og planetenes posisjon i forhold til dyrekretsen, mens de bakre viserne viste ting som sol- og måneformørkelser –og kanskje av større interesse for noen av brukerne, tidspunktet for ulike sportsturneringer.



Deler av Antikythera-mekanismen er utstilt sammen med andre bronsegjenstander på et museum i Athen.

**VISSTE DU AT?** En pendelklokke vil gå saktere hvis den heves fra havnivå til en fjelltopp, der tyngdekraften er svakere.

# PÅ INNSIDEN AV ANTIKYTHERA-MEKANISMEN

Denne sofistikerte innretningen fra antikken var en multifunksjonskalender.

**«De så solen og månen skifte posisjon på himmelen.»**



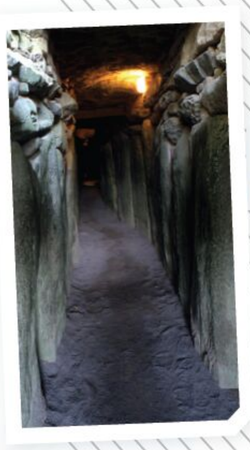

**3 GIR**
Innsiden av boksen inneholder over 30 presisjonskonstruerte tannhjul som driver front- og baksidene.

**2 FRONTSKIVE**
Dette er apparatets forside, som viser planetbevegelser og andre astronomiske data.



Selv om timeglass sjelden brukes i dag, har det blitt et velkjent ikon på datamaskinen.

## Å MÅLE TIDEN



**3200 f.Kr.**
Forhistoriske mennesker laget en slags kalender i Newgrange, som fylles med sollys på bare ett tidspunkt hvert år.

**450 f.Kr.**
Mayaenes kalender i Mellom-Amerika var et av de mest sofistikerte målesystemene for tid i oldtiden.

**685 e.Kr.**
Et solur som viser de riktige tidene for bønn ble installert utenfor Bishopstone Church i East Sussex.



**1270**
De første mekaniske klokkene, med bjeller, men uten visere eller urskiver, dukket opp i Nord-Italia og i det sørlige Tyskland.

© Getty / Alamy

mindre. Allerede i 1574 dukket det første lommeuret opp, etterfulgt av det første armbåndsuret i 1812. På begynnelsen av 1800-tallet kom også de første masseproduserte klokkene på markedet, noe som gjorde dem mye mer tilgjengelig enn tidligere.

Før 1800-tallet hadde det å vite nøyaktig hva klokken var, mer vært et spørsmål om nysgjerrighet enn om nødvendighet. Men med fremveksten av togtrafikken fikk folk plutselig et mye sterkere behov for å vite hva klokken var. Togene kjørte etter strenge rutetider, og man kunne miste toget hvis man var noen minutter for sent ute. I jernbanens barndom hadde ulike deler av landet til og med sine egne lokale tidsstandarder, noe som skapte et betydelig kaos før nasjonale tidssoner – som Greenwich Mean Time i Storbritannia – ble innført.

Selv om tradisjonelle «urverksklokker» dominerte i flere århundrer, er det ganske sannsynlig at du ikke har en eneste av dem i hjemmet ditt i dag. Dette skyldes en oppdagelse som ble gjort tidlig på 1900-tallet av et vanlig mineral som kalles kvarts. Hvis en krystall av dette mineralet settes inn i en elektronisk oscillatorkrets, produserer den et signal med en svært nøyaktig definert frekvens. Denne oppdagelsen gjorde det mulig å konstruere ur som var minst ti ganger mer nøyaktige enn de beste tradisjonelle klokkene. Det første «kvartsuret» ble lagd i 1927, men det skapte ikke noen umiddelbar revolusjon. Det skyldtes at datidens tekniske innretninger var klumpete og upålitelige. Det tok flere tiår før en senere generasjon med miniatyrisert elektronikk gjorde kvartsklokker og -ur til et holdart alternativ – i den grad at de i dag er blitt så godt som allemannseie.

**Visste du at?**

TV-rørets designere måtte ta høyde for tidsdilatasjon.



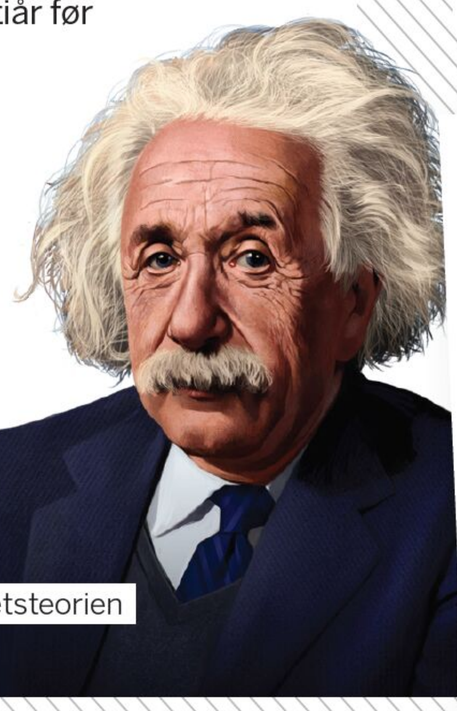

## EGYPTISK VANNKLOKKE

Denne enkle, men effektive klokken har eksistert i minst 3400 år.

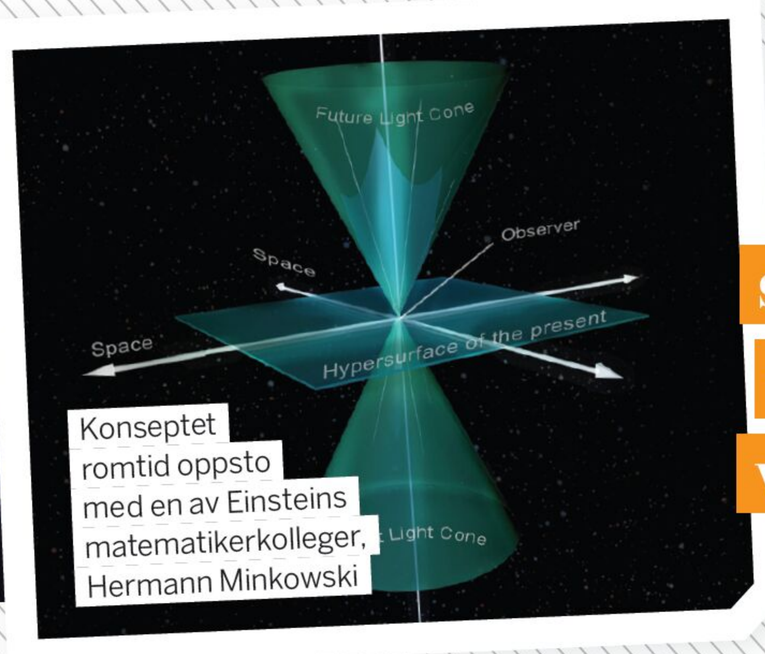
**1 FYLL SPANNET MED VANN**
For å starte klokken, hell vann i det traktformede spannet til det er fylt til randen.

**2 LA VANNET DRYPPE UT**
Etter at tilstrømningen har stoppet, fortsetter vannet å dryppe i en jevn hastighet fra et lite hull i bunnen.

**3 LES AV TIDEN**
Etter hvert som vannstanden synker, sammenlignes den med markeringen for å se hvor mye tid som har gått.



Albert Einstein utviklet relativitetsteorien mellom 1905 og 1915.




Konseptet romtid oppsto med en av Einsteins matematikerkolleger, Hermann Minkowski

**«Den fungerer etter samme grunnprinsipp, ved hjelp av rennende vann i stedet for sand.»**

**1656**
Den nederlandske vitenskapsmannen Christiaan Huygens konstruerte det første pendeluret og fikk det bygget av en lokal urmaker.



**1847**
Greenwich Mean Time (GMT) ble vedtatt som den offisielle «jernbanetiden» i hele Storbritannia.

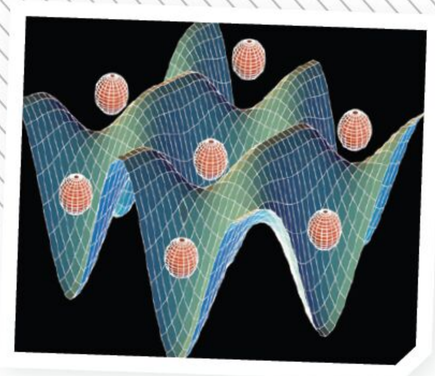
**1915**
Einstein publiserte siste del av sin relativitets-teori, som revolusjonerte måten fysikere betrakter tid på.

**1967**
Elektroniske armbåndsur basert på kvartskrystall-oscillatorer ble demonstrert for første gang.




**1989**
Fysikeren Norman F. Ramsey ble tildelt nobelprisen for sin rolle i utviklingen av atomklokker.

**2018**
En optisk gitterklokke ved USAs National Institute of Standards and Technology satte ny verdensrekord for presis tidsmåling.

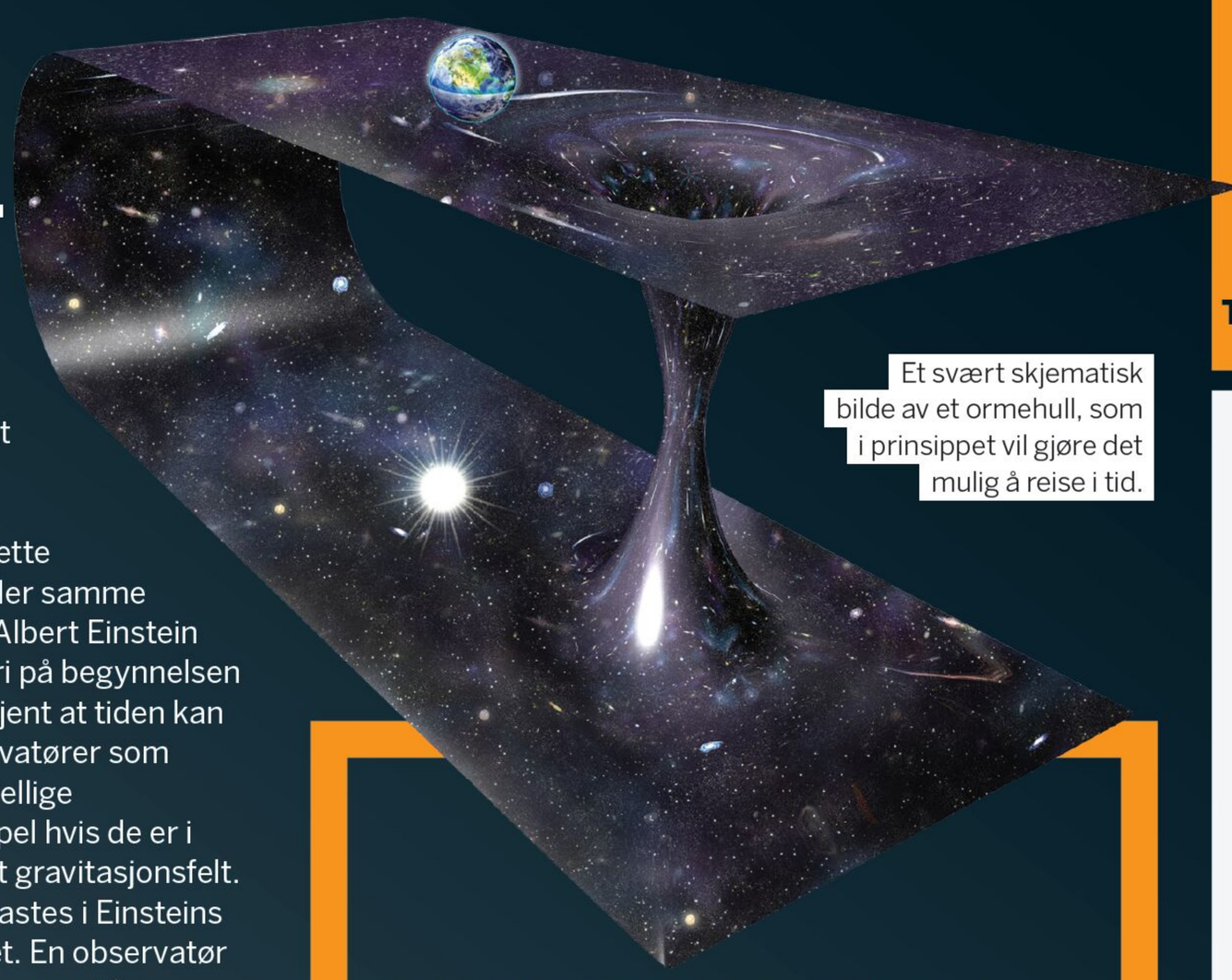


**VISSTE DU AT?** Tipler-sylindere er en mer praktisk hypotetisk metode for tidsreiser enn ormehull.

# TIDENS RELATIVITET

I hverdagen tar vi det for gitt at tiden går i et konstant tempo. Dette bekreftes av det faktum at klokker over hele verden er synkronisert med hverandre. For fysikerne er dette imidlertid bare fordi vi alle deler samme referanseramme. Helt siden Albert Einstein formulerte sin relativitetsteori på begynnelsen av 1900-tallet, har det vært kjent at tiden kan oppfattes forskjellig av observatører som befinner seg i vesentlig forskjellige referanserammer, for eksempel hvis de er i rask bevegelse eller i et sterkt gravitasjonsfelt.

En forestilling som må forkastes i Einsteins teori, er ideen om samtidighet. En observatør på jorden kan oppfatte to astronomiske hendelser som om de inntreffer samtidig, mens piloten i et romskip i rask bevegelse vil se dem inntreffe på forskjellige tidspunkter. På samme måte kan observatører i rommet og på jorden få forskjellige svar når de måler varigheten av en hendelse på et tredje sted. Denne effekten kalles tidsdilatasjon, og oppstår i to forskjellige situasjoner: hvis de to observatørene beveger seg i forhold til hverandre, eller hvis en av dem befinner seg i et sterkere gravitasjonsfelt. Disse «relativistiske» effektene er ikke fullt så rare som de høres ut, for de har bare å gjøre med hvordan observatørene opplever at tiden går på et annet sted enn der de selv befinner seg. For observatørene selv går tiden alltid med sin normale hastighet.



Et svært skjematisk bilde av et ormehull, som i prinsippet vil gjøre det mulig å reise i tid.

## ER TIDSREISER MULIG?

**En av de merkeligste konsekvensene av relativitetsteorien er at den åpner for tidsreiser. De enormt sterke gravitasjonsfeltene som omgir svarte hull, kan forvrenge romtiden så mye at den folder seg tilbake på seg selv. Resultatet er et «ormehull». I likhet med sitt fiktive motstykke fungerer et ormehull i den virkelige verden som en snarvei mellom ulike punkter i romtiden – og det er fullt mulig at ormehullets utgang ligger på et tidligere tidspunkt enn inngangen. En vei gjennom romtiden som går i sløyfe tilbake til fortiden, kalles en «lukket tidslignende kurve», og fysikerne har funnet flere måter å lage dem på. Dessverre krever alle disse ingeniørkunststykker som er umulige, så tidsreiser er fortsatt en rent teoretisk, snarere enn praktisk, mulighet.**

## 5 FAKTA OM TIDSDILATASJON

**1 MYONER SVEKKES LANGSTOMT**
Superraske myonpartikler dannes av kosmisk stråling som treffer den øvre atmosfæren, og de lever så kort at de aldri burde nå bakkenivå – men det gjør de, takket være tidsdilatasjon.

**2 KLOKKER PÅ ET FLY**
Selv ved vanlige hastigheter har tidsdilatasjon målbare effekter på submikrosekundnivå. Dette ble demonstrert i 1971 da forskere tok med seg atomklokker på en jordomflyvning.

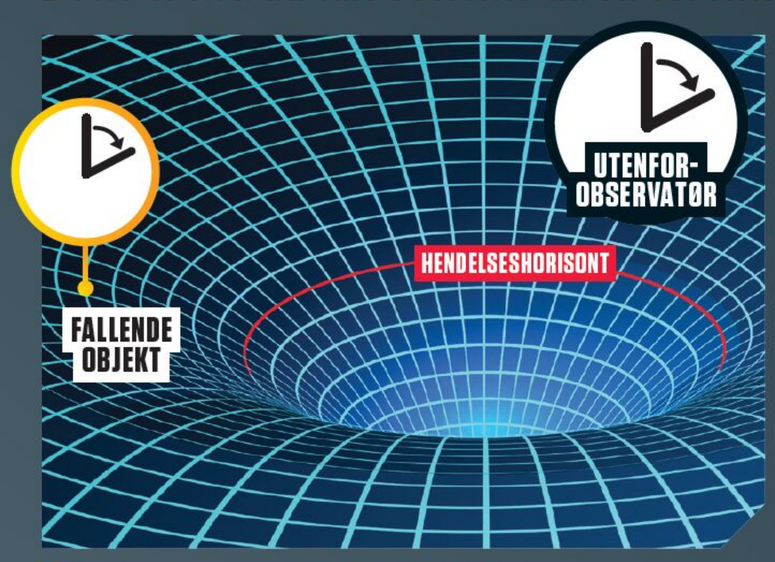
**3 RELATIVITETSTEORI OG GPS**
For å kunne navigere med meternøyaktighet trenger GPS-satellittene en tidsangivelse på nanosekundnivå. Det kan de bare oppnå ved å ta hensyn til effekten av relativistisk tidsdilatasjon.

**4 LARGE HADRON COLLIDER**
Protoner suser så raskt rundt i akseleratoren at hvis de fortsatte i to timer med en ekstern klokke, ville de ikke oppleve mer enn ett sekund av sin egen tid.

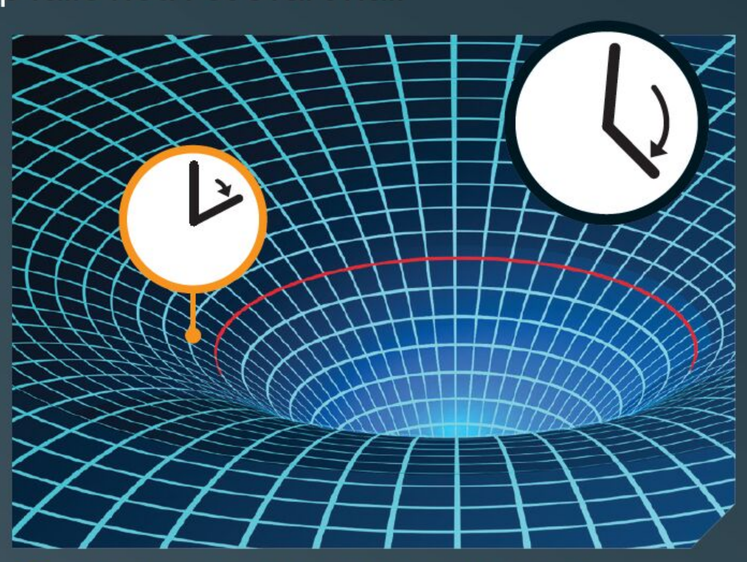
**5 NASA-TVILLINGENE**
Da astronauten Scott Kelly var på den internasjonale romstasjonen, førte tidsutvidelsen til at han ble omtrent fem millisekunder eldre enn sin tvillingbror Mark, som ble igjen på jorden.

# TIDSDILATASJON FOR SVARTE HULL

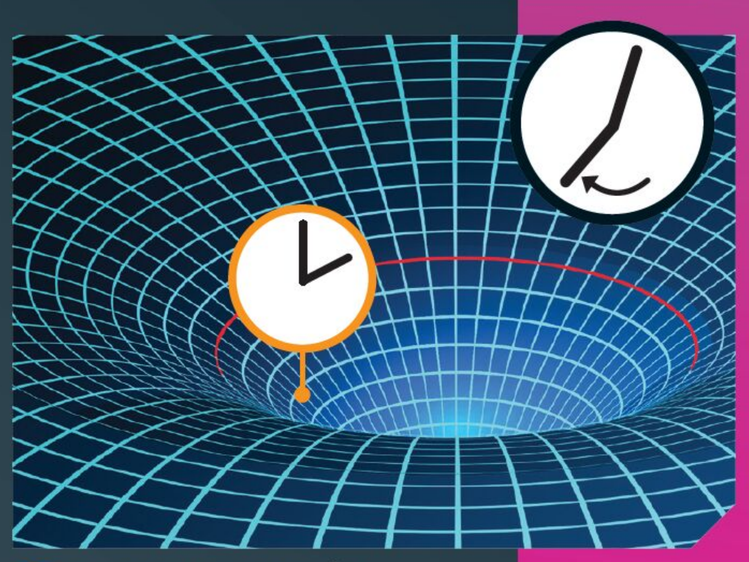
Dette er hva du ville sett hvis du så et romskip falle ned i et svart hull




**1 ROMSKIP NÆRMER SEG ET SVART HULL**
Så lenge romskipet fortsatt er i trygg avstand fra det svarte hullets hendelseshorisont, er forvrengningen av romtiden relativt liten, og hendelsene skjer i samme tempo for en utenforstående observatør og for mannskapet på skipet.



**2 ROMSKIPET FALLER INN MOT BEGIVENHETSHORISONTEN**
Fra mannskapets perspektiv har ingenting endret seg – de beveger seg fortsatt med samme hastighet. Men en utenforstående observatør ser at skipet sakker farten – og hvis observatøren kunne se inn i farkosten, ville skipets klokke også ha sakket farten.

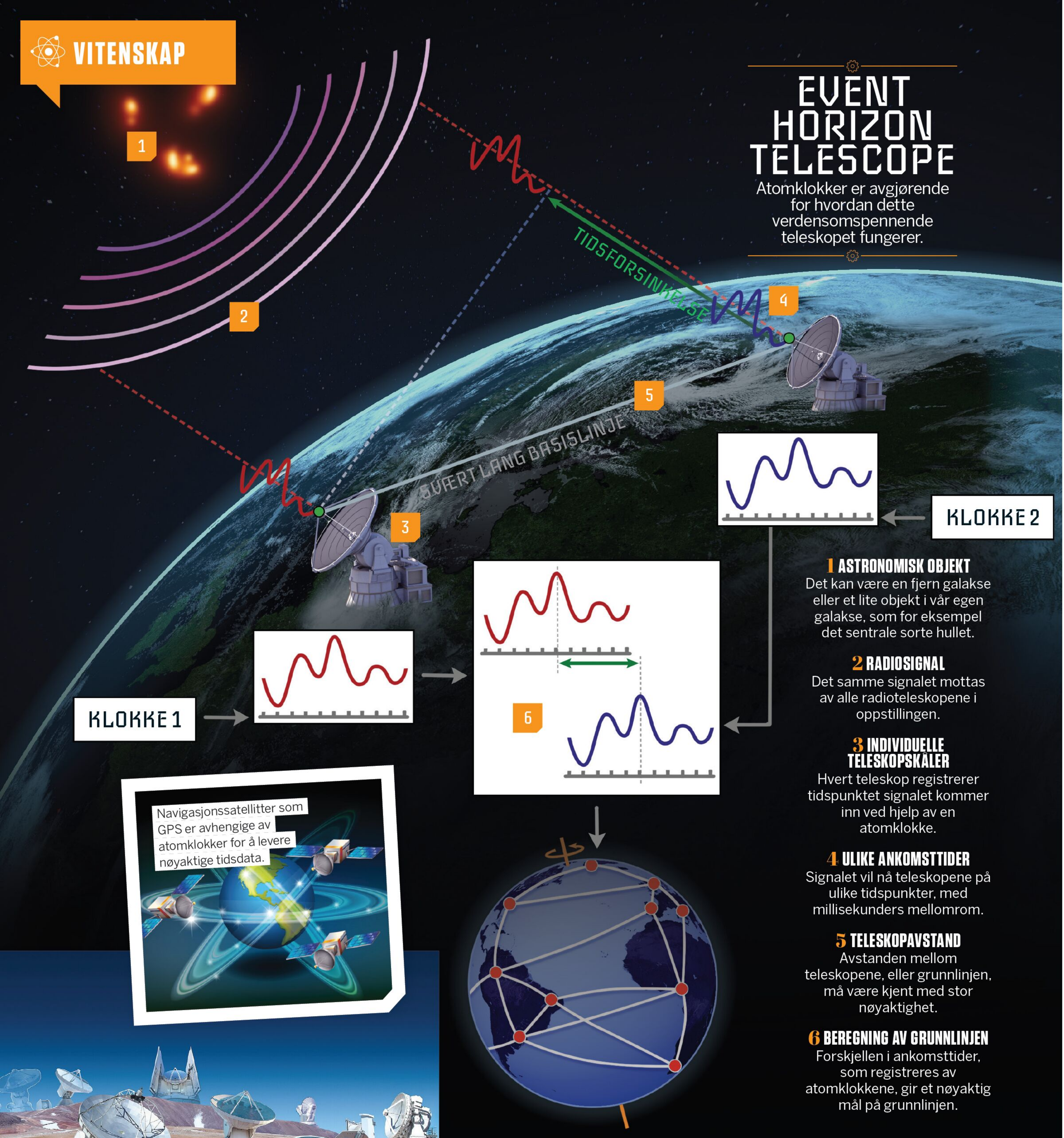


**3 ROMSKIPET NÅR HENDELSESHORISONTEN**
For besetningen er det ikke noe spesielt med tidens gang på dette tidspunktet. Men for en utenforstående observatør stopper skipet opp og blir stående fastfrosset i hendelseshorisonten.

© Shutterstock / Alamy / Getty

# EVENT HORIZON TELESCOPE

Atomklokker er avgjørende for hvordan dette verdensomspennende teleskopet fungerer.




**1 ASTRONOMISK OBJEKT**
Det kan være en fjern galakse eller et lite objekt i vår egen galakse, som for eksempel det sentrale sorte hullet.

**2 RADIOSIGNAL**
Det samme signalet mottas av alle radioteleskopene i oppstillingen.

**3 INDIVIDUELLE TELESKOPSKÅLER**
Hvert teleskop registrerer tidspunktet signalet kommer inn ved hjelp av en atomklokke.

**4 ULIKE ANKOMSTTIDER**
Signalet vil nå teleskopene på ulike tidspunkter, med millisekunders mellomrom.

**5 TELESKOPAVSTAND**
Avstanden mellom teleskopene, eller grunnlinjen, må være kjent med stor nøyaktighet.

**6 BEREGNING AV GRUNNLINJEN**
Forskjellen i ankomsttider, som registreres av atomklokkene, gir et nøyaktig mål på grunnlinjen.


Navigasjonssatellitter som GPS er avhengige av atomklokker for å levere nøyaktige tidsdata.


En montasje av de ulike radioparabolantennene som utgjør Event Horizon Telescope.

**«Denne teknikken krever en ekstremt presis kunnskap om signalets ankomsttidspunkt ved ulike parabolantenner.»**

**VISSTE DU AT?** Atomklokker kan være ti ganger så nøyaktige som de beste atomklokkene.



Event Horizon Telescopes bilde av det svarte hullet i sentrum av vår galakse.

## OBSERVASJON AV SVARTE HULL

**Mange kjenner nok til de spektakulære bildene av supermassive svarte hull som Event Horizon Telescope har produsert. Det som kanskje er mindre kjent, er atomklokkenes nøkkelrolle i fremstillingen av disse bildene. For å oppnå den utrolig høye oppløsningen som er nødvendig for å se området rundt de svarte hullene, hadde astronomene ideelt sett trengt et enormt radioteleskop på størrelse med jorden. Det de faktisk brukte, var det nest beste – separate parabolantenner plassert i Spania, Arizona, Hawaii, Chile og Antarktis, som alle var koblet sammen på en slik måte at de fungerte som ett eneste gigantisk instrument. Denne teknikken, som teknisk sett kalles interferometri med svært lang basislinje, krever ekstremt presis kunnskap om signalets ankomsttidspunkt ved de ulike parabolantennene. I Event Horizon-teleskopets tilfelle ble denne kunnskapen skaffet til veie ved hjelp av toppmoderne atomklokker, såkalte hydrogenmasere.**



Verdens første atomklokke ble bygget ved Storbritannias National Physical Laboratory i 1955.

# ATOMKLOKKER

Atomurene er verdens mest nøyaktige tidsur, og de utnytter forholdet mellom tid og frekvensen til elektromagnetiske bølger. Frekvensen uttrykkes i hertz, og betyr ganske enkelt antall bølgesykluser per sekund. Så hvis vi kjenner en bølges nøyaktige frekvens og kan telle antall sykluser, kan vi regne ut nøyaktig hvor langt et sekund er.

Det første trinnet er å skape en bølge med nøyaktig kjent frekvens – og det er her atomene kommer inn i bildet. Elektronene i et atom reagerer nemlig fortrinnsvis på bestemte frekvenser, som får dem til å hoppe fra ett energinivå til et annet. For å gi et konkret eksempel: En frekvens på 9 192 631 770 hertz utløser en viktig energiovergang i cesium-atomer. Så hvis vi sender en radiobølge mot en samling cesiumatomer og finjusterer frekvensen til alle gjør denne overgangen, vet vi at vi har valgt riktig frekvens. Legg til en elektronisk teller som teller antall bølge-sykluser og tikker av et sekund hver gang den når det magiske tallet 9 192 631 770, og vi har atomuret vårt.

**Visste du at?**

**Cesium er det mykeste av alle de faste grunn-stoffene.**

De tidligste atomurene fokuserte på cesium av rent praktiske årsaker, fordi frekvensen på 9 192 631 770 hertz – eller litt over ni gigahertz – var akkurat på den øvre grensen for hva som var teknisk mulig på den tiden. I dag er det imidlertid mulig å oppnå mye høyere frekvenser, og en helt ny generasjon atomklokker som bruker grunnstoffer som strontium og ytterbium, er under utvikling.

## SUPERNØYAKTIG TIDSMÅLING




### RUBIDIUMKLOKKE

NØYAKTIGHET PÅ
Ett sekund på 300 år

De minste og billigste atomurene er basert på grunnstoffet rubidium. De er mye brukt i mobilmaster og TV-sendere.



### HYDROGENMASER

NØYAKTIGHET PÅ
Ett sekund på 300 000 år

Hydrogenmasere er spesialiserte atomklokker som brukes i visse applikasjoner, for eksempel i Galileo-satellittene til Den europeiske romfarts-organisasjonen.




### CESIUMKLOKKE

NØYAKTIGHET PÅ
Ett sekund på 100 millioner år

Når forskere trenger tidsmåling med høy presisjon, bruker de cesiumatomer. Cesiumklokker har blitt stadig mer nøyaktige siden de ble oppfunnet.



### OPTISK GITTER- KLOKKE

NØYAKTIGHET PÅ
Ett sekund på 15 milliarder år

Denne teknologien drives av en laser og bruker strontiumatomer i et optisk 3D-gitter, og er den desidert mest nøyaktige tidsmålingsteknologien som er i bruk i dag.

© Alamy / ESA / Ye-gruppen og Brad Baxley, JILA / ESO / Illustrasjon av Nicholas Forder



# Hva er SUPERMAT?

**Hva slags drivstoff du fyller kroppen med, har direkte innvirkning på helsen din, og noen matvarer anses som langt bedre enn andre.**

TEKST AILSA HARVEY

Å beskrive en matvare som «supermat» gir inntrykk av at ett bær eller en belgfrukt kan utrette mirakler. I virkeligheten trenger vi en kombinasjon av mange sunne matvarer for at kroppen skal fungere optimalt. Ulike matvarer på tallerkenen din kan betraktes som «supermat» på grunn av høye nivåer av et viktig næringsstoff. Der ligger kraften, men det kreves en hel rekke matvarer for å levere alle næringsstoffene kroppen din trenger.

Begrepet supermat har ingen offisiell vitenskapelig definisjon – det er en generell betegnelse for mat med en eksepsjonell næringstetthet eller mange helsefordeler. Dette begrepet brukes ofte på matens emballasje for å selge bestemte varer eller ingredienser. Rene matvarer er de som fortjener supermat-tittelen mest, ettersom de er lett bearbeidet eller ikke bearbeidet i det hele tatt. Hvis et bearbeidet, eller prosessert, produkt påstår at det inneholder en superingrediens, blir fordelene med denne ingrediensen ofte fortrengt av sukker, salt og fett som er tilsatt.

Den første matvaren som ble ansett som «supermat», var bananen. I en reklamekampanje under første verdenskrig solgte United Fruit Company i USA frukten som et billig og næringsrikt alternativ for alle. Kort tid etter offentliggjorde den amerikanske legeforeningen vitenskapelige funn som knyttet banankonsum til færre symptomer på diabetes og cøliaki, før årsaken til disse sykdommene var kjent. Det er sant at kosthold kan fungere som en livsstilsbehandling for enkelte medisinske tilstander, og begrepet supermat brukes fortsatt for å fremheve noen av de sunnere og mer næringsrike alternativene som er tilgjengelige.

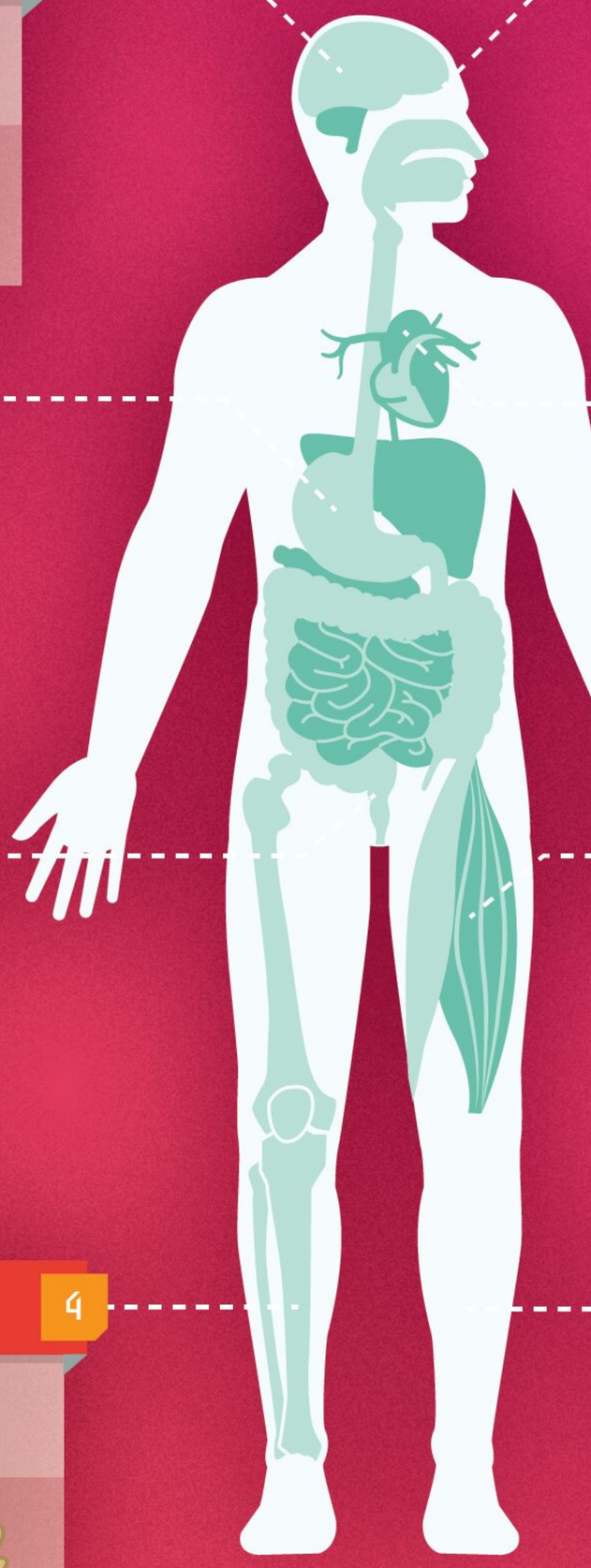
**Visste du at?**

Ingefær kan lindre smerter og kvalme.

**VISSTE DU AT?** Antioksidantene zeaxanthin og lutein i egg er bra for øynene.

# FORDELER FOR KROPPEN

Hvordan velge supermat for å oppnå spesifikke helsemål?



## 1 HJERNE OG HUKOMMELSE

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**B6, B12, Folsyre**

DE BESTE KILDENE:



## 2 FORDØYELSE OG RENSEEFFEKT

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**A, B1, B3, B6, B7, B12, C, D**

DE BESTE KILDENE:



## 3 REPRODUKTIV HELSE

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**B6, B12, Folsyre**

DE BESTE KILDENE:



## 4 SKJELETTSTYRKE

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**D, K2, Kalsium, Magnesium**

DE BESTE KILDENE:



## 5 ØYETS FUNKSJON

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**A, C, E, Lutein, Sink**

DE BESTE KILDENE:



## 6 HJERTE OG BLOD

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**B-vitaminer, D, K, Omega-3, CoQ10**

DE BESTE KILDENE:



## 7 MUSKELSYSTEMET

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**B-vitaminer, C, D, E, Omega-3**

DE BESTE KILDENE:



## 8 ENERGI

ANBEFALTE VITAMINER OG MINERALER

**B12, Magnesium, CoQ10**

DE BESTE KILDENE:



### 1 HJERNE OG HUKOMMELSE

60 prosent av hjernen din består av fett. Fett i nøtter og fet fisk bidrar til hjerne- og nervevekst.

### 2 FORDØYELSEN

Ingefær bidrar til å øke bevegeligheten i tarmene, samtidig som det reduserer gass og motvirker oppblåsthet.

### 3 REPRODUKTIV HELSE

Grønne bladgrønnsaker inneholder B-vitaminet folat. Dette vitaminet bidrar til sunn celledeling under svangerskapet.

### 4 SKJELETTSTYRKE

Søtpoteter har et høyt innhold av kalium og magnesium. Magnesium bidrar til å styrke skjelettet mens kalium nøytraliserer syre for å hindre at kalsiumet i skjelettet svekkes.

### 5 ØYETS FUNKSJON

Nøtter og belgfrukter, som linser og cashewnøtter, inneholder omega-3. Det hindrer uttørking av øynene, og vitamin E forebygger aldersrelaterte skader.

### 6 SUNT HJERTE

Rødbeter inneholder høye nivåer av nitrater, som utvider blodårene og holder hjertet i gang.

### 7 NORMAL MUSKELFUNKSJON

Egg inneholder mye protein, fosfolipider, omega-3-fettsyrer, kolesterol og vitamin D for å bygge muskler.

### 8 FRIGJØRING AV ENERGI

Avokado inneholder kalium og sunt fett, som bidrar til å holde energinivået høyt over lengre tid.



© Getty

# ESSENSIELLE NÆRINGSSTOFFER

## VITAMINER OG MINERALER SOM BIDRAR TIL Å HOLDE KROPPENS FUNKSJONER I GANG.

**Fol**
Uten nok folat reduseres antallet røde blodlegemer, og de blir forstørrede og ovale i formen.

**Ca**
Mineralet kalsium gir sterke knokler og tenner, og bidrar dessuten til at blodet koagulerer.

**P**
Fosfor holder blodets pH-verdi innenfor normalen og bidrar til nyrenes funksjon.

**K**
Kalium flytter rundt næringsstoffer i kroppens celler og regulerer hjerterytmen.

**Fe**
Jern er nødvendig for å lage proteinet i de røde blodlegemene som kalles hemoglobin. Dette transporterer oksygen rundt i kroppen.

**Zn**
Nesten 100 enzymer er avhengige av sink for å fungere, men det trengs bare små mengder.

**A**
Vitamin A bidrar til å danne blodtyver, slimhinner og hud. Det produserer også pigment i øyet, noe som bidrar til å opprettholde et godt syn.

**D**
Uten dette vitaminet kan kroppen ikke ta opp eller regulere kalsium på en god måte.

**E**
Vitamin E holder øynene og huden sunn og styrker immunforsvaret.

**C**
C-vitamin hjelper kroppen din med å lages. Det brukes til å få hud, brusk, bein og tenner til å vokse.

**Nia**
Niacin forebygger betennelser og forbedrer blodsirkulasjonen.

**B6**
Vitamin B6 bidrar til å regulere stemningsleiet i hjernen.

**B12**
Dette vitaminet er nødvendig for å danne røde blodlegemer og DNA, og det holder nervecellene friske.

## FEM NÆRINGSRIKE MATVARER

### GRØNNKÅL
Grønnkål kan redusere risikoen for type 2-diabetes og hjertesykdom.

### BLÅBÆR
Blåbær har flest antioksidanter av alle vanlige frukter og grønnsaker.

### QUINOA
Quinoa inneholder dobbelt så mye protein som hvit ris.

### LEVER
100 gram okselever inneholder over 2000 prosent av den daglige anbefalte verdien av vitamin B12.

### LAKS
Laksens høye innhold av omega-3 reduserer risikoen for hjertesykdommer, depresjon og leddgikt.

**VISSTE DU AT?** B-vitaminer er vannløselige. De kan ikke lagres i kroppen, så de må være en regelmessig del av kostholdet ditt.



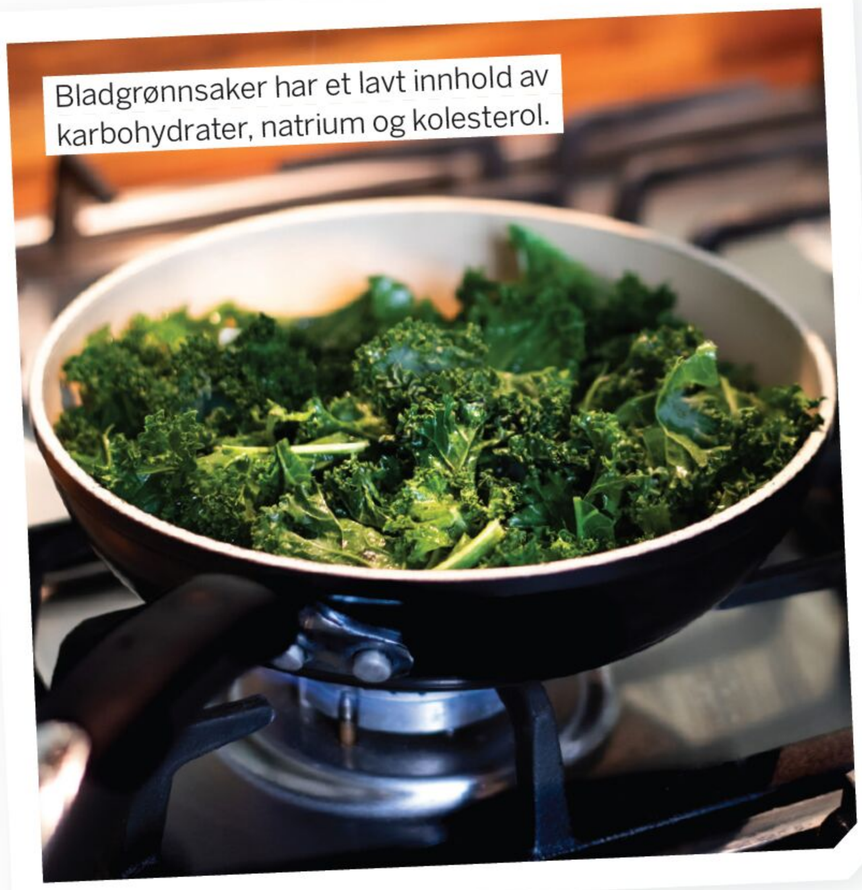
Fermentert mat som kimchi regnes som supermat på grunn av de gunstige bakteriene, som samt vitaminene og mineralene den inneholder.

**Visste du at?**

Belgfrukter er rike på B-vitaminer.

# HVA ER DE FORSKJELLIGE TYPENE?

Et variert kosthold er nøkkelen til å opprettholde god helse i hele kroppen. Det finnes flere kategorier av supermat som tjener ulike biologiske formål. Den første typen supermat er mørkegrønne bladgrønnsaker, som grønnkål og spinat. Disse bladgrønnsakene har vanligvis et høyt innhold av kalsium, jern, magnesium, vitamin C, fiber, sink og folat. Mange bær regnes også som supermat på grunn av sitt høye innhold av antioksidanter, vitaminer, mineraler og fiber. Bær reduserer også risikoen for betennelses- og immunsykdommer. Nøtter og frø er en annen type supermat, som vanligvis har et høyt innhold av protein, fiber og antioksidanter, mens fullkorn, som er de kornsortene som inneholder hele kimen, endospermen og kliet, holder på alle vitaminene og mineralene som vanligvis går tapt i raffineringsprosessen.



Bladgrønnsaker har et lavt innhold av karbohydrater, natrium og kolesterol.

## VANLIGE MYTER

Det finnes mange myter om hvordan du bør spise supermat. For eksempel tror du kanskje at fordi de er så næringsrike, bør du spise supermat i store mengder. Men hvis du spiser for mye av noe, opphever du kroppens positive respons. I stedet for å redusere risikoen for sykdom kan et for høyt inntak av antioksidanter hemme cellenes forsvarsmekanismer. En annen vanlig misforståelse er at supermat også må være superdyr. Mange billigere matvarer har imidlertid høy næringsverdi, fra proteinrike bønner på boks til tunfisk, gulrøtter og egg.



Ikke alle supermatvarer inntas som en hel matvare – noen tas som kosttilskudd.

© Shutterstock / Getty

# DERFOR ER VAPING IKKE BRA FOR DEG

**Slik påvirker inhalering av denne aromatiserte aerosolen lungene og kroppen din.**

TEKST AILSA HARVEY

**VISSTE DU AT?** I Storbritannia hadde 20,5 prosent av barn mellom 11 og 17 år prøvd vaping i 2023.

Skydotter av duftende damp er ikke et uvanlig fenomen i dagens bygater. De kommer fra apparater som kalles elektroniske sigaretter, også kjent som vapes eller e-sigaretter, og både unge og gamle patter i vei. Men væsken i e-sigaretter inneholder mange skadelige ingredienser og til sammen rundt 2000 ulike kjemikalier. Til tross for navnet på apparatet blir tåken som kommer ut av e-sigaretter feilaktig beskrevet som damp (på engelsk vapour). Damp er et stoff i gassform, mens en aerosol består av små væskepartikler – som kalles e-væske i en vape – som svever i luften.

E-sigaretter ble oppfunnet som en sigaretterstatning, som skulle dempe nikotinsuget forårsaket av røyking uten å utsette kroppen for mange dødelige giftstoffer. Men vaping er en ny dille som medfører egne helsefarer for en ny generasjon vapeavhengige. Helsemyndigheter har tidligere feilinformert folk om at vaping er et sunt alternativ til røyking. Basert på begrenset informasjon om moderne vapeapparater og kjente ingredienser, har disse gruppene markedsført e-sigaretter som 95 prosent tryggere enn vanlige sigaretter. Denne informasjonen, som var ment å styre røykere bort fra tobakksprodukter, har også fått yngre ikke-røykere til å velge disse nikotinproduktene.

**Visste du at?**
Rundt 4,5 millioner voksne i Storbritannia vaper.

De søte smakene markedsføres som godteri og appellerer til yngre generasjoner, samtidig som de skjulte og potensielt dødelige kjemikaliene kan skade kroppen under utvikling. Dette gjelder også hjernen, som ikke er fullt utviklet før man er i midten av 20-årene – og vaping kan skade denne prosessen. Noen av de viktigste psykologiske risikoene inkluderer alvorlige



## INNHOLDSKONTROLL

**I motsetning til sigaretter, som forbrenner tobakk, inneholder vaper kun nikotin som er utvunnet fra tobakk. Dette er et svært avhengighets-skapende og giftig stoff som øker blodtrykket, hjertefrekvensen og adrenalinet, og som kan hindre hjernens utvikling hos unge mennesker. Propylenglykol er et kjemikalie som tilsettes i dampbobler for å skape tåke når de varmes opp, men som er kjent for å forårsake irritasjon i luftveiene. Det er vanlig å finne i malings-oppløsningsmidler og kunstige røykmaskiner.**

**Ikke alle kjemikaliene som finnes i aerosolen, er til stede i den rå dampvæsken. Akrolein, et giftig kjemikalie som ofte brukes som ugressmiddel, produseres inne i dampene når enheten varmes opp og aromakjemikaliene begynner å brytes ned termisk. Den kjemiske forbindelsen diacetyl er en gul væske som gir en smøraktig smak til mange dampere. Inhalering av dette kjemikaliet forårsaker arrdannelse i lungenes luftsekker.**



Det finnes kjente kreftfremkallende kjemikalier i vapes, inkludert acetaldehyd og formaldehyd

## INNE I EN E-SIGARETT

Hvordan varmer en vape opp væske og produserer en aerosol når den inhaleres?




**1 MUNNSTYKKE**
Dette hule røret kobles til patronen, der aerosolen produseres. Ved å inhalere gjennom munnstykket aktiveres varmeelementet og trekker tåken inn i munn og lunger.

**2 CARTRIDGE**
Væsken, noen ganger referert til som juice, oppbevares i dette rommet.

**3 VARMEELEMENT**
Denne metallspolen varmer opp dampvæsken, og omdanner den til bittesmå luftbårne dråper. Partiklene absorberer varmeenergien, beveger seg kraftig og bryter molekylære bindinger som holder dem i flytende form.

**4 MIKROPROSESSOR**
Mikroprosessoren er ansvarlig for å regulere mye av teknologien i dampen, mikroprosessoren aktiveres av sensorer for å varme opp væsken og holde temperaturen innenfor et trygt og jevnt område.

**5 BRYTER**
Noen vaper har automatiske sensorer for aktivering, mens andre har en bryter for å slå dem av og på.

**6 BATTERI**
Et innebygd litium-ion-batteri forsyner enheten med strøm. Full opplading tar tre til fire timer.

**7 MIMICKING LED**
LED-lyset nederst på tennes for å imitere en brennende sigarett.

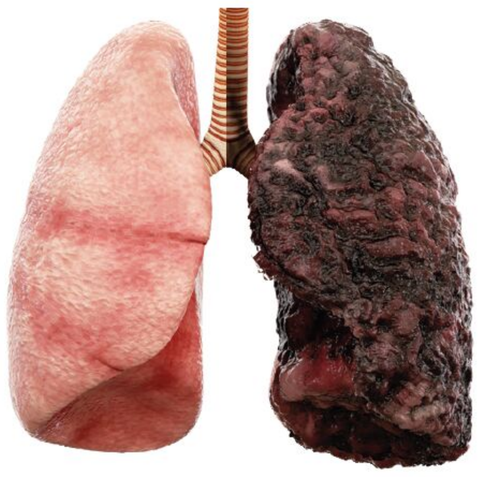
© Alamy / Getty

nikotinavhengighet, humørforstyrrelser og svekket impulskontroll. De som begynner å vape når de er yngre, har større sannsynlighet for å få røykevaner senere i livet.

E-sigaretter selges i utlandet i engangs-emballasje som kan avgi farlige kjemikalier til miljøet når de kastes uforsiktig. Det kan dreie seg om plast i beholderen og giftige forbindelser fra e-væskerester. Det kan være like problematisk å kaste tomme e-sigaretter i husholdningsavfallet. De svært brannfarlige litiumbatteriene kan lett starte branner når de knuses i søppelbiler. Dermed blir de ikke resirkulert, og de giftige metallene i batteriene havner på søppelfyllinger og forurenser økosystemer og vannforsyning. I Norge er det forbudt med aromatilsetninger i e-sigaretter, og det er også forbudt å selge e-sigaretter med nikotin.

## KAN VAPING VÆRE GUNSTIG?

**Vaping anses som det minste av to onder sammenlignet med tobakk. Sigaretter frigjør tusenvis av kjemikalier i kroppen, og 70 av disse er kjent for å være kreftfremkallende. På kort sikt er det bedre å begynne med vaping som en erstatning for røyking enn å fortsette å røyke. E-sigaretter er et av de mest nyttige verktøyene for å slutte å røyke. Når en voksen person går over fra røyking til vaping, er det også normalt at vedkommende begynner å vape oftere enn han eller hun røykte. Dette er ikke alltid like skadelig, ettersom giftstoffene i kroppen fortsatt kan reduseres. E-sigaretter selges i Norge uten nikotin og inneholder ikke kjemikalier som tjære og karbonmonoksid, så den eneste fordelen med vaping er å avvenne noen fra nikotinavhengigheten.**



I motsetning til e-sigaretter forvandler sigaretter friske lunger (til venstre) til tjærebelagt, svart vev. (til høyre)

# VAPING VS RØYKING

Oppdag de kjente og potensielle virkningene av å inhalere vape-aerosol sammenlignet med å inhalere sigarettrøyk.

**1 BETENNELSE**
Aromastoffet diacetyl forårsaker betennelse i lungens luftveier. En studie fra 2023 tyder på at vapere lider av mer betennelse enn røykere.

**3 AKSELERERENDE CELLEDØD**
Celledød forekommer fem ganger så ofte med e-sigaretter uten nikotin, og ti ganger så ofte med nikotin.

**11 FORTYKNING AV SLIM**
Vaping dehydrerer luftveiene og forårsaker tykt slim.

**15 TEGN PÅ EMFYSEM**
Noen studier har koblet vaping med emfysem. Emfysem er skader på lungenes luftsekker, som reduserer gassutvekslingen inn og ut av organet.

**9 UMIDDELBARE INFEKSJONER**
Langvarige infeksjoner forårsaket av vaping er ennå ikke fullt ut forstått. Mer umiddelbart reduserer vaping produksjonen av det antivirale proteinet SPLUNC1, noe som øker risikoen for luftveisinfeksjoner som forkjølelse.

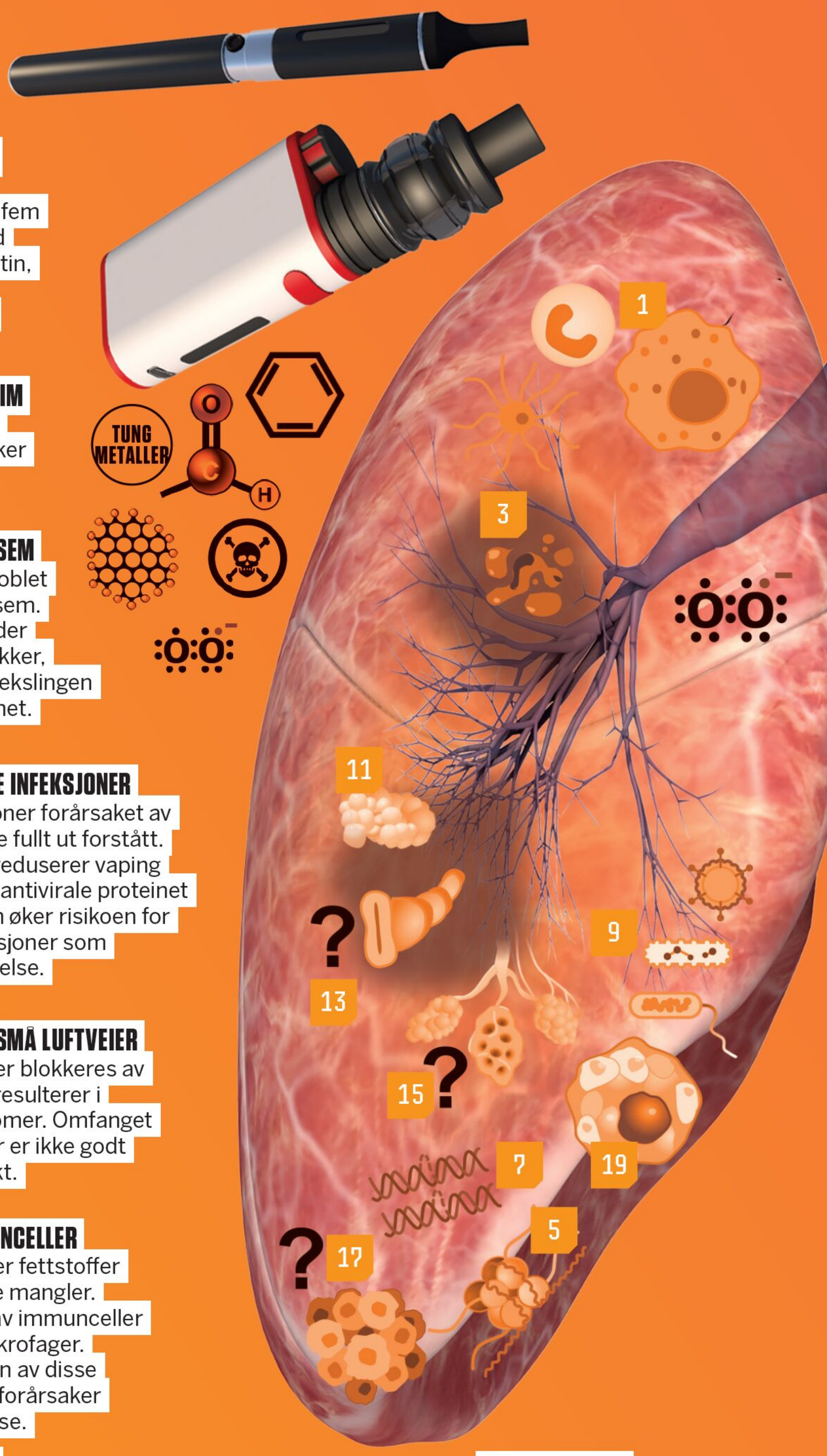
**13 OBSTRUKSJON AV SMÅ LUFTVEIER**
Lungenes små luftveier blokkeres av vaping, noe som resulterer i astmalignende symptomer. Omfanget av ytterligere skader er ikke godt undersøkt.

**19 FETE IMMUNCELLER**
E-væske inneholder fettstoffer som sigarettene mangler. Fettstoffene slukes av immunceller som kalles makrofager. Tilstedeværelsen av disse fettfylte cellene forårsaker betennelse.

**17 TUMORSTUDIER**
Vaping inneholder ikke kreftfremkallende tobakk, og det finnes ingen signifikante bevis for at vaping forårsaker tumorvekst.

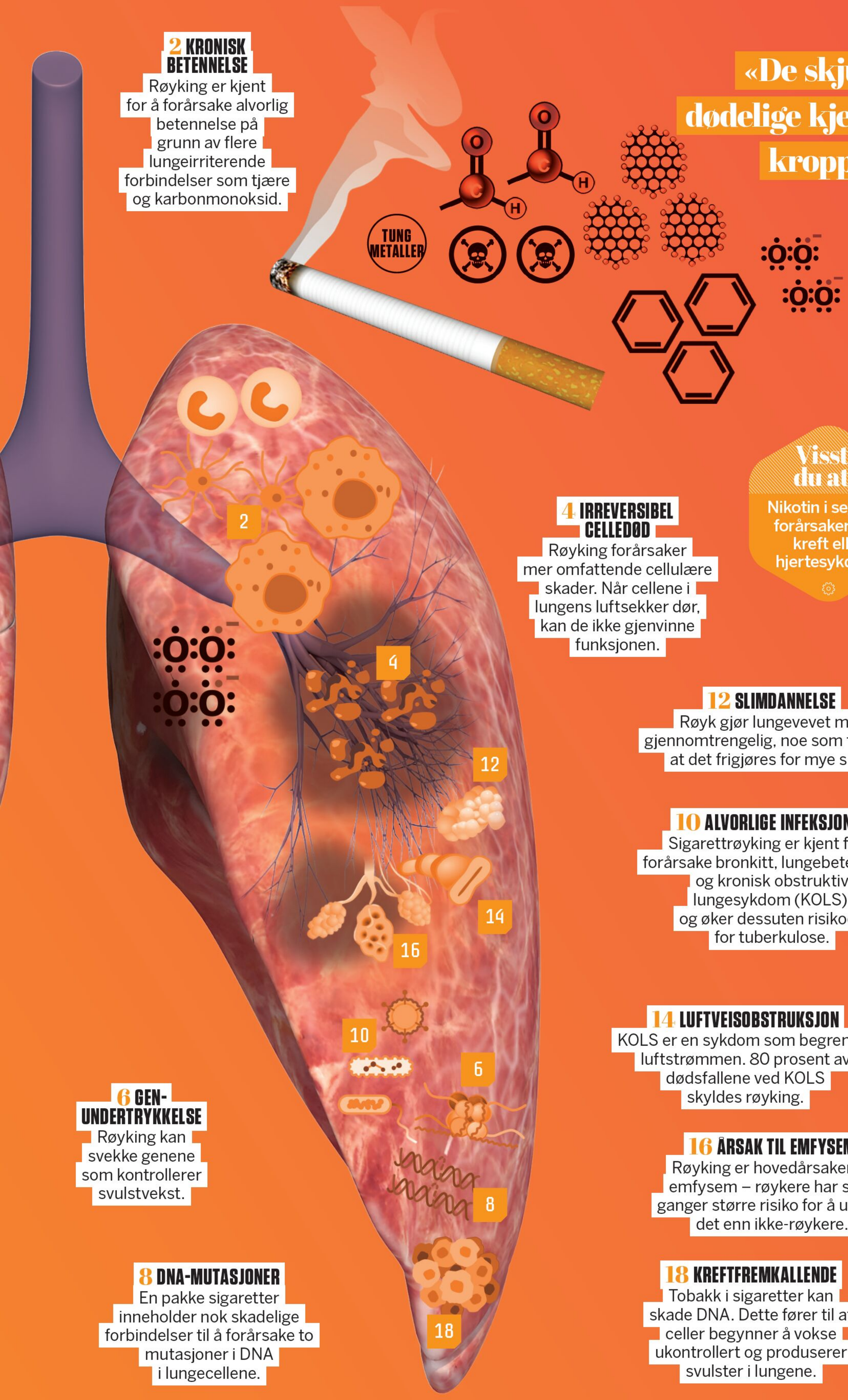
**7 DNA-SKADER**
E-væske kan stoppe DNA-reparasjonsmekanismer, noe som fører til DNA-skader.

**5 GENUTTRYKK**
E-sigarett-aerosol endrer uttrykket av ikke-kodende RNA-molekyler uten å endre DNA-sekvensen. Ikke-kodende RNA styrer cellefunksjonen uten direkte å lage proteiner.



**VISSTE DU AT?** Folk i Australia trenger resept for å kunne kjøpe dampdamp lovlig.

**2 KRONISK BETENNELSE**
Røyking er kjent for å forårsake alvorlig betennelse på grunn av flere lungeirriterende forbindelser som tjære og karbonmonoksid.




**4 IRREVERSIBEL CELLEDØD**
Røyking forårsaker mer omfattende cellulære skader. Når cellene i lungens luftsekker dør, kan de ikke gjenvinne funksjonen.

**12 SLIMDANNELSE**
Røyk gjør lungevevet mer gjennomtrengelig, noe som fører til at det frigjøres for mye slim.

**10 ALVORLIGE INFEKSJONER**
Sigarettrøyking er kjent for å forårsake bronkitt, lungebetennelse og kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS), og øker dessuten risikoen for tuberkulose.

**14 LUFTVEISOBSTRUKSJON**
KOLS er en sykdom som begrenser luftstrømmen. 80 prosent av dødsfallene ved KOLS skyldes røyking.

**16 ÅRSAK TIL EMFYSEM**
Røyking er hovedårsaken til emfysem – røykere har seks ganger større risiko for å utvikle det enn ikke-røykere.

**18 KREFTFREMKALLENDE**
Tobakk i sigaretter kan skade DNA. Dette fører til at celler begynner å vokse ukontrollert og produserer svulster i lungene.

**6 GEN-UNDERTRYKKELSE**
Røyking kan svekke genene som kontrollerer svulstvekst.

**8 DNA-MUTASJONER**
En pakke sigaretter inneholder nok skadelige forbindelser til å forårsake to mutasjoner i DNA i lungecellene.

**«De skjulte og potensielt dødelige kjemikaliene kan skade kropper i utvikling.»**

**Visste du at?**
Nikotin i seg selv forårsaker ikke kreft eller hjertesykdom.

# 5 FAKTA
## SKJULTE FARER VED E-SIGARETTER MED AROMA OG NIKOTIN

**1 MISVISENDE NIVÅER**
E-sigarettemballasjen kan være villedende. Forskning viser at rundt halvparten av etikettene på e-sigarettemballasje viser nivåer som ikke stemmer overens med innholdet.

**2 PASSIV RØYKING**
Å inhalere aerosol fra andre som vaper i hjemmet er knyttet til kortpustethet hos unge voksne.

**3 HJERTE- OG KARSYKDOMMER**
Bruk av vape mer enn fem ganger i uken og i minst tre måneder er nok til at blodårene slutter å fungere som de skal, og fører til hjerte- og karsykdommer. Nikotin øker sjansen for å få hjerteinfarkt.

**4 PSYKISK HELSE**
I en studie utført av American Heart Association var angst 20 prosent mer utbredt hos vapere. 50 prosent av dem som vapet, opplevde symptomer på depresjon, mot 25 prosent av dem som ikke vapet.

**5 IRRITERENDE STOFFER**
Ikke alle giftstoffene er merket på dampens emballasje. De som produseres under oppvarmingen av ingrediensene, er ofte ikke med på listen.

© Shutterstock / Illustrasjon av Adrian Mann



Arbeidere på en fabrikk i Shenzhen i Kina lager e-sigarett-ampuller for vapingprodusenten KangerTech.

**Visste du at?**

I 2021 ble det funnet tusenvis av ukjente kjemikalier i vape-røyk.

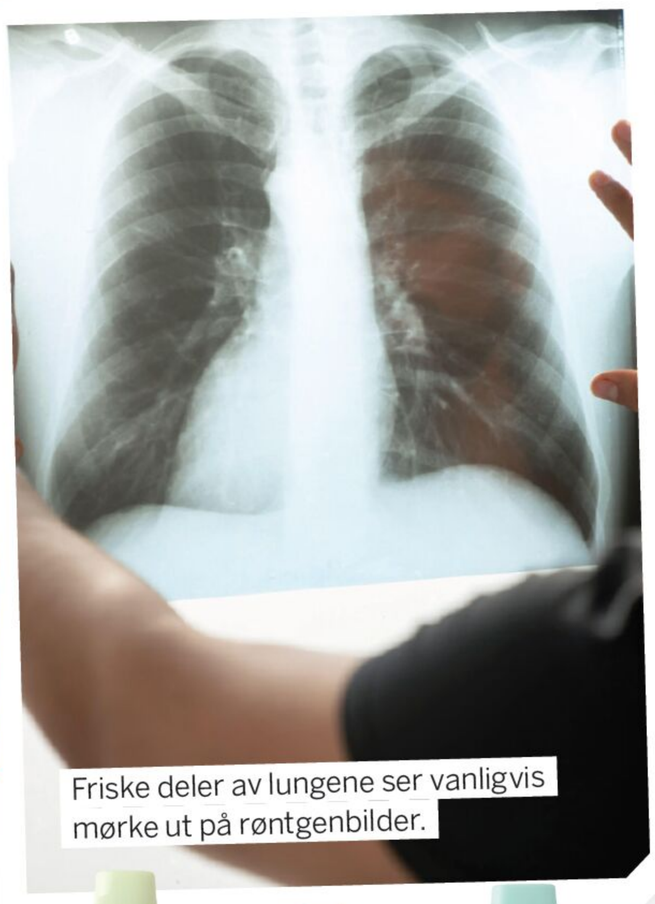
# HER PRODUSERES E-SIGARETTENE

Rundt 90 prosent av e-sigarettene produseres i Kina av selskaper som eies av gründeren Zhang Shengwei. Hvert år sendes hundrevis av millioner av e-sigaretter fra Kina til Storbritannia og USA, men mange av disse fabrikkene mangler kvalitetskontroll. Dette fører til at tusenvis av skadelige kjemikalier kommer inn i produktene og lungene til dem som bruker dem. Studier har for eksempel avdekket at noen vape-aerosoler inneholder fire ganger mer av de farlige metallene nikkel og krom enn vanlig sigarettrøyk. Ettersom e-sigaretter ikke inneholder tobakk i tradisjonell forstand, fører ikke de kinesiske tobakks-myndighetene, som regulerer sigarett-produksjon og andre lignende produkter i Kina, tilsyn med disse fabrikkene. Da e-sigaretter ble populære, slet mange land med å kategorisere innretningene. De ble verken klassifisert som narkotika, mat eller tobakk. I dag er det Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA) i Storbritannia og Food and Drug Administration (FDA) i USA som regulerer e-sigaretter.

## HVA ER EVALI?

**EVALI er en alvorlig lungesykdom forårsaket av vaping, og gjenkjennes som uklare flekker på lungene på et røntgenbilde. Symptomene er kortpustethet, feber og brystsmerter. EVALI er en forkortelse for Vaping Use-Associated Lung Injury, med andre ord lungeskade tilknyttet vaping. Tilsetningsstoffet vitamin E-olje i e-sigarettvæske er trolig den viktigste årsaken til lungeskaden.**

**Sykdommen kan oppstå raskt, og ramme personer kort tid etter at de har begynt å vape, eller den kan bygge seg opp over en lengre periode med vaping. 90 prosent av dem som utvikler EVALI, må på sykehus, og i de alvorligste tilfellene kan sykdommen være dødelig. Unge mennesker under 35 år antas å være mest utsatt for EVALI. Tilstanden har bare blitt rapportert de siste årene, og mest i USA. Det blir derfor forsket på sykdommen for å finne ut hvordan man kan reversere skadene den forårsaker.**



Friske deler av lungene ser vanligvis mørke ut på røntgenbilder.

## E-SIGARETTENES UTBREDELSE

**Vaping har vært omdiskutert siden det ble oppfunnet.**



**2003**

Den kinesiske farmasøyten Hon Lik oppfant den moderne e-sigaretten for å fjerne røyken fra røykingen. Han var selv røyker og mistet sin far i lungekreft.



**2007**

Vape kom inn på det globale markedet og Verdens helseorganisasjon uttrykte bekymring.



**2010**

2010 regnes som året da vaping økte kraftig i popularitet over hele verden.

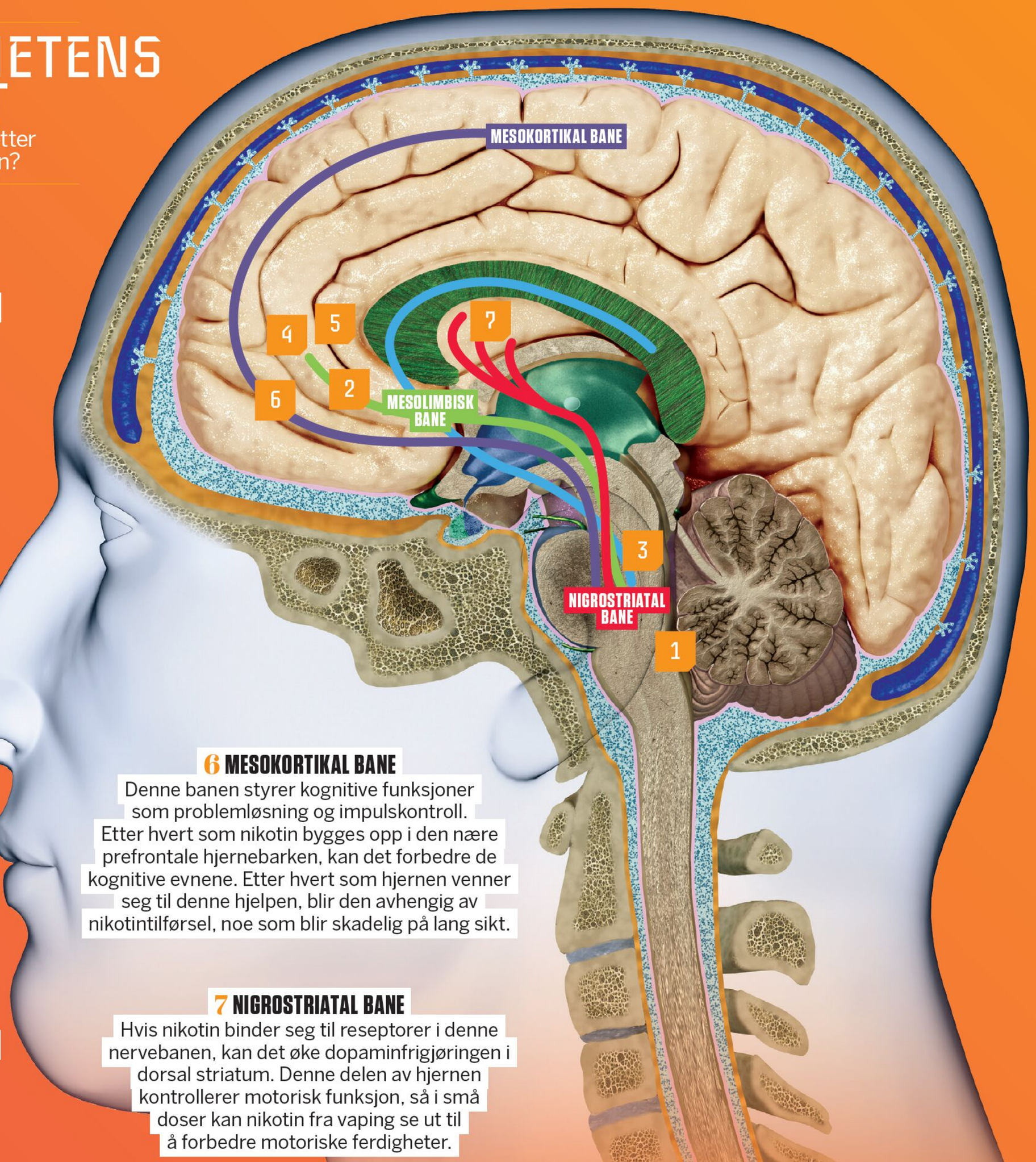
**2014**

Reklame og emballasje ble rettet mot ungdommer, noe som utløste helsebekymringer. Begrepet «vaping» ble populært dette året.

**VISSTE DU AT?** E-sigaretter er tiltenkt de 70 prosent av røykerne som ønsker å slutte.

# AVHENGIGHETENS MAKT

Hva gjør e-sigaretter med hjernen din?




**1 BLOD-HJERNEBARRIEREN**
10 til 20 sekunder etter innånding av nikotin krysser det blod-hjernebarrieren inne i hjernen.

**2 MESOLIMBISK BANE**
Dette nettverket frigjør det kjemiske stoffet dopamin i kroppen, som gir en god følelse.

**3 VENTRALE TEGMENTALE OMRÅDE (VTA)**
Nevroner i dette området har nikotinreseptorer. Når molekylene binder seg til dem, aktiveres det limbiske system.

**4 NUCLEUS ACCUMBENS**
Den limbiske nervebanen forbinder VTA med dette området i hjernen, der dopamin frigjøres.

**5 BELØNNING OG FORSTERKNING**
Dopamin, som frigjøres her, skaper en følelse av nytelse i hjernen. Etter hvert som hjernen lærer seg denne følelsen, søker den ytterligere belønning fra flere nikotindoser.

**6 MESOKORTIKAL BANE**
Denne banen styrer kognitive funksjoner som problemløsning og impulskontroll. Etter hvert som nikotin bygges opp i den nære prefrontale hjernebarken, kan det forbedre de kognitive evnene. Etter hvert som hjernen venner seg til denne hjelpen, blir den avhengig av nikotintilførsel, noe som blir skadelig på lang sikt.

**7 NIGROSTRIATAL BANE**
Hvis nikotin binder seg til reseptorer i denne nervebanen, kan det øke dopaminfrigjøringen i dorsal striatum. Denne delen av hjernen kontrollerer motorisk funksjon, så i små doser kan nikotin fra vaping se ut til å forbedre motoriske ferdigheter.




**2016**
Fra og med 8. august begynte USAs helsemyndigheter å regulere tobakks- og vapeprodukter.

**2019**
EVALI ble offisielt identifisert. Bare i USA ble det på fire måneder rapportert om 2551 tilfeller og 39 dødsfall.



**2019**
I USA ble den lovlige alderen for kjøp av vapingprodukter hevet fra 18 til 21 år.




**2020**
Midt i koronapandemien kom luftveishelse i søkelyset, noe som på nytt vekket debatten rundt farene ved vaping.

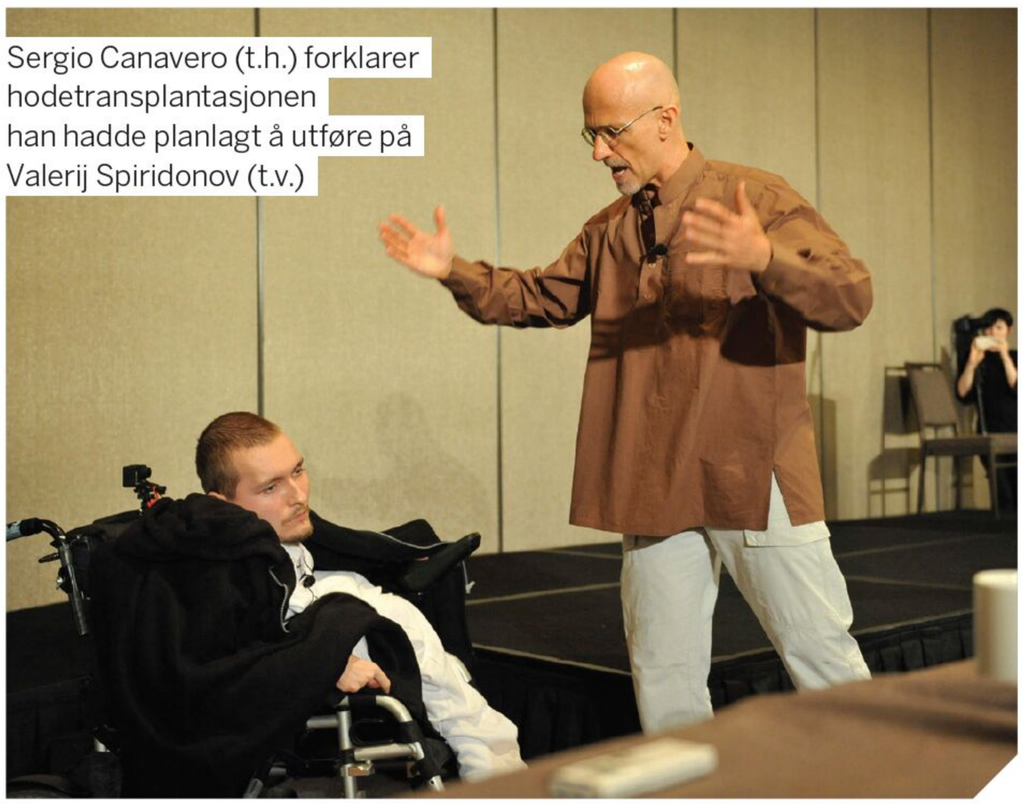
Storbritannias statsminister Rishi Sunak besøker et vape-laboratorium.



**2024**
Etter et forslag fra 2023 om å forby sigaretter for de som er født i 2009 eller senere, kunngjorde Storbritannia planer om å forby alle engangsvaper.

© Alamy / Getty

# ER HJERNE-TRANSPLANTASJON MULIG?



Sergio Canavero (t.h.) forklarer hodetransplantasjonen han hadde planlagt å utføre på Valerij Spiridonov (t.v.)

## Denne kontroversielle operasjonen har kompliserte tekniske forhold å ta hensyn til hvis kroppens mest sofistikerte organ skal byttes ut.

TEKST **AILSA HARVEY**

Før den første vellykkede hjertetransplantasjonen i 1967, trodde man at det var umulig å fjerne dette livsviktige organet fra en kropp og erstatte det med et annet. I dag utføres det rundt 3500 hjertetransplantasjoner hvert år. Kan det samme skje for dem som har en frisk hjerne, men en kropp som svikter?

I motsetning til hjertet – hvis funksjon forskerne har kunnskap om – regnes hjernen som det mest komplekse i universet. Den inneholder billioner av celleforbindelser som effektivt styrer måten du tenker, føler, husker, beveger deg og oppfatter verden på. Hjernen, som er koblet til ryggmargen og utgjør sentralnervesystemet, må skjæres bort fra ryggmargen ved en transplantasjon. Den største utfordringen etter dette irreversible inngrepet er å koble sammen blodårer, nerver og annet vev raskt nok til at det vitale hjernevevet ikke dør, og å gjøre det med så stor presisjon at personen våkner opp etter inngrepet med intakte mentale og fysiske evner.

Foreløpig gjør de tekniske og etiske utfordringene som følger med flytting av en hjerne, at en slik transplantasjon ligger langt frem i tid for de fleste. Men dette har ikke stoppet alle nevrokirurger. I 2017 hevdet den italienske nevrokirurgen Sergio Canavero at han kunne gjennomføre en vellykket transplantasjon av et hode. I stedet for å isolere bare hjernen planla kirurgen å kutte av hodet til en russisk mann ved navn Valerij Spiridonov. Spiridonov meldte seg frivillig til å bli den første personen som fikk denne transplantasjonen, ettersom han led av en alvorlig muskelsvinntilstand som ødela nervene i ryggmargen. Dette gjorde ham bundet til rullestolen, og han var villig til å få hodet koblet til en ny kropp og ryggmarg. Datoen var satt til 2017 – men det ble aldri noe av. Saken satte søkelyset på de etiske betenkelighetene ved å bruke sårbare pasienter i svært risikable og eksperimentelle inngrep.

**Visste du at?**

**Det finnes 100 milliarder nevroner i en voksen menneskehjerne.**

Nevrokirurger som Canavero fortsetter å arbeide med forskning på hjernetransplantasjon, mens andre fokuserer mer på fremtidige teknologier som utvikles for å forbedre pasientenes livskvalitet ved hjelp av robotteknologi. Det dreier seg blant annet om hjerne-maskin-grensesnitt som erstatter hjernens kommunikasjon med sentralnervesystemet for å holde de mest komplekse biologiske systemene intakte.

# DANIEL HOLSGROVE

**Overlege i nevrokirurgi ved Salford Royal Hospital forklarer komplikasjonene ved en hjernetransplantasjon.**



**Hvilke elementer av hjernetransplantasjoner er mulige?**
Jeg tror mange av de tekniske aspektene allerede gjøres i andre typer kirurgi, for eksempel å koble sammen blodårer på nytt. Man kan koble sammen blodårer fra donor og mottaker. Det finnes måter å gjøre det på, og det gjøres i mange operasjoner allerede.

**Hva vil være det vanskeligste?**
Den største utfordringen er ryggmargen, og det å koble sammen donorens og mottakerens hjerne og ryggmarg, avhengig av nøyaktig hvor man velger å gjøre delingen. Selv om det har blitt foreslått at det finnes visse teknologier som kan hjelpe, finnes det ingen velprøvd metode for å koble sammen ryggmargen på som opprettholder eller gjenoppretter funksjonen på brukbart vis.

**Ville det ikke være mye enklere å transplantere et helt hode på en annen kropp enn en hjernetransplantasjon?**
Bare det å transplantere hjernen betyr at du også må kutte alle nervene som går fra hjernen til rundt hodet og halsen, så det gjør det mer komplisert. Hvis du skulle transplantere et helt hode, ville du ha problemer med blodårene, ryggmargen, luftrøret og spiserøret. Men nervene som forbinder hjernen med for eksempel øynene, vil forbli intakte. Nervene som går direkte fra hjernen til kranienervene og direkte til områdene rundt ansiktet og halsen, vil forbli intakte. Det ville være enklere i så måte.

**Hva kan skje hvis det går galt?**
Jeg tror det er store psykologiske aspekter ved det. Uten ryggmargsforbindelsen ville

**VISSTE DU AT?** En transplantasjon av et helt hode har bare blitt utført på et kadaver.

# TILGANG TIL ORGANER

Hvordan delene i hjernen klarer seg når hodet løsrives.

### 4 FRONTALLAPPEN

En delvis hjernetransplantasjon risikerer en frontallapps-skade. Det kan i noen tilfeller endre en persons personlighet og gjøre dem mer kranglete, samt at vedkommende opptrer og snakker mer impulsivt.

### 5 CEREBELLUM

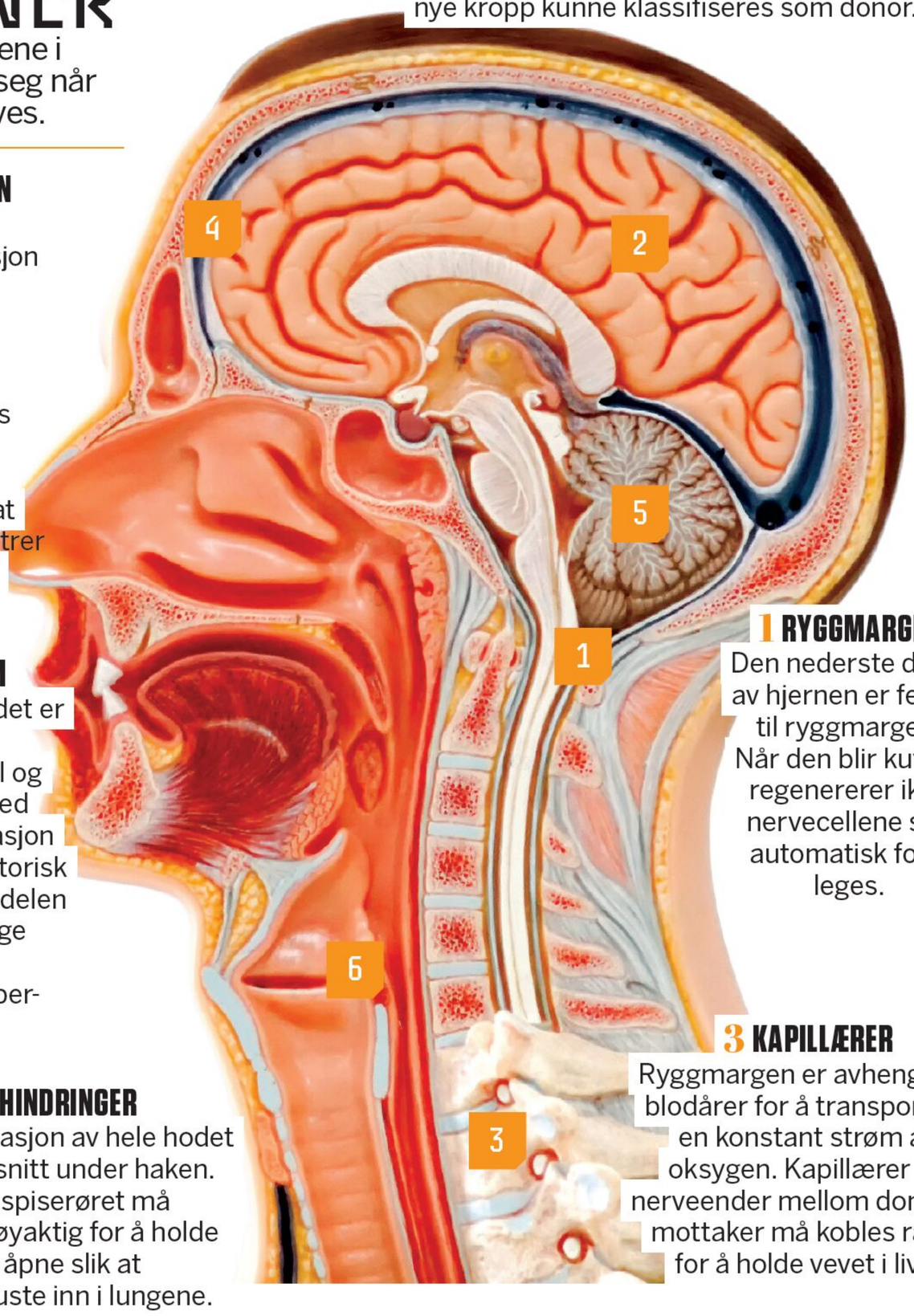
Dette hjerneområdet er ansvarlig for motorisk kontroll og koordinasjon. Ved hjernetransplantasjon for å gjenvinne motorisk funksjon vil denne delen av hjernen trenge nøyaktige og intrikate nervefiber-forbindelser.

### 6 MANGE HINDRINGER

Ved en transplantasjon av hele hodet vil det gjøres et snitt under haken. Luftrøret og spiserøret må rekonstrueres nøyaktig for å holde luftveiene åpne slik at det er mulig å puste inn i lungene.

### 2 DONOR ELLER MOTTAKER?

Ved en hjernetransplantasjon vil hjernen som transplanteres være bærer av en persons tanker. I motsetning til vanlig organdonasjon vil organets nye kropp kunne klassifiseres som donor.




### 1 RYGGMARGEN

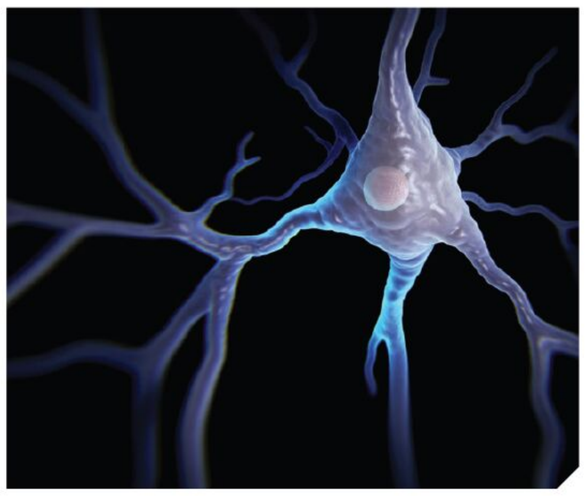
Den nederste delen av hjernen er festet til ryggmargen. Når den blir kuttet, regenererer ikke nervecellene seg automatisk for å leges.

### 3 KAPILLÆRER

Ryggmargen er avhengig av blodårer for å transportere en konstant strøm av oksygen. Kapillærer og nerveender mellom donor og mottaker må kobles raskt for å holde vevet i live.

## DELVIS TRANSPLANTASJON

**Hovedmålet med en hjerne-transplantasjon er å beholde den samme hjernen, men gi en ny kropp med fornyet funksjonalitet. Siden hver del av hjernen har sine egne roller, er det da mulig å transplantere deler av hjernen? En stor del av det som former personligheten din, er minnene dine, så hvis en hjernetransplantasjon ble mulig, ville du ønske å beholde så mange av disse som mulig. Derfor er en delvis hjernetransplantasjon utelukket. Hippocampus, en kompleks hjerne-struktur nær hjernens sentrum, regnes som hjernens hukommelsessenter. I virkeligheten dannes og lagres imidlertid minner i flere områder. Hvis man prøver å transplantere en del av hjernen, risikerer man å kutte av nerveforbindelsene mellom minnene og ødelegge dem.**



Pyramidale nevroner behandler eksterne signaler og motorisk kontroll.

det være en risiko for hjerneskade på grunn av iskemi – manglende blodgjennomstrømning og oksygentilførsel – under transplanta-sjonen, så du kan lett skade hjernen. Du tar en frisk hjerne for å koble den til en frisk kropp der kroppen har sviktet. Men du risikerer å skade hjernen, og det er en risiko for at noen kan stenges inne, det vil si at de opprettholder hjernefunksjonen, men ikke er i stand til å kommunisere eller ha en fungerende kropp.

**Hva skjer når du fjerner en hjerne fra en kropp?**

Hvis du kutter blodtilførselen til deler av hjernen, vil nevronene begynne å dø etter omtrent tre minutter, men du kan forlenge denne perioden ved hjelp av ulike teknikker. Man kan gi medisiner, som en svært dyp form for anestesi, for å redusere hjernens metabolske aktivitet, slik at aktiviteten i de enkelte cellene blir redusert. Dette gjør ofte at de tre minuttene forlenges til for eksempel syv minutter, før man begynner å se endringer i hjernens elektriske aktivitet som tyder på at hjernen begynner å bli påvirket av den reduserte blodtilførselen. Andre prosedyrer kan bevisst senke hjernens temperatur, noe som potensielt kan forlenge den ytterligere til 20–30 minutter. Vi er imidlertid ikke kommet så langt at vi kan legge en hjerne i en isboks og transportere den tvers over landet.

**Vil teknologiske fremskritt øke sannsynligheten for at hjerne-transplantasjoner blir vanlig i fremtiden?**

Jeg tror at teknologiske fremskritt som ekso-skjeletter som kan styres av noens tanker, bruk av bærbare eller implanterte sensorer eller stimulatorer for å sende beskjeder til nervene for å få folk til å bevege seg, sannsynligvis vil gjøre transplantasjoner irrelevante før de i det hele tatt er påbegynt.

**«Det er enorme psykologiske aspekter ved det.»**

© Alamy / Getty / Daniel Holsgrove

VITENSKAP

# ORKESTER-ARRANGEMENT

## Instrumentene i et orkester er plassert etter plasseringen av hjernefunksjonene våre.

TEKST SCOTT DUTFIELD

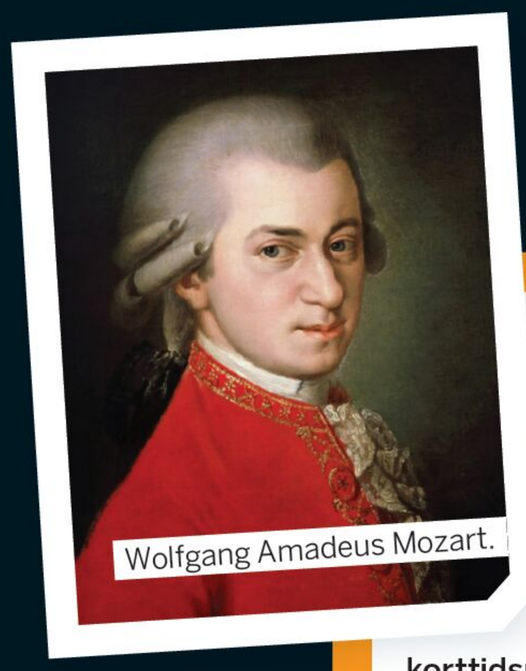
Hvorfor sitter messingblåserne bakerst og strykerne fremst i et orkester? Årsakene til plasseringen av et orkester har alt å gjøre med hvordan hjernen «hører» ulike lyder. Et moderne symfoni-orkester består vanligvis av rundt hundre forskjellige musikere som spiller på et bredt spekter av instrumenter, inkludert treblåsere, strykere og basser. Alle disse produserer ulike tonehøyder som sammen skaper en harmonisk klang. I musikk refererer tonehøyde til lengden på en lydbølge som produseres av et instrument, noe som samsvarer med instrumentets størrelse. For eksempel kommer dype, lange lydbølger fra de større instrumentene som tuba og cello, mens høyere toner kommer fra de korte lydbølgene fra en bratsj eller fløyte.

Når instrumentene settes sammen til et orkester, plasseres de dypere tonene på høyre side sett fra publikum, og de høyere tonene på venstre side. Orkesteret er orientert på denne måten i henhold til hjernens preferanser. I hver av hjernens to hjernehalvdeler ligger et område som kalles den auditive cortex, som tolker signalene som kommer fra ørene. For å gjøre det hele enda mer komplisert er hver hørselsbark koblet til det motsatte øret – høyre hørselsbark mates av venstre øre, og venstre hørselsbark lytter gjennom høyre øre. Og selv om begge ører fanger opp de samme lydene, har studier vist at høyre hørselsbark behandler lavere toner bedre, mens venstre er flinkere med høye toner.

Orkesterets oppbygning etterligner denne krysningen av de auditive hjernebarkene. Instrumentene med høye toner er plassert på høyre side av orkesteret, slik at de blir bedre hørt, og omvendt for de lavere tonene. Hvor langt en instrumentseksjon er fra fronten, avhenger i stor grad av størrelse og volum. Kraftigere instrumenter som slagverk eller messingblåsere plasseres bakerst i orkesteret for å forhindre at de blokkerer for de mykere, roligere lydene fra strykerne foran.

**Visste du at?**

«Orkester» kommer fra gresk og betyr «danseplass».



Wolfgang Amadeus Mozart.

### MOZART-EFFEKTEN

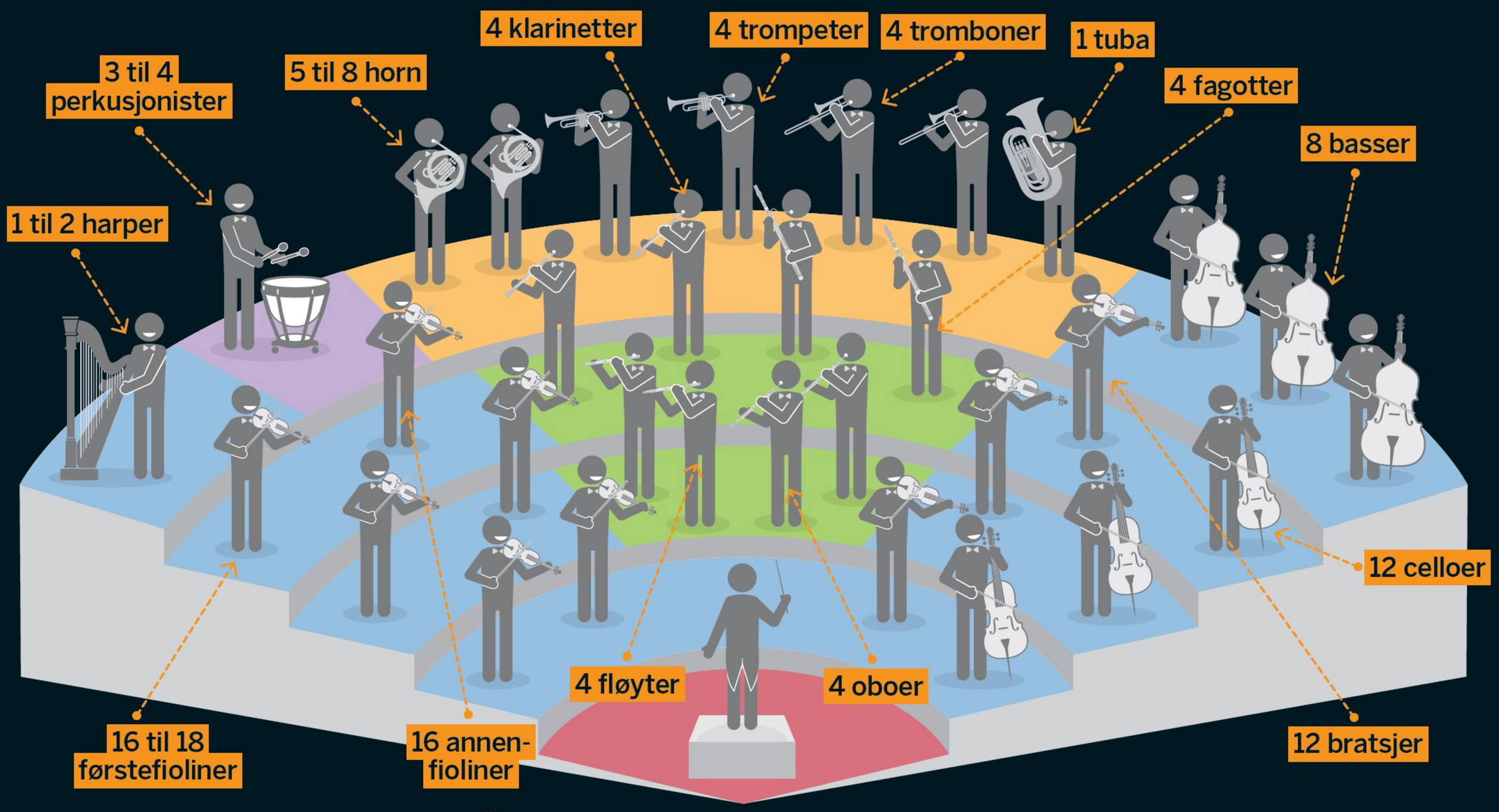
Ifølge forskning utført av London Metropolitan University i 2020 kan det å lytte til Mozart forbedre korttidsminnet ditt. Mozart-effekten ble først beskrevet i 1993, da en artikkel i tidsskriftet *Nature* antydet at lytting til Mozarts musikk kunne forbedre IQ-testresultatene. Siden den gang har det blitt gjennomført mange studier for å undersøke vitenskapen bak symfoniene hans, blant annet hvilken rolle de spiller for korttidshukommelsen. I studien fra 2020 ba forskerne en gruppe på 84 deltakere om å huske et sett med ord etter et minutt langt lydklipp av Mozarts *Eine kleine Nachtmusik*. De fant ut at Mozarts musikk faktisk forbedret ordminnet. Etter å ha kjørt *Eine kleine Nachtmusik* gjennom sonogrammer og spektrogrammer for å undersøke frekvens og lyd visuelt, konkluderte forskerne med at den positive effekten på ordhukommelsen kan være knyttet til likheten mellom Mozarts musikk og strukturen i ord og setninger.



Hørselsbarken ligger i de to tinninglappene i hjernen.



**VISSTE DU AT?** Verdensrekordholderen for største orkester er El Sistema, med 8 573 musikere og sangere




# Å PLASSERE INSTRUMENTER

Slik arrangeres et orkester for å få mest mulig ut av klangen.

### DIRIGENT

I sentrum av ethvert orkester står dirigenten, som har til oppgave å bestemme tempo og lydstyrke for musikken og sørge for harmoni mellom musikerne.

### MESSINGBLÅSERE

De mest høylytte instrumentene i et orkester finnes i messingseksjonen, som er plassert bakerst i orkesteret. Tromboner kan nå opp til 114 desibel, mens fioliner foran i orkesteret kan nå opp til 95 desibel.

### STRYKERE

Strykeinstrumentene i et orkester spenner fra de høye lydene fra fiolinene til venstre til de lavere bassene helt til høyre. Selv om de kan se like ut, er bratsjene stemt en kvint lavere enn fiolinene, og derfor begynner fiolinene på venstre side av strykerseksjonen, mens bratsjene slutter på høyre side.

### TREBLÅSERE

Treblåserne sitter i midten av orkesteret, med de høyfrekvente pikkolofløytene og andre fløyter på venstre side og de lavfrekvente oboene og fagottene på høyre side av orkesteret. Treblåserne sitter også foran messingblåserne for å sikre at de ikke overdøves av det kraftige volumet fra trompeter og tubaer.

### SLAGVERK

Slagverkere spiller på en rekke forskjellige instrumenter i denne seksjonen, blant annet pauker, cymbaler og xylofoner. På samme måte som i messingseksjonen kan slagverksinstrumenter som pauker gi en høyere lyd enn andre instrumenter, rundt 100 desibel, og er derfor satt bakerst i orkesteret.



## DET FØRSTE ENSEMBLET

Selv om instrumenter har eksistert i tusenvis av år, var det ikke før rundt 1600 at den italienske komponisten Claudio Monteverdi satte sammen det første orkesteret. Monteverdis orkester spilte partituret til hans opera fra 1607 *L'Orfeo*, og samlet 40 instrumenter, inkludert strykere, cembalo og trompeter. For første gang brukte Monteverdi et orkester til å løfte frem øyeblikk i operaen med spesifikke instrumenter. Hans oppfinnelse av orkesteret begynte å øke i popularitet og la grunnlaget for andre orkesterpionerer, som Johann Sebastian Bach.




Dødsannonsen etter Claudio Monteverdis død i 1643.

© Getty / Alamy / Shutterstock

# HVORFOR HAR VANN «HUD»?

## Slik danner overflate-spenningen i vann en hinne.

TEKST AILSA HARVEY



Vannets overflatespenning holder molekylene sammen, og motvirker kraften fra svømmeren undenfra.

Akkurat som menneskehuden danner et skjold for kroppen vår, danner en bøtte med vann en barriere på overflaten som motstår kraft og holder vannmolekylene sammen. Dette kalles overflatespenning, og kan observeres når en liten gjenstand eller et insekt lander på vann. I stedet for å skjære skarpt gjennom vannet vil gjenstanden først bøye overflaten, som om vannet var dekket av plastfolie, selv om væskens hudlignende overflate har samme sammensetning som hoveddelen av kroppen. Forskjellen er at de kjemiske bindingene mellom molekylene på overflaten er mye sterkere enn på undersiden.

**Visste du at?**

Overflatespenningen i kvikksølv er seks ganger større enn i vann.

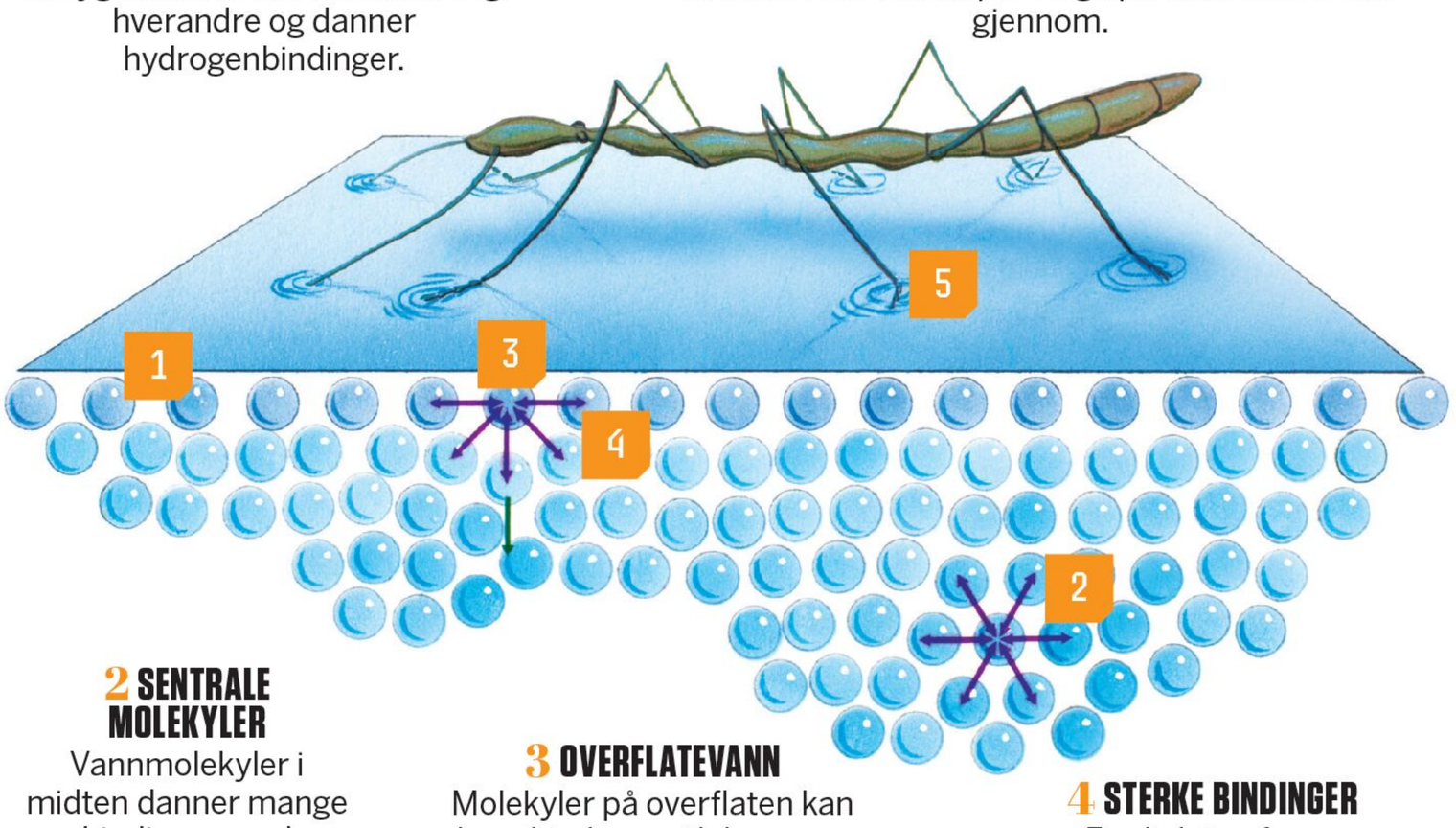
Overflatespenningen er også ansvarlig for regndråpenes form. I stedet for å spre seg jevnt over overflatene, klumper vannmolekylene seg sammen og danner dråper når de lander. Mindre regndråper har sterkere overflatespenning enn større. Når vanndråpene faller gjennom luften, blir de mindre kuleformede og flater ut i bunnen når luften presser mot dem. Regndråpene faller til bakken og kolliderer med andre dråper på sin ferd, og blir større. Slik fortsetter det helt til overflatespenningen blir for svak til å holde på dråpenes form, og molekylene sprer seg.

## PÅ MOLEKYLNIVÅ

Når et insekt lander på vann, holdes det oppe av hydrogenbinding.

**1 VANNMOLEKYLER**
Vannmolekyler inneholder positive hydrogenatomer og et negativt oksygenatom, som tiltrekker seg hverandre og danner hydrogenbindinger.

**5 STERKERE STØTTE**
De sterkere bindingene på overflaten forblir intakte under trykket fra lett vekt, noe som gjør det mulig for insekter som vannløpere å gå på vann uten å falle gjennom.



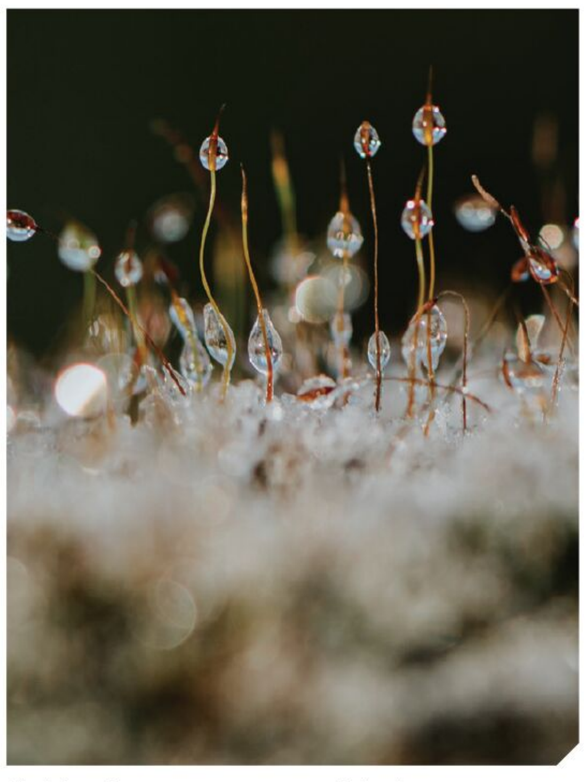

**2 SENTRALE MOLEKYLER**
Vannmolekyler i midten danner mange bindinger med molekylene rundt.

**3 OVERFLATEVANN**
Molekyler på overflaten kan bare binde seg til dem som befinner seg ved siden av og under dem.

**4 STERKE BINDINGER**
Fordi det er færre hydrogenbindinger på overflaten, er de som dannes sterkere.

## Å BRYTE SPENNINGEN

**Noen faktorer endrer styrken på vannets overflatespenning. For eksempel øker overflatespenningen når temperaturen i vannet synker, mens høyere temperaturer svekker «hinnen». Dette skyldes at molekylene har mer energi ved høyere temperaturer. De beveger seg raskere og mister evnen til å holde seg sammen like lenge. Tilsetting av kjemikalier i vann senker også overflatespenningen. Såpemolekyler har en hydrofil ende som tiltrekkes av vann, og en hydrofob ende som frastøter det. Når de kommer i kontakt med vann, trekker den hydrofile enden vannmolekylene bort fra hverandre, mens den hydrofobe enden hindrer vannmassen i å blande seg sammen.**



Kulden bremser vannmolekylenes bevegelse, slik at det dannes sterkere bindinger på overflaten, som morgendugg på gress.

© Alamy / Getty



# SLIK LAGES SJØGLASS

Denne prosessen i havet forvandler vanlig søppel til havets skatter.

**Visste du at?**

Det tar 4000 år før glass brytes fullstendig ned.

TEKST SCOTT DUTFIELD

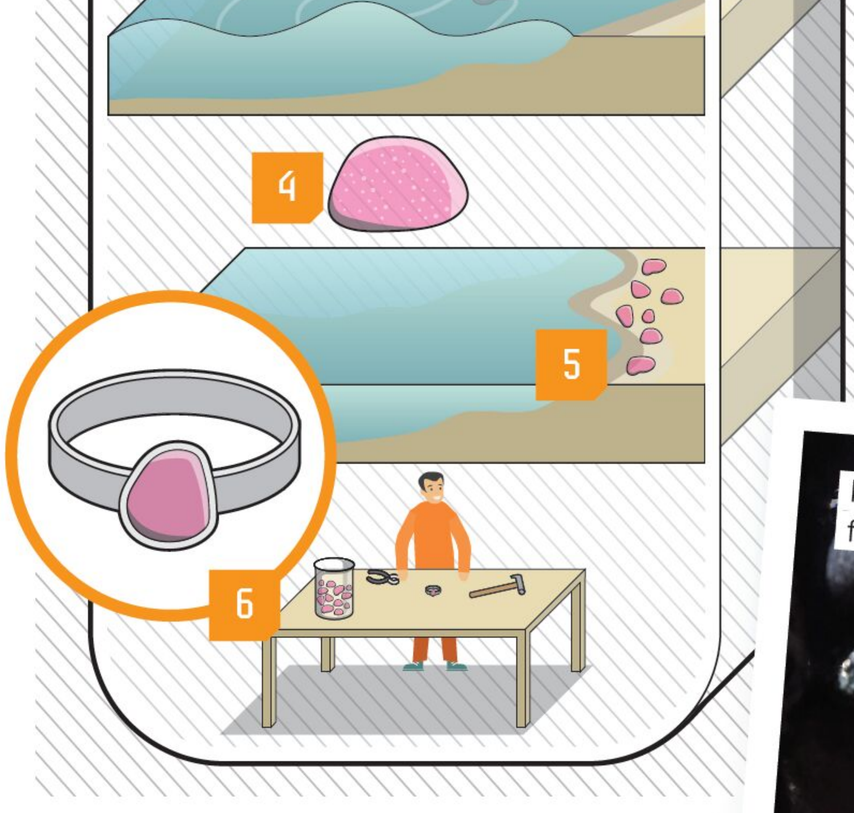
Alt av glass starter sin reise som silisiumrik sand. Gjennom en rekke kjemiske prosesser og oppvarming i en ovn forvandles sanden til smeltet glass, som formes til en rekke ulike flasker, pyntegjenstander og glassvarer. Når glasset ikke lenger er i bruk og kasseres, finner det veien til et resirkuleringsstasjon for å få nytt liv, eller det deponeres på et søppelfylling, der det kan krype ut i vassdrag og til slutt havet.

Når glasset havner i havet, brytes det opp i små biter ved kollisjoner med steiner og andre harde gjenstander, før flere tiår eller til og med hundrevis av år med vannerosjon skaper små, glatte glassbiter som skyller opp på stranden. Fordi glass hovedsakelig består av silisiumdioksid – den samme forbindelsen som kvarts er laget av – deler det dette mineralets hardføre egenskaper. Men det er likevel utsatt for kjemisk erosjon fra saltvann. Sjøglassets frosne tekstur skyldes ikke bare årelang fysisk slitasje, men også hydroksid som vaskes ut av glasset på grunn av det høye saltnivået i vannet, og som danner en krystallinsk tekstur på overflaten.

Siden økningen av engangsplast på 1970-tallet har glass blitt et mindre foretrukket emballasjemateriale, noe som betyr at mindre glass havner i havet og færre sjøglassbiter finner veien til land.

## EDELSTENER I GLASS TAR FORM

Fra glassøppel til ettertraktede steiner.




**1 AVFALL**
Sjøglass begynner som kasserte glassvarer som har blitt kastet i havet.

**2 KNUST**
Under kraften fra havet tumler glasset gjennom vannet, kolliderer med steiner og knuses.

**3 SLEPES**
De kantede glassbitene slepes langs havbunnen i takt med tidevannet, og i prosessen blir skarpe kanter slipt ned.

**4 FROSTET**
Over tid vil saltet i sjøvannet og slitasjen som glasset utsettes for, føre til at overflaten blir frostet.

**5 SKYLT OPP**
Sjøglass skyller etter hvert opp i fjæra.

**6 KUNSTVERK**
Juvelerer og kunstnere samler ofte inn sjøglass for å bruke det i arbeidene sine.



Rødt sjøglass er en av de sjeldneste fargene man kan finne

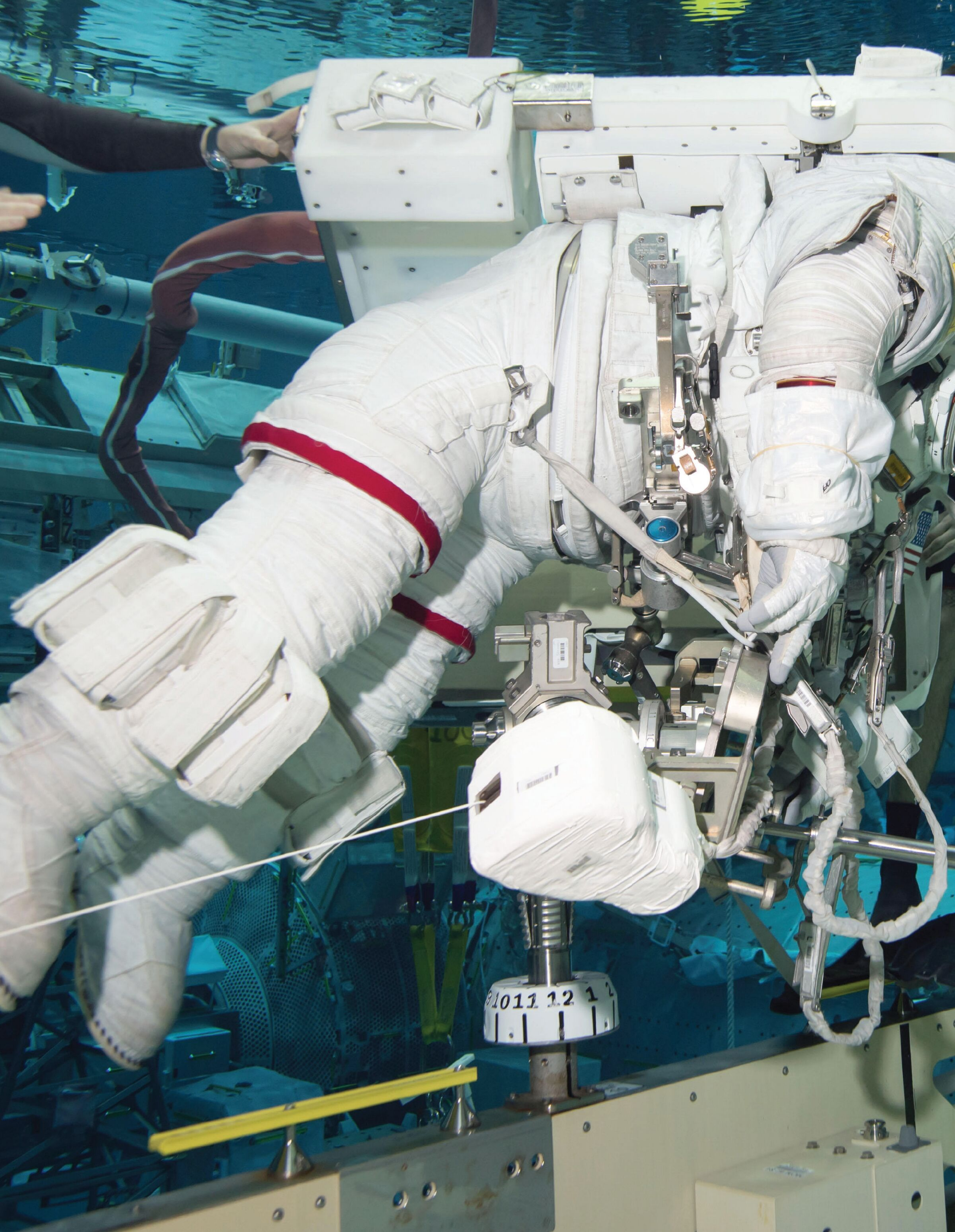


Sjøglasstrendene i Fort Bragg består av tre «områder», der område to og tre har mest glass.

## VAKRE DRIVRESTER

**Strendene ved Fort Bragg i California ble en gang i tiden brukt som dumpeplass for lokalbefolkningens søppel, blant annet hauger av glassavfall. I 1967 var stranden overfylt av søppel, og lokalbefolkningen søkte nye steder å dumpe søppelet, som ble overlatt til vær og vind. Etter hvert begynte søppelhaugene å svinne hen, i takt med at folk gikk gjennom haugene for å gjenbruke metallavfall, og biologisk nedbrytbare materialer råtnet bort. Til slutt var det bare glass og keramikk igjen, som ble tatt av havet. Etter hvert som tiårene gikk, glattet havets bølger ut glasset og avrundet kantene, slik at den tidligere sandstranden ble forvandlet til en seng av frostet sjøglass. Fort Bragg Glass Beach er nå under beskyttelse av MacKerricher State Park, og det er forbudt å fjerne noe av glasset.**

© Illustrasjon av Ed Crooks / Alamy / Getty / Shutterstock



# VERDENSROMMET

# DE STØRSTE SORTE HULLENE I UNIVERSET



TEKST ANDREW MAY

**Det finnes et gigantisk sort hull med en masse på 4 millioner soler i sentrum av Melkeveien. Men det er fortsatt bitte lite sammenlignet med sorte hull i andre galakser.**

**VISSTE DU AT?** Atombombeforskeren Robert Oppenheimer arbeidet med teorien om sorte hull før andre verdenskrig.

Sorte hull er de mest ekstreme astrofysiske fenomenene i universet. Og det er en god sjanse for at de også er de mest kjente. Ikke alle har hørt om nøytronstjerner, planetariske tåker eller brune dverger, men de fleste har støtt på ideen om et svart hull, selv om det bare var i en science fiction-film. En del av fascinasjonen ligger i måten svarte hull ser ut til å bryte – eller i det minste vri til det ugjenkjennelige – alle fysikkens lover. Men når man ser nærmere på dem, er de egentlig bare en uunngåelig konsekvens av disse lovene.

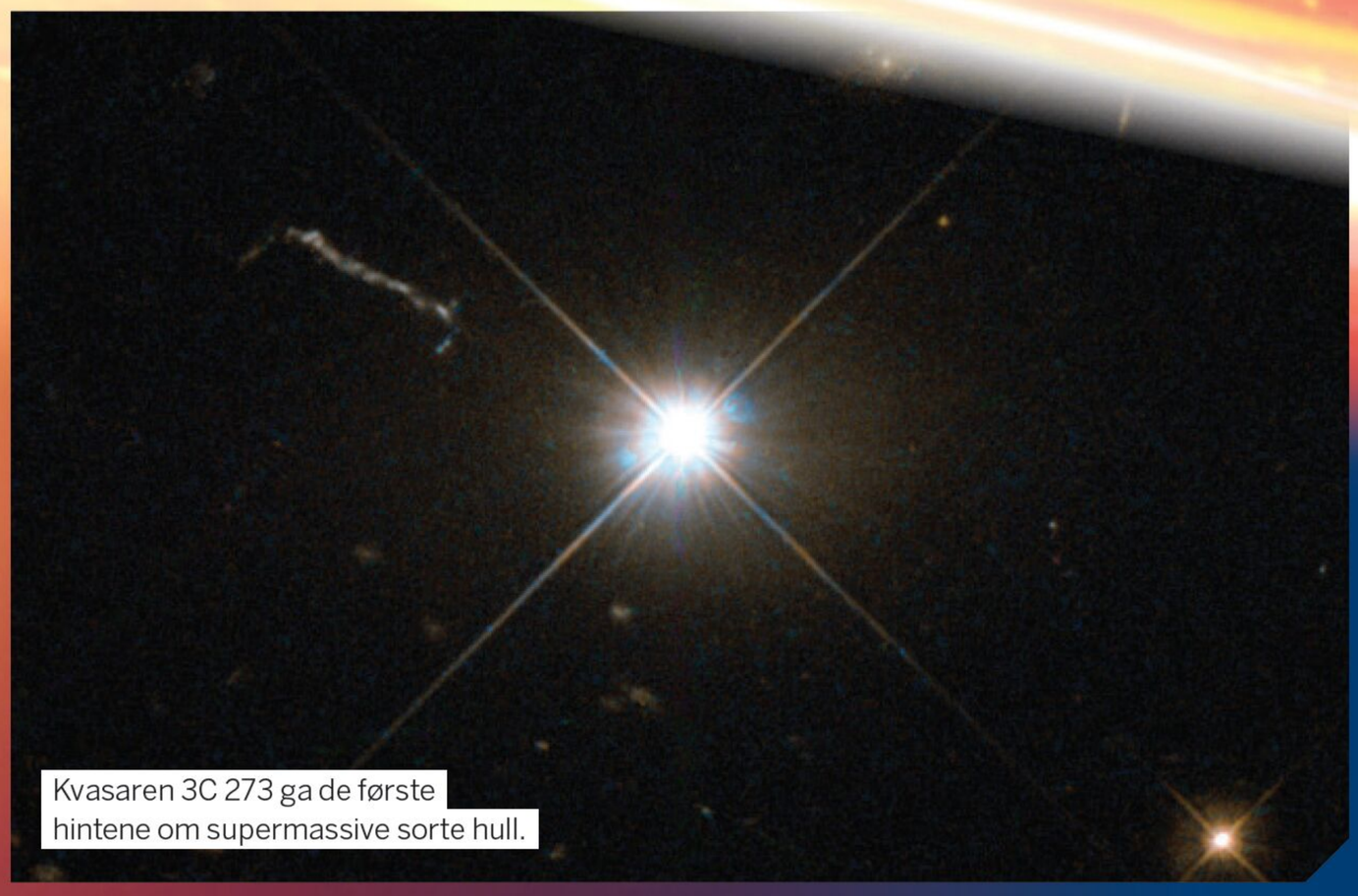
Som teoretisk begrep dukket svarte hull først opp da forskerne begynte å tenke på gravitasjon, tyngdekraft, særlig i forbindelse med store objekter som stjerner. Gravitasjon er en tiltrekningskraft mellom legemer, og som har en tendens til å trekke dem tettere og tettere sammen. I hverdagen rundt oss oppveies tyngdekraften av andre fysiske lover, som elektrostatiske og kjernefysiske krefter – med det resultat at ting opprettholder en begrenset størrelse i stedet for å kollapse ned til en prikk. Det samme gjelder for stjerner som solen, der tyngdekraften motvirkes av væsketrykk. Selv i en ultrakompakt stjerne som en hvit dverg, der en masse tilsvarende solen er presset ned til et volum på størrelse med en planet, er det andre, mer eksotiske krefter som spiller inn for å hindre at de kollapser for alltid.

**13 MILLIARDER LYSÅR**

Det fjerneste kjente sorte hullet befinner seg nesten på kanten av det observerbare universet.

På midten av 1900-tallet visste forskerne imidlertid at det fantes en øvre grense for hvor mye gravitasjon disse eksotiske kreftene kunne motstå. Hvis en stjerne var tilstrekkelig massiv i utgangspunktet, ville den til slutt kollapse helt ned til et uendelig lite punkt. All den opprinnelige massen ville fortsatt være der, men komprimert ned til en tilstand med uendelig høy tetthet. Dette hørtes så umulig ut – særlig for matematikere, som ikke liker å ha «uendelig» i ligningene sine – at mange trodde at en ny type fysikk ville komme til unnsetning for å forhindre den uendelige kollapsen. Men det gjorde den ikke, og på 1960-tallet var det allment akseptert at disse tankevekkende fenomenene virkelig var en mulighet. Det var på denne tiden de fikk det navnet vi kjenner dem ved i dag: sorte hull.

Det kan virke som et ganske stort sprang å gå fra tanken om materie som er komprimert til et uendelig lite punkt, til å snakke om et «hull» i rommet – et hull som det er mulig å falle ned i, men aldri klatre ut av. Men dette er egentlig et logisk skritt å ta hvis vi tenker på hvordan tyngdekraften fungerer. I det kjente tilfellet med jorda vet vi at gravitasjonskraften blir sterkere jo nærmere et objekt er jordoverflaten. Det er derfor den internasjonale romstasjonen, som befinner seg 400 kilometer over jordoverflaten, må suse rundt i svært høy fart for å holde seg i bane, og fullfører en omdreining på bare 90 minutter. Satellitter i geosynkron høyde, 35 000 kilometer, kan imidlertid bevege seg mye langsommere, og det



Kvasaren 3C 273 ga de første hintene om supermassive sorte hull.

**SUPERMASSIVE SORTE HULL KAN AKSELERERE PARTIKLER NESTEN TIL LYSETS HASTIGHET.**

© Getty / NASA

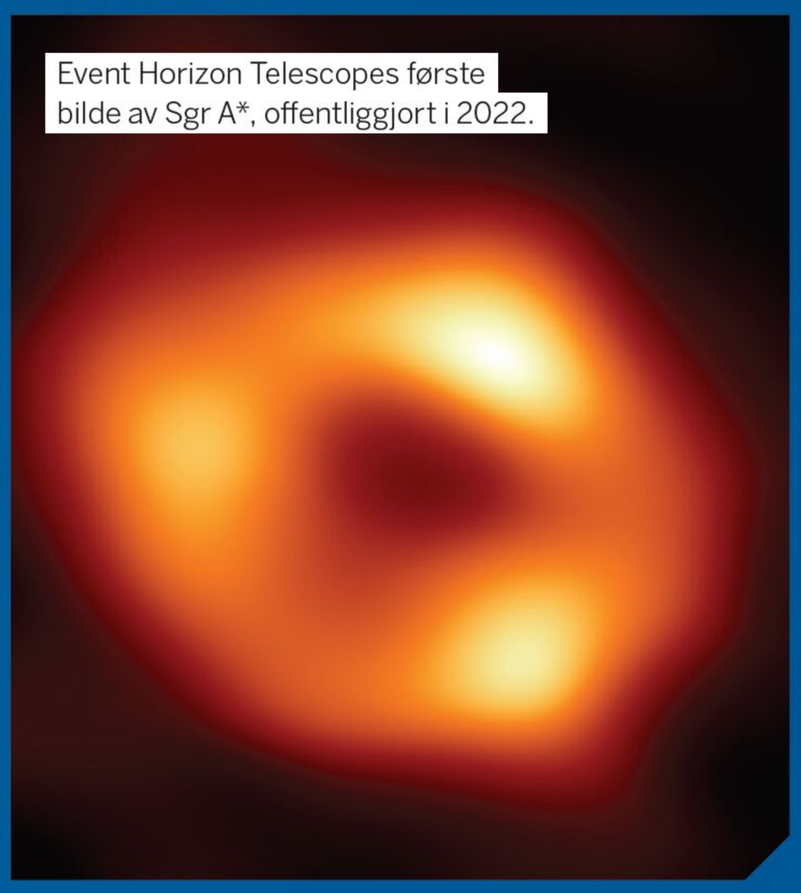
døgn å å fullføre en runde rundt jorda. Det finnes en annen hastighet, rundt 40 prosent høyere enn banefarten, som også er av interesse for romfartøyingeniører. Den kalles «unnslippelseshastighet» og er den farten et objekt må ha for å frigjøre seg fra jordens gravitasjonskraft og begi seg ut i verdensrommet. Og dette gjelder ikke bare jorden – alle andre astronomiske objekter har sine egne unnslippelseshastigheter. Det er en størrelse som, i likhet med banefarten, øker jo nærmere objektet du er, og som øker proporsjonalt med objektets masse.

Hvis svarte hull har rykte på seg for å være «farlige», kan vi nå forstå hvorfor. De har mye masse komprimert i et uendelig lite volum, noe som betyr at hvis vi ikke er forsiktige, kan vi komme veldig, veldig nær dem. Når vi er på så kort avstand fra et så massivt objekt, betyr det at unnslippelseshastigheten vil være ekstremt høy. Faktisk vil det være én bestemt avstand der unnslippelseshastigheten er lik lyshastigheten. Siden ingenting kan bevege seg raskere enn denne hastigheten, betyr det at det svarte hullet er omgitt av en sfære med denne radiusen, kjent som «hendelseshorisonten», som objekter er fanget innenfor for alltid. Ingenting kan noensinne unnslippe fra innsiden av hendelseshorisonten, ikke engang lys, og det er derfor svarte hull kalles svarte. Og hvorfor kalles de hull? Vi kan forestille oss et tredimensjonalt hull med en diameter lik hendelseshorisonten, som et objekt kan falle ned i uten håp om å komme seg ut igjen.

Når man snakker om størrelsen på et svart hull, er det nesten alltid diameteren på hendelseshorisonten man mener. Det som faktisk skaper det svarte hullet, den enorme konsentrasjonen av masse i sentrum som noen ganger kalles «singulariteten», har faktisk ingen størrelse. Men det er egentlig bare en teknisk detalj, fordi du kan aldri

**Visste du at?**

Oppdagerne av Sgr A* vant nobelprisen for oppdagelsen.



Event Horizon Telescopes første bilde av Sgr A*, offentliggjort i 2022.

# TYPER AV SORTE HULL

## SORT HULL MED STJERNEMASSE

**1 SOLMASSE:** 5 til 100
Dette er klassiske sorte hull, slik de opprinnelig ble beskrevet i teoriene, som oppstår når svært massive stjerner kollapser på slutten av sitt liv. Det kan finnes millioner av dem bare i Melkeveien, selv om de vanligvis bare kan påvises når de er en del av et binært system.

## SORT HULL MED MIDDELS MASSE

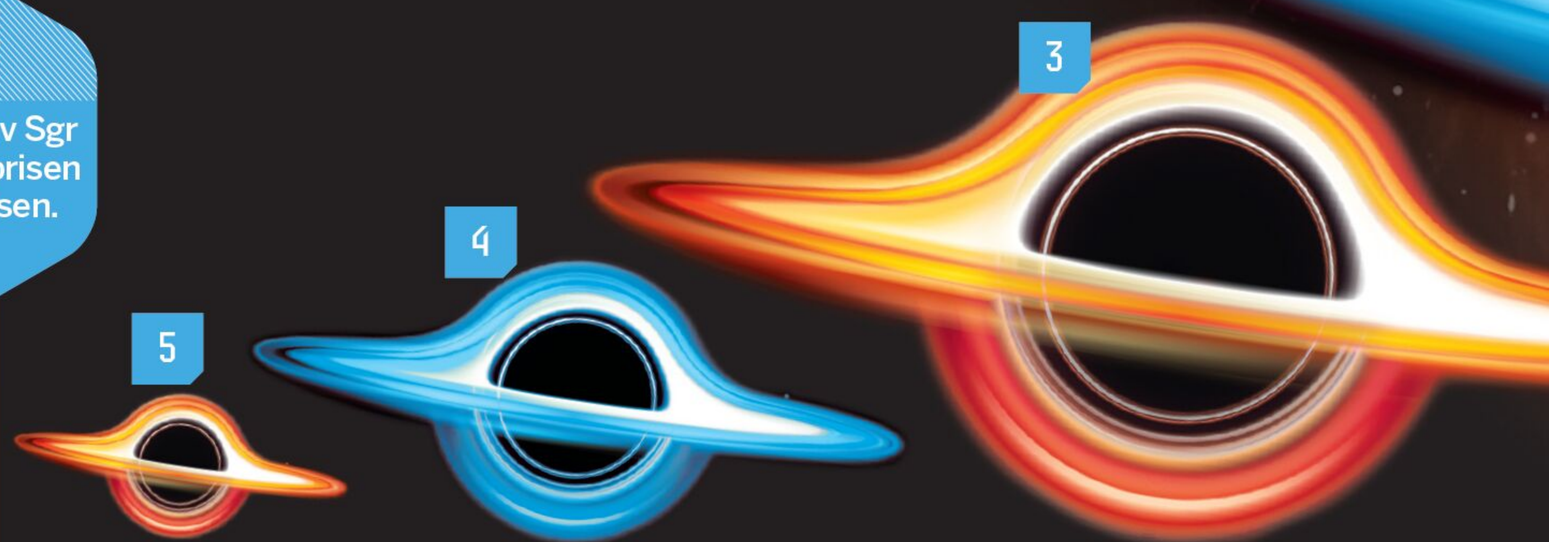
**2 SOLMASSE:** 100 til 10 000
Forskerne mener at det bør finnes sorte hull i denne størrelsen, dannet som et resultat av sammensmeltingen av to eller flere sorte hull med stjernemasse. Man vet lite om dem fordi de er vanskelige å oppdage, men rundt 300 kandidater har blitt observert.

## SUPERMASSIVT SORT HULL

**3 SOLMASSE:** 10 000 til 1 000 000 000 000 000+
Det er nå kjent at de fleste galakser har ett sort hull av denne typen i eller nær sentrum. Disse ble sannsynligvis dannet svært tidlig i universets historie, og har deretter vokst i størrelse ved å trekke til seg omkringliggende stjerner og andre objekter.

# SUPERMASSIV SAMMENLIGNING

En titt på noen av de største supermassive sorte hullene som er oppdaget så langt.




**5 3C 273**
Masse: **0,9 milliarder solmasser**
Avstand fra jorden: **2,4 milliarder lysår**
Den første kvasaren som noensinne ble oppdaget, er fortsatt den som skinner sterkest på himmelen, lyssterk nok til å bli sett selv med et enkelt teleskop, noe som gjør den til det fjerneste objektet som kan observeres. av amatørastronomer.

**4 CYGNUS A**
Masse: **1 milliard solmasser**
Avstand fra jorden: **760 millioner lysår**
Denne galaksen er en av de sterkeste radiokildene på himmelen. Derfor ble den først observert av de tidligste radioteleskopene så langt tilbake som i 1939, lenge før man forsto dens sanne natur.

**3 MESSIER 87**
Masse: **7 milliarder solmasser**
Avstand fra jorden: **53 millioner lysår**
Denne elliptiske supergiganten er det største medlemmet av Virgo -hopen. Det sentrale sorte hullet skapte overskrifter i 2019 som det første sorte hullet som ble avbildet av Event Horizon Telescope.

**NÅR SORTE HULL TREKKER STJERNER FRA HVERANDRE, KALLES DET SPAGETTIFISERING.**

## 1500 LYSÅR

**Avstand til det nærmeste kjente sorte hullet, Gaia BH1.**

**1 TON 618**

Masse: **40 milliarder solmasser**

Avstand fra jorden: **18,2 milliarder lysår**

Tonantzintla 618, som er dens fulle navn, er en av de fjerneste kvasarene vi kjenner til. Den sender ut 40 billioner megawatt, eller 140 billioner ganger så mye strøm som solen, og er et av de klareste objektene i universet.

1

11 SOLSYSTEMER I HELE VERDEN

2

**2 OJ 287**

Masse: **18 milliarder solmasser**

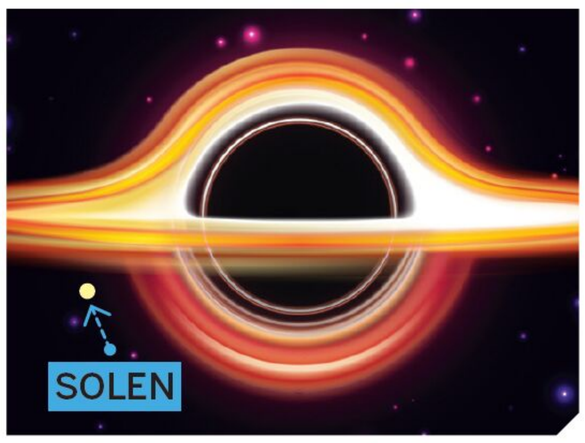
Avstand fra jorden: **3,5 milliarder lysår**

Dette er en annen type aktiv galakse, beslektet med en kvasar, men mer variabel, og kalles et BL Lacertae-objekt. Den inneholder faktisk to supermassive sorte hull, hvorav det andre «bare» er 150 millioner ganger solens masse.

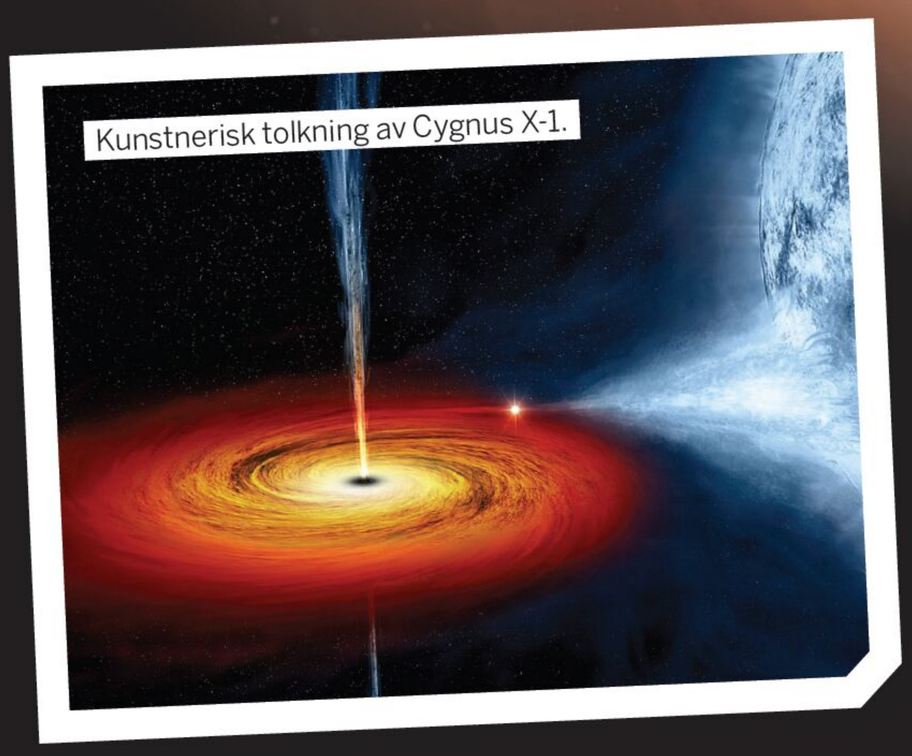
## MELKEVEIENS MONSTER

**Melkeveien er ganske typisk for spiralgalaksene vi ser i universet rundt oss. Felles for de fleste galakser er at tettheten av stjerner og annen materie øker brått inn mot sentrum. Dette betyr at det alltid vil være en enorm masse konsentrert i sentrum, men det kan være vanskelig å avgjøre om dette er et sort hull eller bare en veldig tett ansamling av stjerner.**

**Tilstedeværelsen av en sterk radiokilde, kalt Sagittarius A* eller Sgr A*, midt i Melkeveiens sentrum, antydet at det sannsynligvis fantes et sort hull der. Men først da astronomene oppdaget at stjernene i dette området gikk i bane rundt et usynlig objekt med en tredjedel av lysets hastighet, ble de klar over at det fantes et sort hull der.**




Sgr A* er rundt 4 000 000 solmasser, med en hendelseshorisont som er 16 000 000 kilometer bred.



Kunstnerisk tolkning av Cygnus X-1.

## 150+

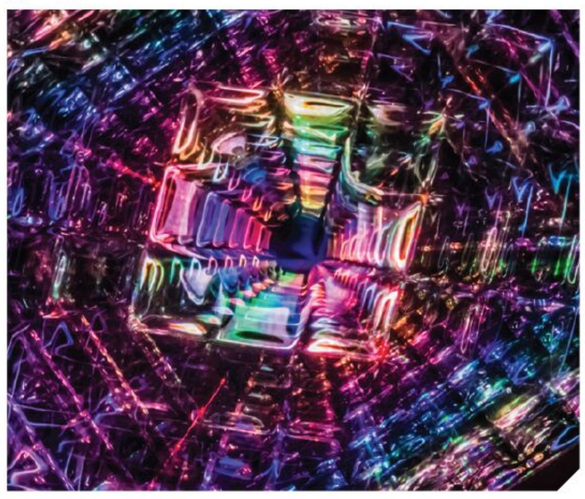
**Det finnes mange bekreftede supermassive sorte hull med direkte massemålinger.**

Getty / NASA / Det europeiske sørobservatoriet

De fleste supermassive sorte hull er omgitt av «tilvekstskiver» av virvlende gass, slik man kan forestille seg her.

## DE MINSTE SORTE HULLENE

**Selv om ingen noen gang har funnet et, er det mulig at det finnes sorte hull med svært lav masse i universet. Ifølge kosmologiens standardteorier kan sorte hull med nesten hvilken som helst masse ha blitt skapt i det første sekundet etter Big Bang. De aller minste av disse, som kalles «primordiale sorte hull», ville ikke ha klart å overleve frem til i dag, men de med en masse på over en billion kilo eller så kan godt ha overlevd. Dette tilsvarer omtrent massen til en typisk asteroide eller et fjell på jorden, men et sort hull med en slik masse ville ha en hendelseshorisont som er mindre enn størrelsen til et proton – den subatomære partikkelen som finnes i atomkjernene. Dette er lite nok til at det vil være utsatt for kvantemekaniske effekter, og sorte hull av denne størrelsen omtales noen ganger som «kvantesorte hull».**



Kunstnerisk fremstilling av et mikroskopisk lite kvantesort hull.

komme i nærheten av den. Selv hendelseshorisonten er ikke spesielt stor sammenlignet med et hvilket som helst vanlig objekt med samme mengde masse. Vi kan se dette ved å prøve å forestille oss hva en unnslippelseshastighet lik lyshastigheten betyr. NASAs Parker Solar Probe går for tiden i bane rundt tre diametere over solens overflate med en hastighet som nærmer seg en halv million kilometer i timen – og unnslippelseshastigheten ville vært nesten 50 prosent raskere enn det. Men selv dette er bare rundt en tusendel av lysets hastighet.

Det viser seg at for et hypotetisk sort hull med samme masse som solen, ville hendelseshorisonten være mindre enn fire kilometer bred. Hvis du er så uheldig å gå i bane rundt hullet på den avstanden, vil hele solens masse trekke deg ned i det lille rommet, og du må reise raskere enn lyset hvis du vil unnslippe.

**Visste du at?**

Et sort hull med jordmasse ville vært 1,75 centimeter i diameter.

Frem til nå har alt vi har sagt om sorte hull, vært rent teoretisk. Det er en veletablert teori som gir oss gode grunner til å tro at sorte hull faktisk kan eksistere … men hvis de gjør det, hvordan skal vi noen gang kunne se dem? Tross alt er en av de essensielle egenskapene deres at verken lys eller noen annen form for stråling kan slippe ut fra dem. Heldigvis finnes det et par måter å oppdage et svart hull på, selv om vi ikke kan se det direkte. Den ene måten er ved hjelp av dets gravitasjonseffekt på nærliggende stjerner, som vil gå i bane rundt det sorte hullet på en måte som røper dets tilstedeværelse. For det andre har det sorte hullet en effekt på gass og støv i nærheten. Selv om de ikke umiddelbart blir sugd inn i hullet som i en Hollywood-film, vil de virvles rundt det sorte hullet i høy hastighet og varmes opp til svært høy temperatur i prosessen. Dette supervarme materialet sender så ut røntgenstråling og annen høyenergistråling, som kan registreres med egnede instrumenter. Det var på denne måten at den første mistanken om et mulig sort hull, Cygnus X-1, oppsto i 1965. Flere år senere, etter at man hadde samlet inn mye mer data, ble det bekreftet at det var et sort hull.

Med en masse som er ti ganger større enn solen og en hendelseshorisont på rundt 80 km, passet Cygnus X-1 perfekt til de teoretiske spådommene om hvordan et sort hull kunne se ut hvis det ble dannet ved kollaps av en stjerne med høy masse. Men allerede i 1963, før Cygnus X-1 ble oppdaget, fant astronomene et mye fjernere objekt, 3C 273, som de ikke kunne forklare i det hele tatt. Det viste seg å være en kvasar – en type galakse med en ufattelig kraftig energikilde i sentrum. Etter mange års studier innså man til slutt at også dette måtte være et sort hull – men av en helt utrolig størrelse. Det var ikke bare ti ganger så stort som solen, det var nesten en milliard ganger så stort. Astronomene hadde oppdaget et supermassivt sort hull.

**24 LYSÅR**

En relativt liten avstand skiller to supermassive sorte hull i galaksen. Klyngen heter B2 0402+379.

Kvasarer er en av flere typer aktive galakser, som alle spyr ut så mye energi fra sine sentrale regioner at astronomene lenge har visst at de må huse gigantiske sorte hull for å kunne drive dem. En nyere oppdagelse er imidlertid at selv en vanlig galakse kan ha et stort sentralt sort hull. I disse tilfellene er det ikke nok materiale som faller inn i det sorte hullet til å generere den typen stråling vi ser fra aktive galakser. I stedet kommer den andre metoden for å oppdage sorte hull inn i bildet, nemlig ved å observere bevegelsen til stjernene som går i bane rundt det svarte hullet. Ved å observere stjerner i sentrum av «normale» galakser kan superkraftige teleskoper som Hubble og James Webb-romteleskopet vise at det må finnes supermassive sorte hull der også.

**VISSTE DU AT?** Hvis et sort hull på størrelse med en proton med asteroidemasse traff jorden, ville det suse rett gjennom den på nesten ufarlig vis.

## EHT-S GLOBALE NETTVERK

Teleskoper verden over som samarbeider

1 Atacamaørkenen i Chile 2 Pico de Valeta i Spania
3 Mauna Kea på Hawaii 4 Sierra Negra i Mexico
5 Mount Graham i Arizona 6 Forskningsstasjonen på Sydpolen




# SUPERMASSIVE MYTER AVSLØRT

**Vi avliver noen vanlige misoppfatninger om disse monstrøse himmellegemene**

### 1 DE ER UMETTELIGE

Sorte hull svelger bare stjerner og andre objekter som kommer nær nok til å bli trukket inn av tyngdekraften; de gjør seg ikke store anstrengelser for å finne materiale å «spise». Mange stjerner går i bane rundt det sorte hullet i millioner av år uten å bli slukt.

### 2 DE ER USYNLIGE

Selv om det ikke kommer noe lys ut fra selve det sorte hullet, er de langt fra usynlige. Rett utenfor hendelseshorisonten er det ofte en skive med overopphetet gass som kan være en sterk kilde til elektromagnetisk stråling. Noen sorte hull er faktisk blant de mest lyssterke objektene i universet.

### 3 DE ER ENORME

Denne myten kommer av en feiltolkning av begrepet «supermassive», som refererer til et sort hulls masse snarere enn dets størrelse. Faktisk er sorte hull svært kompakte i størrelse – mye mer kompakte enn et hvilket som helst vanlig objekt, for eksempel en tett stjernehop, med samme masse.

### 4 DE SUGER ALT INN

Dette er sannsynligvis den mest utbredte myten av alle, og den er helt feil. Sorte hull interagerer bare med annen materie gjennom sin gravitasjonskraft. Den fungerer på nøyaktig samme måte som gravitasjonen til et hvilket som helst annet objekt med samme masse, inntil du kommer nær begivenhetshorisonten.

### 5 DE ER ROMTIDSPORTALER

Denne myten har blitt populær takket være en rekke science fiction-filmer. Riktignok har noen forskere foreslått noe slikt tidligere, men dette er marginale teorier som det ikke finnes observasjons-bevis for, og de er derfor ikke allment akseptert.

### 6 DE KNUSER FALLENDE OBJEKTER

Paradoksalt nok føler fallende objekter ikke tyngdekraften, selv ikke den enorme tyngdekraften til et sort hull. Men hvis du falt ned med føttene først, ville kraften på føttene være mye sterkere enn på hodet – i stedet for å bli knust, ville du bli strukket og dratt fra hverandre.

**60 000 ROTASJONER PER MINUTT**

Det sorte hullet GRS 1915+105 snurrer rundt sin egen akse i en forrykende fart.

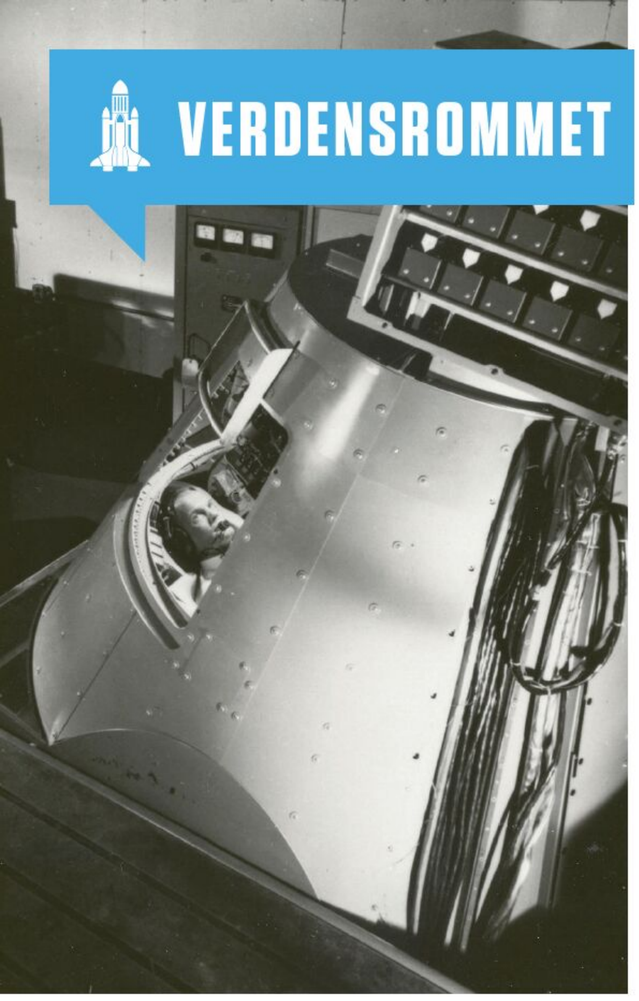
## EVENT HORIZON-TELESKOPET

I dag er det ikke så vanskelig for astronomene å fastslå eksistensen av et supermassivt sort hull ved å observere hvordan det påvirker stjernene og annet materiale som omgir det. Men å få et direkte bilde av et sort hull er en annen sak. Det største problemet er knyttet til det astronomene kaller «vinkeloppløsning» – teleskopets evne til å se fysisk små objekter på lang avstand. Et eksempel kan være å prøve å avbilde en appelsin på månens overflate. Det viser seg at selv de «enkleste» supermassive svarte hullene – som Sgr A* i vår egen galakse eller det gigantiske i Messier 87 – er omtrent på dette vanskelighetsnivået. For å kunne ta bilder av dem må astronomene ikke bare bruke et enkelt radioteleskop, men et helt nettverk av dem over hele planeten. Dette nettverket kalles Event Horizon Telescope, eller EHT.

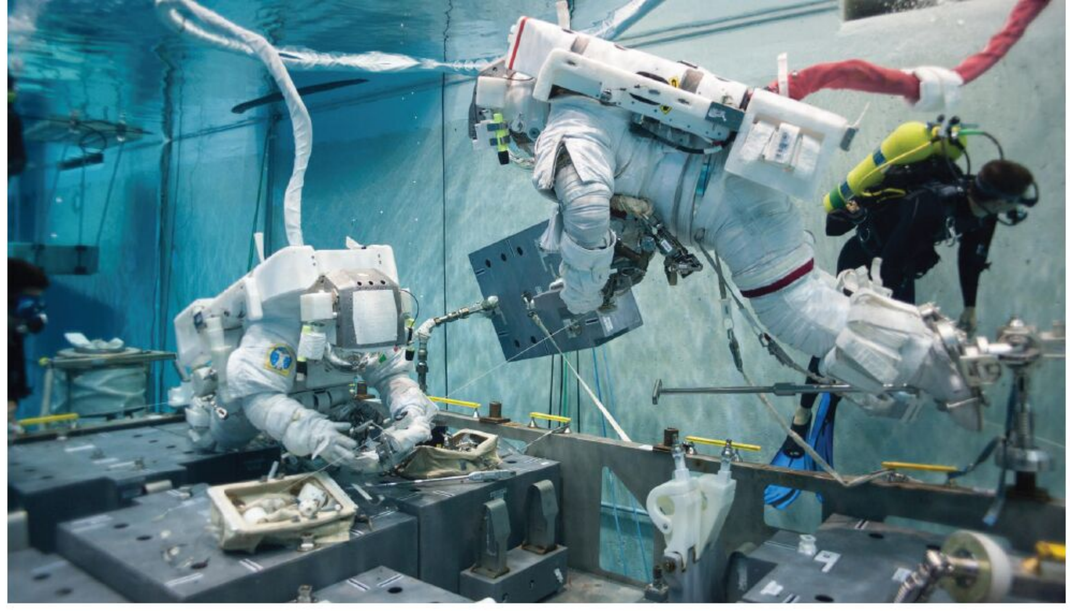


EHTs bilde av Messier 87s sorte hull, sett i polarisert lys.

© Shutterstock / Alamy / European Southern Observatory







# SLIK

## TRENER ASTRONAUTER FOR ROMMET



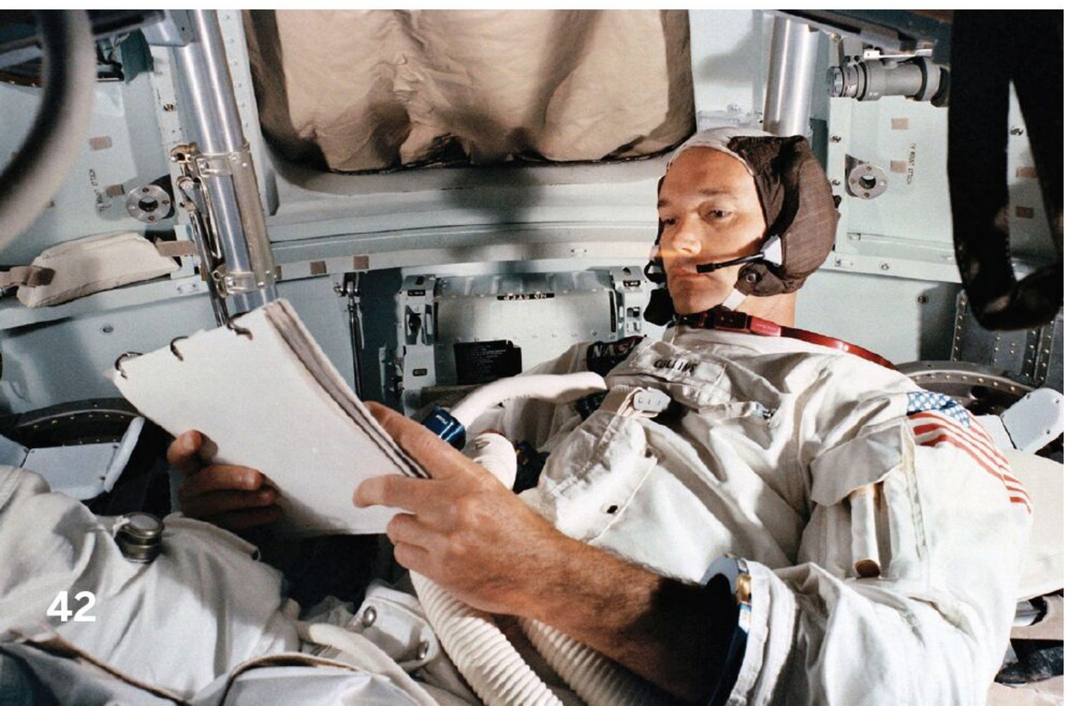


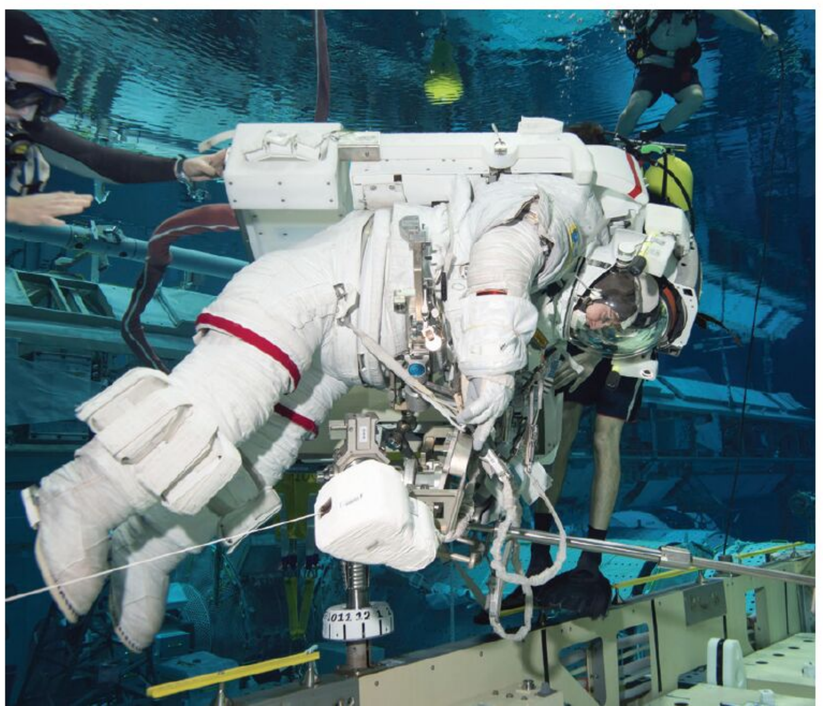






TEKST AILSA HARVEY







**VISSTE DU AT?** I verdensrommet mister astronauter i gjennomsnitt 1,0 til 1,5 prosent av mineraltettheten i vektbærende knokler per måned.

# For å bygge opp kroppen, takle innesperring og overvåke maskineriet, må astronautene gjennomføre tøffe treningsprogrammer.

For mange er det drømmekarrieren og det ultimate eventyret å reise hundrevis av kilometer bort fra planeten vår for å bo i verdensrommet. Utsikten mot jorden mens man går i bane rundt den er bare noen få forunt. For astronauter som jobber i rommet, er dette noe som krever langvarig dedikasjon og engasjement. Astronauter må ha omfattende ferdigheter, blant annet en vitenskapelig anlagt hjerne til å utføre eksperimenter, fysisk styrke og koordinasjon til å opprettholde en sunn kropp under ekstreme forhold og mental utholdenhet til å flyte i trange og overfylte rom, langt fra både nærmeste familie – og hele vår hjemlige planet. Siden så store deler av verdensrommet er uutforsket, må astronautene være forberedt på å arbeide under sterkt press og navigere i uvante omgivelser og situasjoner.

For de fleste romferder kreves det piloter, oppdragspesialister og spesialister på privat oppdrag. Pilotenes første virkelige forsøk på en romferd skjer på selve utskytningsdagen, men takket være avansert teknologi kan de øve seg med realistiske simuleringer. Disse simuleringene kan programmeres til å likne unike situasjoner, noe som tester astronautens kritiske tenkning og evne til å tilpasse seg nye scenarier. Astronauter tilbringer vanligvis 300 timer i simulatorer før de drar ut på oppdrag.

**Visste du at?**
Astronauter holder seg hydrert med resirkulert vann.

Oppdragsspesialister er trent for livet i rommet, men treningen fokuserer i mindre grad på å kontrollere romfartøyer. I stedet utfører disse astronautene praktiske oppgaver som rommedisin eller ingeniørarbeid, og de utfører ofte vedlikeholdskontroller på romfartøyene. Spesialister på privat oppdrag er mye sjeldnere og kan sendes ut i rommet hvis det er et spesifikt eksperiment som krever kunnskap de fleste astronauter ikke er opplært i. Disse astronautene følger ikke den samme utvelgelsesprosessen som de fleste andre, men de må kunne vise til mange av de samme ferdighetene. Før en utvalgt astronaut forlater jorden for å oppleve livet i verdensrommet, gjennomgår vedkommende vanligvis minst to års astronaututdanning.

## FYSISK TRENING

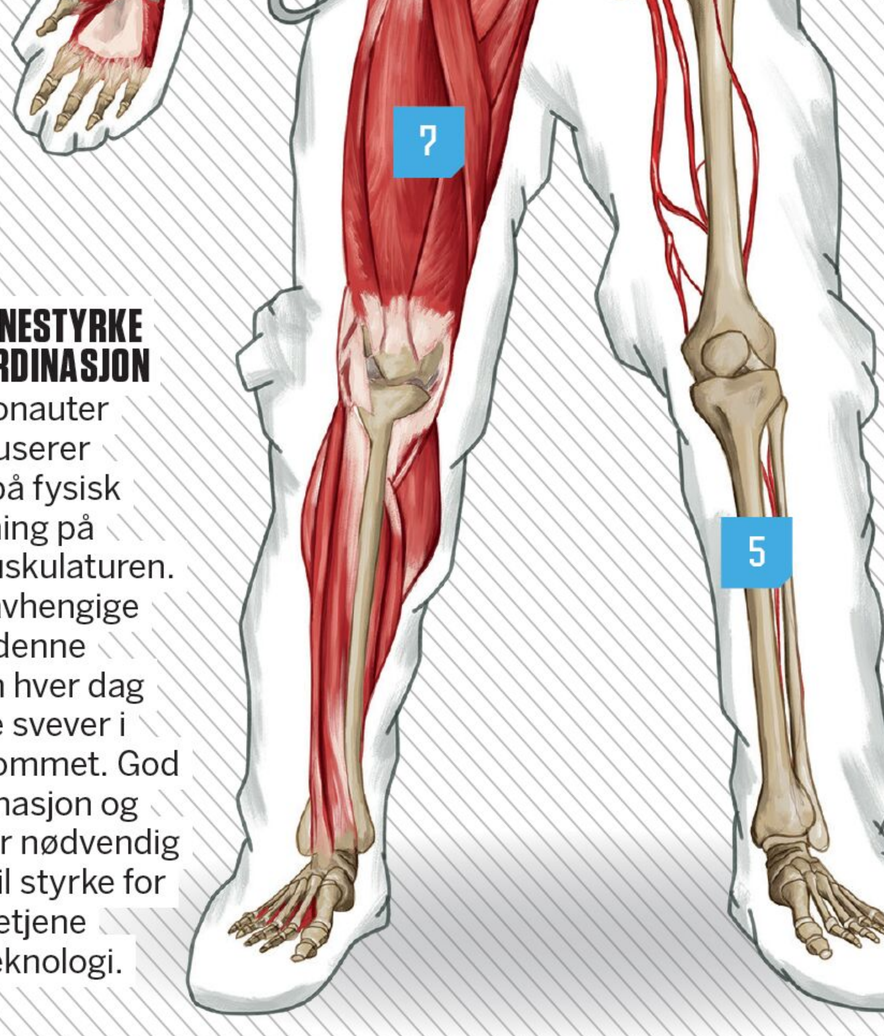
Hvordan forbereder astronauter kroppen sin på forholdene i verdensrommet?

### 1 MENTAL FORBEREDELSE

Kandidatenes mentale helse vurderes når de rekrutteres. Etter rekrutteringen gjennomgår de trening i trange og utfordrende miljøer for å bygge mental styrke.

### 2 UTHOLDENHETSTRENING

Astronauter utfører regelmessig utholdenhetstrening for å holde hjertet friskt. Verdensrommet har mindre tyngdekraft, og dermed trenger astronautene sterke hjerter for å holde blodpumpa i gang på en effektiv måte.




### 3 ØYEFOKUS

Mikrogravitasjon kan påvirke øyestyrken. Før oppdrag gjør astronautene øyeøvelser, for eksempel fokusering på objekter på ulike avstander, for å forebygge dette.

### 4 HYDRERINGS-KUNNSKAP

Astronauter får opplæring i hydreringssystemer og hvordan de skal overvåke og balansere væskenivået i kroppen. Dette reduserer risikoen for nyreskader i verdensrommet, ettersom mikrogravitasjon påvirker bevegelsen av vann i kroppen. Mens de er i bane rundt jorda, trener astronautene over to timer om dagen for å redusere saltnivået og unngå å utvikle nyrestein.

### 5 BEINBYGGING

For å forhindre tap av beinmasse utførerastronautene vekttrening på flere ledd før, under og etter romferden.

### 6 MAT-TRENING

Maten i magen presses ikke ned av tyngdekraften, men flyter i stedet. Noen astronauter føler seg mindre sultne i rommet, men de lærer seg å spise regelmessig for å redusere vekttapet.

### 7 GENSKJERMING

Astronauter lærer seg å overvåke nivået av strålingseksponering. Dette er viktig, ettersom stråling kan forårsake genetiske endringer. Generell kondisjonstrening kan potensielt bidra til genetisk stabilitet.

### 8 KJERNESTYRKE OG KOORDINASJON

Astronauter fokuserer mye på fysisk trening på kjernemuskulaturen. De er avhengige av denne styrken hver dag når de svever i verdensrommet. God koordinasjon og balanse er nødvendig i tillegg til styrke for å betjene romteknologi.

© Alamy / Illustrasjon av Kevin McGivern

# NASAS TRENINGSBASE UNDER VANN

Aquarius er en undersjøisk forskningsstasjon der astronauter bor i opptil tre uker av gangen for å utføre NASA Extreme Environment Mission Operations (NEEMO).

**1 NEDSTIGNING**
The Reef Base, utenfor Key Largo i Florida, ligger 19 meter under vann, men er bygget for å tåle trykket på over 36 meters dyp.

**2 METALLBOKS**
Habitatet i stål måler 13 x 6 x 5 meter og er delt inn i tre seksjoner.

**3 VÅT VERANDRA**
Astronautene går inn her, hvor lufttrykket er likt som vanntrykket. Dette hindrer at vannet flommer inn mellom oppdragene.

**4 INNGANGSSLUSE**
Mellom inngangen til oppholds-rommet og den våte verandaen venter astro-nautene i dette rommet mens lufttrykket tilpasses miljøet de skal inn i.

**5 HOVEDROM**
Hovedrommet har normalt atmosfærisk trykk.

Den amerikanske astronauten Mark Vande Hei løper på en tredemølle på den internasjonale romstasjonen.



## TRENING I VERDENSROMMET

Den fysiske treningen stopper ikke så snart astronautene har kommet seg ut i verdensrommet. Vanligvis har de strenge treningsregimer som holder kroppen i god form. Dette er spesielt viktig når visse muskler brukes mindre i mikrogravitasjon, for eksempel kjernemuskulaturen i beina, som ikke lenger bærer kroppens vekt. Treningsrom i verdensrommet er utformet for å gi en følelse tilsvarende tyngdekraften. På en tredemølle er det for eksempel festet strikk til løperen for å trekke vekten ned mot båndet. Blant andre treningsapparater er en tråkkemaskin der astronauten er fastspent, og et vektløftingsapparat som kalles Advanced Resistive Exercise Device (ARED). Denne består av vakuumsylindere som hver inneholder et stempel med vakuum på den ene siden og luft på den andre. Når astronauten trykker på vektstangen, trekkes luft ut av sylinderen, og vakuumet gjør motstand mot bevegelsen. Denne motstanden, som mikrogravita-sjonen ikke gir fra naturens side, holder astronautens muskler og bein sterke.

**VISSTE DU AT?** Forskere som oppholder seg i Aquarius Reef Base i 24 timer eller mer om gangen, kalles «aquanauter».

**6 SOVEROM**
Det er seks senger i soverommet, med tre køyer på hver side. Slik trenes astronautene opp til å bo trangt.

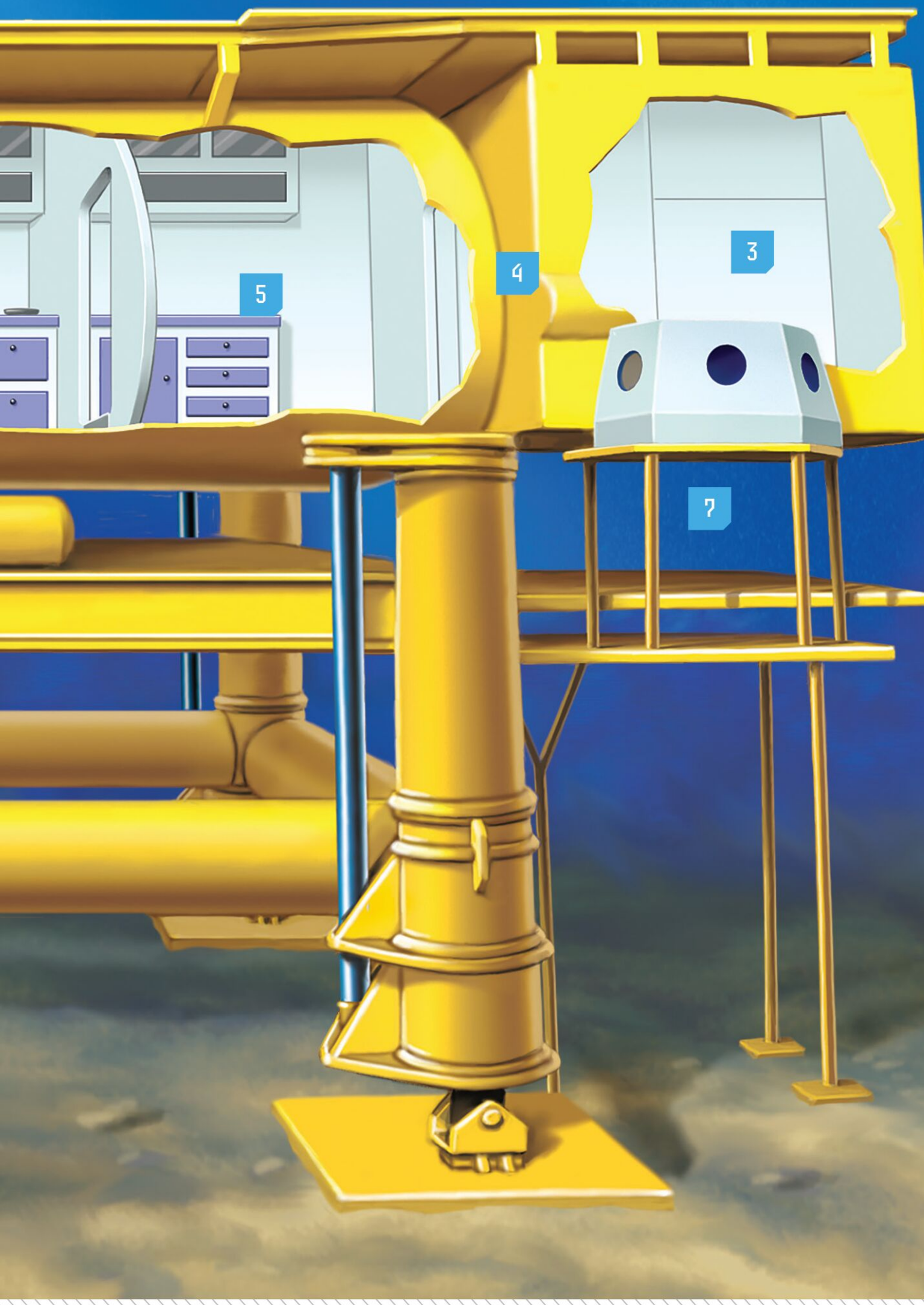
**7 DYKKETURER**
Astronautene begir seg ut på daglige dykketurer utenfor for å etterligne romvandring i lav tyngdekraft. Under disse oppdragene tester de kommunikasjons-ferdigheter, bruker undervannsversjoner av romutstyr og lærer å overvåke sitt eget oksygennivå.

**8 OPPBEVARING**
I oppbevarings-skapene finnes matrasjoner med tørket mat som astronauter ville spist på en romferd.

**9 LABORATORIUM**
Noen romferder omfatter eksperi-menter i habitatet, som kan utføres her.

**10 VINDU**
Gjennom dette lille koøyet kan astronautene se livet i havet utenfor.

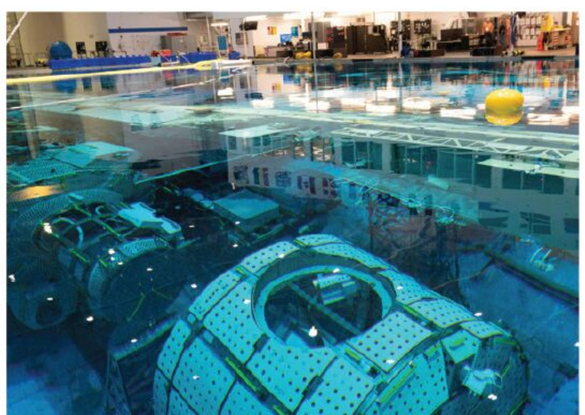
**Visste du at?**
Bassenget holder mellom 27 og 30 grader.




## BASSENGTRENING

Å være under vann og å gå inn i et nesten-vakuum kan i utgangspunktet virke som helt forskjellige opplevelser, men mye av astronautens trening foregår i et basseng. NASAs Neutral Buoyancy Laboratory (NBL) ligger ved Sonny Carter Training Facility i Texas og er et av verdens største innendørs-bassenger, med nok vann til å fylle ni olympiske svømmebassenger. Iført romdrakt, pusteutstyr og en oppdriftsanordning, som er en flyteinnretning med en oppblåsbar blære, kan astronautene tilbringe mange timer under vann.

Astronautene kontrollerer oppdriftsanordningen ved å trykke på en knapp for å blåse opp og tømme blæren for luft. Når de slutter å synke eller stige i vannet, har de nådd nøytral oppdrift. Dette ligner på følelsen av vektløshet som oppleves i verdensrommet. Flere modeller av utsiden av den internasjonale romstasjonen får plass i bassenget samtidig, ettersom bassenget dekker et område på 61,5 x 31,1 meter, med en dybde på 12,2 meter. Teamene jobber med å kommunisere, bevege seg i draktene uten å bære hele sin egen vekt og holde oversikt over sitt eget oksygenforbruk.


En modell i full størrelse av den internasjonale romstasjonens moduler kan sees under bassengets overflate.

Illustrasjon av The Art Agency; Tom Connell

# STEDER MED ROMSIMULERING RUNDT OM I VERDEN



### EUROPEAN SPACE AGENCY CAVES I ITALIA

Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behaviour and performance Skills-kurset finner sted i grottene på Sardinia. Den tre uker lange underjordiske reisen innebærer vitenskapelige tester, grottekartlegging og teamarbeid i et isolert miljø.



### LUNARES I POLEN

Denne forskningsbasen i Pila er et sted der astronauter kan utføre simulerte måneferder. Det lukkede habitatet har ingen vinduer og er dekorert med basaltsteiner som ligner på månens overflate. Astronautene øver seg på å bruke roboter og kjøretøy i dette terrenget.



### HI-SEAS PÅ HAWAII

2500 meter over havet på Mauna Loa på Hawaii brukes dette stedet til å simulere Mars- og måneferder. NASA-oppdragene her varer mellom 4 og 12 måneder. Både habitatet, kommunikasjonssystemene og det naturlige landskapet er som på en romferd.




### FMARS I CANADA

Flashline Mars Arctic Research Station i Canada er en toetasjes bygning der astronauter kan trene på oppdrag spesielt på Mars. Astronautene oppholder seg på anlegget i to til tre uker eller lenger. Landskapet simulerer miljøet på Mars.



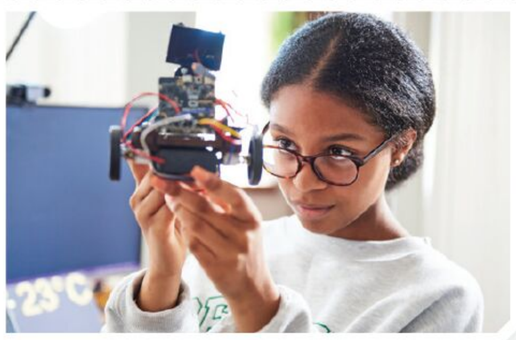

## FULLSKALA PRØVEMODELLER

En astronaut må være trygg på hvordan han eller hun skal betjene romfartøy og maskineri. Det er imidlertid begrenset hvor mye de kan øve på det faktiske utstyret før de drar ut i verdensrommet på ordentlig. Det er her eksakte kopier er avgjørende. På NASAs Space Vehicle Mockup Facility ved Johnson Space Center i Houston i Texas finnes det identiske kopier av de trykksatte modulene til den internasjonale romstasjonen og romfartøyer som Orion-kapselen fra Artemis-programmet.

Her kan astronautene eksperimentere med utstyret, øve på nødoperasjoner og veksle mellom apparater uten at det går ut over romfartøyet. Det kan være risikabelt og logistisk utfordrende å trene i det virkelige romfartøyet, men med en identisk utforming bidrar den realistiske prøvedmodellen til at astronautene blir kjent med funksjonene.

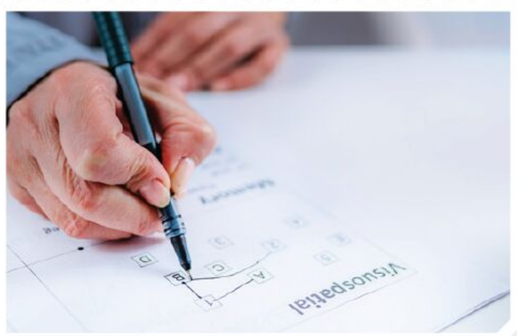
# VEIEN TIL VERDENSROMMET

Fra skolestudier til trening i verdensrommet – hvordan blir man astronaut?



### UTDANNINGSKVALIFIKASJONER

Astronauter må vanligvis ha fullført en universitetsgrad innen naturvitenskap, ingeniørfag, medisin, luftfart eller matematikk.



### TESTFASER

Utvalgte søkere vil gjennomgå en rekke tester, blant annet kognitive tester, motoriske tester, personlighetstester, gruppearbeidstester, praktiske og tekniske tester.



### INTERVJUER

De som oppfyller de internasjonale medisinske kravene for romfart, blir vurdert gjennom flere intervjuer med romfartsorganisasjonens paneler.



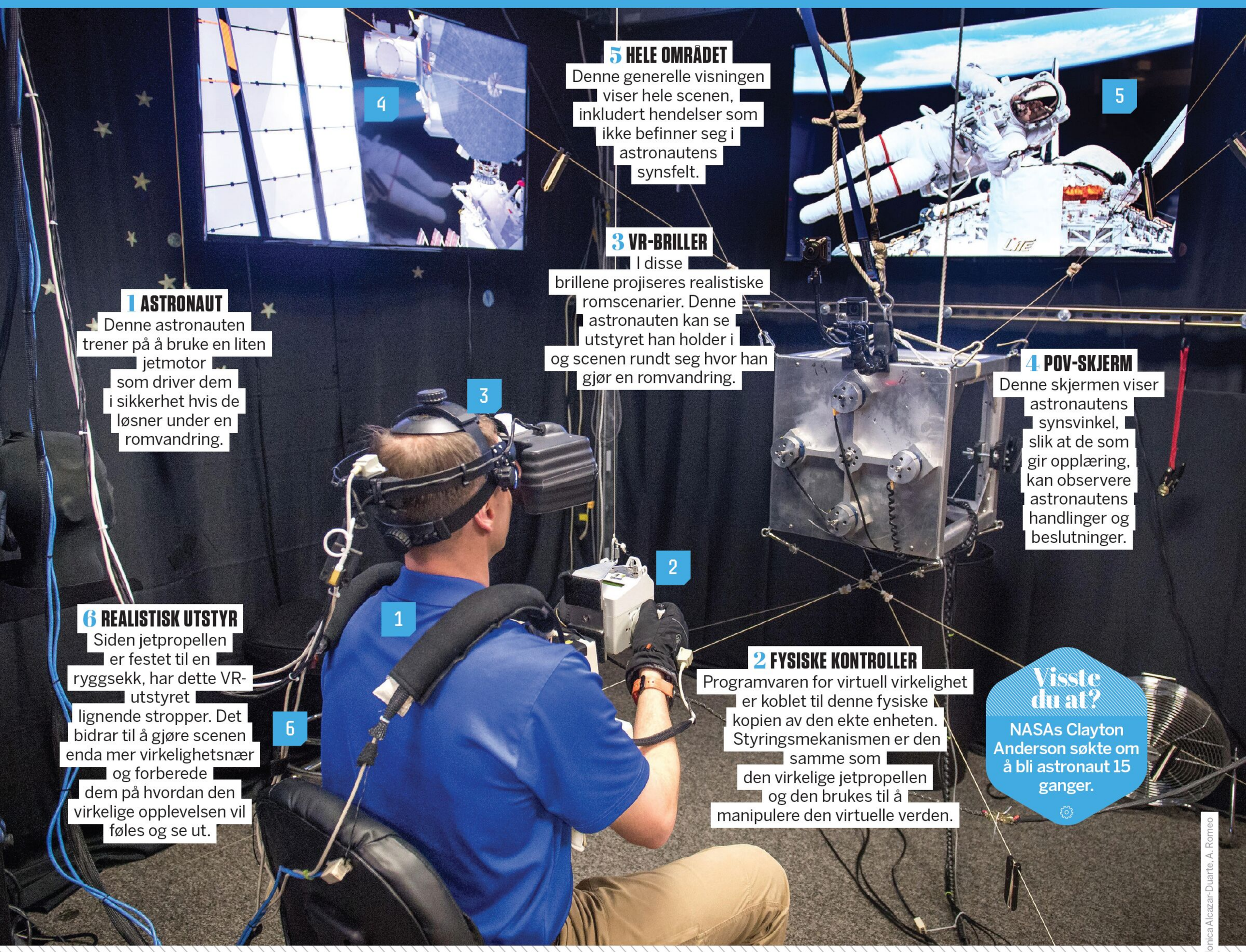
### UTVELGELSE

En liten andel av de kvalifiserte søkerne blir valgt ut til å gjennomgå astronauttrening. I 2020 var det bare 0,083 prosent av 12 000 personer som kom gjennom nåløyet.

**VISSTE DU AT?** Det er ingen aldersgrense for å søke om å bli NASA-astronaut.

# INN I DEN VIRTUELLE VERDEN

På innsiden av NASAs treningslaboratorium for virtuell virkelighet




**5 HELE OMRÅDET**
Denne generelle visningen viser hele scenen, inkludert hendelser som ikke befinner seg i astronautens synsfelt.

**3 VR-BRILLER**
I disse brillene projiseres realistiske romscenarier. Denne astronauten kan se utstyret han holder i og scenen rundt seg hvor han gjør en romvandring.

**1 ASTRONAUT**
Denne astronauten trener på å bruke en liten jetmotor som driver dem i sikkerhet hvis de løsner under en romvandring.

**4 POV-SKJERM**
Denne skjermen viser astronautens synsvinkel, slik at de som gir opplæring, kan observere astronautens handlinger og beslutninger.

**6 REALISTISK UTSTYR**
Siden jetpropellen er festet til en ryggsekk, har dette VR-utstyret lignende stropper. Det bidrar til å gjøre scenen enda mer virkelighetsnær og forberede dem på hvordan den virkelige opplevelsen vil føles og se ut.

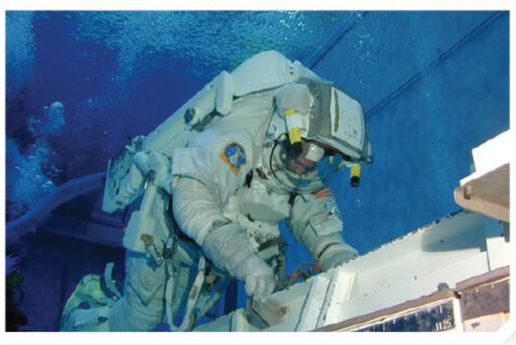
**2 FYSISKE KONTROLLER**
Programvaren for virtuell virkelighet er koblet til denne fysiske kopien av den ekte enheten. Styringsmekanismen er den samme som den virkelige jetpropellen og den brukes til å manipulere den virtuelle verden.

**Visste du at?**
NASAs Clayton Anderson søkte om å bli astronaut 15 ganger.



## GRUNNLEGGENDE OPPLÆRING

Grunnleggende opplæringsprogrammer omfatter vanligvis grunnleggende vitenskap og ingeniørfag, en introduksjon til romfartøyer og grunnleggende astronaut- og overlevelsesferdigheter.



## SPESIALISERT OPPLÆRING

Alle astronauter som jobber på den internasjonale romstasjonen, får opplæring i hvordan de skal betjene og vedlikeholde stasjonens moduler, utstyr og kjøretøy.



## OPPDRAGSSPESIFIKK TRENING

Når astronautene er tildelt et oppdrag, blir de delt inn i mindre grupper for å studere forskningsutstyret og romfartøyelementene for den katuelle ferden.



## OPPLÆRING I ROMMET

Astronauter får videre opplæring for å vise ferdighetene sine på stedet. Dette kan innebære regelmessige beredskapsøvelser og innlæring av nye eksperimenter i rommet.

© Alamy / Getty / The Mars Society / NASA / Tiffany Swarmer / ESA; Monica Alcazar-Duarte, A. Romeo



**VISSTE DU AT?** Queen-gitarist og astronom Brian May hjalp NASA med å finne et egnet landingssted for OSIRIS-REx.



# SLIK FIKK JORDA VANN

**Mye av vannet kommer sannsynligvis fra verdensrommet. Et romfartøy fra NASA som nettopp har vendt tilbake fra en asteroide i nærheten, styrker den teorien.**

TEKST ANDREW MAY

Det er lett å ta vann for gitt her på jorda. Det omgir oss hele tiden – i havet, i elver og bekker, i regn, i skyer selv når det ikke regner, og i fryst form som snø og is om vinteren. Men hvor kommer alt dette vannet fra? I jordas tidligste dager var den ekstremt varm – kanskje så mye som 2000 grader – så det kan ikke ha vært noe flytende vann på overflaten på den tiden. Det finnes faktisk flere vitenskapelige teorier om hvordan planeten vår fikk vannet sitt.

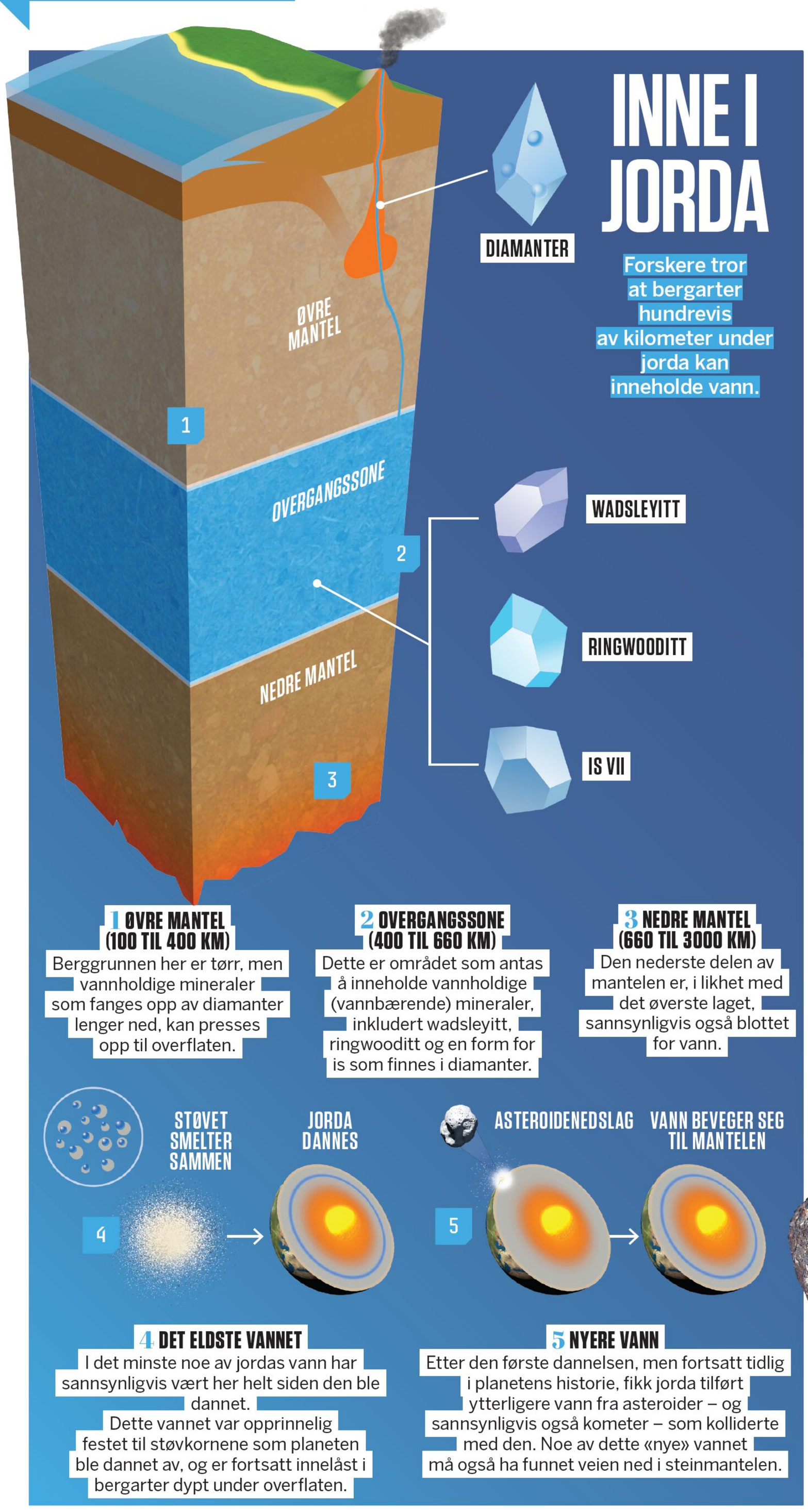
Jorda beskrives ofte som «den blå planeten», noe som er en god beskrivelse av hvordan den ser ut fra verdensrommet. Vann, i flytende eller frossen form, dekker tre fjerdedeler av jordas overflate. Men hvis man dykker litt dypere, viser det seg at dette bare er et overfladisk inntrykk. Det meste av planeten vår består av fast fjell, og vann utgjør bare 0,05 prosent av massen. Ironisk nok er jorda det eneste stedet i solsystemet der det er lett å se vann på overflaten, men den er langt fra det mest vannrike legemet som går i bane rundt sola.

Faktisk blir vann stadig mer utbredt jo lenger ut i solsystemet man kommer, men på grunn av de kalde temperaturene er mye av vannet fryst til is. Men selv flytende vann kan finnes i store mengder dypt inne i noen av himmellegemene, som for eksempel Jupiters

© Getty

# INNE I JORDA

**Forskere tror at bergarter hundrevis av kilometer under jorda kan inneholde vann.**




**1 ØVRE MANTEL (100 TIL 400 KM)**
Berggrunnen her er tørr, men vannholdige mineraler som fanges opp av diamanter lenger ned, kan presses opp til overflaten.

**2 OVERGANGSSONE (400 TIL 660 KM)**
Dette er området som antas å inneholde vannholdige (vannbærende) mineraler, inkludert wadsleyitt, ringwooditt og en form for is som finnes i diamanter.

**3 NEDRE MANTEL (660 TIL 3000 KM)**
Den nederste delen av mantelen er, i likhet med det øverste laget, sannsynligvis også blottet for vann.




**4 DET ELDSTE VANNET**
I det minste noe av jordas vann har sannsynligvis vært her helt siden den ble dannet.
Dette vannet var opprinnelig festet til støvkornene som planeten ble dannet av, og er fortsatt innelåst i bergarter dypt under overflaten.

**5 NYERE VANN**
Etter den første dannelsen, men fortsatt tidlig i planetens historie, fikk jorda tilført ytterligere vann fra asteroider – og sannsynligvis også kometer – som kolliderte med den. Noe av dette «nye» vannet må også ha funnet veien ned i steinmantelen.

måne Ganymedes. Der utgjør flytende vann kanskje så mye som 46 prosent av volumet. Når man kommer til de ytterste delene av solsystemet, som Kuiperbeltet og Oort-skyen, er mesteparten av vannet der i fryst form.

Det vil si at i disse ytre områdene har også kometene oppstått. Og det har betydning for opphavet til jordas vann. Sannsynligvis har et stort antall kometer kollidert med jorda i en fjern fortid. Disse kollisjonene kan ha brakt vann til planeten vår, og en gang i tiden var dette den ledende teorien for å forklare vannets opprinnelse. Men da forskerne så nærmere på kometvann, oppdaget de en finesse som gjør at dette ikke kan være forklaringen – i hvert fall ikke for størstedelen av vannet på jorda.

Problemet ligger i vannets såkalte «smak». Fra et kjemisk synspunkt er vann $H_2O$, som består av molekyler med to hydrogenatomer og ett oksygenatom. Men vann på jorda inneholder to forskjellige former for hydrogen: den vanligste typen, H, har bare ett proton i

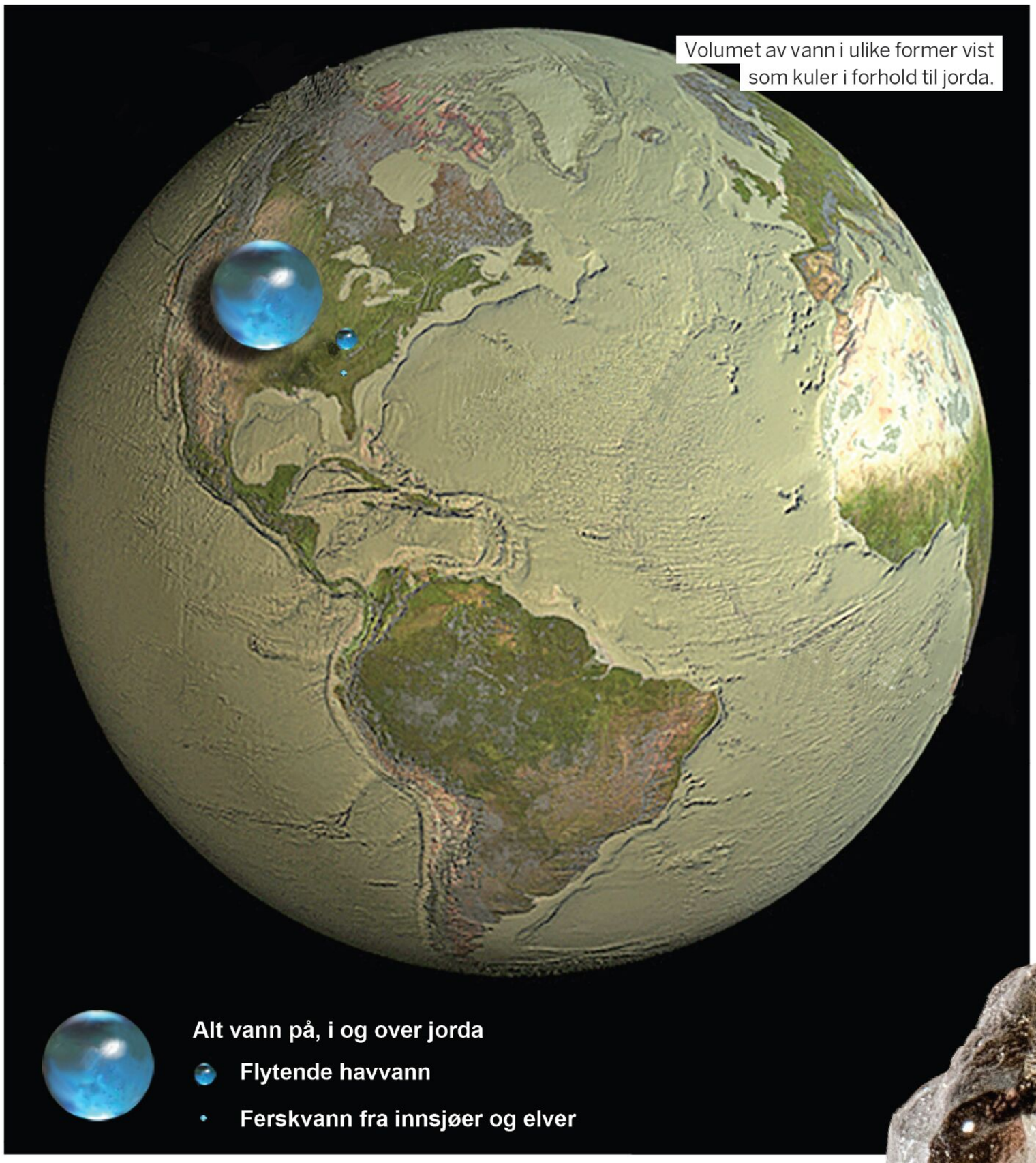
## VÅTE METEORITTER

**Den enkleste måten å teste teorien om at asteroider brakte vann til jorden på, er ved å studere meteoritter. Dette er biter av asteroider som kom inn i jordens atmosfære som meteorer og klarte å komme seg helt ned til bakken uten å brenne helt opp. Når det gjelder kjemisk sammensetning, finnes det flere ulike typer meteoritter – som tilsvarer ulike typer morasteroider – men de som er mest interessante i forbindelse med jordas vann, er de såkalte karbonholdige kondrittene. Innenfor den brede klassen av karbonholdige kondritter finnes det en særlig sjelden form som kalles CI-kondritter, som det hittil bare er funnet ni eksemplarer av. Vannet i disse meteorittene er det eldste som noensinne er funnet, helt fra solsystemets fødsel for 4,6 milliarder år siden, og likevel utgjør det hele 20 prosent av meteorittenes masse.**



Karbonholdige kondritter som denne har et betydelig innhold av vann.

**VISSTE DU AT?** Den største vannmassen på jorda er Stillehavet, med et areal på 155 millioner kvadratkilometer.



Volumet av vann i ulike former vist som kuler i forhold til jorda.

# VANN OVERALT

**Jordas vann finnes på noen åpenbare steder, som elver, innsjøer og hav, og på mindre åpenbare steder, som grunnvann i jordsmonnet. De enkelte vannmolekylene blir ikke alltid værende på samme sted, men beveger seg rundt som en del av den globale vannsyklusen. Havvann kan for eksempel fordampe og danne skyer, for deretter å falle som regn i en annen del av verden. Men den totale mengden vann i ulike former har en tendens til å holde seg konstant. US Geological Survey har sammenlignet disse mengdene med kuler med av ulik størrelse. Den totale vannmengden – inkludert det som finnes i de salte havene – ville fylle en kule med en diameter på 2230 kilometer, mens ferskvann, inkludert det som er gjemt dypt nede i jorda, ville være 440 kilometer. Vann i innsjøer og elver er bare 90 kilometer i diameter.**

**«Kometvann har helt klart ikke samme smak som jordvann.»**

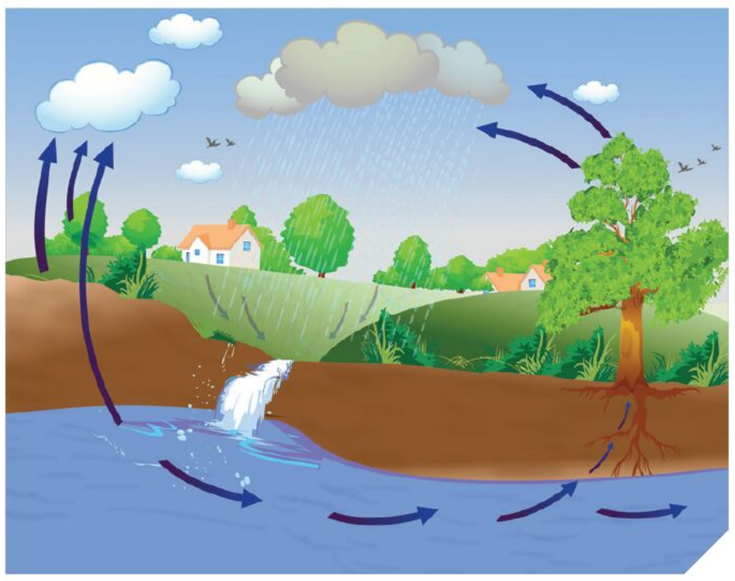
kjernen, mens den andre – D, for deuterium – inneholder et nøytron i tillegg. Vannets «smak» refererer til forholdet mellom de to typene hydrogen, D og H.

Målinger av kometvann viser tydelig at det ikke har samme smak som vann på jorda. Faktisk varierer kometene betraktelig når det gjelder D/H. Den best studerte kometen av dem alle, 67P/Churyumov-Gerasimenko – som romfartøyet Rosetta fra Den europeiske romfartsorganisasjonen ESA besøkte i 2014 – har et spesielt høyt D/H-forhold, mer enn tre ganger så høyt som i jordiske hav. På den annen side finnes det en annen familie av legemer i solsystemet som har D/H-verdier som ligger mye nærmere jorda.

**Visste du at?**
Over to tredjedeler av jordas ferskvann er fryst.

I slutten av februar 2021 dundret en 320 gram tung romstein ned på en oppkjørsel i Winchcombe i Gloucestershire. I løpet av 12 timer var den hentet og omhyggelig hermetisk forseglet av forskere, noe som gjorde den til en av de mest uberørte meteorittprøvene som noensinne er tatt. Det er også en av de viktigste ledetrådene vi har når det gjelder kilden til vann på jorden. Før den brøt opp i atmosfæren, var Winchcombe-meteoritten en del av en asteroide, og den antas å være et typisk eksempel på en stor klasse av slike asteroider som går i bane rundt sola innenfor Jupiters bane. Analyser av meteoritten viste at den inneholdt rundt 11 vektprosent vann, hvorav det meste var bundet i mineraler. Og viktigst av alt: D/H-forholdet var så å si det samme som i


Vannrike diamanter som denne, med opprinnelse i jordas mantel, tyder på at det finnes vann der.


Illustrasjon av jordas vannsyklus, som viser hvordan vannet hele tiden «resirkuleres» fra én form til en annen.

© Illustrasjon b Adrian Mann / US Geological Survey / University of Alberta / Alamy

jordas hav. Siden meteorittnedslag må ha skjedd mye hyppigere i en fjern fortid, da tettheten av asteroider i rommet rundt jorda var høyere, er dette en sterk indikasjon på at fallende asteroider var en viktig bidragsyter til jordas vann.

Ytterligere støtte for denne ideen kom i september 2022. Det japanske romfartsbyråets sonde Hayabusa2 samlet en en liten prøve av asteroiden Ryugu og analyserte materialet. Til stor overraskelse for forskere over hele verden viste det seg at prøven ikke bare inneholdt vannmolekyler innelåst i mineraler, men en ekte dråpe med rent flytende vann. I tilfellet med en meteoritt kunne dette ha blitt avfeid som jordisk forurensning, men det var ikke mulig her, fordi prøven ble samlet inn i vakuumet i verdensrommet. I september 2023 kom NASAs romsonde OSIRIS-REx tilbake med en ny asteroideprøve, og den inneholdt også vann, blant annet.

Selv om tanken på vann fra asteroider er fristende, er det ikke sikkert at det er hele svaret på hvor vannet på jorda kommer fra. På samme måte som asteroider har vann innelåst i mineralene de består av, kan det samme være tilfelle med noen av jordas egne bergarter. Det finnes faktisk bevis for at slikt «urvann» kan finnes hundrevis av kilometer under jordoverflaten. Selv om dette er altfor dypt til å studere direkte, kan diamanter som er dannet på slike dyp, av og til tvinges opp til overflaten av vulkansk aktivitet, og noen av disse har vist seg å ha et høyt vanninnhold.



En del av asteroideprøven som ble samlet inn av Hayabusa2 i 2019.


Forskere fra NASA og Arizona University inspiserer prøvekapselen etter landingen.

**96,5%**
Mesteparten av jordas overflatevann befinner seg i havene.

**4,6%**
En brøkdel av meteorittene er karbonholdige kondritter.

**23**
Ca. 23 planeter og måner i solsystemet er kjent for å ha vann.

**2019**
Året da det første gang ble påvist vanndamp i en eksoplanets atmosfære.

**0,007%**
Mindre enn en tiendedel av jordas vann er tilgjengelig for menneskelig konsum.

**2,5 CENTIMETER**
I gjennomsnitt vil det falle 2,5 cm regn hvis atmosfærisk vanndamp plutselig kondenseres.

**6 GRAM**
Den totale vekten av asteroideprøver samlet inn av Japans Hayabusa-sonder.

## PRØVER FRA EN ASTEROIDE

Før OSIRIS-REx samlet inn prøven fra asteroiden Bennu, foretok den en undersøkelse av asteroiden for å hjelpe forskerne med å velge det beste landingsstedet. De valgte ut flere mulige landingssteder, og det som til slutt ble valgt, lå nær Bennus nordpol. Det var fordi stedet inneholdt den største mengden lett tilgjengelig finkornet materiale. Etter at noen hundre gram av dette materialet var samlet inn, ble det omhyggelig oppbevart i returbeholderen til det kom tilbake til jorda tre år senere. Det vil ta en stund før NASA får sortert alt materialet til analyse. Men lenge før de åpnet returfartøyet tre dager etter landingen, fant forskerne små «prøver» fra Bennu på et sted de ikke hadde ventet, i form av et mørkt, pulveraktig støvlag spredt over hele kjøretøyets flyelektronikkdekk. Foreløpige analyser av dette materialet avslørte at det var rikelig med vannholdige leirmineraler.


Etter at lokket var åpnet, ble kapselen med prøveråpnet i et nøye kontrollert miljø.

**VISSTE DU AT?** Saturns ringer består av partikler av 99,9 prosent ren vannis.

# KAPSELEN MED PRØVER

**Denne lille farkosten, 81 centimeter i diameter, kom tilbake til jorda i september 2023.**



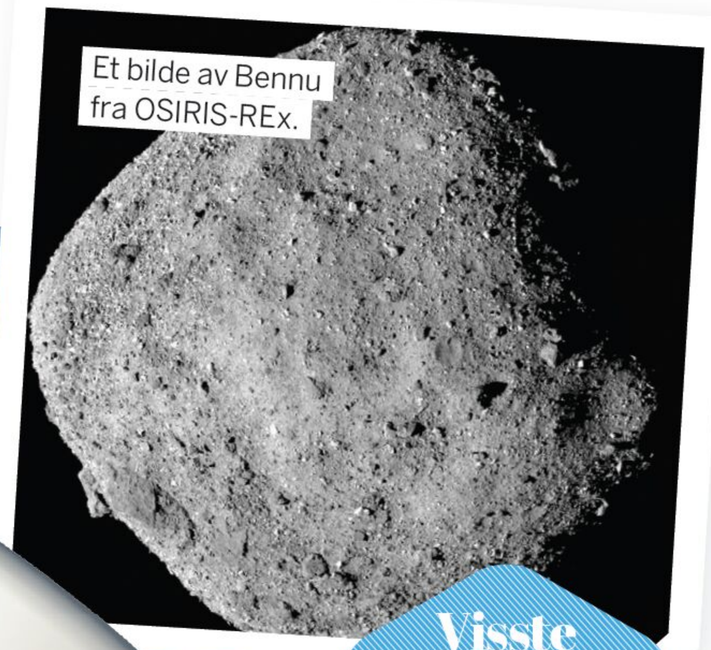

**1 VARMESKJOLD**
Et lag av lettvekts fenolimpregnert karbonablator (PICA), beskyttet kapselens ømfintlige innhold fra varmen når den skulle returnere.

**3 PRØVE-BEHOLDER**
Asteroideprøven ble oppbevart i en beholder av aluminium, trygt plassert mellom varmeskjoldet og skjoldet på baksiden.

**2 BAKSIDEN**
Denne siden er utsatt for mindre varme fordi den danner baksiden av den fallende kapselen, og er laget av et tynnere materiale kalt SLA-561V.

**5 FALLSKJERM**
Fallskjermen ble utløst fem minutter før landing, og denne bremset kapselen ned fra hypersonisk hastighet til bare 18 km/timen.

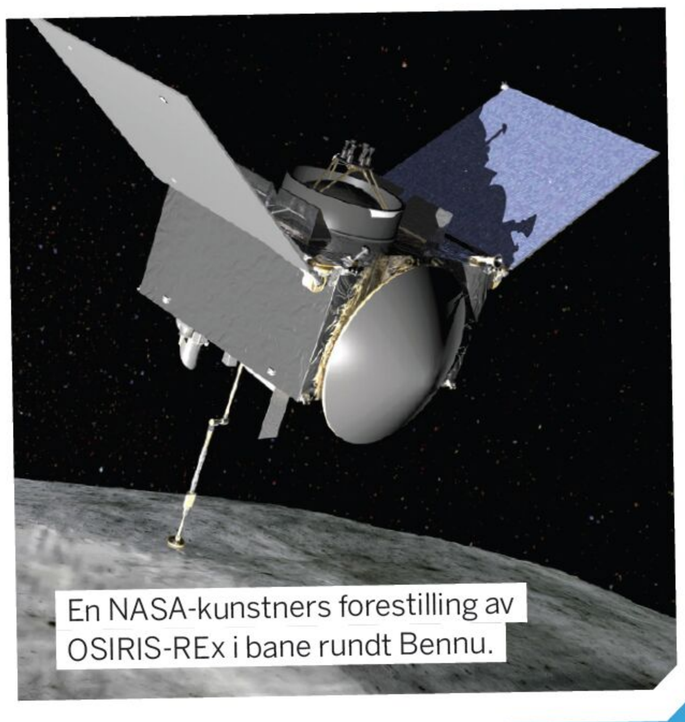
**4 AVIONIKK**
Her befant alle kapselens elektroniske systemer seg, med alt den trengte for kommunikasjon, navigasjon og kontroll.


Et bilde av Bennu fra OSIRIS-REx.

**Visste du at?**
Asteroiden Bennu er omtrent 500 meter i diameter.

## OSIRIS-REX' OPPDRAG MED RETUR AV PRØVER

NASAs OSIRIS-REx skapte overskrifter da kapselen med prøver landet i Utah-ørkenen. Den inneholdt  fragmenter av stein fra Bennu. Det var ikke første gang prøver fra en asteroide ble returnert til jorden – den japanske romfartsorganisasjonen hadde allerede gjort det med sine to Hayabusa-oppdrag – men NASAs prøve er større og gir flere muligheter for vitenskapelig analyse av asteroidens sammensetning, inkludert eventuelt vann. Romfartøyet ble skutt opp i september 2016 og ankom Bennu i desember 2018, hvor det studerte den i nesten to år før det samlet inn steinprøven i oktober 2020. Selv om romsondens navn er hentet fra en gammel egyptisk guddom, er det også et akronym som beskriver vitenskapelige målet: Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification and Security Regolith Explorer. Den har nå begitt seg ut på et nytt oppdrag, som OSIRIS-APEX – for Apophis Explorer – til en annen asteroide ved navn Apophis.


En NASA-kunstners forestilling av OSIRIS-REx i bane rundt Bennu.

© Illustrasjon av Adrian Mann / NASA / JAXA

# RAKETT-MOTOREN SUPER SPACEX

## Dette revolusjonerende nye rakettsystemet vil forandre romoppskytninger.

TEKST ANDREW MAY

Hvis du noen gang har sett en av testoppskytningene av SpaceX' 120 meter høye Starship, har du kanskje blitt overrasket over at en så enorm rakett kan lette fra bakken, for ikke å snakke om å nå ut i verdensrommet. Det er takket være de spesialdesignede Raptor-motorene – seks av dem i det øvre trinnet og hele 33 i Super Heavy-trinnets første trinn. SpaceX er uvanlig fordi de er produsenter av egne bæreraketter. Selskapet designer og konstruerer sine egne motorer, i stedet for å kjøpe dem fra en annen leverandør. Men dette gir selskapet fleksibilitet til å skreddersy motorene til sine eksakte behov – og i Raptors tilfelle har det ført til en av de mest revolusjonerende rakettkonstruksjonene til dags dato.

I tillegg til sin størrelse vil Starship slå alle rekorder på en annen måte: Det vil bli verdens første fullstendig gjenbrukbare romfartøy. Det står i kontrast til tidligere konstruksjoner som NASAs romferge og SpaceXs egen Falcon 9-rakett, som bare var delvis gjenbrukbare. Det er dette målet om fullstendig gjenbrukbarhet som har drevet frem den radikalt nye utformingen av Raptor-motoren. Den drives av metan – et uvanlig valg for rakettdrivstoff, men et valg som reduserer sotdannelsen inne i motoren og eliminerer behovet for større renovering mellom flyvningene. Den andre virkelig innovative egenskapen ved Raptor er bruken av «full-flow staged combustion» (FFSC). Dette er en spesielt effektiv motordesign som først ble utprøvd av russiske ingeniører på 1960-tallet, uten å lykkes. Det var ikke før SpaceX' arbeid med Starship og Raptor at en FFSC-motor faktisk kom på vingene. Denne typen design har også den fordelen at den skaper et mindre ekstremt miljø inne i motorens rørsystem.

Starship bruker faktisk to forskjellige varianter av Raptor-motoren – en som er utviklet for å gi best mulig ytelse ved havnivå, og en som er optimalisert for bruk i vakuum i verdensrommet. Alle de 33 motorene i Super Heavy-boosteren er av havnivåtypen, mens det øvre trinnet bruker en blanding av tre havnivå og tre vakuumvarianter. Siden Raptor-konstruksjonen ble utviklet, har den gjennomgått jevnlige forbedringer, og den er nå inne i sin tredje generasjon. De to mest åpenbare trendene har vært redusert vekt, som har gått ned fra 2000 kg for Raptor 1 til 1400 kg for Raptor 3, og større skyvekraft, som har økt fra 1,8 til 2,6 meganewton.

Raptor -motorene brukes til å skyte opp SpaceX' gigantiske Starship- rakett.

**Visste du at?**

SpaceX-fabrikken produserer én Raptor-motor per dag.

## SPACEX-ROMSKIPET

Når SpaceX-grunnlegger Elon Musk snakker om Starship, fokuserer han ofte på det endelige målet om å bruke det til å frakte mennesker til Mars. Det er denne langsiktige visjonen som har diktert noen av Starships mest innovative funksjoner, som for eksempel muligheten til å fylle drivstoff i rommet. Det har også påvirket valget av metan som drivstoff, siden det er et kjemikalie som kan syntetiseres på Mars fra vann i bakken og karbondioksid i atmosfæren. På kort sikt vil Starship sannsynligvis få en mindre dramatisk tjeneste som SpaceX' viktigste arbeidshest.



Både øvre og nedre trinn av Starship bruker Raptor-motorer.

## METAN SOM RAKETTDRIVSTOFF

Et historisk populært drivstoffvalg har vært RP-1, et parafinbasert drivstoff. Det var dette drivstoffet det gigantiske første trinnet i NASAs Saturn V og SpaceXs Falcon 9 brukte. Andre, som romfergens hovedmotorer, bruker flytende hydrogen. Sistnevnte er renere og mer effektivt, men det er dyrere og vanskeligere å håndtere fordi det må lagres i flytende form ved ekstremt lave temperaturer. I de senere årene har metan vokst frem som et kompromiss mellom disse to, fordi det er renere enn RP-1, men billigere og enklere å håndtere enn flytende hydrogen.



Drivstofftankene ses her ved siden av utskytningsrampen til Starship.

**VISSTE DU AT?** I juli 2023 ble Kinas Zhuque-2 den første metandrevne raketten som nådde bane rundt jorda.

# INNI RAPTOR

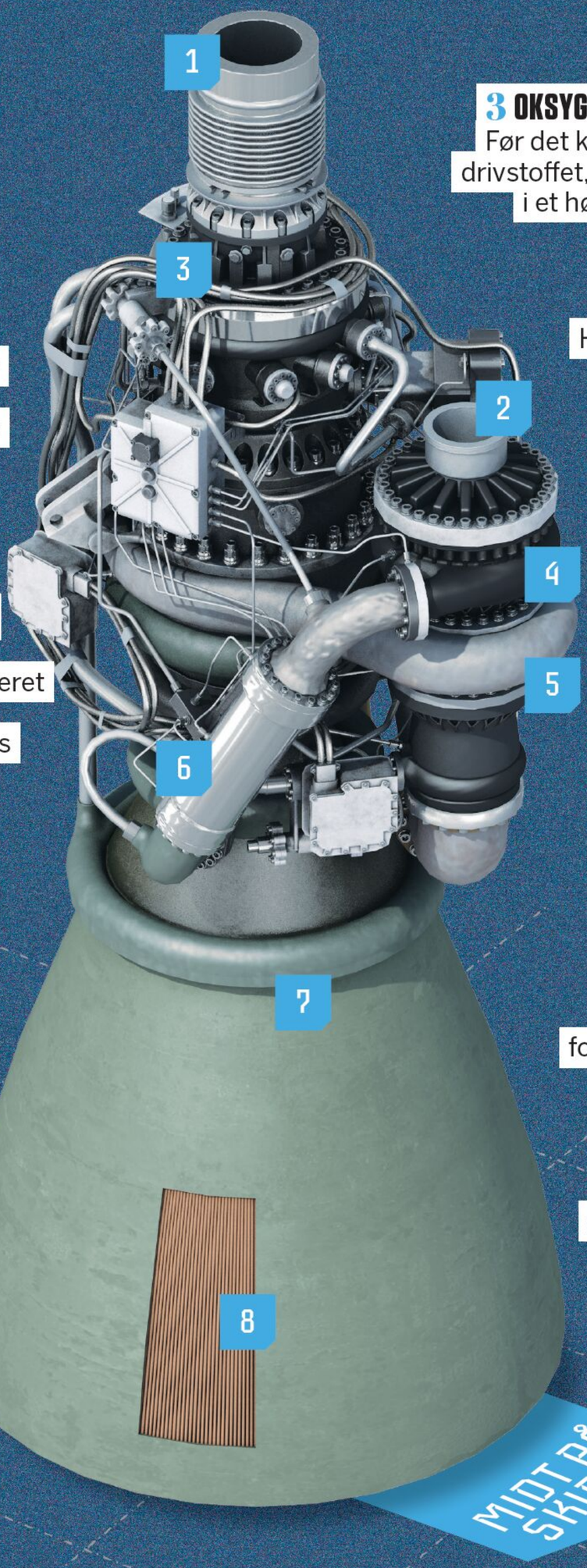
Her er en forenklet oversikt over hvordan denne komplekse motoren fungerer.



United Launch Alliances rakett Vulcan bruker også metan som drivstoff.



Raptors første testflyvninger ble gjennomført kun med Starships topptrinn.




**1 FLYTENDE OKSYGEN INN**
For å kunne brenne trenger metanet et oksidasjonsmiddel – i dette tilfellet rent oksygen som er lagret i flytende form.

**2 DRIVSTOFF INN**
Her kommer metanbrenselet – også lagret i flytende form – inn i motoren.

**3 OKSYGEN-TURBOPUMPE**
Før det kombineres med drivstoffet, settes oksygenet i et høyt trykk her.

**4 TURBOPUMPE**
Drivstoffet blir også satt til et høyt trykk i en separat turbopumpe.

**5 FORBRENNER**
Små mengder brensel og oksygen forbrennes hver for seg for å produsere kraft til å drive turbopumpene.

**6 HOVEDFORBRENNER**
Motorens hjerte er hovedforbrenningskammeret der metan og oksygen kombineres ved høyt trykk og temperatur.

**7 EKSOSDYSE**
De varme eksosgassene presses ut med høy hastighet fra denne spesialdesignede dysen for å generere rakettskyvekraft.

**8 KJØLERØR**
Kaldt, uforbrent drivstoff sirkuleres gjennom disse rørene for å hindre at dysen overopphetes.

# SPACEX' MOTORKRAFT



TEKNISK SPESIFIKASJON

MOTORNAVN
Merlin

UTVIKLET ÅR
2006

SKYVEKRAFT
981 kilonewton

PRIMÆR BRUK
Hovedmotor



TEKNISK SPESIFIKASJON

MOTORNAVN
Kestrel

UTVIKLET ÅR
2006

SKYVEKRAFT
28 kilonewton

PRIMÆR BRUK
Øvre trinns motor



Wiki Commons; Steve Jurvetson

TEKNISK SPESIFIKASJON

MOTORNAVN
Draco

UTVIKLET ÅR
2010

SKYVEKRAFT
400 newton

PRIMÆR BRUK
Fartøyets finjusteringsrakett



TEKNISK SPESIFIKASJON

MOTORNAVN
SuperDraco

UTVIKLET ÅR
2012

SKYVEKRAFT
71 kilonewton

PRIMÆR BRUK
Oppskytningsmotor



© WikiCommons; Brandon De Young

TEKNISK SPESIFIKASJON

MOTORNAVN
Raptor

UTVIKLET ÅR
2016

SKYVEKRAFT
2,6 meganewton

PRIMÆR BRUK
Hovedmotor

© Alamy / NASA / Getty / SpaceX / Illustrasjon av Adrian Mann



# MILJØ

MILJØ

# STORE DYREVANDRINGER

**Hva driver enkelte dyresamfunn til å foreta lange reiser over hele kloden, enten det er i lufta, til sjøs eller på land?**

TEKST AILSA HARVEY

**VISSTE DU AT?** Gråhvalen foretar den lengste vandringen av alle pattedyr med en 16 000 km lang ferd tur-retur.

Dyreriket er alltid i bevegelse. Forholdene i naturen kan være uforutsigbare, og miljøkatastrofer og økosystemer i stadig endring kan føre til at arter må flykte fra leve-områdene sine. Noen forflytninger skjer imidlertid etter en bestemt plan, og mange arter har tilpasset seg den delen av kloden som passer dem best på bestemte tider av året. Dyrevandringer omfatter alle dyr som regelmessig eller sesongmessig forflytter seg frem og tilbake mellom steder,  slik at det danner et mønster. Dyrene forflytter seg fra et habitat til et annet for å finne bedre tilgang på mat, et mer behagelig klima eller et egnet sted å formere seg.

Avhengig av størrelse, reisemåte og årsak til migrasjonen, kan dyrene trekke over ulike avstander. Og for noen kortlivede dyr – særlig insekter – tar denne reisen mesteparten av livet. Størrelsen er imidlertid ikke alltid avgjørende for en arts evne til å migrere. Ta for eksempel makrellternen. Den er en av 4000 regelmessige trekkfugler, og den utholder den lengste migrasjonen av alle verdens dyr. Denne fuglen, med et vingespenn på bare 64 til 76 centimeter, flyr i sikksakk og tilbakelegger 40 000 kilometer mellom Arktis og Antarktis hvert år.

**Visste du at?**

Sommerfuglen monark trekker gjennom flere generasjoner.

© Alamy

## SJØFARERE

Noen av havets store trekkdyr er bardehvaler, havskilpadder og djevelrokker. Mange bardehvalarter vandrer fra de kaldere farvannene de bruker til å jakte på mat i fire til seks måneder av året, til varmere farvann for å yngle. Det varmere vannet er tryggere for hvalkalvene, som har mindre isolerende spekk, og det holder også rovdyret spekkhoggeren unna. Havskilpadder kan vandre 16 000 kilometer i løpet av ett år. Disse vandringene er for å finne mat, ideelle temperaturer og gode hekkeplasser. Noen skilpaddearter, som for eksempel glattkaretten, finner tilbake til akkurat samme stranden de ble født på. Djevlerokker vandrer hvert år i store grupper på flere tusen individer. Disse tre meter brede skapningene glir gjennom vannet når de vandrer fra Yucatán-halvøya i Mexico til Florida på jakt etter mat og trygge farvann.



To knølhvaler på vandring til varmere farvann rundt Australia.



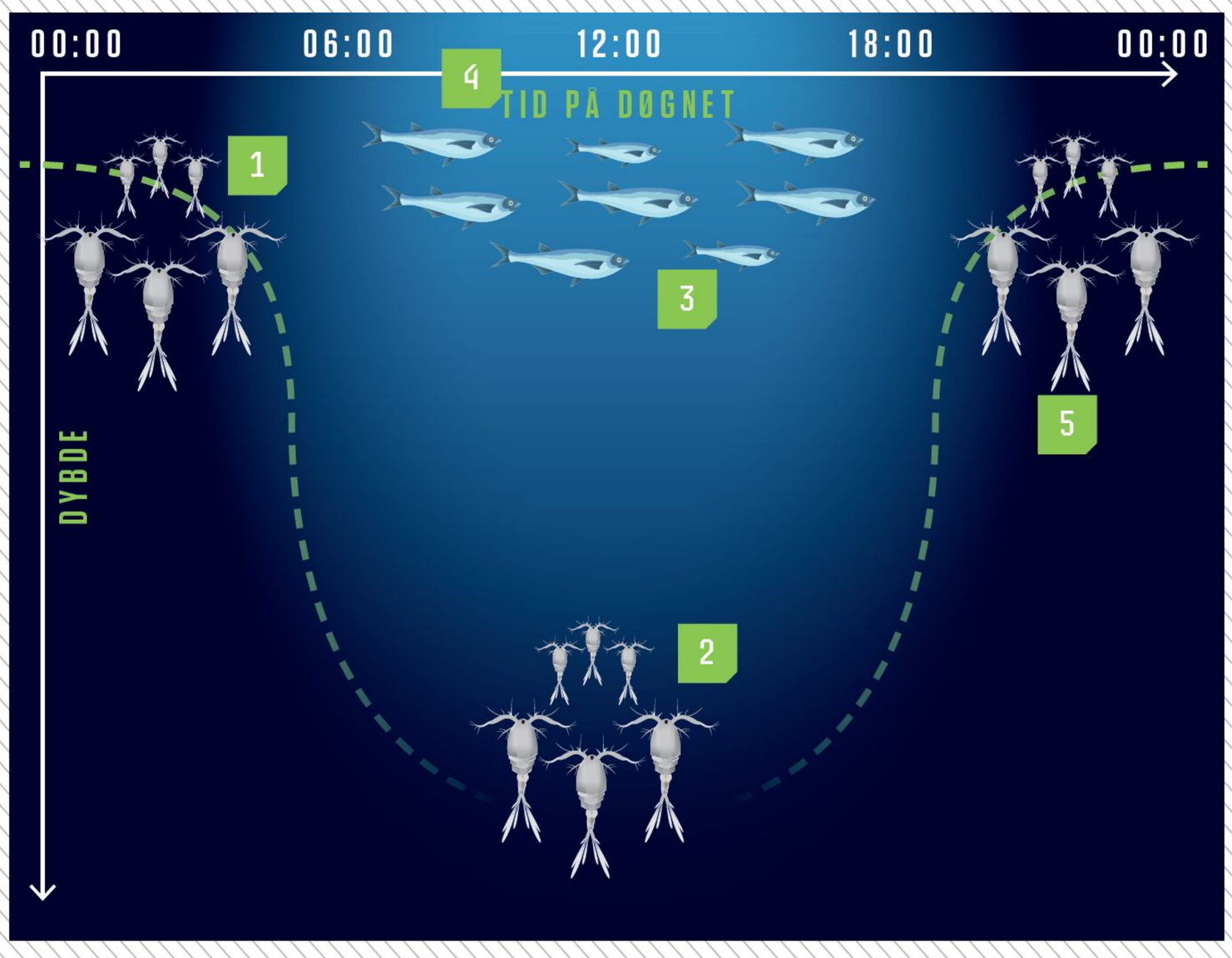
Zambias stråfargede flaggermus kan reise mer enn 2500 kilometer i løpet av ett trekk.

## FLAGGERMUS SOM POLLINERER FRUKT

Zambias stråfargede fruktflaggermus deltar i verdens største trekk av pattedyr hvert år mellom oktober og desember. Mer enn 10 millioner av disse flaggermusene flyr fra Kongo i Sentral-Afrika til Kasanka nasjonalpark i Zambia. Grunnen til at disse store flaggermusene – med vingespenn på opptil 80 centimeter – søker seg til den lille nasjonalparken, er at den er rik på masuku, en slags sukkerplommer. De voksne flaggermusene veier rundt 350 gram, og når de kommer frem, spiser de dobbelt så mye av de søte fruktene som kroppsvekten sin på bare én natt. Når de forlater nasjonalparken etter rundt tre måneder, har flaggermusene spist rundt en milliard plommer. Dette er ikke bare nok til at de kan fly langt over Afrika, men det bidrar også til pollinering av planter og frøspredning.

## VERTIKAL VANDRING

I forhold til biomasse er dyreplankton det dyret som har den lengste daglige vandringen av alle. De stiger opp og ned til dypet hver dag.




### 1 OPP TIL OVERFLATEN

Dyreplankton vandrer mot vannoverflaten om natten, der det er mer mat.

### 2 BESKYTTELSE MIDT PÅ DAGEN

Mens solen skinner på vannet om dagen, vandrer dyreplanktonet ned i havdypet. Dette beskytter DNA-et deres mot ultrafiolett (UV) lys.

### 3 UNNGÅ ROVDYR

Fisk som jakter på dyreplankton, ligger på lur i overflaten. I dagslys er det utrygt for dyreplankton, siden de er synlige for rovdyrene.

### 4 LYSKY VESENER

Bare 100 meter under havoverflaten er lysmengden bare én prosent av lysmengden ved overflaten.

### 5 HVA SLAGS DYR?

Dyreplankton er mikroskopiske vannlevende dyr som krill, kruttåte og pelagisk børstemark.

**VISSTE DU AT?** I løpet av sitt 30 år lange liv tilbakelegger en makrellterne en distanse som tilsvarer tre turer til månen og tilbake.

**Visste du at?**

Gnuer født midt i vandringen slutter seg til marsjen.

# MIGRASJON OVER FLERE GENERASJONER

Øyenstikkeren Anax junius trenger tre generasjoner for å vandre gjennom USA, men ikke alle trenger å reise.

### 7 KJEMISK SIGNATUR

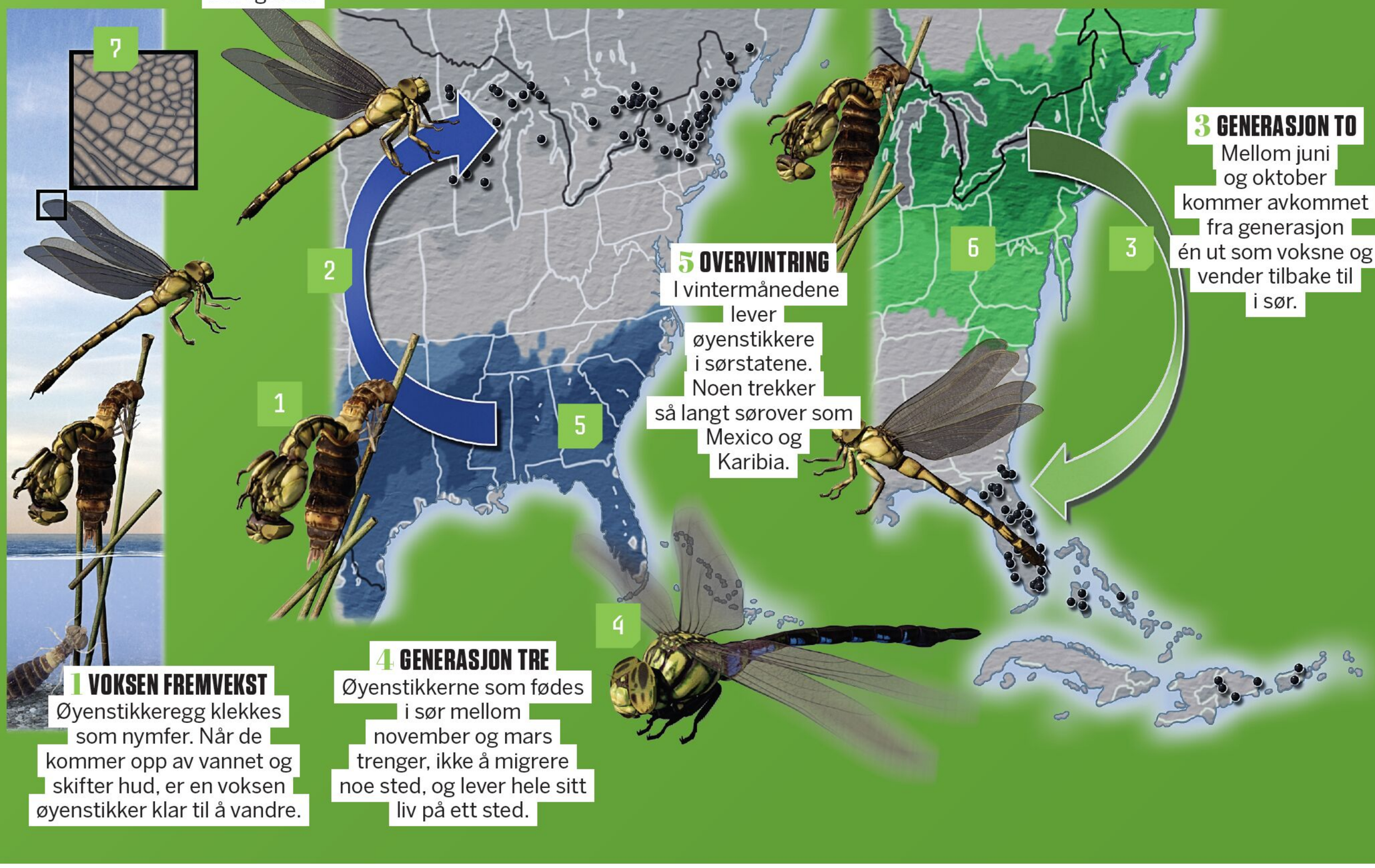
Hydrogen fra vannet de ble født i, er låst inn i vingene deres. Den kjemiske strukturen til dette grunnstoffet varierer avhengig av hvilken breddegrad kroppene deres vokste på. Forskerne brukte disse dataene til å kartlegge øyenstikkerartens bevegelser.

### 2 GENERASJON ÉN

Mellom februar og august begynner voksne øyenstikkere som klekker i sør, sin vandring nordover for å formere seg.

### 6 KJØLIGERE TEMPERATURER

Disse øyenstikkerne vandrer nordover, så langt som til Canada. Den 650 kilometer lange reisen tar mesteparten av deres voksne liv, og like etter reproduksjonen dør øyenstikkerne.




### 3 GENERASJON TO

Mellom juni og oktober kommer avkommet fra generasjon én ut som voksne og vender tilbake til i sør.

### 5 OVERVINTRING

I vintermånedene lever øyenstikkere i sørstatene. Noen trekker så langt sørover som Mexico og Karibia.

### 1 VOKSEN FREMVEKST

Øyenstikkeregg klekkes som nymfer. Når de kommer opp av vannet og skifter hud, er en voksen øyenstikker klar til å vandre.

### 4 GENERASJON TRE

Øyenstikkerne som fødes i sør mellom november og mars trenger, ikke å migrere noe sted, og lever hele sitt liv på ett sted.



Krabbene er stedegne på Christmasøya og er blitt fredet som art.

## RØDKRABBENE PÅ CHRISTMASØYA

I Det indiske hav, på Christmasøya i Australia, deltar den stedegne røde krabben i et årlig fenomen. En gang i året forflytter hele bestanden seg synkront fra skogene til kysten. Mer enn 120 millioner av de 11 centimeter brede krabbene dekker veier, steiner, skogbunn og strender når de vandrer til havet for å formere seg. Underveis danner de et bevegelig lag av røde skjell. Hannkrabbene begynner å vandre først, og hunnkrabbene dukker opp for å slutte seg til marsjen underveis. Begivenheten finner sted i oktober eller november, i god tid før den første nedbøren i regntiden. De røde krabbene formerer seg før daggry, når høyvannet trekker seg tilbake og månesigden er i ferd med å gå ned.

Getty / Alamy / Illustrasjon av Nicholas Forder

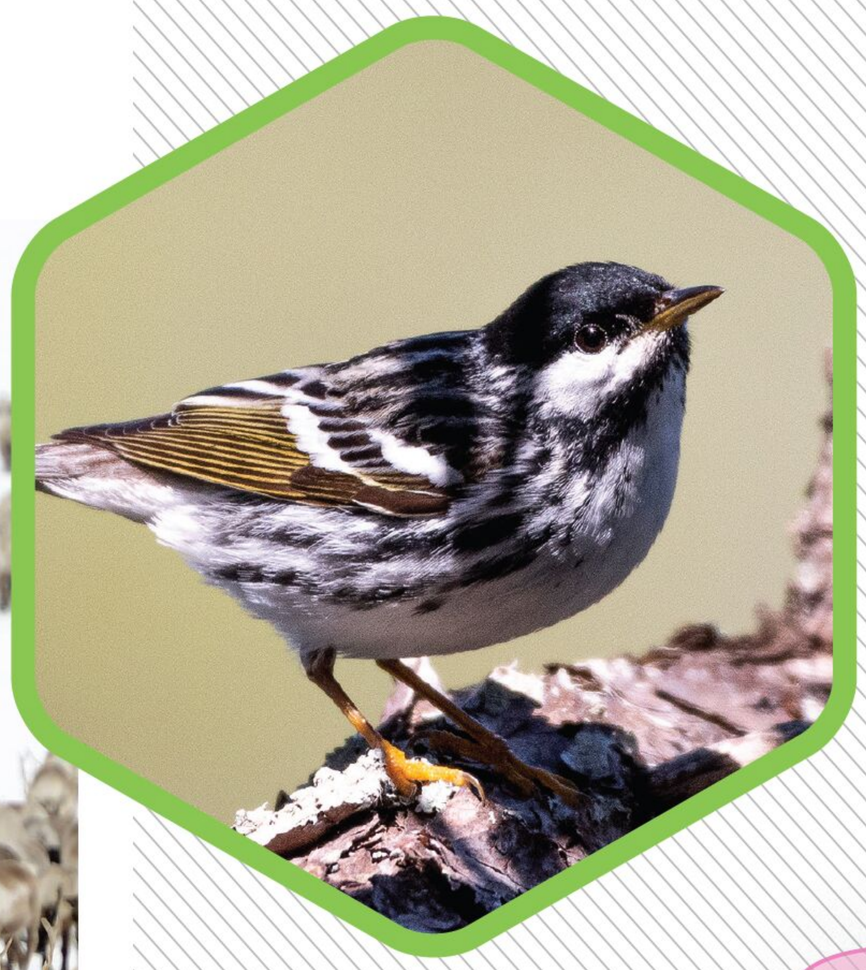


Reinen vandrer vanligvis i
I flokk på lange rekker.

# I SPORET ETTER LANDLEVENDE PATTEDYR

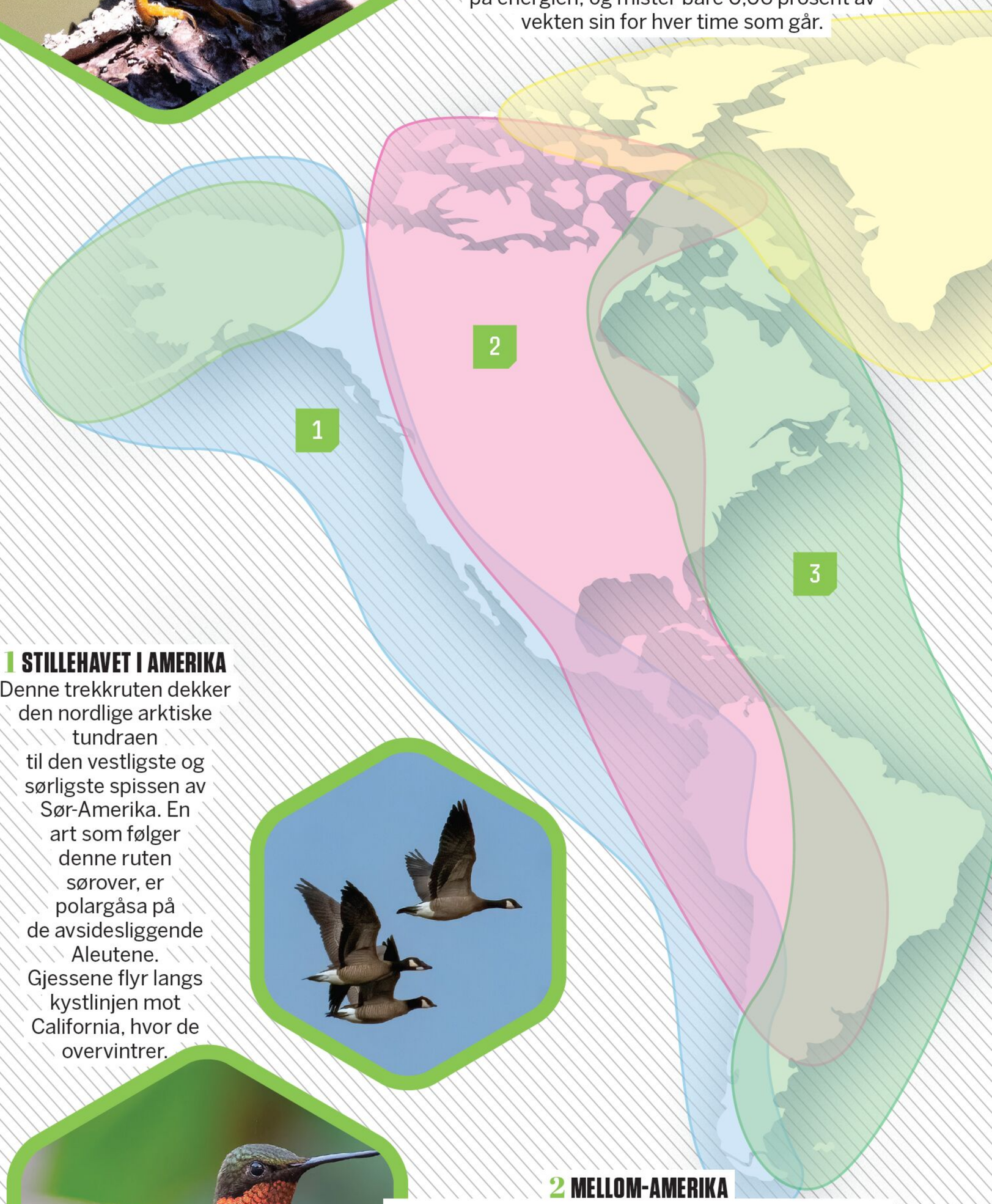
Nordamerikanske og grønlandske varianter av rein, også kjent som caribou, er det pattedyret som vandrer lengst på land, med en årlig strekning tur-retur 12 000 kilometer. Disse vandringene foregår i arktisk terreng når reinen vandrer sørover og nordover gjennom Alaska og Canada. Om våren trekker reinsdyrene vanligvis til de nordlige kystene for å føde ungene sine og unngå insekt-svermene som begynner å dukke opp lenger sør. Når snøen begynner å falle, starter en synkronisert vandring over hele kontinentet sørover for å finne mer skjermede områder. Mer enn 1000 kilometer utgjør en enorm forskjell i tilgangen på mose og lav som føde.

Det er imidlertid ikke alle caribou-arter som vandrer. Det finnes to genetiske undergrupper som oppsto under den siste istiden, da et stort isdekke delte rein-bestandene. De som levde nord for innlandsisen, levde i områder med få trær, noe som gjorde at de måtte flytte til mindre snødekte områder om vinteren. I sør levde reinsdyrene derimot i skogsområder, der trærne beskyttet maten mot snøen. Resultatet er at noen caribou-arter i dag vandrer, mens andre har utviklet seg til å bli stedfaste.



## 3 ATLANTERHAVET I AMERIKA

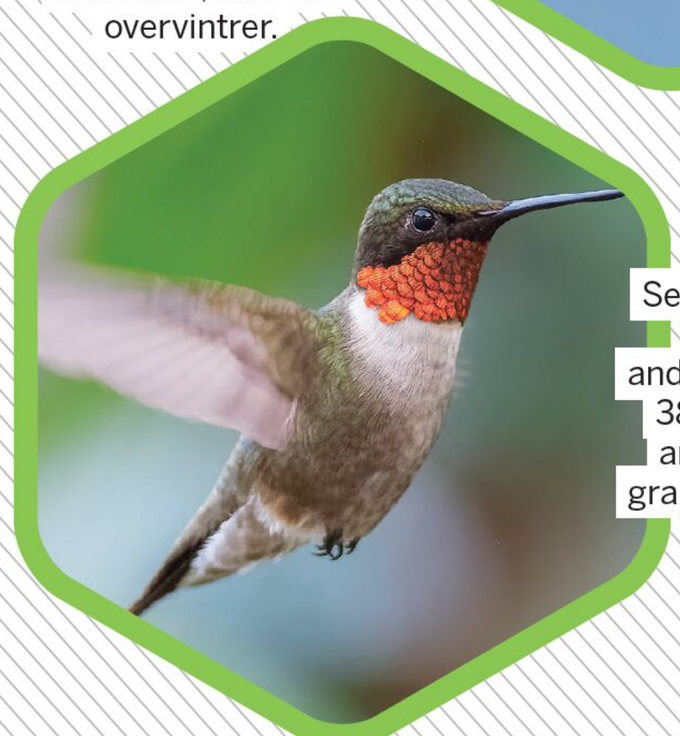
Polarsnipa flyr hele det 15 000 kilometer lange trekket, fra Det kanadiske polararkipelet til spissen av Sør-Amerika, to ganger i året. Havkryssingen i midten – mellom Nord- og Sør-Amerika – er en større distanse sammenlignet med de andre amerikanske trekkrutene. Fugler som svarthodeskogsangeren flyr i 88 timer for å krysse det 3000 kilometer lange havgapet. Før den trekker, fordobler svarthodeskogsangeren kroppsmassen sin. Den har utviklet en effektiv forbrenning for å holde på energien, og mister bare 0,06 prosent av vekten sin for hver time som går.




## 1 STILLEHAVET I AMERIKA

Denne trekkruten dekker den nordlige arktiske tundraen til den vestligste og sørligste spissen av Sør-Amerika. En art som følger denne ruten sørover, er polargåsa på de avsidesliggende Aleutene. Gjessene flyr langs kystlinjen mot California, hvor de overvintrer.





## 2 MELLOM-AMERIKA

Sentralt i denne trekkruten ligger Mexicogolfen. Noen arter flyr rett over denne vannmassen, mens andre følger kystlinjen for å finne en tryggere rute. Over 380 arter bruker denne trekkruten. En av de mindre artene er rubinstrupekolibri. Disse fuglene veier 3,5 gram, men er noen av de modigste som krysser midten av Mexicogolfen. Rubinstrupekolibrier flyr i 25 timer uten hvile for å fullføre trekket.

**VISSTE DU AT?** Laksen kan svømme motstrøms oppover elva i 400 kilometer.

# GLOBALE FUGLETREKK

De fleste av verdens trekkfugler følger disse åtte hovedrutene.

## 4 ØST-ATLANTEREN

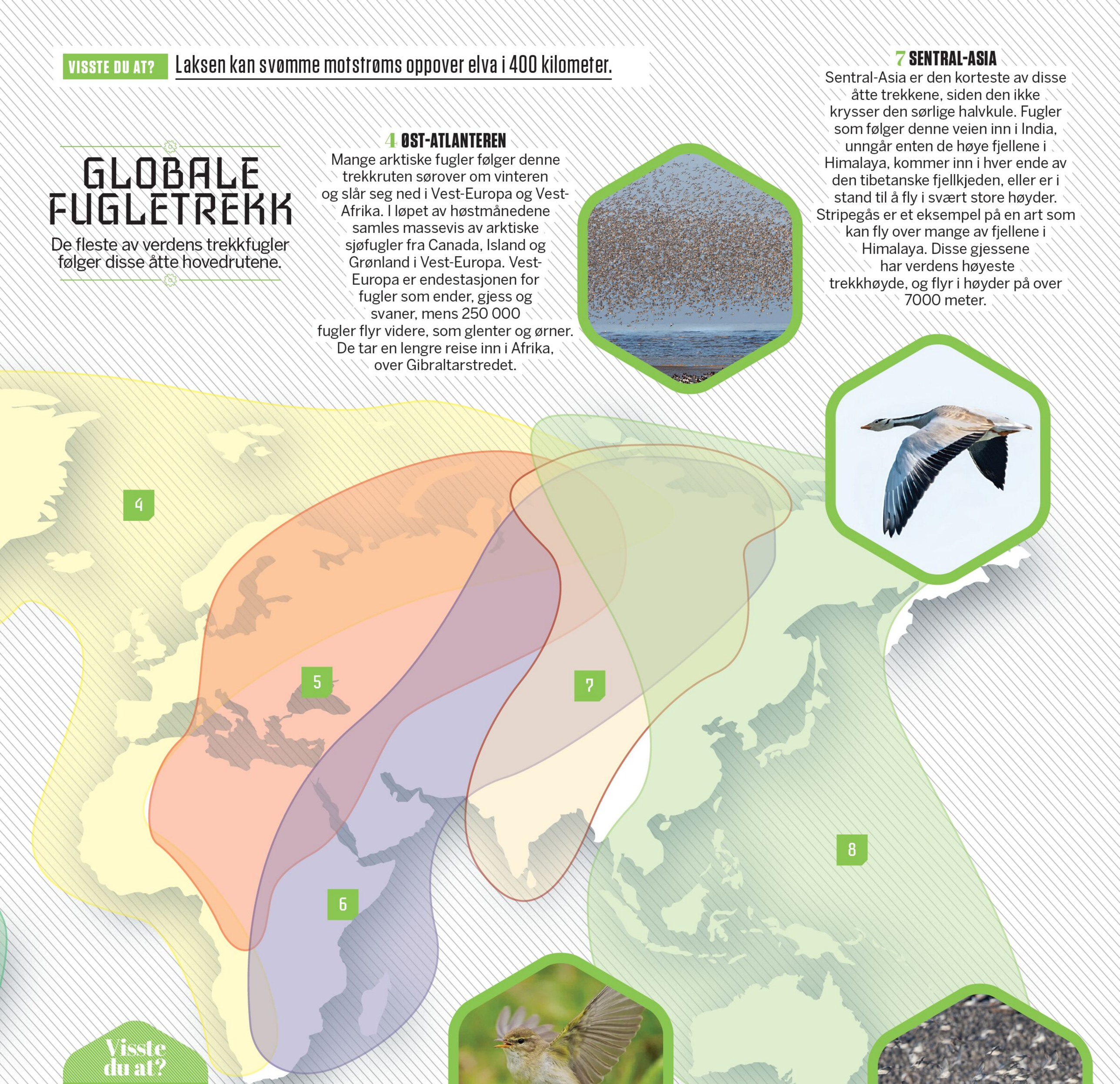
Mange arktiske fugler følger denne trekkruten sørover om vinteren og slår seg ned i Vest-Europa og Vest-Afrika. I løpet av høstmånedene samles massevis av arktiske sjøfugler fra Canada, Island og Grønland i Vest-Europa. Vest-Europa er endestasjonen for fugler som ender, gjess og svaner, mens 250 000 fugler flyr videre, som glenter og ørner. De tar en lengre reise inn i Afrika, over Gibraltarstredet.



## 7 SENTRAL-ASIA

Sentral-Asia er den korteste av disse åtte trekkene, siden den ikke krysser den sørlige halvkule. Fugler som følger denne veien inn i India, unngår enten de høye fjellene i Himalaya, kommer inn i hver ende av den tibetanske fjellkjeden, eller er i stand til å fly i svært store høyder. Stripegås er et eksempel på en art som kan fly over mange av fjellene i Himalaya. Disse gjessene har verdens høyeste trekkhøyde, og flyr i høyder på over 7000 meter.



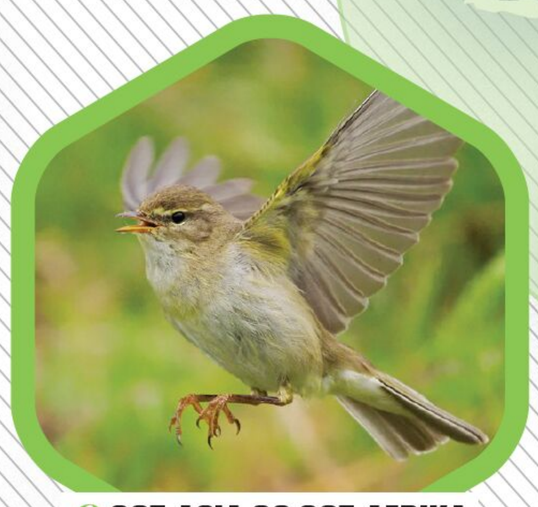



**Visste du at?**

Hyperfagi er tilstanden av overspising før en fugl trekker.

## 5 SVARTEHAVET OG MIDDELHAVET

Denne trekkruten knytter det russiske Arktis med Nord-Afrika. For fugler som trekker over hele ruten, er Middelhavet den største utfordringen.Heldigvis finnes det «landbroer» i dette området som gir muligheter for mellomlanding. Fugler som trekker fra Italia, kan bruke Messinastredet til Sicilia, mens andre ankommer Afrika via Malta.



## 6 ØST-ASIA OG ØST-AFRIKA

Fugler som bruker denne trekkruten, svinger vestover under trekket mot sør for å unngå Himalayas fjellbarrierer. I tillegg kan Afrika tåle en større tilstrømning av fuglearter enn den mindre landmassen i India. En fugl som på grunn av denne omveien har et spesielt langt trekk, er løvsangeren. Den tilbakelegger 10 000 km, fra nordøstlige Sibir til Sør-Afrika, noe som er den lengste reisen som noen sangfugl har foretatt.



## 8 ØST-ASIA OG AUSTRALASIA

Over 50 millioner trekkende sjøfugler bruker denne trekkruten. Noen, som f.eks. lappspoven, foretar imponerende reiser på 10 000 kilometer. Lappspoven flyr fra Alaska til New Zealand, noe som er den lengste direkteflyvningen noen fugl har gjort. Denne arten har også rekorden for den lengste reisen av noe dyr, som er gjort uten å stoppe for å spise.

© Alamy / Getty

# LIVET I EN KOMPOSTHAUG

TEKST AILSA HARVEY

**Slik omdanner den naturlige komposteringsprosessen matrestene til verdifull gjødsel.**

Matrester, hageavfall og annet organisk avfall trenger ikke å kastes i søppelbøtta. I stedet kan de resirkuleres i en prosess som kalles kompostering. Kompostering er nedbrytning av organisk materiale til næringsrik jord. Etter nedbrytning blir materialene til organiske molekyler som består av karbondioksid, vann, enkle sukkerarter og salter. Komposthauger er steder der denne prosessen får fortgang, fra år til måneder eller til og med bare noen få uker.

Kompostering foregår for det meste utendørs, og det finnes to hovedtyper: kald eller passiv kompostering og varm kompostering, også kalt aktiv kompostering. Kaldkompostering går mye saktere, men er enklere å håndtere. Alt du trenger å gjøre, er å tilsette de riktige materialene og la naturen gå sin gang. Jorden som dannes i denne prosessen, kan vanligvis ikke resirkuleres før etter minst ett år, ettersom mye av nedbrytningen skjer langsomt uten oksygen.

Varmkompostering er mer effektivt, men krever at du opprettholder et jevnt lag med karbon- og nitrogenrike materialer, samtidig som vann- og oksygennivået må optimaliseres jevnlig. Den ideelle temperaturen for rask, aktiv kompostering er 55 til 60 grader. Denne temperaturen oppnås når haugen er godt luftet og komposteringsforholdene er på topp. En enkel måte å sørge for at det kommer luft inn i midten av komposthaugen på, er å legge rør i toppen av komposten.

**VISSTE DU AT?** Australske klaveomnhøner bygger komposthauger i naturen for å ruge eggene sine i.




# EN OPPSKRIFT PÅ RIK JORD

Hvilke ingredienser fungerer best i en komposthaug?

**1 VEKSLENDE LAG**
En vellykket komposthaug har vekslende lag med tørre, karbonrike, «brune» elementer og våte, nitrogenrike «grønne» elementer.

**2 LUFT**
Større elementer tilfører luftlommer. Luft er nødvendig for at viktige mikrober skal overleve.

**3 FUKT**
Komposten bør inneholde mellom 40 og 60 prosent vann.

**4 FERSKT GRESS**
Gressklipp inneholder mye nitrogen, noe som øker reproduksjonen hos mikroorganismene.

**5 BOKASHIJORD**
Jorden fra bokashi – en prosess som bryter ned matavfall ved fermentering – kan tilsettes kompost for å øke forekomsten av vennligsinnede mikrober.

**6 MATAVFALL**
Matrester kan brytes fullstendig ned til kompost på bare noen få uker.

**7 EGGEKARTONG**
De naturlige materialene i eggekartong brytes raskt ned og blir til rikholdig gjødsel.

**8 TØRRE BLOMSTER OG BLADER**
Tørt plantemateriale inneholder mye karbon. De beste bladene å bruke er løv fra ask, lønn, poppel og selje.

**9 INNHOLDET I STØVSUGEREN**
Støvet fra støvsugeren inneholder noen raskt komposterbare materialer som menneske- og dyrehår og hudflak.

**10 TØRT GRESS**
Tørt gress er et nyttig brunt lag hvis det har ligget i et par uker.

**11 TREFLIS**
Treflis er stive og skaper luftlommer i komposthaugen.

**12 PAPP**
Papp og papir kan bløtlegges og rives for å tilføre fuktighet til komposten.

## HVA ER MARKKOMPOST?

Et annet begrep for markkompost er vermikultur. Det innebærer at man bruker mark til å bryte ned organisk materiale til næringsrik jord. Bare ved å eksistere i jorden forbedrer markene jordkvaliteten og bryter ned hageavfall. I tillegg er jorden de produserer, ideell for dyrking av flere planter som kan gis tilbake til markene som mat. Markkompost kan bryte ned mer avfall enn tradisjonell kompostering. Dette skyldes at mark spiser et bredt utvalg av produkter, som kjøtt og meieriprodukter. I vanlig kompost tar det for lang tid å bryte ned disse matvarene, og smittsomme bakterier som *Escherichia coli* og *Salmonella* kan hope seg opp. Marken kan bryte ned disse raskt, men det anbefales likevel ikke å tilsette kjøtt og meieriprodukter, da de kan skape sterke og ubehagelige lukter.



Eksperter på markkompost anbefaler å tilsette mark og avfall i komposten i like store mengder for å oppnå best mulig resultat.

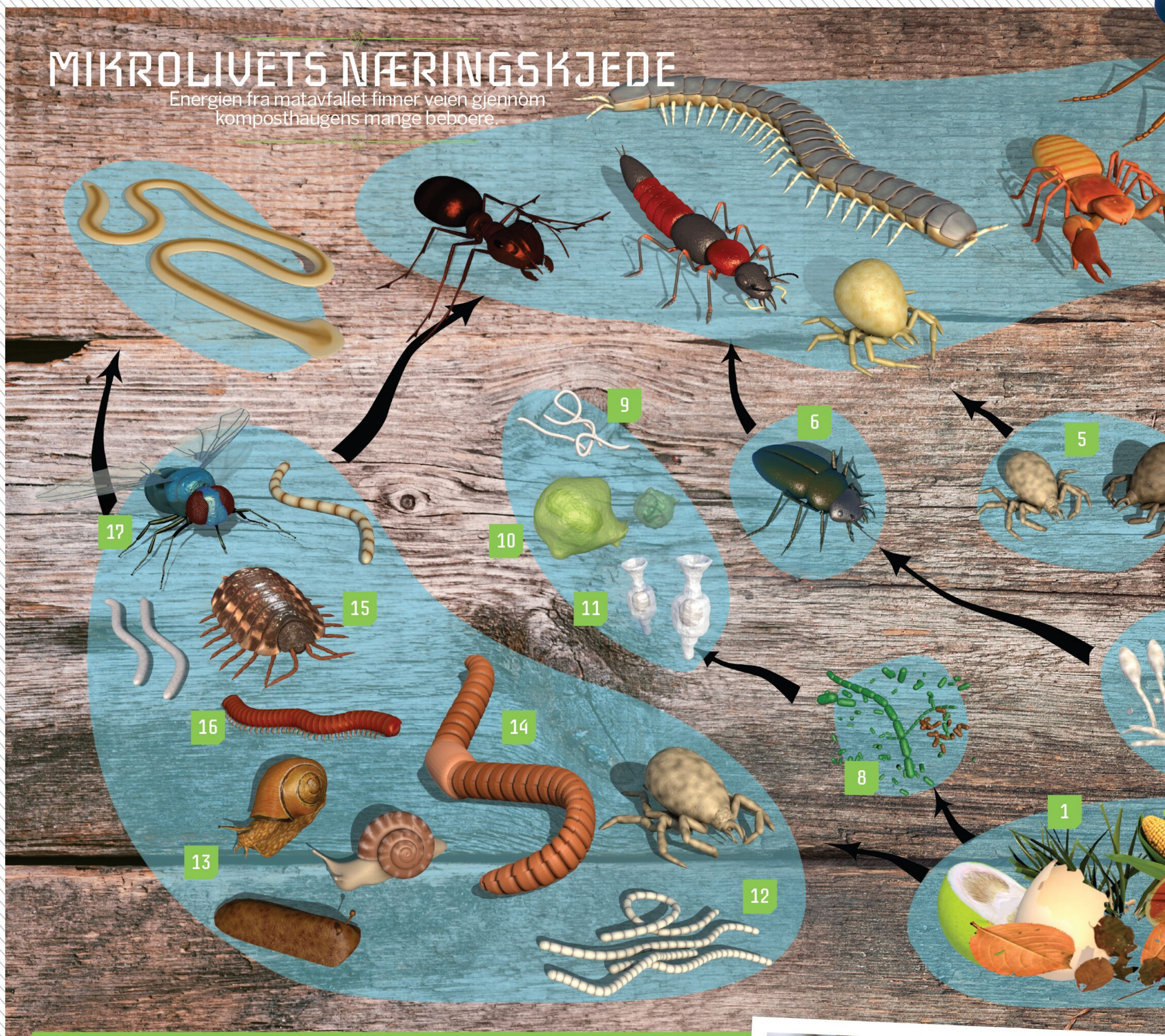
**Visste du at?**
Bønder har kompostert jord i 12 000 år.



© Getty / Shutterstock

# MIKROLIVETS NÆRINGSKJEDE

Energien fra matavfallet finner veien gjennom komposthaugens mange beboere.



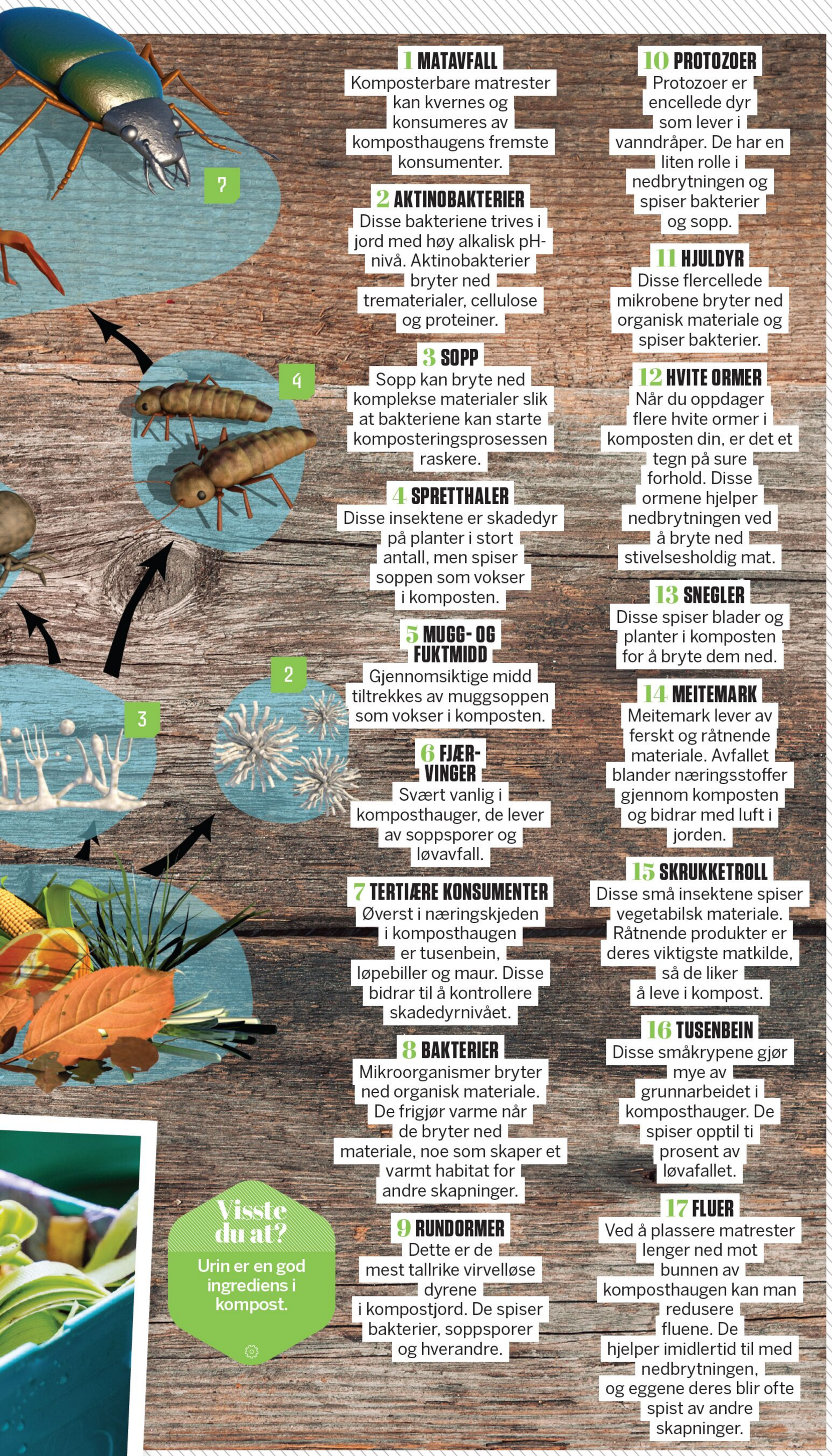

## MILJØFORDELER

Rundt en femtedel av alt husholdningsavfall er mat – den nest største avfallstypen etter papir. Uten kompostering havner nesten all denne maten på deponi. Deponier er ikke bærekraftige; de forurenser den naturlige sammensetningen i bakken og slipper ut stikkende lukt og klimagasser som metan. I San Francisco kan man se hvilken innvirkning storskala kompostering kan ha på deponiene. I 2009 ble kompostering et krav for alle i byen. Ved å sortere det komposterbare avfallet forhindret byen at 80 prosent av avfallet havnet på deponi. Kompostering gir også mye sunnere jord, der det organiske materialet holder jorden bedre sammen, holder på mer vann og øker næringsinnholdet naturlig, slik at det ikke er behov for kunstgjødsel. Mange planter kan trives i jordsmonnet som kompostering gir, og jordsmonnet binder mer karbondioksid, som ellers ville akkumuleres i atmosfæren.



Rundt 7 millioner hjem i Storbritannia har separate matavfallsbeholdere.

**VISSTE DU AT?** Komposthauger kan nå 23 grader på bare noen få dager.




**1 MATAVFALL**
Komposterbare matrester kan kvernes og konsumeres av komposthaugens fremste konsumenter.

**2 AKTINOBAKTERIER**
Disse bakteriene trives i jord med høy alkalisk pH-nivå. Aktinobakterier bryter ned trematerialer, cellulose og proteiner.

**3 SOPP**
Sopp kan bryte ned komplekse materialer slik at bakteriene kan starte komposteringsprosessen raskere.

**4 SPRETTHALER**
Disse insektene er skadedyr på planter i stort antall, men spiser soppen som vokser i komposten.

**5 MUGG- OG FUKTMIDD**
Gjennomsiktige midd tiltrekkes av muggsoppen som vokser i komposten.

**6 FJÆR-VINGER**
Svært vanlig i komposthauger, de lever av soppsporer og løvavfall.

**7 TERTIÆRE KONSUMENTER**
Øverst i næringskjeden i komposthaugen er tusenbein, løpebiller og maur. Disse bidrar til å kontrollere skadedyrnivået.

**8 BAKTERIER**
Mikroorganismer bryter ned organisk materiale. De frigjør varme når de bryter ned materiale, noe som skaper et varmt habitat for andre skapninger.

**9 RUNDORMER**
Dette er de mest tallrike virvelløse dyrene i kompostjord. De spiser bakterier, soppsporer og hverandre.

**10 PROTOZOER**
Protozoer er encellede dyr som lever i vanndråper. De har en liten rolle i nedbrytningen og spiser bakterier og sopp.

**11 HJULDYR**
Disse flercellede mikrobene bryter ned organisk materiale og spiser bakterier.

**12 HVITE ORMER**
Når du oppdager flere hvite ormer i komposten din, er det et tegn på sure forhold. Disse ormene hjelper nedbrytningen ved å bryte ned stivelsesholdig mat.

**13 SNEGLER**
Disse spiser blader og planter i komposten for å bryte dem ned.

**14 MEITEMARK**
Meitemark lever av ferskt og råtnende materiale. Avfallet blander næringsstoffer gjennom komposten og bidrar med luft i jorden.

**15 SKRUKKETROLL**
Disse små insektene spiser vegetabilsk materiale. Råtnende produkter er deres viktigste matkilde, så de liker å leve i kompost.

**16 TUSENBEIN**
Disse småkrypene gjør mye av grunnarbeidet i komposthauger. De spiser opptil ti prosent av løvafallet.

**17 FLUER**
Ved å plassere matrester lenger ned mot bunnen av komposthaugen kan man redusere fluene. De hjelper imidlertid til med nedbrytningen, og eggene deres blir ofte spist av andre skapninger.



**Visste du at?**
Urin er en god ingrediens i kompost.

# HVORDAN LAGE KOMPOST



**1 VELG RIKTIG STED**
Et tørt område uten direkte sollys er et ideelt sted. Du bør velge et sted langt fra hjemmet ditt, men likevel i nærheten av en vannkilde, for eksempel en hageslange.



**2 LEGG TIL GJENSTANDER**
Bruk gjenstandene fra oppskriften på forrige side og begynn å bygge komposthaugen i lag. Hvert lag skal være rundt ti centimeter dypt.



**3 FUKT JORDEN**
Etter hvert som du bygger lagene, fyller du på med vann med jevne mellomrom. På den måten sikrer du at jorden er jevnt fuktig hele veien.



**4 RØR RUNDT JEVNLIG**
Å blande komposten fremskynder nedbrytningsprosessen. Gjør dette minst en gang annenhver uke med en hagerive eller lignende.



**5 VÆR TÅLMODIG**
Sørg for at jorden forblir fuktig, men ikke for våt, som en sammenklemt svamp Det tar ca. to til fire måneder før materien brytes ned når den blandes regelmessig.

© Getty / Illustrasjon av Adrian Mann

# DØDELIGE DINOSAUR-SYKDOMMER

**Fra forhistoriske parasitter til eldgamle luftbårne infeksjoner – dette er sykdommene som plaget disse gigantiske skapningene.**

TEKST JACK PARSONS

**VISSTE DU AT?** Du kan utforske hundrevis av CT-skanninger av dinosaurbein fra University of Texas på **digimorph.org**

Vi vet alle at *Tyrannosaurus rex* terroriserte *Triceratops* på land. Mange av oss kan se for oss pterosaurer som stuper ned fra himmelen for å snappe til seg mindre byttedyr. Noen få kjenner kanskje til og med *Mosasaurus*, leviatanen som hersket over de gamle verdenshavene. Men selv om disse mektige rovdyrene er viktige i vår forestilling om dinosaurenes tidsalder, fantes det en langt større trussel som vi glemmer – en usynlig fiende som slo til uten forvarsel og drepte millioner flere skapninger i mesozoikum enn noen annen: sykdom.

Det er ingen overraskelse at dinosaurene ble syke. De var levende vesener som pustet, akkurat som oss. Men vi vet svært lite om hvilke sykdommer som faktisk gjorde disse fortidsdyrene syke. Det skyldes at man kan identifisere tegn på skader som brukne lemmer og krigsarr i fossilene – ofte med litt mer enn et forstørrelsesglass – men det er langt vanskeligere å diagnostisere sykdom. Det er ikke bare det at bakterier og virus er mikroskopiske. Sykdommer angriper for det meste indre organer, som er laget av mykt bløtvev og vanligvis råtner for raskt til å kunne bevares.

I sjeldne tilfeller finnes det rester av dinosaurkjøtt. I 2022 ble det funnet rester av innvollene til en glupsk raptor i Kina, og i 2016 ble det funnet hjernevev fra en *Iguanodon*-lignende planteeter i Storbritannia. Disse ble sannsynligvis bare bevart fordi levningene deres var nedsenket i myrlignende vann. Men som oftest må paleopatologer – forskere på tidligere tiders sykdommer – nøye seg med å granske fossile knokler for sjeldne tegn på alvorlig sykdom.

Moderne teknologi hjelper imidlertid disse forskerne med å grave dypere etter ledetråder. 20 år etter at den ble oppfunnet for bruk i medisinsk diagnostikk, brukes computertomografi, eller CT-skanning som den er bedre kjent som, til å se inn i fossiler. Dette apparatet bruker røntgenstråler, men resultatene er mye mer detaljerte enn røntgenbildet du kan få på sykehuset hvis du har brukket beinet. Det er høyoppløselige 3D-rekonstruksjoner som du kan zoome inn og ut på for å utforske strukturene fullt ut. Dette kan avsløre lesjoner og misdannelser som ligger skjult



Paleontologer skanner fossiler med høyere røntgendoser enn man bruker på en levende pasient.

## DINOSAURER KJEMPET OGSÅ MOT KREFT

Ny forskning tyder på at dinosaurer kunne lide av kreft. Beviset ble gravd opp i 1989, men det ble ikke anerkjent før nylig. En *Centrosaurus apertus* ble avdekket i Alberta i Canada, med et misdannet leggbein. Ekspertene trodde den gang at det dreide seg om en dårlig tilhelet skade. Men i 2020 undersøkte et annet forskerteam – bestående av patologer, en kirurg, en radiolog og paleontologer – fossilet på nytt ved hjelp av høyoppløselige CT-skanninger. De diagnostiserte deformiteten som osteosarkom, en aggressiv beinkreft som også finnes hos mennesker.

Dette er ikke det eneste eksemplet på kreft i fossiler. Det er også funnet svulster hos *T. rex* og *Bonapartesaurus*. Men begge disse svulstene så ut til å være godartede, noe som betyr at de ikke påvirket dinosaurens daglige liv i alvorlig grad. Dermed er funnet i 2020 det første eksempelet på en dinosaur som fikk en ondartet svulst og at kreften kan ha spredt seg til andre deler av kroppen og blitt dødelig.



*Centrosaurus var en litt mindre fetter av Triceratops.*

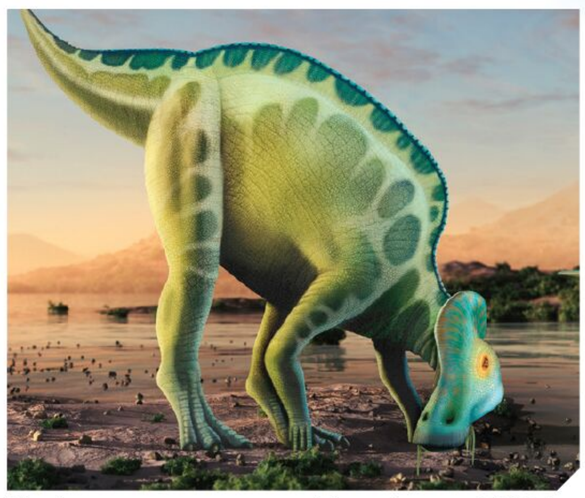
© Alamy / Getty

dypt inne i knoklene. Dette er tydelige tegn på infeksjoner, men umulig å identifisere fra utsiden.

Etter hvert som paleontologene utvider teknikkene de bruker for å analysere fossiler, trekker de også inn ulike typer eksperter for å hjelpe dem. Leger og radiologer har hjulpet til ved å sammenligne CT-skanninger av fossiler med menneskelige sykejournaler for å se etter likheter, mens veterinærforskere har delt sin kunnskap om hvordan sykdommer manifesterer seg hos andre reptiler, som krokodiller, samt fugler, som utviklet seg direkte fra dinosaurer. Denne nye tilnærmingen snur opp ned på tidligere forskning. Fossiler som man trodde var forvridde bein eller bittmerker, viste seg å være langt mer interessante. Ved å diagnostisere disse lidelsene fra urtiden lærer vi mer om dinosaurene som ble rammet av dem. Vi forstår biologien deres bedre når vi oppdager sykdommer de hadde felles med dagens dyr. Sykdomstypene og hvordan de kan ha spredd seg, gir oss også en pekepinn på hvordan dinosaurene oppførte seg overfor artsfrender, og hvordan forholdet mellom rovdyr og byttedyr var.

## LEDDBETENNELSE

**For rundt 70 millioner år siden levde en hadrosaur langs et grunt hav som dekket det som i dag er New Jersey. Den hadde skikkelig vondt i armen, og to århundrer etter at den ble gravd ut, vet vi at det skyldtes bakteriell leddbetennelse – det første kjente tilfellet hos en dinosaur. Dette er en vanlig beinsykdom som ofte utvikler seg når en skade blir infisert. En CT-skanning avslørte tegn på erosjon i to armbein, med en porøs tekstur i stedet for sunt, tett beinvev. På utsiden hadde begge knoklene utbulinger, og det hadde dannet seg nye bein. Ved utgravningen rapporterte den banebrytende paleontologen fra 1800-tallet at de to knoklene var vokst sammen, men at det skjøre fossilet hadde gått i stykker.**



Hadrosauren var et sjeldent funn på USAs østkyst, som har få fossiler.



Dollys eksakte art er ukjent, men de var i slekt med *Diplodocus* og *Brontosaurus*

## EN VELDIG «SAURO» HALS

**Tenk deg hvor ille det må føles hvis det krasler i en 25 meter lang hals. Det finnes ikke nok kamillete i hele verden til å lindre den! En sauropod med kallenavnet Dolly hadde et alvorlig tilfelle av forkjølelse. Ifølge forskerne innebar dette hoste, pusteproblemer og feber. Infeksjonen var så alvorlig at den satte spor i nakkevirvlene til skapningen, noe vi fortsatt kan se i fossilet i dag. Mens Dolly er det første bekreftede tilfellet av en dinosaur med luftbåren sykdom, ble det i 2021 funnet mulige tegn på tuberkulose på ribbeinet til en *Titanosaur*, en annen sauropod.**

## OBDUKSJON AV DINOSAUREN DOLLY

Denne luftveisinfeksjonen ville ha vært skikkelig plagsomt for halsen og luftsekkene.

### 1 SISTE ÅNDEDRAG

Dolly pustet inn en luftbåren sykdom, muligens sporer fra en sopp som ville ha trivdes det fuktige Montana i urtiden.

### 2 NED I HALSEN

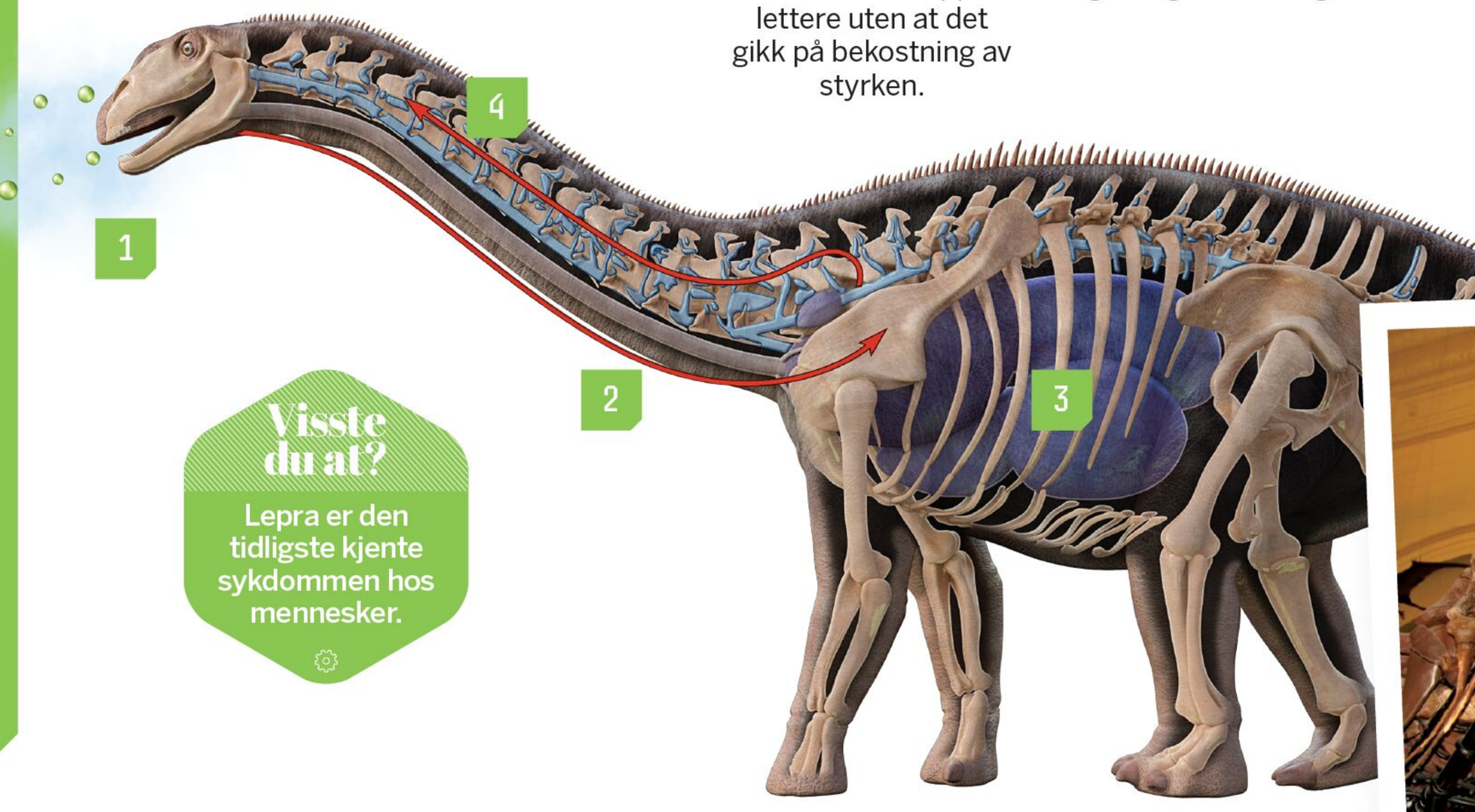
Sykdommen ble ført med Dollys pust ned gjennom det lange luftrøret og ned i lungene, men det stoppet ikke der.

### 3 HULROM

På samme måte som våre fugler sirkulerte luften gjennom hule bein og organer som kunne blåse seg opp, kalt luftsekker. Disse bidro til å gjøre Dollys kolossale kropp lettere uten at det gikk på bekostning av styrken.

### 4 INGEN TEGN TIL BEDRING

Sykdommen satte seg fast i en luftsekk i brystkassen til Dolly. Dessverre var infeksjonen sannsynligvis kronisk og muligens dødelig.




### Visste du at?

**Lepra er den tidligste kjente sykdommen hos mennesker.**

**VISSTE DU AT?** Over 700 arter ikke-flyvende dinosaurer er identifisert.

# T. REX' DØDSVONDE TANNPINE

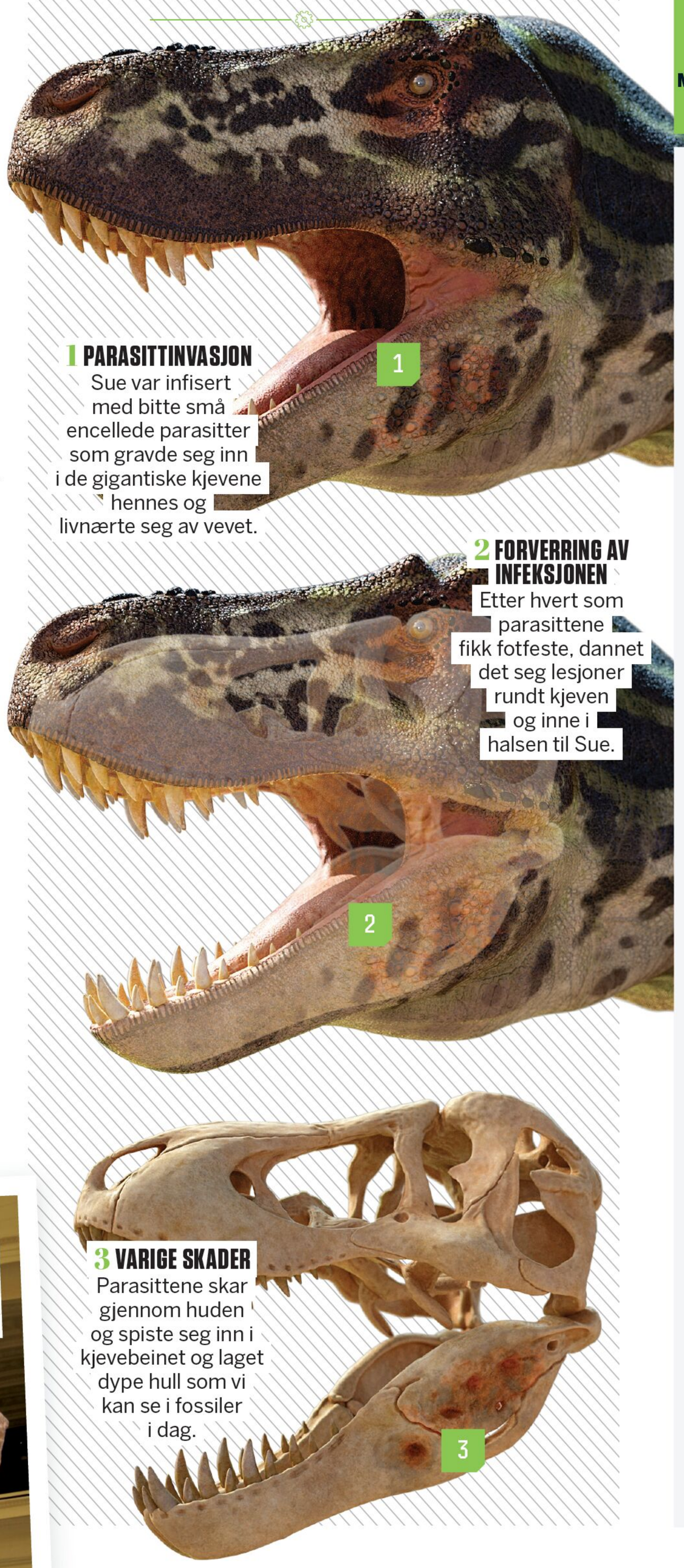
*T. rex var kongen av senkrittperioden. Den kunne skilte med en munn full av bananstore tenner og en bitekraft på 3500 kilo – det tilsvarer like mye som tre små biler. Men dette tannsettet var også topprovdyrets svake punkt. «Noen av verdens mest berømte T. rex-eksemplarer har hull i kjeven», sier forsker Steve Salisbury fra University of Queensland. «Noen eksemplarer ser ut som sveitserost.» Sammen med et lite team undersøkte Salisbury over 60 T. rex-fossiler. Blant dem var Sue, et av de best bevarte skjelettene, som er utstilt på Field Museum i Chicago. «Vi tror nå at disse hullene skyldes en infeksjonssykdom som kalles trichomoniasis», sier Salisbury. Dette er en sykdom forårsaket av mikroskopiske parasitter. Mange duer bærer den i dag, men er immune. Men hauker og falker som spiser duer, kan bli svært syke og utvikle lesjoner i undernebbene. Det er mulig at T. rex også fikk infeksjonen fra byttet sitt. Men de voldsomme theropodene var også kjent for å slåss seg imellom. «Vi tror ikke det er tilfeldig at et betydelig antall eksemplarer av voksne tyrannosaurer viser både merker etter ansiktsbiting og tegn på en trichomoniasis-lignende sykdom», sier Salisbury. «Slåssing, og spesielt hodebiting, ville ha vært en ideell mekanisme for å spre sykdommen blant tyrannosaurene.». Uansett hvordan de ble smittet, ville infeksjonen ha betydd en langsom og smertefull død. Den ville ha gjort det vanskeligere og vanskeligere for dyret å spise, helt til det sultet i hjel.*



En nærmere undersøkelse tyder på at Sue var 28 år da hun døde – det er veldig gammelt for en *T. rex*.

## OBDUKSJON AV T. REX: SUE

Ingen tannlegetime ville ha reddet Sue.



**1 PARASITTINVASJON**
Sue var infisert med bitte små encellede parasitter som gravde seg inn i de gigantiske kjevene hennes og livnærte seg av vevet.

**2 FORVERRING AV INFEKSJONEN**
Etter hvert som parasittene fikk fotfeste, dannet det seg lesjoner rundt kjeven og inne i halsen til Sue.

**3 VARIGE SKADER**
Parasittene skar gjennom huden og spiste seg inn i kjevebeinet og laget dype hull som vi kan se i fossiler i dag.

## 5 FAKTA
### FORSKJELLIGE MÅTER DINOSAURER DØDE PÅ

**1 Å BLI SPIST**
Det var en spis eller bli spist-verden. Vi kjenner til minst 100 kjøttspisende dinosaurer, fra den kråkestore *Microraptor* til den enorme *Spinosaurus*, som med sine 14 meter var tre ganger så stor som en afrikansk elefant.

**2 Å BLI BITT**
Du tenker kanskje at du er heldig som slipper unna et sultent rovdyr. Men selv en skramme kan være dødelig hvis den blir infisert med bakterier. En ruvende sauropod i Kina ble funnet med tegn på puss i en skade forårsaket av enten en tann eller klo.

**3 KNUSTE KNOKLER**
Knuste knokler finnes det mange av i fossilmaterialet. Mens mange av dem viser tegn på tilheling, noe som betyr at dyrene har overlevd, viser andre tegn på å ha blitt infisert. Men ikke alle disse skadene stammer fra kamp. Mye tyder på at theropoder som *T. rex* hadde en tendens til å snuble og falle.

**4 NATURKATASTROFE**
Geologien tyder på at vulkanutbrudd var vanlige for 65–70 millioner år siden, noe som ville ha vært eksplosivt og ødeleggende. Mens en flokk på tusenvis av *Centrosaurus* ble utslettet i en flom for 77 millioner år siden, muligens forårsaket av en tropisk storm.

**5 ASTEROIDENEDSLAG**
Det skulle bare ett asteroidenedslag til for 66 millioner år siden for å utslette dinosaurene. Nedslaget forårsaket katastrofale skogbranner, jordskjelv, tsunamier og en støvsky som blokkerte sollyset i ett år.

Getty / Alamy / Illustrasjon av Nicholas Forder

# SLIK OVERLEVER DU I AUSTRALIAS OUTBACK

## Vit hva som er spiselig og ikke i naturen, hvor det er vann, og hvordan bekjempe krokodiller.

TEKST AILSA HARVEY

Rundt 40 menneskeliv går tapt årlig i Australias enorme villmark, kjærlig kalt the outback. Det er et landskap som bare noen av de mest motstandsdyktige plantene og dyrene på jorden er i stand til å kalle hjem. Aboriginerstammene har i løpet av 65 000 år lært seg å overleve her. De har lært seg å leve i det unike miljøet og finne mat fra den skrinne og til tider giftige vegetasjonen. De fleste stammene respekterer naturens evne til å gi og ta liv, og har blitt klokere for hver generasjon. De bruker innovative metoder for å utnytte ressursene rundt seg, blant annet ved å utvinne plantedeler som medisin mot sykdom og skader påført av dyr. Bladene fra emubusken brukes for eksempel til å rense sår, og har vist seg å ha samme naturlige egenskaper som moderne antibiotika. Og en knalloransje ørkensopp virker mot trøske i munnen når man putter den i munnen.

Mange av dem som besøker villmarken hvert år, er fremmede for det ubarmhjertige landskapet. Til tross for at den dekker 2,1 millioner kvadratkilometer – mer enn 70 prosent av Australia – bor bare fem prosent av landets befolkning der. Ofte frykter besøkende dyrene som har gjort krav på landet, men varme og dehydrering er de to største dødsårsakene der. Kroppen din kan bruke mer enn fire ganger så mye vann om sommeren, ettersom dagtemperaturene vanligvis ligger på rundt 40 grader. Dehydrering i disse omgivelsene kan føre til døden i løpet av noen timer. Og alle andre sikkerhetstiltak du måtte ta, mister sin effekt når dehydrering reduserer evnen til å tenke klart. Uten den omfattende kunnskapen som Australias forfedre hadde, bør besøkende dra ut i villmarken så godt rustet som mulig, både mentalt og fysisk.



**Visste du at?**

Om vinteren synker temperaturen i villmarken til under null grader.

**VISSTE DU AT?** I Northern Territory bor det 0,16 personer per 1000 kvadratmeter.

## NØDVENDIG UTSTYR

Når du utforsker den australske villmarkens vidstrakte ørkenlandskap over lengre tid, kan noen få viktige ting utgjøre forskjellen mellom liv og død. Overlevelsesutstyret ditt bør inneholde navigasjonsutstyr, vannrensingsutstyr, nødkommunikasjonsteknologi og beskyttende fotturutstyr. Bærbare vannfiltre er avgjørende i situasjoner der du går tom for rent drikkevann. Australias outback er kjent for sine tørre forhold, så hvis du kan fjerne rusk og bakterier fra det begrensede naturlige vannet, reduserer du risikoen for alvorlig dehydrering.

Med få store geografiske landemerker vil GPS-enheter være din redning, slik at du kan holde deg på riktig kurs. Hvis dette ikke fungerer, er et kompass alltid en nødvendig backup. I store deler av Australias villmark er det ikke mobildekning, så satellittelefoner er nyttige for nødkommunikasjon. Til slutt bør du tenke på beskyttelse mot vær og dyr. Du trenger et robust telt og klær som transporterer fuktighet for å beskytte huden mot solen og holde deg kjølig. Mange tynne lag med klær er en effektiv måte å regulere temperaturen på.



Tennutstyr er lurt å ha for å lage mat, koke vann og som lyskilde.



Jorden her er rik på jern, som gir den en rødlig fargetone.

© Getty

# HVOR ER VANNET?

Sletteområdet Great Artesian Basin er en 650 000 kvadratkilometer stor underjordisk ferskvannsressurs.

**1 EULO**
I nærheten av denne lille byen finner man et utløp av bassengets vann i form av gjørmekilder. Gjørme og vann presses opp gjennom sprekker i bakken. Slammet er termisk oppvarmet og mineralrikt.

**2 WARREGO BRØNN**
Dette hullet, eller brønnen, ble boret i 1890 som en av 541 brønner som ble fullført innen 1897 for å få tilgang til bassengets vann. I dag finnes det over 50 000 brønner.

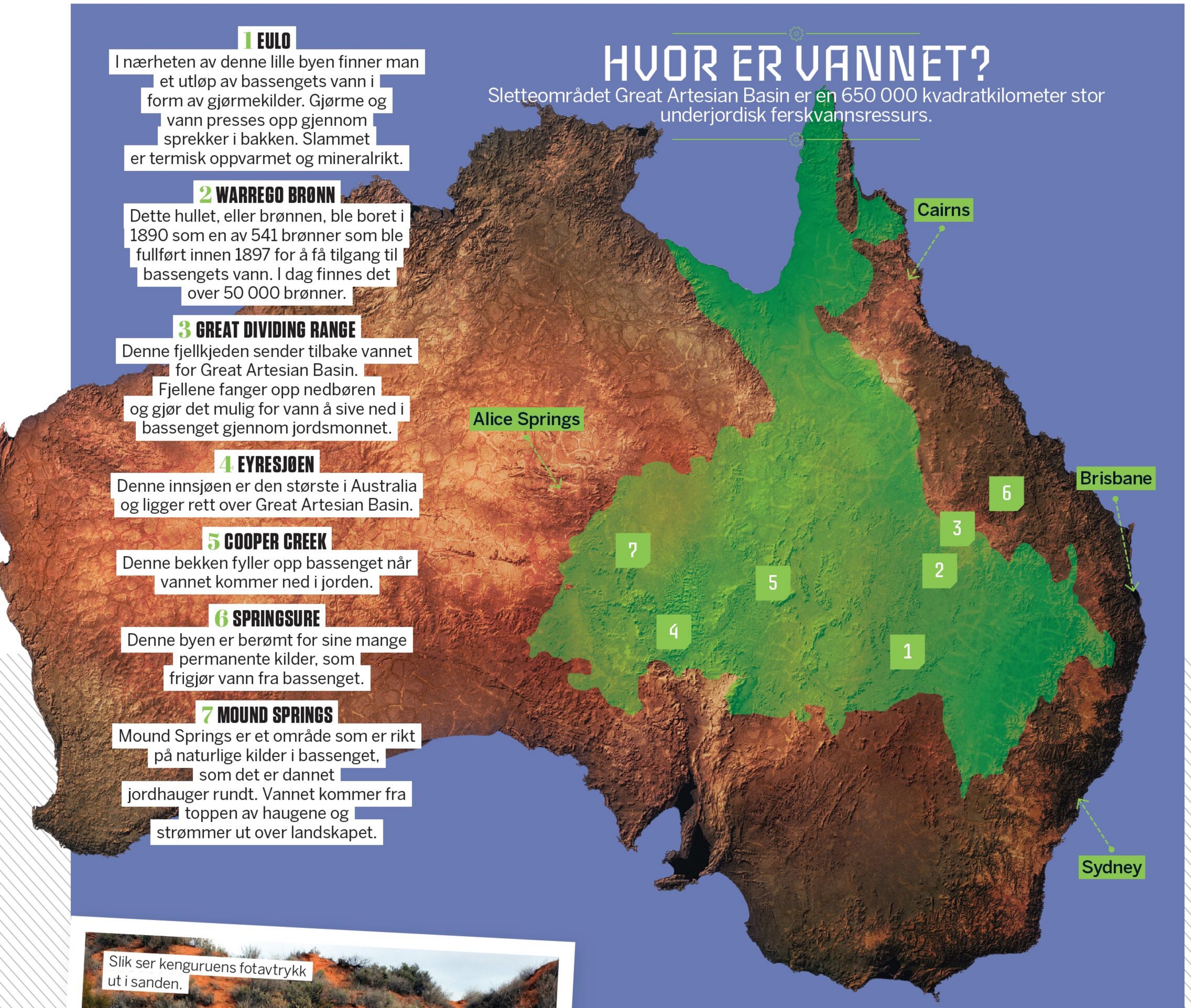
**3 GREAT DIVIDING RANGE**
Denne fjellkjeden sender tilbake vannet for Great Artesian Basin. Fjellene fanger opp nedbøren og gjør det mulig for vann å sive ned i bassenget gjennom jordsmonnet.

**4 EYRESJØEN**
Denne innsjøen er den største i Australia og ligger rett over Great Artesian Basin.

**5 COOPER CREEK**
Denne bekken fyller opp bassenget når vannet kommer ned i jorden.

**6 SPRINGSURE**
Denne byen er berømt for sine mange permanente kilder, som frigjør vann fra bassenget.

**7 MOUND SPRINGS**
Mound Springs er et område som er rikt på naturlige kilder i bassenget, som det er dannet jordhauger rundt. Vannet kommer fra toppen av haugene og strømmer ut over landskapet.






Slik ser kenguruens fotavtrykk ut i sanden.

## Å FØLGE FOTSPOR

Hvis du noen gang går deg vill i den australske outback, er det verdt å undersøke bakken. Hvis du kommer over spor etter mennesker eller dyr, kan det lede deg til sivilisasjonen, eller i det minste til en vannkilde. Ved å følge tidligere opptråkkede stier kan du komme tilbake til etablerte ruter, mens noen dyrespor uunngåelig vil lede deg til en vannkilde. Sporene etter villsvin og kenguruer fører til vann, ettersom de trenger å drikke regelmessig. Disse sporene bør følges nedover hvis du er på jakt etter vann. Når det gjelder ukjente dyrespor, er det mest sannsynlig at de som ser ut til å ha blitt tråkket regelmessig, er dyretråkk som fører til vann.

**VISSTE DU AT?** Oppkommene slipper daglig ut rundt 1,3 milliarder liter vann fra Great Artesian Basin.

# GRUNNLEGGENDE TIPS FOR Å FINNE MAT

**7 VERKTØY OG MATERIALER**
Kvaen inni kvistene har blitt brukt som lim, og greinene og barken har blitt utnyttet til ved.

**6 DUFTENDE BLOMSTER**
Blomstene på akasieplanten kan spises rett fra treet, og de brukes ofte til å lage blomsterkaker.




**5 GRØNNE FRØ**
Når frøene på akasieplanten er grønne, kan de tilberedes som erter.

## AKASIE TIL SÅ MANGT

I over 50 000 år har australierne brukt akasieplanten «wattle» for å overleve, som mat, medisin og verktøy.

**1 SKALLMEL**
Frøskallene kan males til mel og brukes til å lage deig.

**2 BUSH-POPKORN**
Akasiefrø kan stekes rå over bål til de spretter. Da får frøene en sprø konsistens og søt smak.

**4 BARK**
Barken har et høyt innhold av tanniner, som kan brukes som et middel mot fordøyelsesbesvær.

**3 MOTSTANDSDYKTIG VEKST**
Akasie er en utbredt matkilde, siden den kan overleve tørkeperioder og trives i varme klimaer.

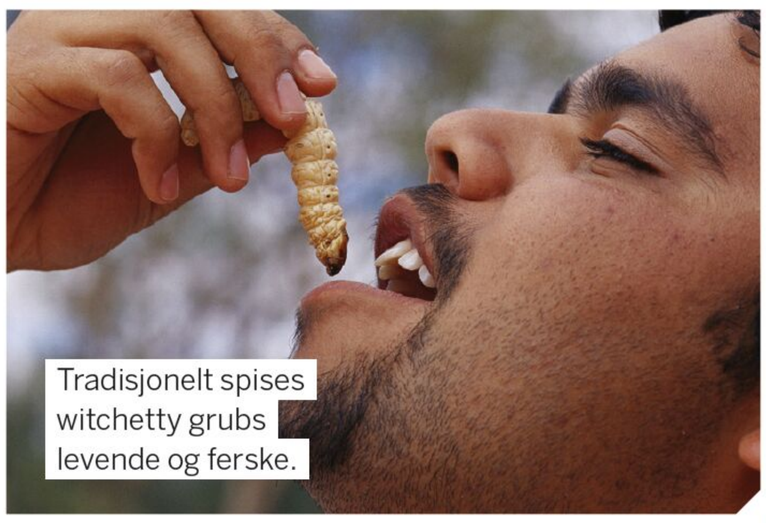
**Visste du at?**
Larven witchetty grub lever på røttene til witchetty-busken.

## SPISELIGE INSEKTER

Det er kanskje ikke alles førstevalg, men når det er lite mat, kan du se til småkrypene for å få energi og næringsstoffer. Insekter har vært en delikatesse i bushen i tusenvis av år, men det krever kunnskap om hvilke dyr som er spiselige. De viktigste gruppene av spiselige insekter er witchetty grub, bogong moth og honeypot ant.

Witchetty grubs er larvene til den gigantiske sommerfuglen Endoxyla cinereus. Historisk sett var den en viktig matkilde i aboriginske samfunn på grunn av larvens imponerende energiinnhold. Vekten av insektene består av 15 prosent protein og 20 prosent fett. Witchetty grub spises vanligvis rå eller lett stekt. De har en kremaktig konsistens og en nøtteaktig, egglignende smak når de er rå, men når de tilberedes, smaker de mer kjøttaktig.

I New South Wales har store bogong-møll (Agrotis infusa) lenge blitt brukt til kulinariske formål på grunn av at den er både tallrik og fettrik.


Tradisjonelt spises witchetty grubs levende og ferske.

Nattsvermeren forflytter seg faste tider i året. De er lette å samle inn i store mengder, ettersom de vanligvis hviler på hverandre. Tradisjonelt varmebehandles nattsvermeren og males til en pasta.

I motsetning til de større, saftigere skapningene virker maur som et merkelig måltidsvalg for å overleve. Men siden de finnes i alle områder av Australias outback, er de et pålitelig måltid. Maur er en god proteinkilde, relativt enkle å fange og har unike smaker fra art til art. Grønne maur har en sitrussmak, mens honningmaur har fylt magen med honning og smaker søtt.

## 5 FAKTA
### GIFTIGE PLANTER OG FRØ

**1 BUSH-TOMAT**

Bush-tomaten kan være et velsmakende mellommåltid, men pass på at de er modne. Når de fortsatt er grønne, er de giftige, da de inneholder giftstoffet solanin.

**2 STRYKNIN-FRUKT**

De små, oransje kulene som henger ned fra dette treet, kan se ut som en appetittvekkende saftig frukt, men inneholder svært giftige frø. Spiser man disse, kan man bli lam eller dø.

**3 FINGER-KIRSEBÆR**

Å spise denne frukten har blitt forbundet med permanent blindhet. Noen spiser den likevel uten at det har noen negative effekter, men det anbefales å holde seg unna denne frukten.

**4 KENGURU-EPLE**

Alle deler av denne planten er giftige når de er grønne og umodne. Når de er modne, er de imidlertid myke og spiselige.

**5 BURRAWANG**

Denne konglen er giftig inntil den gjennomgår en grundig behandling. Aboriginene i Australia har lært at planten blir spiselig etter at frøene er knust og lagt i bløt i vann som skiftes ut regelmessig i flere uker.

WikiC: Andy Scott
© Alamy / Getty / Shutterstock

# DØDELIG MØTE: OUTBACK DYREGUIDE


1

## 1 SALTVANNS-KROKODILLER

Saltvannskrokodiller er ikke kresne når det gjelder byttet sitt, og de nøler ikke med å prøve å sette sine kraftige tenner i deg hvis du kommer for nær. De lever langs kysten av Australia, men de drar også innover i landet til sumper, myrer og innsjøer. De er eksperter på å jakte i bakhold og er godt kamuflert i det gjørmete vannet, der de ligger på lur rett under overflaten. Siden de er vanskelige å se i landskapet, bør du unngå å svømme i vann med ukjent risiko – spesielt i Nord-Australia, der disse krokodillene er mest vanlige.

### LIVREDDENDE KUNNSKAP

Kjevene til en krokodille er nesten umulige å komme ut av. Men hvis en krokodille har fått tak i deg, er din beste sjanse til å overleve å sikte deg inn på sårbare kroppsdeler som øyne og hode. Hvis du blir dratt under vann og blir snurret rundt i en såkalt «dødsrull», bør du prøve å rulle med krokodillen for å unngå at lemmene dine blir skadet. Hvis du overlever et krokodillebitt, er første prioritet å stoppe blødningen og unngå infeksjon ved hjelp av antibiotika.

## 2 LIVSFARLIG SLANGE

Innlandstaipanen er den giftigste slangen i verden, og den tråler Australias outback på jakt etter sitt neste bytte. Dette hardføre reptilet er godt tilpasset høye temperaturer og tørre landskap. Vær på vakt mot små sprekker og bakken og under steiner, for her søker de ly, vekk fra sollyset og ditt blikk. Bare ett bitt fra innlandstaipanen frigjør nok gift til å drepe 100 mennesker. For å identifisere denne slangen skal du se etter store til mellomstore slanger med gul eller brun farge, et avrundet hode og store, mørke øyne.

### LIVREDDENDE KUNNSKAP

Til tross for sitt dødelige rykte nærmer innlandstaipanen seg vanligvis ikke mennesker. Hvis du likevel blir bitt, bør du forholde deg så rolig som mulig. Dette hindrer giften i å spre seg raskt rundt i kroppen. Legg bandasje på bittstedet, eller trykk hardt hvis det ikke kan bandasjeres.

## 3 EDDERKOPPER

Australsk redback er en av landets giftigste edderkopper. Man kan støte på den både i urbane områder og i det ekstreme klimaet i villmarken. Edderkoppen kjennetegnes av den røde stripen over ryggen, og den er ansvarlig for rundt 2000 rapporterte bitt hvert år. Hunnene er ansvarlig for de styggeste bittene, men de forårsaker vanligvis ikke døden hos voksne. I stedet angriper giften nervesystemet og forårsaker intense og langvarige smerter.

### LIVREDDENDE KUNNSKAP

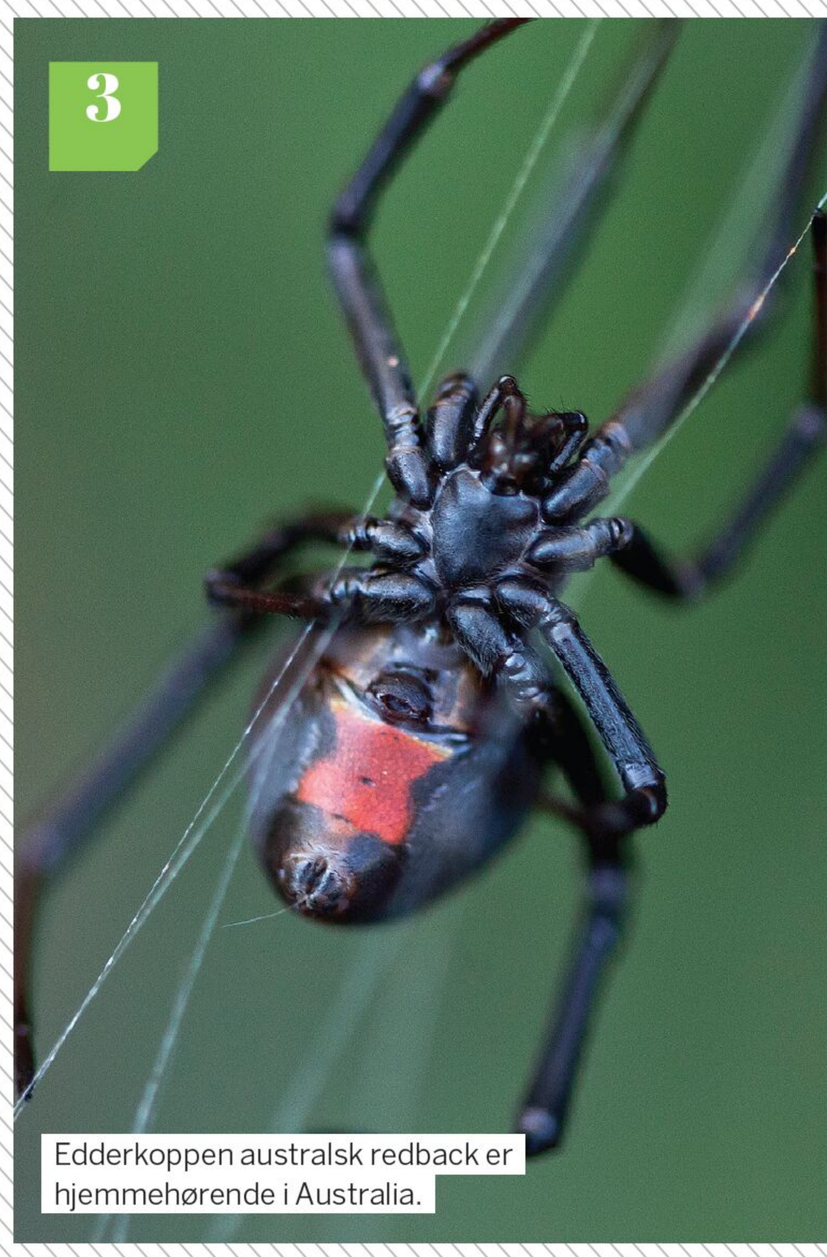
Et bitt av en redback har mer alvorlige konsekvenser for barn, så det er mer kritisk for barn å få rask legehjelp. Den som er bitt bør, legge seg ned og hvile, mens en annen person kan bruke en kald gjenstand for å lindre smerten. Bittet blir behandlet med motgift av legen.

## 4 SINNATAGGEN

Ørkenskorpionen Urodacus yaschenkoi er en av de mest aggressive skorpionene i Australia. De måler rundt 8 til 11 centimeter i lengde og er utbredt i de sentrale regionene i villmarken. Skorpionen graver dype huler i sanden for å beskytte seg mot solen, og den kommer for det meste frem etter mørkets frembrudd. Hvis den blir provosert, er den kjent for å være svært aggressiv mot mennesker. Den stikker med halen og forårsaker en betennelse som varer i mange timer. Tegn på en defensiv skorpion er blant annet at den står oppreist, har høy hale og åpne klør, klare til å klype.

### LIVREDDENDE KUNNSKAP

Skorpionstikk i Australia er vanligvis ikke dødelige, men de kan utløse en dødelig allergisk reaksjon. Du bør vaske et stikk med en gang og bruke antiseptisk middel for å forhindre infeksjon. Et kaldt omslag og smertestillende midler kan brukes for å lindre smerten, men du bør oppsøke legehjelp hvis smerten ikke avtar.


3

Edderkoppen australsk redback er hjemmehørende i Australia.

**VISSTE DU AT?** 30 000 mennesker forsvinner i Australia hvert år – det tilsvarer én person hvert 18. minutt.

**Visste du at?**

Saltvanns-krokodillene oppsto for 240 millioner år siden.



En voksen saltvannskrokodille har i gjennomsnitt 66 tenner.



Innlandstaipaner kan drepe en person på 45 minutter.

2



4



Ørkenskorpioner kan leve i opptil 20 år.

## FØLG MED PÅ VÆRET

Den australske villmarken, outbacken, er et enormt område med stort sett flatt, tørt terreng. Ettersom det er innland, kan ikke havet bidra til å moderere temperaturer og vær-forandringer. Samtidig betyr beliggenheten relativt nær ekvator at miljøet får intenst med sollys og lange perioder med høye temperaturer. Noen av de farligste værforholdene her er skogbranner, hetebølger, støv- og sandstormer, plutselige regnskyll i de nordlige områdene og tørkeperioder.

Du kan se om en støvstorm er på vei ved å observere fargen på himmelen. Hvis den skifter og får en rød fargetone, er det en indikasjon på at en støvstorm kan være på vei. Endringer i dyreatferd kan også varsle deg om at været er på vei. Mange dyr har skjerpede sanser for å gi dem større sjanse til å overleve. Hvis alle dyrene i nærheten søker ly, er det neppe tilfeldig.



Når det er støv i atmosfæren, blir det blå lyset spredt, og himmelen fremstår som rødere.

© Getty



**Visste du at?**

Noen synkehull dannes under vann, som Great Blue Hole i Belize.

# HVA ER SYNKEHULL?

## Synkehull er hulrom som oppstår når jordoverflaten kollapser. Hvordan oppstår disse livsfarlige fenomenene?

TEKST IAIN STEWART

Florida er en amerikansk delstat som er i ferd med å kollapse. Midt mellom bygatene, de rolige forstedene og sitruslundene åpner det seg portaler inn til det virkelige, skjulte Florida. Så godt som hele solskinnsstaten, fra Keys i sør til grensen mot Georgia i nord, er dekket av en merkelig, huleaktig underverden. Det er fordi Florida er bygget på en enorm plattform av kalkstein. Bare noen titalls meter under bakken kanaliserer et enormt underjordisk elvesystem – Florida-akviferen – milliarder av liter grunnvann gjennom underjordiske passasjer. Dette nedgravde nettverket sørger for mesteparten av Floridas ferskvann. Det holder gresset grønt, fyller de mange svømmebassengene og slukker innbyggernes tørst. Men vannet tærer også på Floridas løse kalksteinsfundament. Og det betyr at over bakken er det stor fare for synkehull.

Synkehull dannes for det meste ved at syreholdig regnvann langsomt tærer vekk kalksteinen og skyller jord og sedimenter inn i hulrommene. Resultatet er et hullete landskap med små groper og fordypninger som kan oversvømmes og gi boligeiendommer etterlengtede dekorative hagedammer. Men noen synkehull dannes ved at bakken over grotter og huler plutselig kollapser. Synkehullene der bakken over kollapser, er livsfarlige trusler som lurer i Floridas undergrunn.

Hva som utløser disse synkehullene, er fortsatt et mysterium. Noen er forårsaket av for mye vann. Orkaner kan dumpe tonnevis av vann på land i løpet av noen timer, tynge ned jordsmonnet og få takene på hulene under til å kollapse. Andre sprekker opp på grunn av for lite vann. Tørkeår eller grunnvannspumping kan redusere trykket i vannfylte hulrom, slik at sidene mister støtte og faller inn.

Men hovedårsaken til Floridas økende antall synkehullsskader er oss selv. Floridas solskinn lokker stadig flere mennesker til delstaten, og den urbane ekspansjonen fører til at vi får stadig flere synkehull i naturen. Tidligere ville de ha gått ubemerket hen … men ikke nå.

**“Vannet tærer på Floridas løse kalksteinsfundament. Og det betyr at over bakken er det stor fare for synkehull.”**

## ANDRE SYNKEHULL RUNDT OM I VERDEN



### GUATEMALA

Florida er kanskje synkehullenes episenter, men andre steder har vel så farlige hull. I 2010 drepte et synkehull minst 15 mennesker i Guatemala City. Det åpnet seg i kjølvannet av den tropiske stormen Agatha. Det var bare tre år etter at et lignende synkehull i 2007 drepte tre mennesker i samme by.



### BOSNIA

Synkehull er et vanlig problem i Øst-Europa, der store deler av landskapet består av løse bergarter som kalkstein. I november 2013 våknet innbyggerne i Sanica opp og oppdaget at et enormt synkehull hadde tømt dammen i landsbyen deres.



### OMAN

Synkehull er ikke alltid traumatiske. Synkehullet Bimmah i Bayt al-Afreet blir ofte omtalt som et av verdens vakreste synkehull. Det er en turistattraksjon i seg selv, og feriegjester strømmer til for å bade i det smaragdgrønne vannet.

**VISSTE DU AT?** Xiaoxhai Tiankeng i Kina er verdens dypeste synkehull på 660 meter.



## 1 UNDERJORDISKE HULROM

Når kalksteinen løses opp, oppstår det porer og sprekker som slipper inn mer vann. Denne prosessen uthuler grunnfjellet og skaper et stort nettverk av underjordiske hulrom. Bakken over danner en bro over disse hulrommene, og når den ikke lenger kan bære sin egen vekt, kollapser den inn i seg selv, og danner et synkehull.

## 3 UFORUTSIGBAR FARE

På grunn av mange ulike faktorer er det vanskelig å forutsi når et synkehull kan åpne seg. Ulike løse bergarter oppfører seg forskjellig, og vann kan ha varierende surhetsgrad. Dette synkehullet åpnet seg plutselig, og lokale myndigheter skyldte på store mengder overflatevann som følge av en orkan.

# FLORIDAS FARLIGE FUNDAMENT

Dette 14 meter dype synkehullet åpnet seg under husene i Lake City i 2005 og tvang folk til å evakuere.

1

3

2

4

## 2 STEIN FORVITRER

De fleste synkehullene i Florida skyldes et lag med kalkstein som ligger under jordsmonnet over hele delstaten. Dette laget er ekstremt løst, og surt regnvann siver gjennom jordsmonnet til det når kalksteinen og eroderer den over tid.

## 4 VANNBASSENGER

Regnvann samler seg i bunnen av et synkehull, og danner en slags grunn, sur dam som fremskynder oppløsningen av kalksteinen under.

© Getty / Alamy



# HISTORIE

HISTORIE

# UTROLIGE OPPFINNELSER FRA D-DAGEN

**Dristige innovasjoner gjorde det mulig for de allierte å lande på strendene i Normandie i 1944.**

TEKST AILSA HARVEY

Det er over 80 år siden D-dagen, dagen da de allierte styrkene under andre verdenskrig invaderte strendene i Normandie i Frankrike som en del av Operasjon Overlord. Den 6. juni 1944 kjempet mer enn 156 000 allierte soldater mot nazistene som okkuperte området. Det førte til slutten på den tyske okkupasjonen av Frankrike og banet vei for de alliertes seier i Europa.

Den innovative teknologien som ble til under forberedelsene til D-dagen, bidro i stor grad til at landgangen ble så effektiv. Landgangen på D-dagen var svært strategisk planlagt, fra matematiske maskiner som ga avgjørende informasjon før angrepet, til den stille ankomsten av tropper og kjøretøy som kunne nøytralisere Tysklands forsvarsverk.

Spesialkjøretøyer fikk ny og bedre teknologi, som for eksempel stridsvogner som la ut tepper foran seg. Dette kjøretøyet ble først satt inn på sandstrendene for å legge ut harde matter på den myke sanden, slik at andre kjøretøy lett kunne bevege seg over.

Planleggingen av D-dagen begynte i desember 1941. Millioner av menn og kvinner ble trent, og nytt utstyr ble produsert. Resultatet var en velutført plan, støttet av ny teknologi, som tok den tyske hæren på sengen.

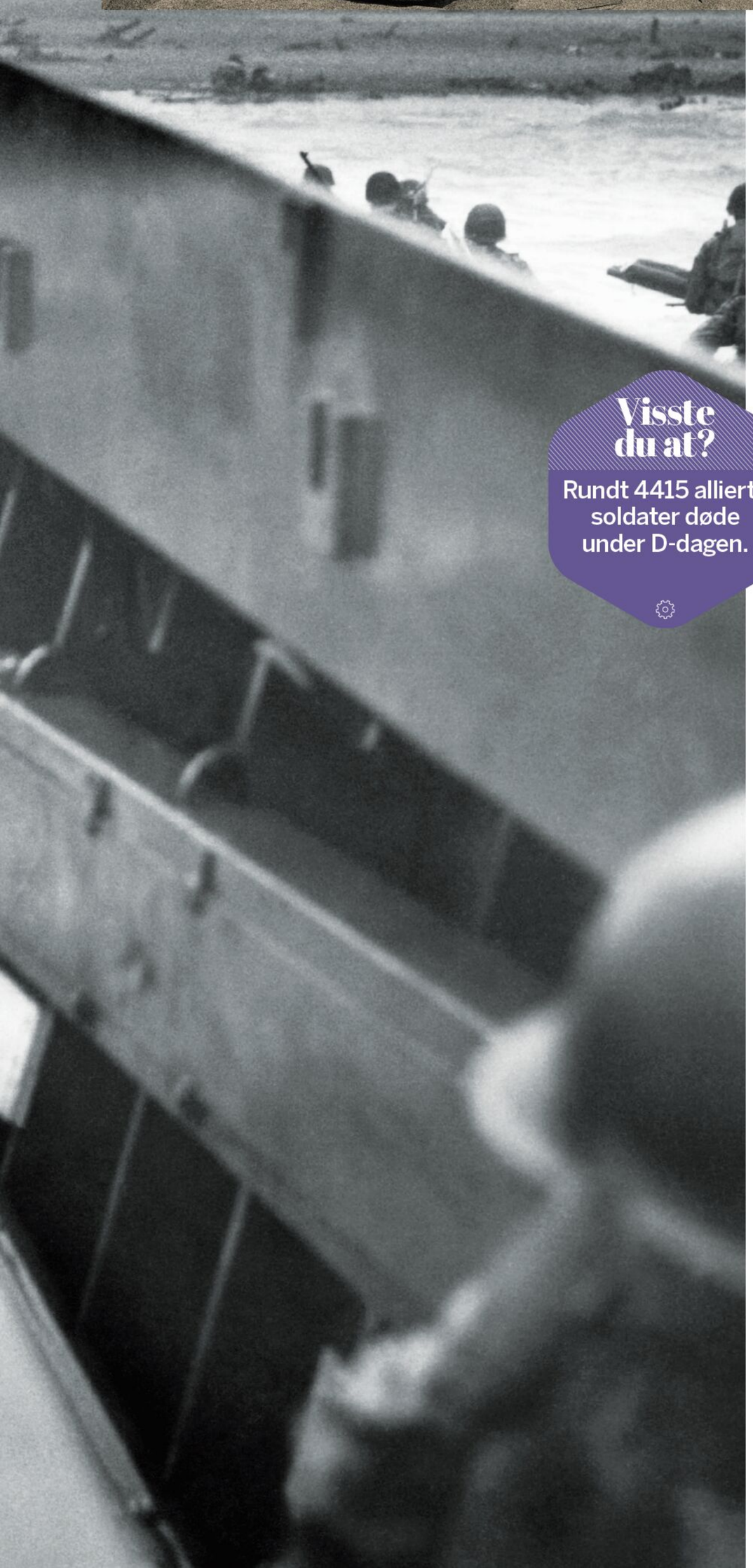
**VISSTE DU AT?** På bare én dag gjorde maskinen som forutsa tidevannet, arbeidet til 125 matematikere.



Stridsvognene ble satt inn tidlig, ettersom beltene deres kunne bevege seg over sand.



De allierte styrkene stormet strendene.



**Visste du at?**

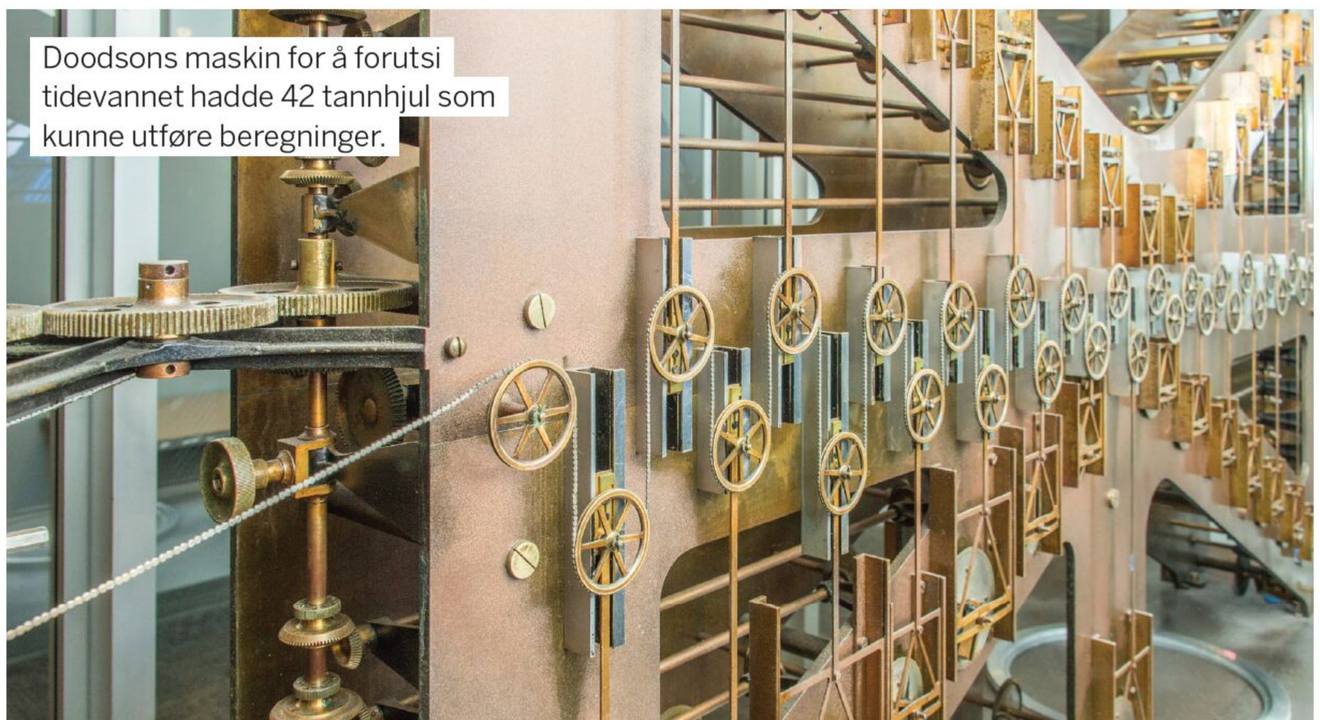
Rundt 4415 allierte soldater døde under D-dagen.

# MASKIN SOM FORUTSA TIDEVANNET

**Dette apparatet hjalp de allierte med å planlegge en invasjon ved lavvann, når tyske forsvarsverk var synlige.**

Tyskerne hadde dekket strendene i Normandie med eksplosive hindringer. De trodde at de allierte ville angripe ved høyvann, da de kunne seile helt inn til land, med mindre strand å krysse under beskytning. De allierte oppdaget imidlertid undervannsfellene fra luften ved lavvann, og planla i stedet å invadere når de var eksponert. For å kunne gjennomføre invasjonen så effektivt som mulig måtte de allierte troppene vite nøyaktig når tidevannet kom, inkludert det nøyaktige tidspunktet for lavvann på angrepsdagen og hvor raskt tidevannet ville stige.

For å beregne tidevannet brukte den britiske matematikeren Arthur Thomas Doodson to maskiner for å forutsi tidevannet, før han oppfant sin egen. Maskinene han brukte, var Kelvin-maskinen, designet av sir William Thomson, og Edward Roberts-maskinen. Apparatene brukte sammenkoblede tannhjul, som hver for seg representerte ulike gravitasjonskrefter fra månen, solen og havene. De beveget seg i ulike hastigheter basert på dataene som ble lagt inn. Ved å vri på knottene kunne man justere innstillingene til ulike tidspunkter, og man beregne solens og månens posisjoner, og slik ble tidevannstoppene utregnet. Disse mekaniske kalkulatorene var viktige verktøy i planleggingen av landgangen på D-dagen ved lavvann, slik Doodson hadde forutsett.



Doodsons maskin for å forutsi tidevannet hadde 42 tannhjul som kunne utføre beregninger.

© Alamy / Getty / Wikimedia Commons; Steven Fine



En av Hobarts flytende stridsvogner Duplex Drive på vei ut i vannet.

# HOBARTS RARITETER

## Stridsvogner som fløt og andre som spydde ild

De alliertes stridsvogner kalt Churchill Crocodile stridsvogner hadde et svært uvanlig utseende. Stridsvognene hadde erstattet hovedkanonene med flammekastere, som mer effektivt ødela hindringer og fikk fiendtlige tropper til å få panikk og overgi seg. Kjøretøyene ble laget spesielt for landgangen i Normandie og ble designet av den britiske ingeniøren generalmajor Percy Hobart. Hobart var kjent for sine nye ideer om krigføring. Han fremmet ideen om å bruke stridsvogner som en angripende styrke, snarere enn som langsomme, defensive kjøretøy. Hobart kombinerte ny og eksisterende teknologi som var egnet til å angripe forsvarshindringene som lå spredt langs kysten. Andre varianter var den svømmende Duplex Drive (DD) og mineryddingsstridsvognen Crab.

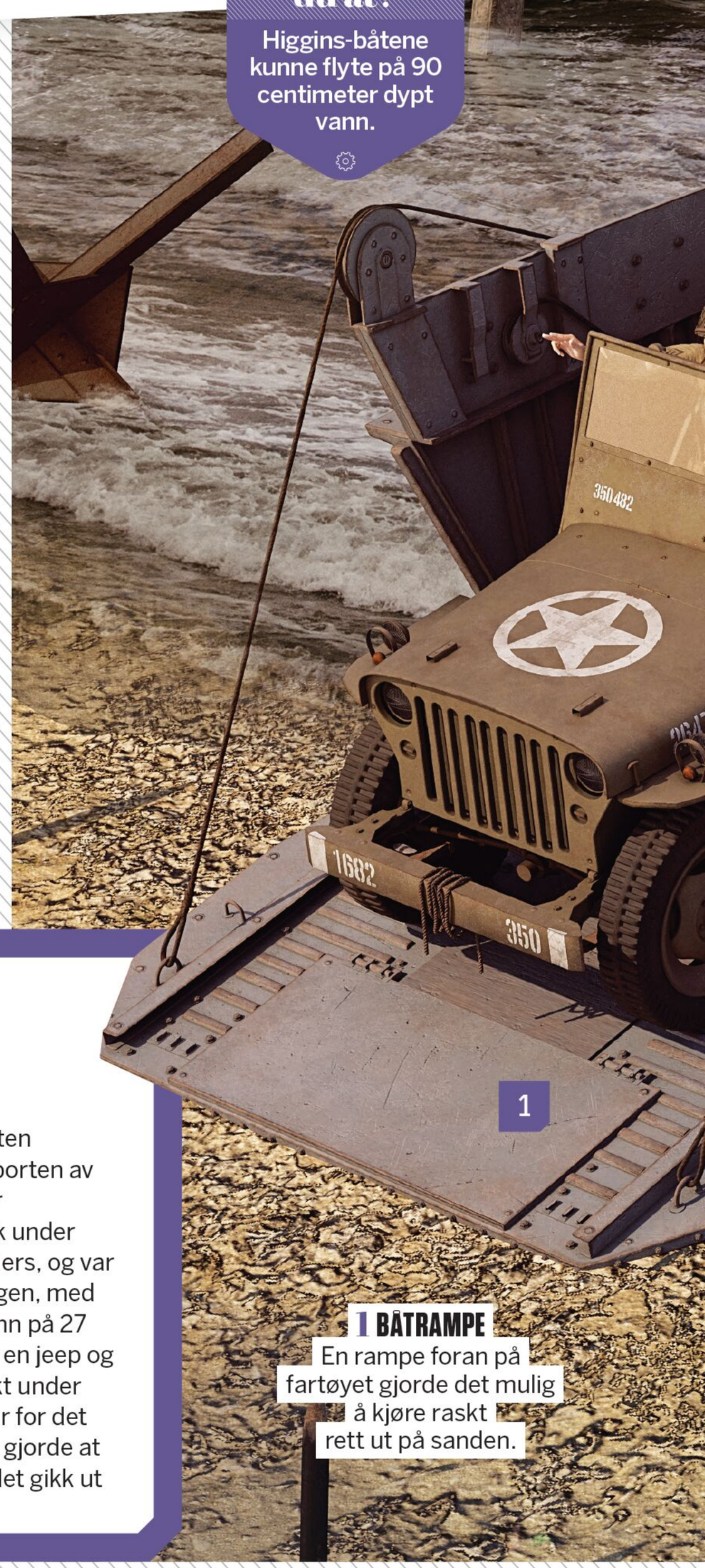
DD-stridsvognene kunne flyte på vannet takket være vanntett duk og motordrevne propeller. Sherman Crab-tankene var utstyrt med en roterende trommel foran på kjøretøyet med kjettinger festet til. Når trommelen snurret rundt, slo kjettingene ned i bakken, detonerte eventuelle miner i dens vei og ryddet veien for troppene bak. D-dagen var første gang begge disse stridsvognene ble brukt i kamp.



Soldatene måtte krysse sjø og sand under fiendtlig ild.

**Visste du at?**

Higgins-båtene kunne flyte på 90 centimeter dypt vann.




1

**1 BÅTRAMPE**
En rampe foran på fartøyet gjorde det mulig å kjøre raskt rett ut på sanden.



Horsa glidefly ble opprinnelig slept av motorfly.

# LUFTASSISTANSE

## Glir inn i kampen

Glidefly er fly som kan fly gjennom luften uten motorkraft, og de var svært nyttige i transporten av tropper og forsyninger til Normandie under landgangen. De som ble oppfunnet for bruk under andre verdenskrig, het Airspeed Horsa Gliders, og var noen av de største som ble brukt under krigen, med en lengde på over 20 meter og et vingespenn på 27 meter. Ett fly kunne frakte 28 soldater eller en jeep og færre soldater. Seks Horsa glidefly ble brukt under landgangen på D-dagen, og hver av dem var for det meste laget av tre og stoff. Den lave vekten gjorde at de kunne pakkes med forsyninger uten at det gikk ut over flygeegenskapene.

**VISSTE DU AT?** D-dagen var opprinnelig planlagt til 5. juni, men været var dårlig den dagen.

# SPESIALISERTE LANDGANGSFARTØYER

1500 Higgins-båter ble utplassert, designet for raskt å slippe tropper inn på franske kyster.

**2 VINSJ FOR BAUGRAMPE**
Mannskapet vred denne vinsjen for å frigjøre tauet og slippe rampen ned.

**3 MASKINGEVÆR**
For å forsvare båten og de som var om bord, var Higgins-båter bevæpnet med to maskingevær.

**4 SKIPPER**
Lederen av besetningen var ansvarlig for båtens navigasjon og sikkerhet.

**7 TRE MENN**
De som var ansvarlig for å kjøre båten og levere tropper, var skipperen, maskinisten og en av mannskapet.

**8 MAKSIMAL LAST**
Enten 3600 kilo last, 36 fullt utrustede soldater eller en jeep og 12 soldater kunne reise på hver båt.

**6 BILLIG OG ENKEL**
Fartøyene ble bygget av tre og stålplater for enkelt å kunne konstruere hundrevis.

**5 MOTORROM**
Båtene nådde 23 kilometer i timen ved hjelp av 225-hesters dieselmotorer fra Gray Marine eller 250-hesters bensinmotorer fra Hall-Scott.

**«Innovativ teknologi bidro massivt til den effektive landgangen.»**

## CULINS HEKKESAKS

**Disse stridsvognene hadde skarpe kniver foran for å skjære gjennom hindringer.**

**Like etter landgangen D-dagen møtte stridsvognene nye hindringer som var av en mer naturlig art. Tette hekker gjorde det vanskelig for kjøretøyene å ta seg frem over landområdene i Normandie. De som klarte å krysse over hekkene, tippet ofte oppover og eksponerte den mindre pansrede undersiden for fienden. Etter å ha sett dette problemet bygget Curtis G. Culin fra det amerikanske militæret hekksakser på stridsvogner. Culin plukket opp stålpigger fra demonterte tyske forsvarshinder, såkalte «hedgehogs» (pinnsvin), sveiset dem sammen og festet delene foran på stridsvognene, nesten som støttenner, slik at de kunne skjære seg gjennom hekkene og rive dem opp.**



Dette nærbildet av fronten på en stridsvogn viser hvordan metallet fra hedgehogs ble brukt til å lage hekkesaks.

© Alamy / Getty / Illustrasjon av Nicholas Forder / Wikimedia Commons; Signal Corps Archive fra Irland og USA

# KART OVER RØRENE

Følg ruten til D-dagens drivstoff over Kanalen og langs rørledninger på det franske fastlandet.

**5 STANLOW OG MISTERTON**
Her ble den blybaserte gummien produsert og rørdeler satt sammen.

**6 AVONMOUTH, ENGLAND**
Sørligere steder ble brukt til å klargjøre rørledninger for montering under havet og laste dem på skip.

**3 DUNGENESS, ENGLAND**
Plutos knutepunkt i Dungeness ble forkledd som et vanlig industriområde ved kysten. Naturfargede nett ble også brukt for å kamuflere bygninger.

**800 KM LANG RØRLEDNING**

**7 EMMERICH OG MAINZ, TYSKLAND**
Drivstoff ble transportert til disse stedene ved den tyske grensen som direkteruter for de allierte til å krysse over Rhinen og inn i Tyskland.

**4 AMBLETEUSE, FRANKRIKE**
Ambleteuse, i nærheten av Calais, er et av punktene på den franske kysten som ligger nærmest England. England.

**2 CHERBOURG, FRANKRIKE**
Cherbourg hadde en eksisterende dypvannshavn som Plutos rørledninger kunne koble seg til.

**450 KM LANG RØRLEDNING**

**1 SHANKLIN CHINE, ENGLAND**
Dette stedet på Isle of Wight ligger nærmere Frankrike enn det britiske fastlandet og er også mer bortgjemt, noe som øker hemmeligholdet rundt operasjonen.

**8 LANDBASERTE RØRLEDNINGER**
Noen tilsvarende rørledninger ble produsert for å transportere drivstoff over land til viktige angrepsområder.

STANLOW · MISTERTON · ISLE OF GRAIN · AVONMOUTH · ALDERMASTON · DUNGENESS · CALAIS · HERRE · ANTWERPEN · EINDHOVEN · EMMERICH · FRANKFURT · MAINZ · LUXEMBOURG · CHERBOURG · SAINT-LÔ · ALENÇON · PARIS · CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

1 2 3 4 5 6 7 7 8 8

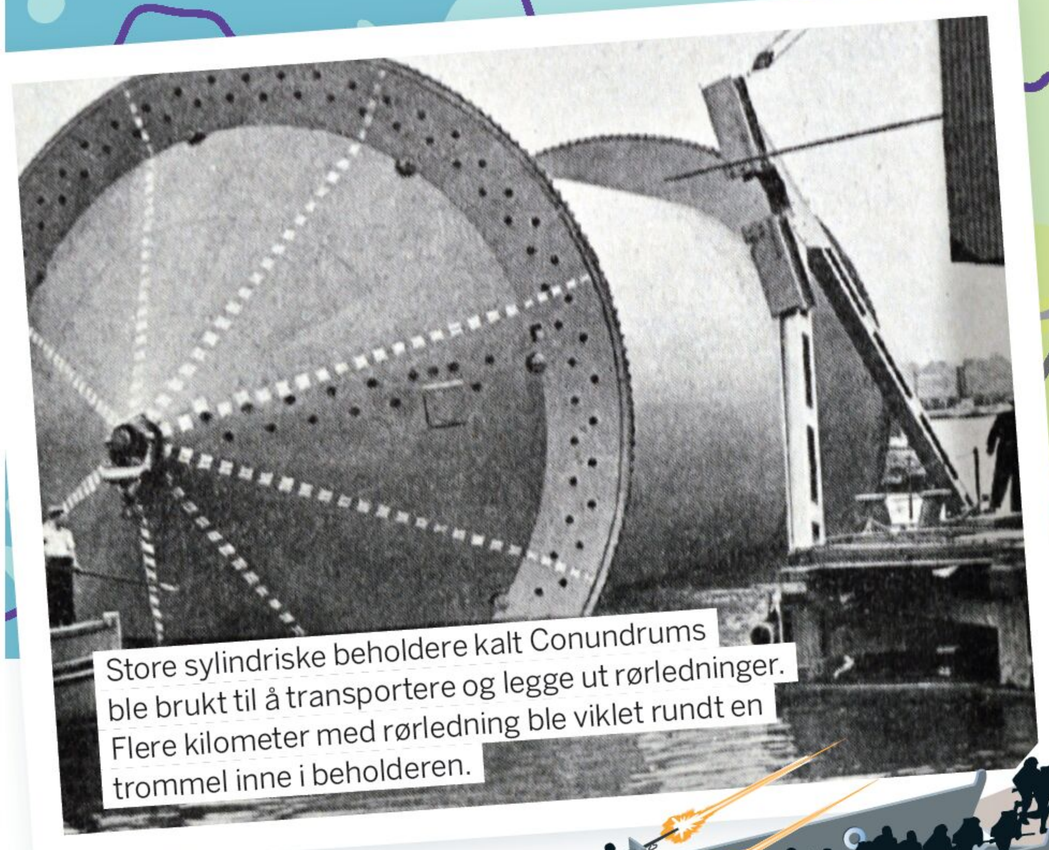
**Visste du at?**
6939 båter ble utplassert under D-dagen.

# OPERASJON PLUTO

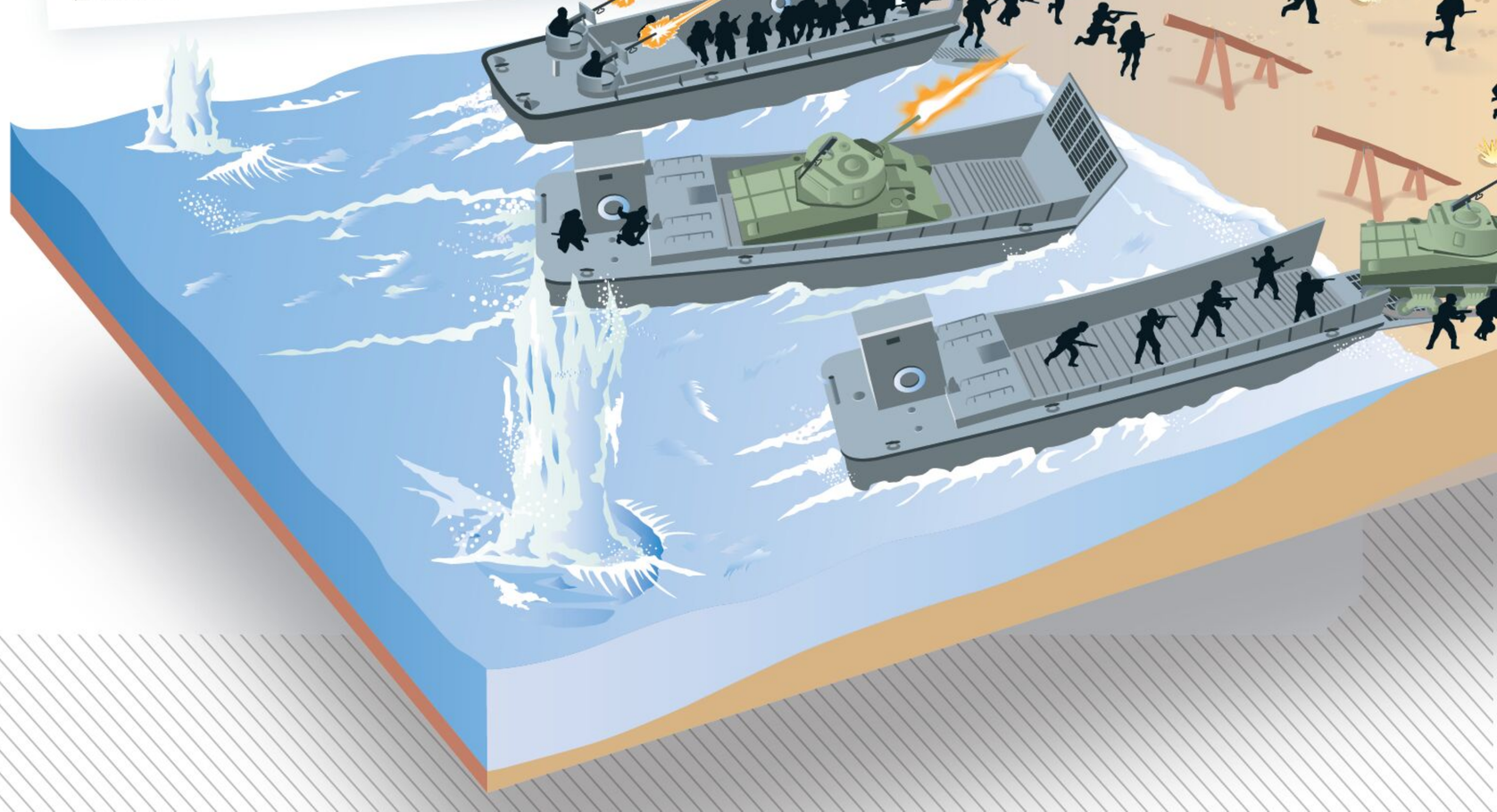
## Britiske ingeniører bygget rørledninger under Den engelske kanal

Hovedformålet med Operasjon Pluto, som stod for PipeLine Under The Ocean, var å forsyne de allierte styrkenes fly og landkjøretøy i Normandie med drivstoff på en diskret måte. Uten dette nettverket av rørledninger under havet ville troppene ha mistet fremdriften i angrepet hver gang de gikk tom for drivstoff. Ved å holde stridsvognene i gang hele tiden fikk de tyske soldatene mindre tid til å omgruppere og planlegge nye forsvarslinjer. Selve rørledningene var fleksible og sterke, og besto av en blybasert gummi som var sterk nok til å motstå det høye trykket og kreftene på havbunnen. De var innkapslet i metall for å beskytte dem mot fiendtlige angrep og marint liv.

Forberedelsene til Pluto begynte to år før angrepet, i 1942. Pumpehusene som skulle pumpe drivstoffet gjennom rørledningene, var forkledd som vanlige bygninger, som bungalower, iskrembarer og garasjer. Pluto klarte å levere 4 millioner liter drivstoff til Frankrike hver dag, og nesten 700 millioner liter til sammen. Dette var et gigantisk ingeniøroppdrag som mange historikere mener var en avgjørende faktor for den vellykkede invasjonen på D-dagen.



Store sylindriske beholdere kalt Conundrums ble brukt til å transportere og legge ut rørledninger. Flere kilometer med rørledning ble viklet rundt en trommel inne i beholderen.



**VISSTE DU AT?** 7000 tonn kjøretøy og forsyninger ble transportert over mulberry-havnene hver dag.

# MULBERRY-HAVNER

**Midlertidige havner holdt skipene trygge.**

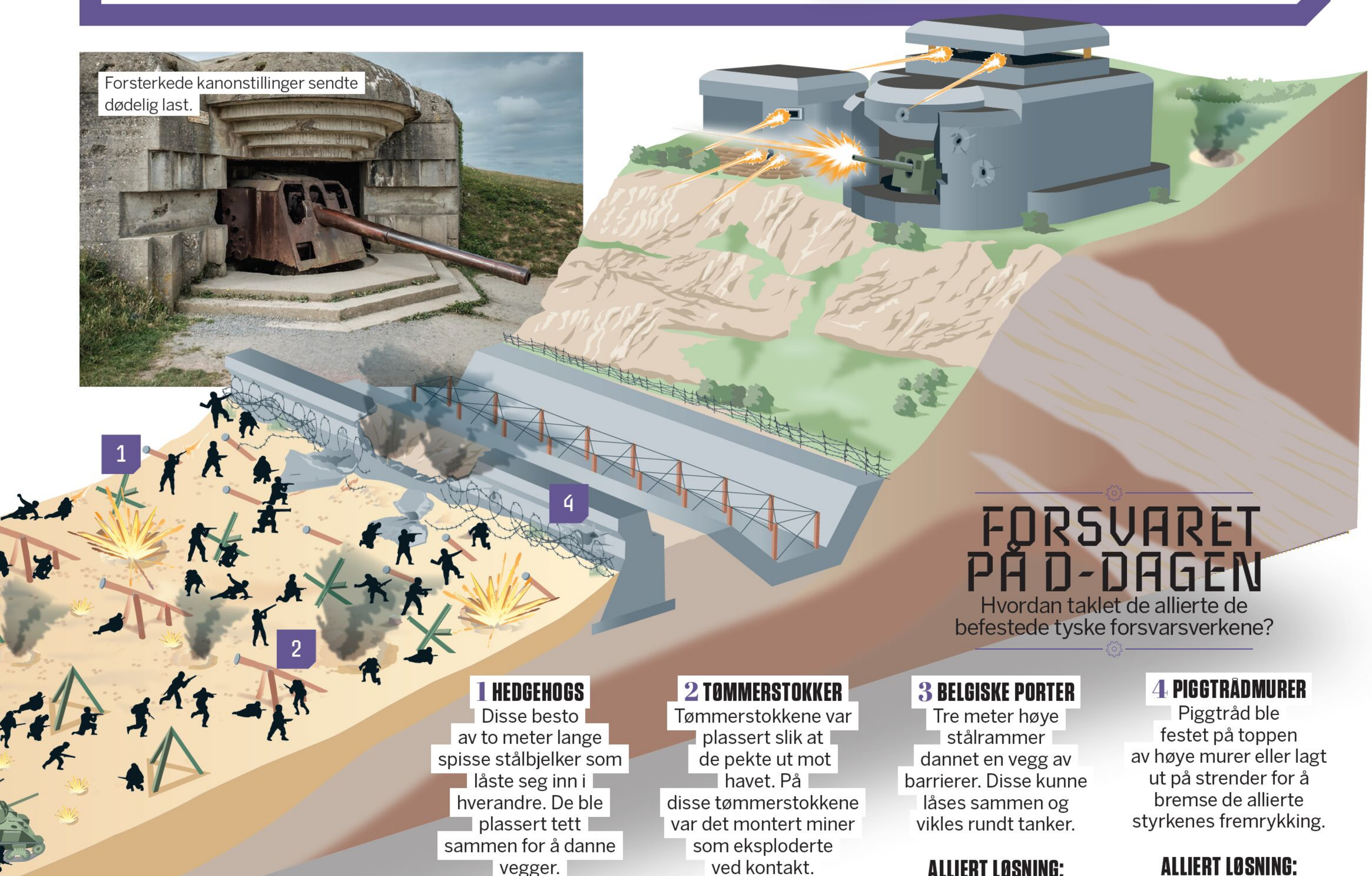
Etter den vellykkede invasjonen på D-dagen bygget britiske ingeniører raskt midlertidige havner utenfor Normandie for å beskytte eventuelle oppankrede skip mot hardt vær. Det ble bygget to havner bestående av til sammen 73 hule betongblokker. I endene av disse flytende blokkene var det flytende ramper for direkte adgang til land. Havnene lå rundt ni meter over havoverflaten ved lavvann, tre meter ved høyvann og var rundt en kilometer lange. Utenfor havnene senket de allierte rekker av utrangerte skip som ytterligere beskyttelsesbarrierer. Store, vanntette konstruksjoner, såkalte senkekasser, ble senket ned i havbunnen for å fungere som fundamenter og holde de flytende havnene stabile. Alle de prekonstruerte delene ble fraktet over Kanalen av slepebåter, og havnene ble bygget og satt i drift i løpet av 12 dager. Den ene av de to havnene var en suksess, og i løpet av de ti månedene som fulgte etter D-dagen, ble mer enn 2,5 millioner tropper fraktet til Frankrike. Den andre mulberry-havnen ble ødelagt av en storm kort tid etter at den var reist.



En stridsvogn fra D-dagen kjøres over en mulberry-havn.



Forsterkede kanonstillinger sendte dødelig last.




## FORSVARET PÅ D-DAGEN

Hvordan taklet de allierte de befestede tyske forsvarsverkene?

### 1 HEDGEHOGS

Disse besto av to meter lange spisse stålbjelker som låste seg inn i hverandre. De ble plassert tett sammen for å danne vegger.

### ALLIERT LØSNING: RHINO-STRIDSVOGNER

De allierte styrkene la til en innretning kalt et «neshorn» på fronten. Dette var metallrammer som fungerte som ploger for å rydde veien for pinnsvin.

### 2 TØMMERSTOKKER

Tømmerstokkene var plassert slik at de pekte ut mot havet. På disse tømmerstokkene var det montert miner som eksploderte ved kontakt.

### ALLIERT LØSNING: CRAB-STRIDSVOGNER

Stridsvognene var montert med kjettinger som roterte i front. Tykkere pansring på kjøretøyene beskyttet soldatene som satt inni dem.

### 3 BELGISKE PORTER

Tre meter høye stålrammer dannet en vegg av barrierer. Disse kunne låses sammen og vikles rundt tanker.

### ALLIERT LØSNING: STRIDSVOGNER

Stridsvogner med bulldosere ble bygget sterke nok til å skyve og fjerne belgiske porter. Med nok kraft dyttet kjøretøyene dem fra hverandre og hindret dem i å låse seg sammen.

### 4 PIGGTRÅDMURER

Piggtråd ble festet på toppen av høye murer eller lagt ut på strender for å bremse de allierte styrkenes fremrykking.

### ALLIERT LØSNING: BANGALORE-TORPEDOER

Disse lange metallrørene var fylt med sprengstoff. De allierte avfyrte torpedoene mot piggtråd-installasjoner for å lage hull i gjerdet.

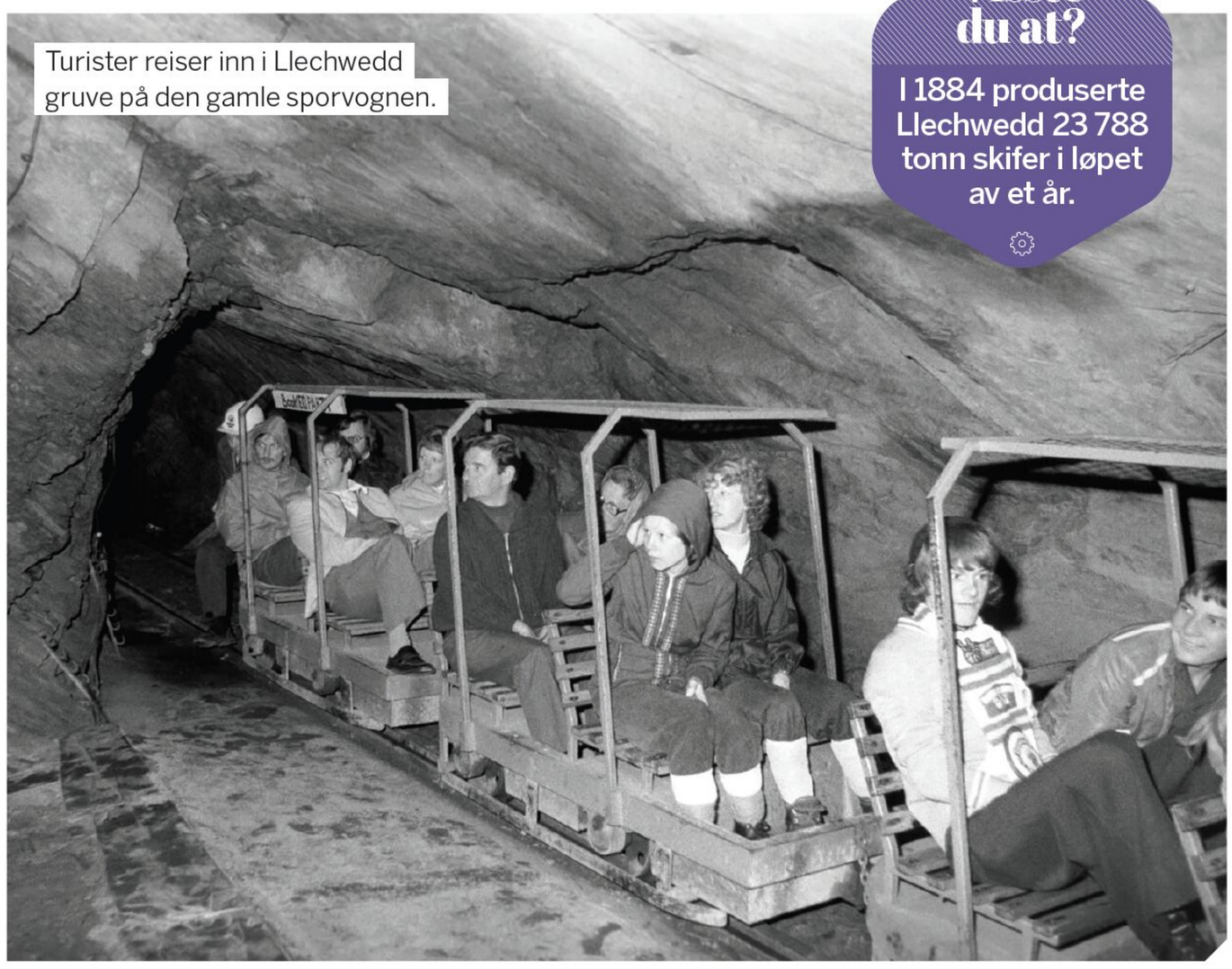
© Alamy / Shutterstock

# 12 HEMMELIGE UNDERJORDISKE BYGGVERK

**Oppdag skjulte verdener under bakkenivå.**

TEKST AILSA HARVEY

**VISSTE DU AT?** Petra kalles også Rosebyen på grunn av fargen sandsteinen har ved solnedgang og soloppgang.



Turister reiser inn i Llechwedd gruve på den gamle sporvognen.

**Visste du at?**

I 1884 produserte Llechwedd 23 788 tonn skifer i løpet av et år.

# JERNBANE DYPT NEDE I GRUVE

Llechwedd Deep Mine ligger over 150 meter under de runde fjellene i Nord-Wales. For å komme dit må du reise med Europas bratteste taubane. Nord-Wales har vært et skiferbrudd i over 1800 år, og fra 1846 til 1980-tallet hentet gruvearbeiderne skifer i denne fjellgruven. Skiferen ble brukt til å legge tak på bygninger i den industrielle revolusjonens raskt voksende byer og tettsteder.

Gruvearbeiderne tilbrakte lange, dystre timer under bakken i Llechwedds mørke nettverk av trange tunneler og 250 gruvekamre. Deep Mine Railway åpnet i 1979, og den frakter passasjerer ned til gruvekamrene i en stigning på 30 grader. I dag kan turister ta denne turen for å utforske det historiske stedet. Den bratte kabelbanen er en høyteknologisk erstatning for den opprinnelige transportmetoden som gruvearbeiderne brukte. Arbeiderne i Llechwedd måtte klatre ned stiger for å nå skiferen. Fra 1972 ble de fraktet på vogner gjennom en nybygd 61 cm bred trikk med batteridrevne elektriske motorer.



Petra dekker et område på størrelse med 50 000 fotballbaner.

# HOVEDSTAD HUGGET UT AV FJELL

Mellom 400 f.Kr. og 106 e.Kr. var Petra i Jordan hovedstad i det nabateiske riket. Nabateerne var en gammel nordarabisk stamme, og 20 000 av dem bodde i byen Petra som var hugget ut av fjellet. Inne i denne metropolen av sandstein ligger en skjult labyrint av monumenter, graver og intrikate boliger. Historikere mener at bare rundt 15 prosent av Petra har blitt avdekket av arkeologer så langt, mens 85 prosent av byens innhold fortsatt er et mysterium, og hemmelighetene ligger dypt begravd under jorden.

Samfunnet Petra blomstret i ly av ørkenklippene og lå langs en viktig handelsrute mellom Arabia, Egypt og Middelhavet. Kanaler ble hugget inn i byens murer for å forsyne alle hjørner av byen med vann, mens ekstra vann ble samlet i sisterner for å forsyne nabateerne i de tørrere årstidene. I 363 e.Kr. ble den kreativt utskårne byen i stor grad ødelagt av et jordskjelv. Mange av kamrene ble ødelagt, og byens sanne utstrekning ble borte i sandsteinen i hundrevis av år.

© Getty

# PÅ INNSIDEN AV TYRKIAS OLDTIDSBY

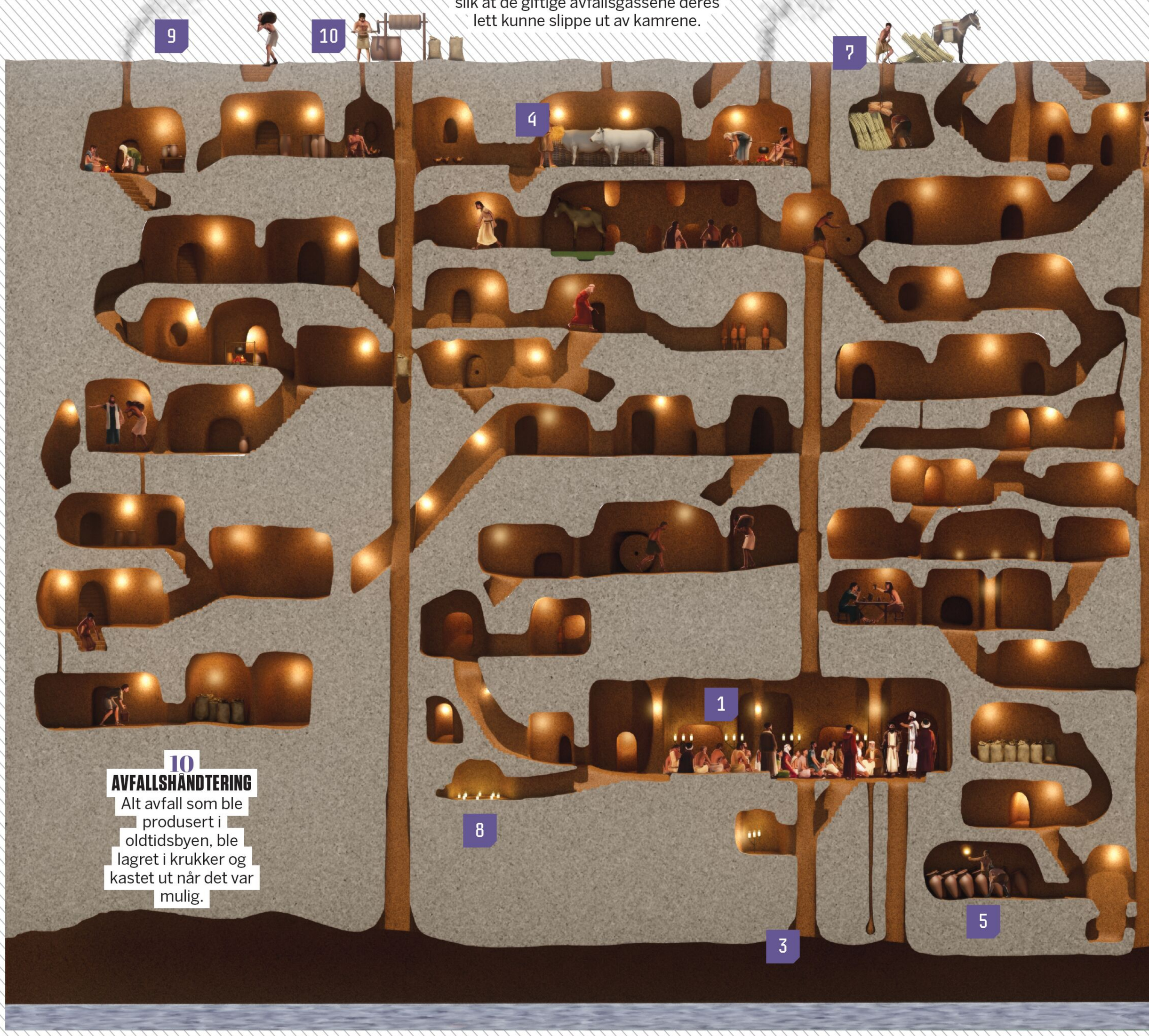
I 2000 år var Derinkuyu en travel underjordisk by. Her bodde 20 000 mennesker 85 meter under bakken.

### 7 FORSYNINGER

Byen ble bebodd av ulike grupper – hettitter, frygere og kristne – som gjemte seg for fiendtlige hærer. I trygge perioder kunne de hamstre forsyninger.

### 4 KVEGHOLD

Kveget ble holdt i staller nær overflaten slik at de giftige avfallsgassene deres lett kunne slippe ut av kamrene.




### 10 AVFALLSHÅNDTERING

Alt avfall som ble produsert i oldtidsbyen, ble lagret i krukker og kastet ut når det var mulig.

### 1 GUDSHUS UNDER BAKKEN

Kirken i Derinkuyu var et av de større kamrene. Det lange rommet hadde forlengelser som gjorde at det dannet et kors.

### 3 VANNINNSAMLING

En underjordisk elv rant under Derinkuyu. Dype brønner ble bygget over hele byen for å hente opp ferskvann.

### 5 LAGRINGSPLASS

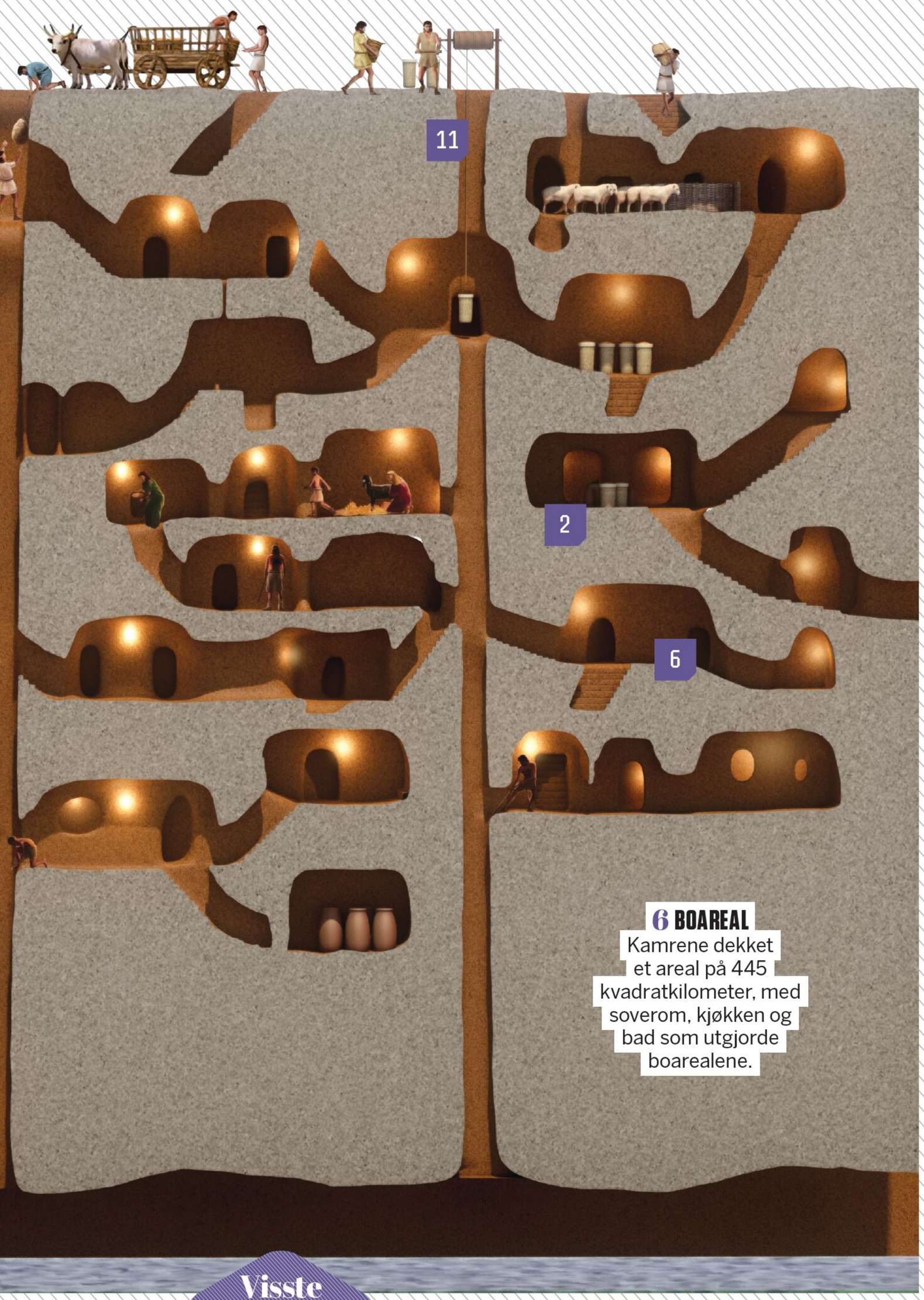
Store kamre over hele byen inneholdt byens viktigste varer og materialer, blant annet tørrmat, verktøy og maskiner som olivenoljepresser.

**VISSTE DU AT?** Derinkuyu kan oversettes til «dyp brønn», etter vannoppsamlingssystemet som ble bygget inn i byen.

### 8 DÅPSBASSENG
Historikere avdekket det som så ut til å være et dåpsbasseng som var koblet til det store tilbedelseskammeret.

### 9 SKORSTEINER
Røyk som ble produsert ved matlaging eller i smiene, ble sluppet ut fra sentrale skorsteiner.

### 11 VENTILASJONSSJAKTER
Over 50 ventilasjonssjakter forhindret kvelning og ble brukt til kommunikasjon mellom etasjene.




### 6 BOAREAL
Kamrene dekket et areal på 445 kvadratkilometer, med soverom, kjøkken og bad som utgjorde boarealene.

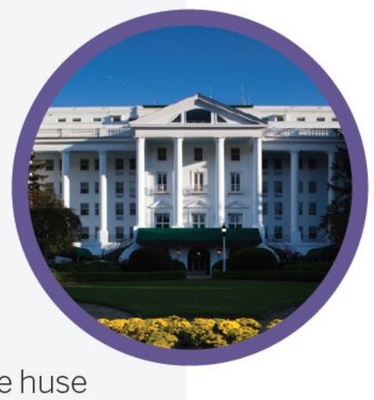
**Visste du at?**
Steindørene i Derinkuyu veide 500 kilo.

### 2 SIKKERHETSSTEINER
1,5 meter brede, runde steindører ble rullet til side for å åpne utgangen. Disse kunne bare åpnes fra innsiden for å hindre uønsket besøk.

## 5 FAKTA VERDENS BUNKERE

### 1 SVALBARD GLOBALE FRØHVELV, NORGE

Denne dommedagssikre bunkeren ligger på Spitsbergen. Her er millioner av frø fra 930 000 forskjellige plantearter trygt innelåst. I tilfelle en global katastrofe sikrer hvelvet at planteartene overlever, for å kunne gjenopplive jordens matforsyning.

### 2 GREENBRIER-BUNKEREN, USA

I 1955 beordret USAs 34. president, Dwight D. Eisenhower, at det skulle bygges en bunker under Greenbrier Resort i Vest-Virginia. Den skulle huse 535 kongressmedlemmer i tilfelle et atomangrep.

### 3 BUNKER-42, RUSSLAND

Dette tilfluktsrommet for atomangrep ble designet for den sovjetiske lederen Josef Stalin, og ligger 50 meter under Moskva. Det sto ferdig i 1956.

### 4 BURLINGTON BUNKER, ENGLAND

Under markedsbyen Corsham i Wiltshire ligger en bombe-, strålings- og giftgassikker by. Den ble bygget for at 4000 regjeringsmedlemmer skulle kunne bo der i en krisesituasjon under den kalde krigen.

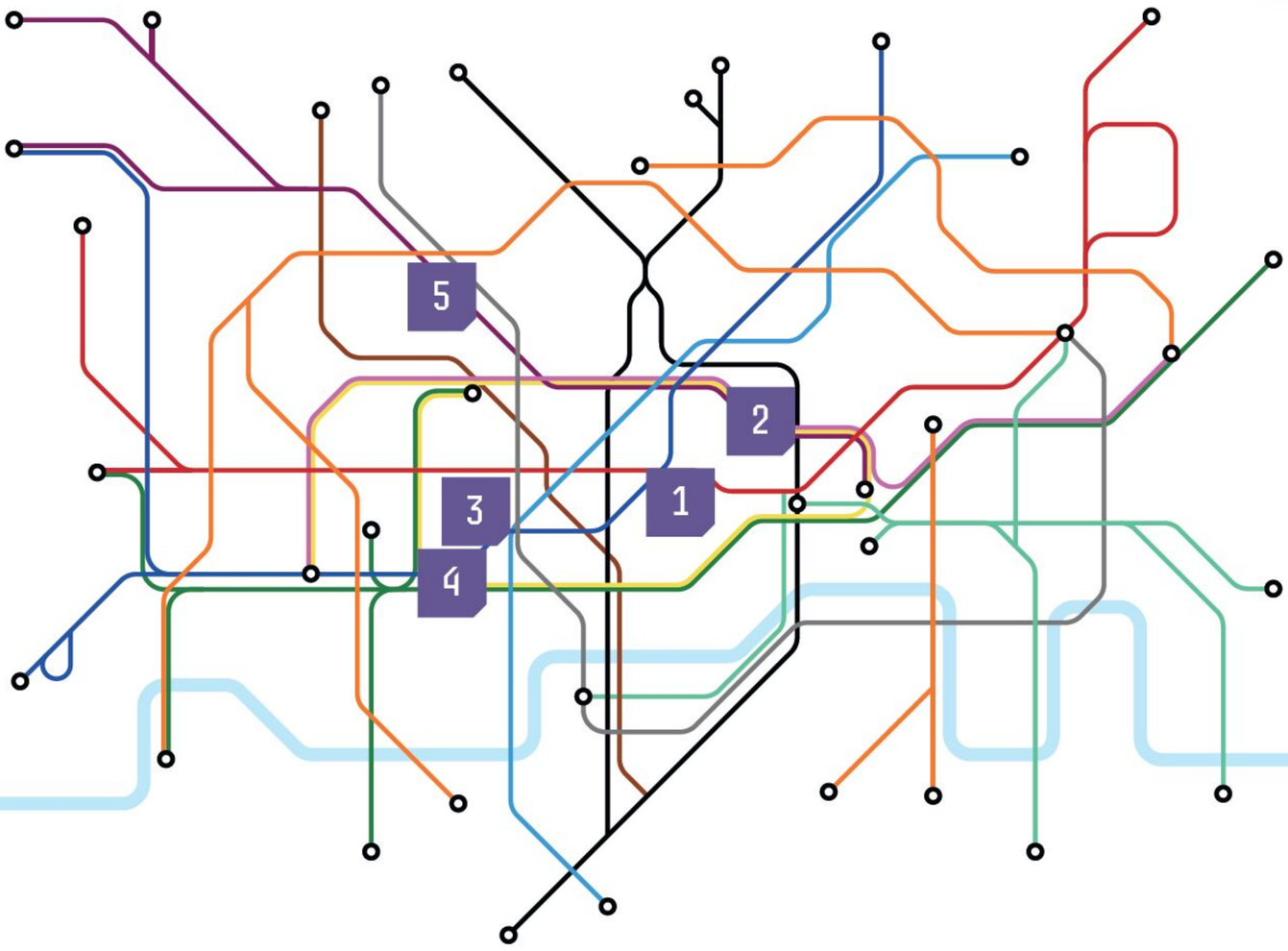
### 5 SYKEHUSET I FJELLET, UNGARN

I 1944 ble det etablert et underjordisk sykehus i en naturlig hule i Budapest. Sykehuset var forbundet med St John's-sykehuset via en hemmelig passasje for å få tilgang til forsyninger, og var et av de eneste trygge stedene for røntgen eller operasjoner i perioder med bombeangrep.

© Getty / Alamy / Illustrasjon av: Adrian Mann

# SPØKELSESSTASJONER I LONDONS UNDERGRUNN

Hva skjedde med de mislykkede og forlatte holdeplassene?







### 1 ALDWYCH

Fra 1907 til 1994 var denne stasjonen en del av Piccadilly Line, men ble lagt ned da den nesten ikke ble brukt lenger. Under blitzkrigen ga stasjonen ly til Londons innbyggere.

### 2 CITY ROAD

I 1922 ble City Road stasjon stengt etter 21 års drift. Noe av varmen fra den underjordiske tunnelen brukes nå i en ny energisentral ved stasjonen til å varme opp omkringliggende boliger.

### 3 DOWN STREET

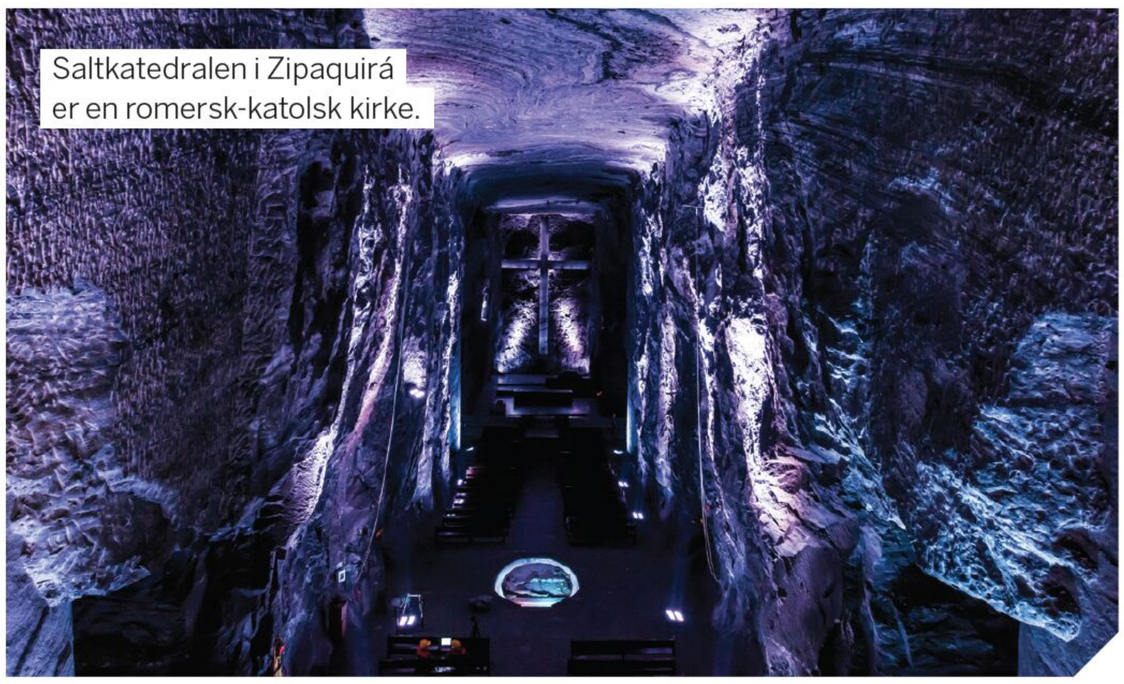
Down Street stasjon ble lagt ned på 1930-tallet. Under blitzkrigen holdt Winston Churchill til her. Det hemmelige hovedkvarteret for regjeringen fikk tilnavnet The Burrow (kaninhulen).

### 4 BROMPTON ROAD

Denne stasjonen ble bygget for nær andre stasjoner på Piccadilly Line, og ble lagt ned i 1934 etter 28 års drift. Den ble senere brukt som regjeringens hemmelige kommandosentral.

### 5 SWISS COTTAGE

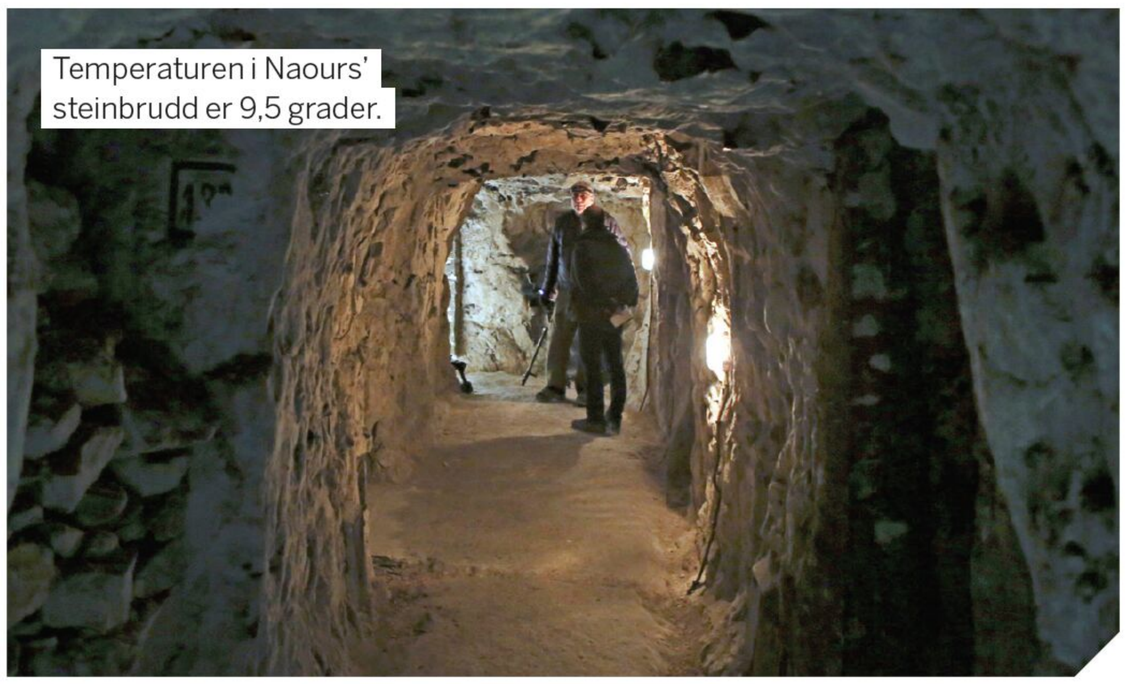
Denne stasjonen på Metropolitan Line ble åpnet i 1868, men bare noen få dager senere kolliderte to tog front mot front på grunn av at det bare var ett spor. En ny, dypere tunnel ble bygget, men den endte opp med å erstatte den opprinnelige linjen.



Saltkatedralen i Zipaquirá er en romersk-katolsk kirke.

## ZIPAQUIRÁS SALTKATEDRAL

Byen Zipaquirá i det sentrale Colombia er hjemsted for en stor saltforekomst, noe som har gjort den til et populært saltutvinningssted siden rundt 600-tallet f.Kr. Forekomsten ble dannet for 70 millioner år siden da et innlandshav tørket ut og ble begravd av lag med jord og gjørme. 40 prosent av landets salteksport kommer fortsatt fra Zipaquirá. En av de kanskje mest fascinerende turistattraksjonene i området er saltkatedralen i gruven, som ble bygget for at gruvearbeiderne skulle ha et sted dedikert til refleksjon og bønn. Dette var viktig når man drev med et så farlig yrke som saltgruvedrift. Gjennom århundrene har det blitt hugget ut mange tilbedelsesplasser, men den nåværende katedralen ble åpnet i 1995. Katedralen er hugget ut av 250 000 tonn salt og ligger 190 meter under jorden. Før man kommer inn i katedralen, passerer man 14 saltkapeller.



Temperaturen i Naours' steinbrudd er 9,5 grader.

## FRANSK BOMBEROM I STEINBRUDD

Litt øst for landsbyen Naours i Nord-Frankrike skjuler det seg et gjemmested under det myke, skogkledde kalksteinsfjellet. Den hemmelige byen ble først uthugget av romerne på 200-tallet, og sluttresultatet var en labyrint av 300 rom og 28 gallerier 22 meter under bakken som 3000 mennesker kunne bo i. Det underjordiske byggverket ble først brukt som steinbrudd, og senere som en by med torg, bakerier og tre kapeller. Under første verdenskrig oppdaget de allierte styrkene stedet og brukte det som skjulested. Det samme skjedde under andre verdenskrig, da nazistene gjorde krav på det. Steinbruddets snedige konstruksjon gjorde det til et ideelt gjemmested: Alle skorsteiner ble ført gjennom hytter og andre bygninger over bakken, slik at det ikke var lett å oppdage at det fantes.

**VISSTE DU AT?** Saltgruven Zipaquirá har en gjennomsnittstemperatur på 14 grader.

# TUNNELENE I CU CHI

Vietcong-troppene gravde disse tunnelene i Vietnamkrigen som sikre ruter under kampene.

### 1 FELLER
Det ble lagd feller i nærheten av tunnelene i Cu Chi. Når de amerikanske og sør-vietnamesiske motstandsstyrkene tråkket på fellene, falt gulvet gjennom, og de spiddet føttene sine på store pigger.

### 2 RØYKVENTIL
Ventilasjonsåpninger fra tunnelenes kjøkken ble lagt på steder med langt gress og trær for å skjule hvor de befant seg.

### 3 VANNBRØNNER
Det ble gravd hull rett nedover helt til man kom til drikkevann. I disse hullene ble det bygget brønner for å hente vann regelmessig og enkelt.

### 4 TYVEGODS
Klær eller våpen som amerikanske soldater etterlot seg over bakken ble tatt av Vietcong. Klærne hindret fiendens sporhunder i å finne dem.

### 5 BOOMRÅDE
Noen av hengekøyene i oppholdsrommene var laget av amerikanske fallskjermer.

### 6 PROVISORISK SYKEHUS
De sårede ble behandlet under bakkenivå for å hindre at fiendtlige styrker nådde frem til de mest sårbare.

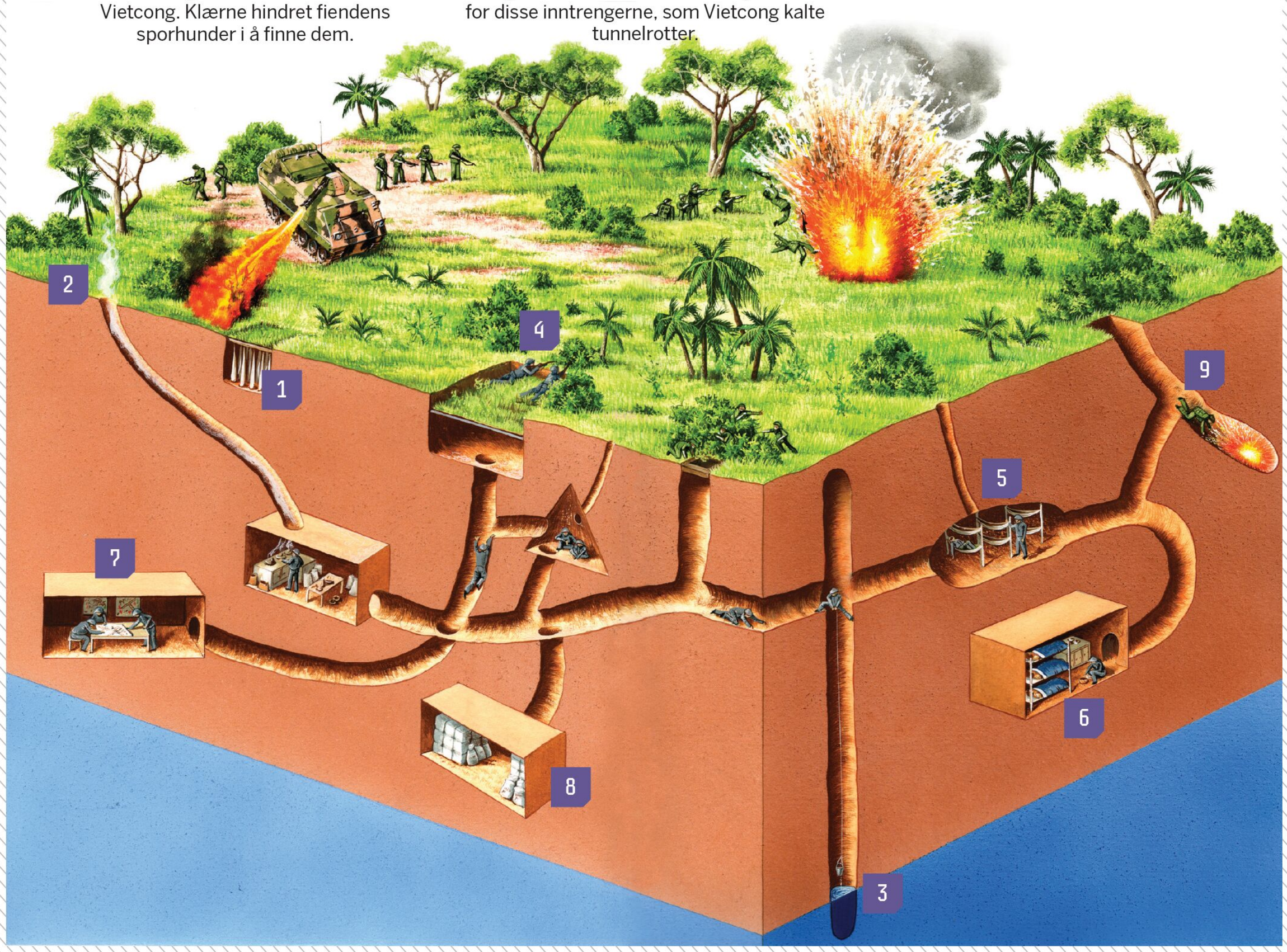
### 7 MØTEROM
Planlegging av aksjoner ble gjort av offiserer i egne møterom.

### 8 AMMUNISJONSLAGER
Ammunisjon ble lagret og oppbevart på et lavere nivå.

### 9 TUNNELROTTER
Småvokste amerikanske soldater fikk i oppgave å bryte seg inn i de smale, håndgravde tunnelene. Det ble lagt ut feller for disse inntrengerne, som Vietcong kalte tunnelrotter.

**Visste du at?**

I noen tunneler ble det brukt strøm fra sykkelgeneratorer.




© Alamy / Shutterstock

HISTORIE




# SLIK BLE RADAREN OPPFUNNET







**En av verdens mest revolusjonerende teknologier ble utviklet takket være flere vitenskapelige oppdagelser og mekaniske milepæler.**

TEKST SCOTT DUTFIELD





**VISSTE DU AT?** Magnetronhulen er den samme teknologien som brukes i mikrobølgeovner.



## RADIOBØLGER BLIR OPPDAGET

**1865** På slutten av 1800-tallet gjorde den tyske fysikeren Heinrich Hertz en oppdagelse som kom til å forandre verden for alltid. Før Hertz' oppdagelse hadde den skotske fysikeren James Clerk Maxwell i 1865 forutsagt eksistensen av elektromagnetisk stråling i sin artikkel *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*, der han beskrev elektriske og magnetiske felt som beveget seg i bølger med like stor hastighet.

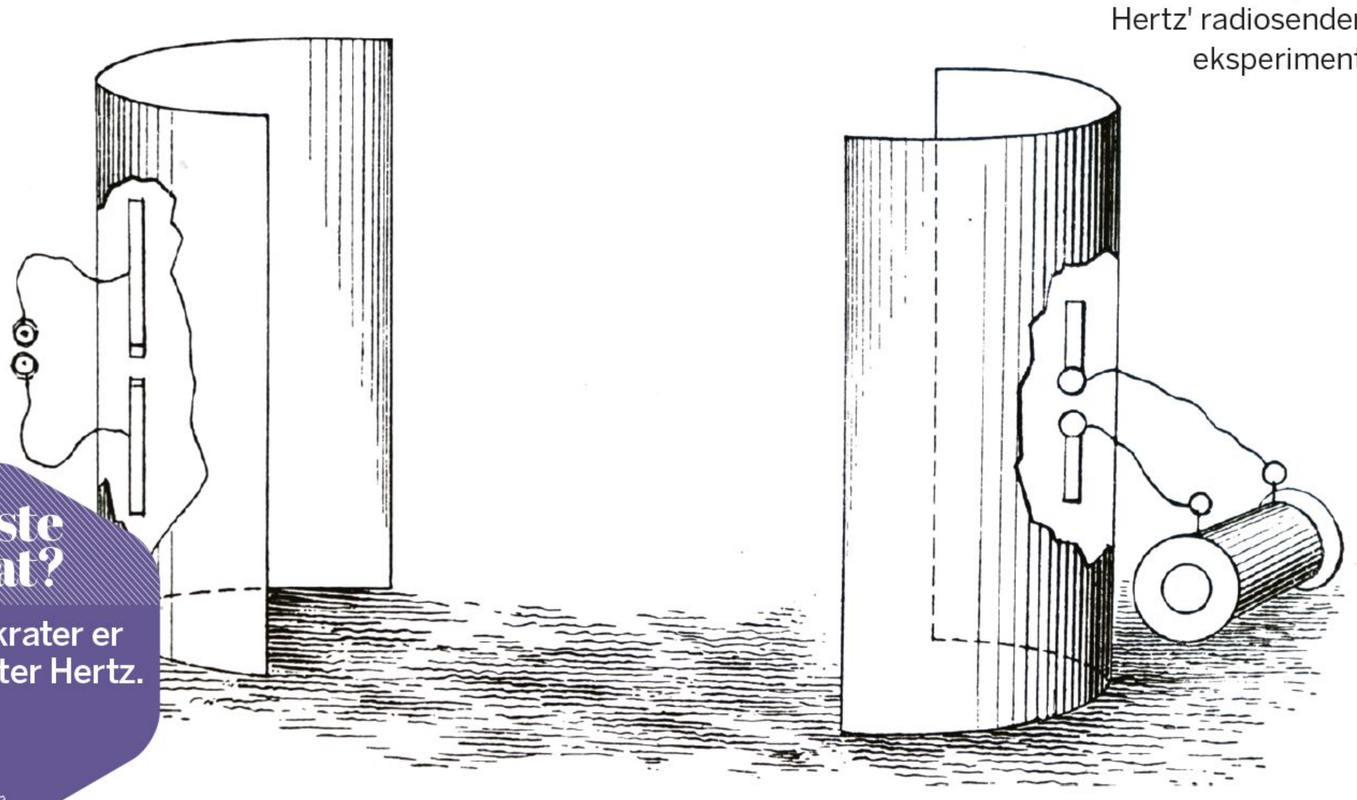
For å teste Maxwells teori satte Hertz opp et enkelt hjemmeeksperiment for å produsere elektromagnetiske bølger. Hertz brukte en induksjonsspole, en type elektrisk transformator, og en leidnerflaske som den første kondensatoren for å skape en elektrisk strøm. Induksjonsspolen og leidnerflasken ble deretter koblet til et par kobbertråder festet til to metallplater. Langs hver ledning og mellom metallplatene satt to metallkuler. Mellom de to kulene var det en kort luftspalte, et såkalt gnistgap.

Når det ble sendt strøm gjennom kobbertråden, ble luften i gnistgapet ionisert og genererte en elektrisk gnist som hoppet mellom de to kulene. Sammen med gnisten oppdaget Hertz at de forutsagte elektromagnetiske bølgene også ble frigjort ved hjelp av en mottaker laget av en metallsløyfe med et lignende gnistgap. Da bølgene nådde sløyfen, ble det generert en ny gnist i mottakerens gnistgap. Dette var et tegn på at det fantes elektromagnetiske bølger, eller radiobølger. Måleenheten for dette er hertz, oppkalt etter ham.

**«Hertz oppdaget at elektromagnetiske bølger også hadde blitt frigjort.»**



Etter oppdagelsen fortsatte Hertz å undervise som professor i fysikk ved universitetet i Bonn i Tyskland.

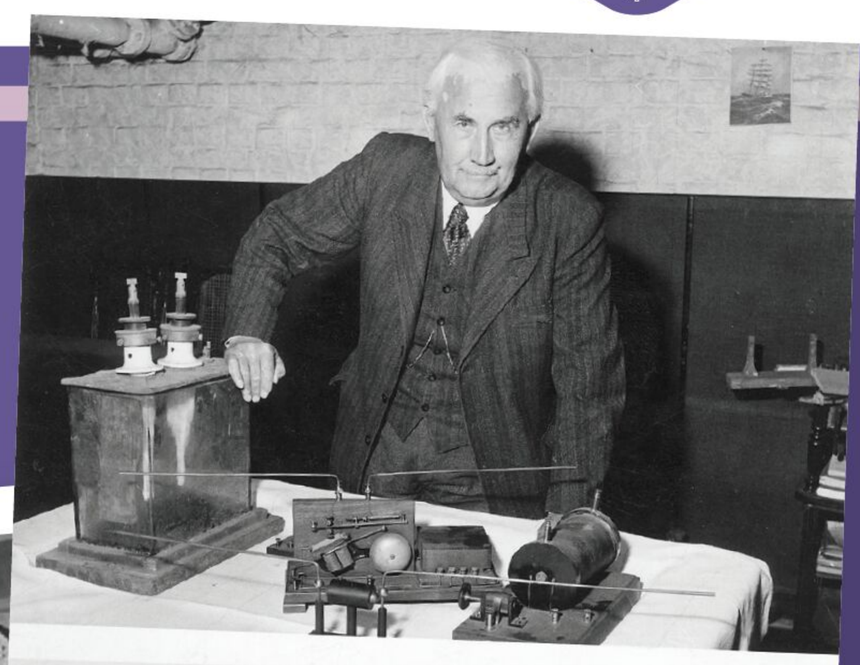


En illustrasjon av Hertz' radiosender-eksperiment.

**Visste du at?**

Et månekrater er oppkalt etter Hertz.









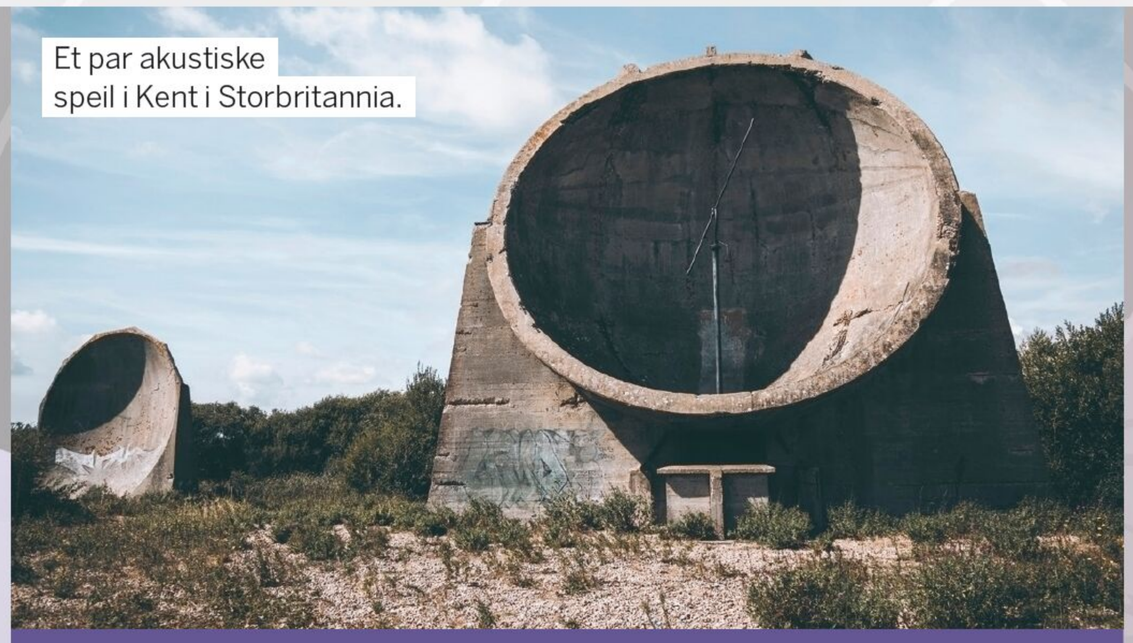

## DET FØRSTE «TELEMOBILOSKOPET»

**1903** Med kunnskapen om radiobølger og hvordan man kunne finne dem, skapte den tyske oppfinneren Christian Hülsmeyer det første apparatet som brukte radiobølger til å finne avstanden og posisjonen til et objekt.

I 1903 tok Hülsmeyer patent på «telemobiloskopet», et sender-mottakersystem som kunne oppdage tilstedeværelsen av store metallgjenstander, som for eksempel skip. Telemobiloskopet brukte to gnistgap og en induksjonsspole til å sende ut en radiofrekvens. Radiobølgene ble rettet inn ved hjelp av en antenne som kunne beveges 360 grader. De returnerende radiobølgene ble mottatt av en sirkulær antenne som var koblet til en enhet som ble kalt en «coherer». Dette var et glassrør fylt med metallspon. Når det ble sendt strøm gjennom røret, klumpet metallsponene seg sammen, dannet en elektrisk krets og fikk en klokke til å ringe.

Hülsmeyer hadde tenkt at apparatet skulle brukes til å forhindre at skip kolliderte med hverandre. Når telemobiloskopet var rettet mot en elv, ville radiobølgene som ble sendt ut, prelle av på metallskrogene til de passerende skipene og vende tilbake til antennen, noe som fikk klokken til å ringe. Men selv om Hülsmeyers oppfinnelse kunne registrere tilstedeværelsen av et skip, kunne den ikke brukes til å måle avstanden fra senderen.

© Getty / Alamy / Shutterstock



Et par akustiske speil i Kent i Storbritannia.

## AKUSTISKE SPEIL

**1916** Mens den tidlige radar-teknologien fortsatt var i støpeskjeen, var store deler av Europa blitt kastet inn i første verdenskrig. Behovet for en teknologi som kunne oppdage fiendtlige fly i anmarsj, var viktigere enn noensinne. Som forløperen til radaren investerte det britiske forsvaret i «lytteører», kjent som akustiske speil.

De akustiske speilene ble oppfunnet av major William Sandome Tucker, luftvåpenets direktør for akustisk forskning. Dette var gigantiske halvkuler av betong som ble brukt til å fange opp lydbølgene fra flymotorer, forsterke dem og sende dem tilbake til en mikrofon. I likhet med elektromagnetiske bølger kan lydbølger reflekteres og fokuseres til et punkt. Formen på speilene gjorde at lydbølgene ble reflektert fra baksiden av halvkulen og traff mikrofonen som var plassert i midten. En årvåken soldat kunne så slå alarm når speilene registrerte lyden av fiendens trusler på himmelen.

De akustiske speilene kunne gi militæret et forsprang på 15 minutter, slik at de kunne forberede seg på et kommende angrep. Rett før andre verdenskrig ble imidlertid de akustiske speilene langs deler av Englands sørkyst forlatt til fordel for de aller første militære radarstasjonene.

## DAVENTRY-EKSPERIMENTET

**1935** Hülsmeyer hadde allerede bevist at radiobølger kunne brukes til å oppdage skip, men det var først da de britiske oppfinnerne Robert Watson-Watt og Arnold Wilkins utførte et banebrytende eksperiment i Daventry i Storbritannia at man så hvordan radiobølger kunne brukes til å oppdage flygende objekter. Watson-Watt var leder for radioforskningsstasjonen i Slough. I løpet av sin tid ved stasjonen viste han og Wilkins hvordan radiobølger kunne brukes til å oppdage fly. I et felteksperiment bygde de to flere stolper med ledninger som var koblet til en mottaker baki en varebil. Radiobølgene kom fra BBCs kringkastingssendere i nærheten av Daventry. Da et Handley Page Heyford-bombefly fløy forbi, registrerte mottakeren ikke bare flyet, men også avstanden på 13 kilometer. Watson-Watt og Wilkins' bragd satte fart i radarforskningen i Storbritannia, og regjeringen godkjente byggingen av nye radarstasjoner langs kysten for å oppdage fiendtlige fly.



Watson-Watt eksperimenterer med en drage og en trådløs radiosender.

## STORE ØRER

Akustiske speil fanget opp fiendtlige invasjoner ved hjelp av lydbølger.




**1 BETONGSPEIL**
En konkav skål av betong dannet formen til et akustisk speil, som var opp til fire meter i diameter.

**2 LYD FANGES OPP**
Lyden fra jagerflymotorer opptil 40 kilometer unna kunne fanges opp av akustiske speil.

**3 REFLEKSJON**
Den konkave formen på disse speilene førte til at innkommende lydbølger ble reflektert og traff en mikrofon i midten.

**4 MIKROFON**
Lyden som ble fanget opp i speilet, ble fanget opp av følsomme mikrofoner og overført til hodetelefonene til operatørene.

**VISSTE DU AT?** I 1940 skapte den amerikanske marinen begrepet radio detection and ranging, forkortet til radar.

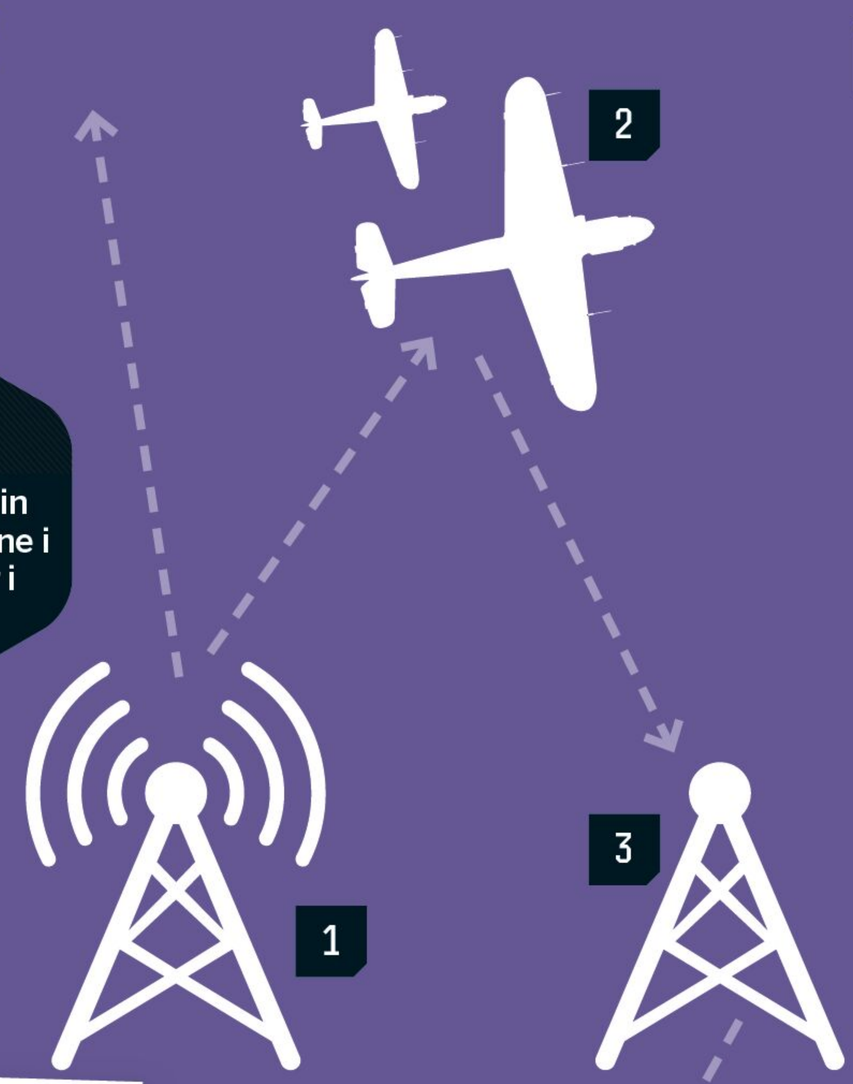
## KODENAVN CHAIN HOME

# 1935 til 1941

Da det ble kjent at det tyske militæret kunne komme til å ta med seg radioteknologi kalt «dødsstråler» om bord i jagerflyene sine i en ny verdenskrig, bygget Storbritannia raskt opp radarstasjoner langs kysten for å oppdage fly før de krysset kystlinjen. Stasjonene var kjent under kodenavnet «Chain Home». Det var et nettverk av senderantenner og mottakerstasjoner – et gigantisk radarsystem som kunne oppdage fly på rundt 160 kilometers avstand. Senderantennene sendte lange pulser ut i Den engelske kanal som ble reflektert på innkommende fiendtlige fly og kom tilbake til mottakerstasjonen. Møtepunktet ville da vises på en radarskjerm og varsle operatøren om flyets posisjon. Dette bidro til å gi Royal Air Force nok tid – rundt 20 minutter – til å hoppe inn i jagerflyene og møte fiendenns fly før de rakk å nå land. I 1939 hadde Storbritannia 18 Chain Home-radar-stasjoner, og ved slutten av andre verdenskrig var det bygget 53.

**Visste du at?**

I 1938 var Chain Home-stasjonene i drift 24 timer i døgnet.






Et av de første Chain Home-radartårnene som ble installert.

## RADIOBLIPP

Slik oppdaget Chain Home-radarsystemet fiendtlige fly.

**1 OVERFØRING**
Fra 110 meter høye sendertårn ble store deler av kysten av England mot Fastlands-Europa fylt med radiobølger.

**2 SPRETTBØLGER**
Når radiobølgene traff fiendtlige fly, ble de reflektert og spratt tilbake mot stasjonen.

**3 MOTTAKER**
Radiobølgene ble fanget opp av mottaksantenner på Chain Home-stasjonene.

**4 BLIP**
Når et fly ble detektert av radiobølger, dukket det opp på en skjerm som en prikk på en horisontal linje, kalt en «blipp».

**5 POSISJON**
Operatørene brukte posisjonen til blippen på linjen, sammen med størrelsen, for å bestemme avstanden og plasseringen på himmelen.

## NYVINNINGEN MAGNETRON

# 1940

Selv om Chain Home var revolusjonerende, hadde den sine begrensninger, særlig når det gjaldt rekkevidden. På jakt etter en måte å utvide radarens rekkevidde på oppfant de britiske fysikerne John Randall og Henry Boot ved University of Birmingham en ny type radar kalt hulromsmagnetron.

Apparatet var laget av et sylindrisk metallstykke med en negativt ladet elektrode, eller katode, som gikk gjennom et hull i midten. Rundt katoden var det en anode – positivt ladede elektroder i en rekke hull, eller «hulrom». Når strøm ble sendt gjennom katoden, oppsto det et magnetfelt rundt enheten, og elektromagnetiske bølger ble sendt ut fra anodene. Dette var mikrobølger, som var mye kortere enn radiobølger – bare ti centimeter sammenlignet med radiobølgeradarens bølgelengde på opptil 13 meter. Når det gjelder radar, er sendere som bruker kortere bølgelengder, mer følsomme for å oppdage mål på lengre avstander, og de kan lages mindre og billigere.

Hulromsmagnetronen var liten og mektig. Men Storbritannias produksjonsindustri på den tiden kunne ikke opprettholde masseproduksjon av enheten. Storbritannia vendte seg derfor til USA, som ennå ikke hadde gått inn i krigen, for å få hjelp. Etter å ha kommet seg trygt over Atlanteren på et skip avslørte en walisisk fysiker ved navn Edward Bowen magnetronteknologien for amerikanerne. President Franklin D. Roosevelt så potensialet i enheten og dens betydning for militær suksess, og bevilget midler til å etablere Radiation Laboratory ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) for å kopiere den nye mikrobølgeradaren. Disse nye radarene ble produsert enten som kompakte enheter og installert på fly, eller store enheter montert på lastebiler for langdistansedeteksjon.



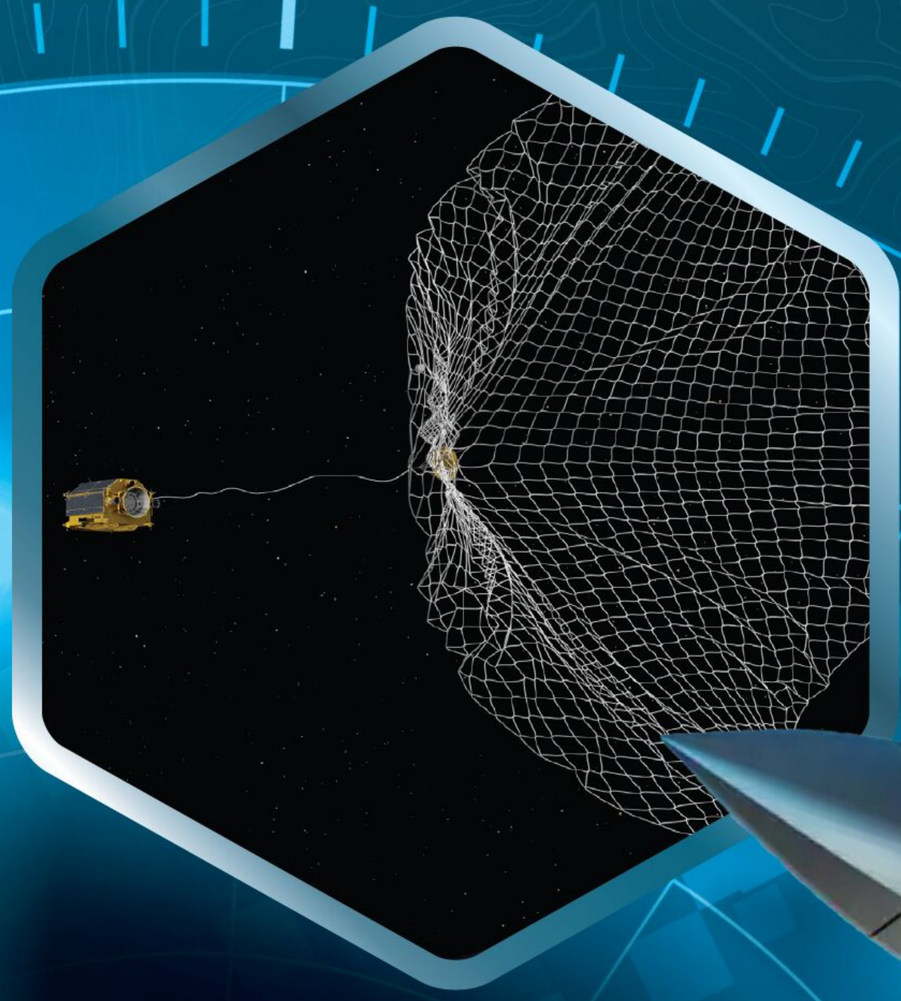
Et eksempel på en hulmagnetron på National Electronics Museum i Maryland.

© Getty / Alamy / Shutterstock



# TEKNOLOGI





TEKST AILSA HARVEY

# FREMTIDENS DRONER





**VISSTE DU AT?** Den første amerikanske dronetillatelsen ble utstedt av Federal Aviation Administration i 2006.



# OPPDAG DE FLYGENDE MASKINENE SOM KAN LEVERE VARER, EVAKUERE SKADDE SOLDATER FRA SLAGMARKEN, HJELPE BØNDER MED Å DYRKE AVLINGER OG MYE MER.



De Havilland DH82B Queen Bee kunne flys med eller uten mannskap.

Droner er ubemannede luftfartøyer (UAV) som enten kan kontrolleres med fjernstyring eller fly alene. Selv om mange av de moderne bruksområdene kan få oss til å tro at dette er nye oppfinnelser, har droner eksistert i mange tiår. I 1935, mellom første og andre verdenskrig, oppfant den britiske hæren et radiostyrt fly som skulle brukes til militær skytetrening. Flyet het de Havilland DH82B Queen Bee, men fikk kallenavnet «drone», og det antas å være den første moderne dronen. I dag eier hæren titusener av droner, og de har blitt stadig mer populære også til privat bruk.

Det var først på 2000-tallet at droner ble tatt i bruk av sivile til hobbyformål, men i dag er det registrert mer enn 885 000 droner bare i USA. Mindre droner med høykvalitetskameraer begynte å bli brukt i filmproduksjon, og den første dronescenen i en større Hollywood-film ble filmet i 2006, til *Miami Vice*. Siden den gang har det blitt vanlig å bruke flybilder i filmscener, noe som gir nye og kunstneriske perspektiver.

De samme vakre bildene kan tas av dronepiloter på fritiden, takket være oppfinnelsen av smarttelefonen. Etter hvert som smarttelefoner ble masseprodusert, sank prisene på akselerasjonsmålere, mikroskopiske styringsmekanismer og kamerateknologi. Det førte etter hvert også til rimeligere droner. En økning i antall droner fører med seg økt overvåkning, men det finnes mange lover som regulerer privat bruk av droner. Alle droneeiere må registrere enheten sin og til enhver tid vise sitt unike dronenummer på flyet. Det finnes også lover og avstandsbegrensninger som forhindrer flyging over private områder og boligområder, for å opprettholde personvernet.

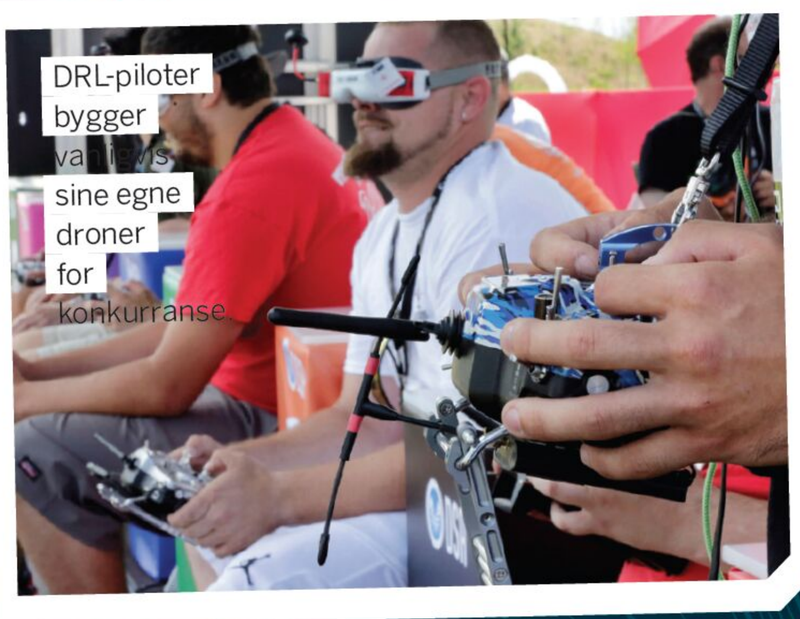
**Visste du at?**

I Norge må dronepiloter være 16 år gamle.

## DRONEKONKURRANSE

Droneflyging har blitt tatt inn i varmen som en profesjonell sport i og med en turnering kalt DRL (Drone Racing League). Millioner av DRL-fans kan se opptak direkte fra dronene til verdens beste dronepiloter via strømmeplattformer som YouTube og TikTok. Dronene flyr nesten i 130 kilometer i timen, og konkurransene finner sted på stadioner rundt om i verden eller som virtuelle løp i simulatorer. I virkelige konkurranser må dronene styres direkte av en person – som om piloten satt i en cockpit. Dronene har et kamera som piloten kan koble seg til for å styre via livekamera. Vanligvis ser man dette gjennom en slags brille, som i et virtual reality-spill.

De første amatørkonkurransene med droner ble avholdt i New Zealand og Australia, men etter hvert som populariteten økte, ble DRL etablert i 2015. Sporten vil igjen bli feiret under Verdenslekene i Chengdu i Kina i 2025 – et arrangement den har vært med i siden 2022.



DRL-piloter bygger vanligvis sine egne droner for konkurranse

© Flyability / ESA / BAE Systems / Getty / Alamy

# LYNRASKE FLYVENDE BUD

Amazon håper å øke leveringstiden med sin nyeste Prime Air MK30-drone.

**1 PAKKEN HENTES**
MK30 kan frakte pakker på opptil til 2,2 kilo.

**2 VERTIKAL STIGNING**
Fra Amazons utskytningsrampe klatrer dronen fra 40 til 120 meter med en maksimal hastighet på 105 km/t.

**3 AUTONOM FLYVNING**
Dronens datamaskin styrer reisen til mottakeren på én time eller mindre.

**4 HINDRINGER UNNGÅS**
Innebygde kameraer og sensorer hjelper dronene med å oppdage hindringer og endre høyde for å unngå kollisjoner.

**5 SØK ETTER MARKØR**
Kunden må plassere en Amazon-landingsmatte på bakken i nærheten av eiendommen sin før dronen ankommer.

**6 LEVERING TIL KUNDE**
Når dronen ser landingsplassen, går den ned fra rett over den, åpner en luke og slipper pakken ned på landingsplassen.

**Visste du at?**
Amazons leveringsdrone er mer stillegående enn trafikken.

# DE BESTE KJØPENE



**MEST KOMPAKTE**
Med en vekt på 249 gram er DJI Mini 4 Pro en kompakt drone som kan levere høykvalitetsopptak under flyging. Rammen kan brettes innover slik at den får plass i håndflaten når den ikke er i bruk.



**BESTE KAMERAKVALITET**
DJI Mavic 3 Pro er den første hobbydronen med tre kameraer. Dronen kan ta bilder med en oppløsning på 5100 piksler med 50 bilder per sekund, eller 4K-oppløsning med 120 bilder per sekund.



**MEST AKROBATISKE**
En FPV-drone (First Person View) formidler bilder av det dronen «ser» i sanntid. DJI Avata 2 er en av de beste FPV-dronene for hobbypiloter, med en enkel akrobatisk modus for manøvrering.



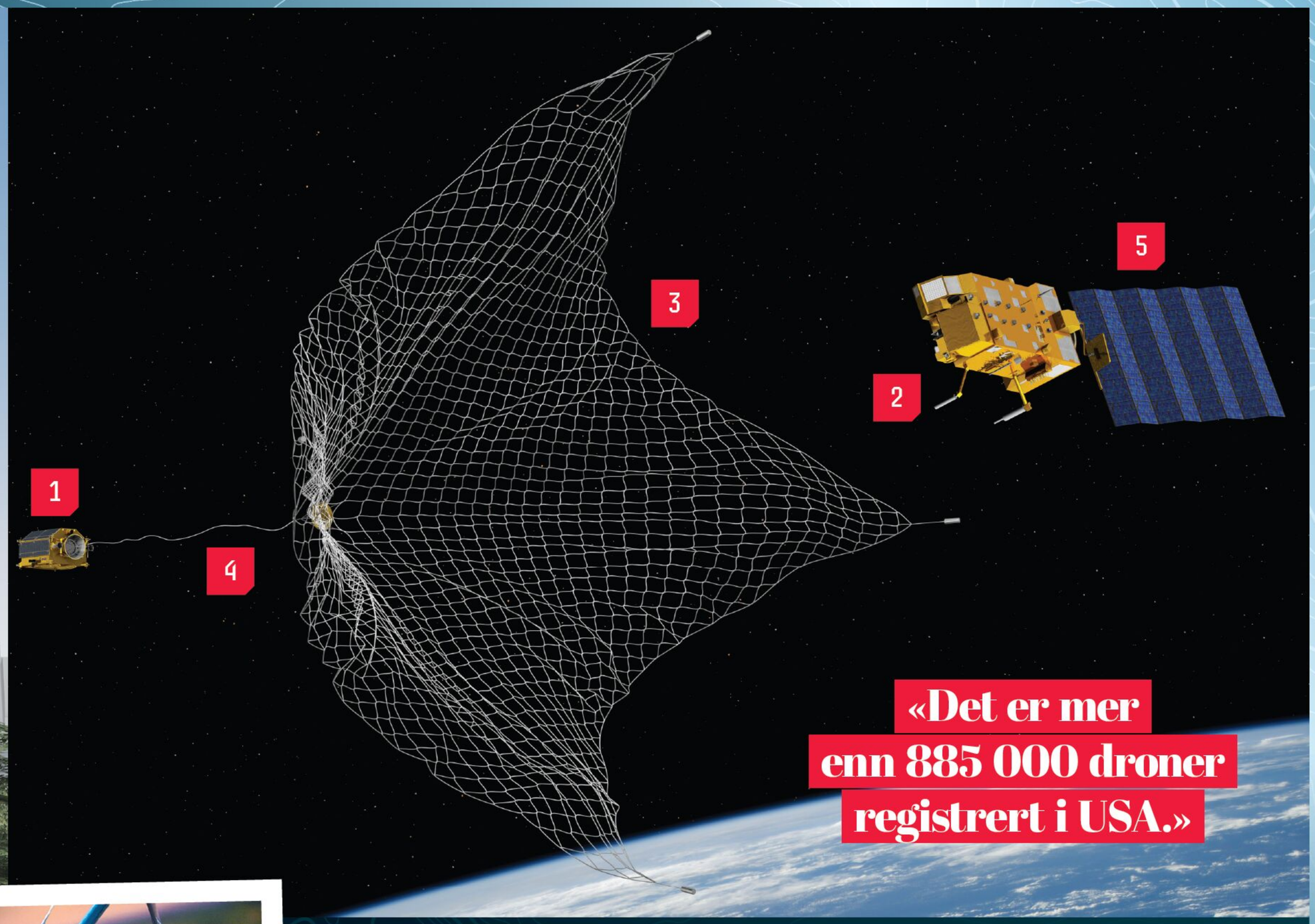
**FANTASTISK AUTOMATISERING**
Skydio 2+ har seks 200-graders kameraer med 4K-oppløsning som hjelper den med å oppdage hindringer rundt seg, slik at den kan fly trygt og autonomt. Den KI-styrte datamaskinen kan behandle 1,3 billioner operasjoner per sekund.



**HØY UTHOLDENHET**
Batteriet i dronen Autel Evo Lite+ har en flytid på 40 minutter. De fleste kommersielle droner kan bare fly i 20–30 minutter før de må lades opp igjen.

**VISSTE DU AT?** Leveringsdroner har blitt testet i Storbritannia, på kontinentet i Europa og i Australia.






**«Det er mer enn 885 000 droner registrert i USA.»**




Amazons drone MK30 Prime Air til utstilling ved et av distribusjonssentrene i Washington i USA.

## DRONER RYDDER OPP

Droner samler opp romskrot og ulovlige droner.

**1 SKYTER UT NETT**
Disse innretningene kan utplasseres på satellitter i verdensrommet eller på faste konstruksjoner og droner på jorden.

**2 MÅLRETTET**
Enten målet er en drone eller romskrot i bane rundt jorda, filmer dronen målet med et kamera for å holde nettet på rett plass.

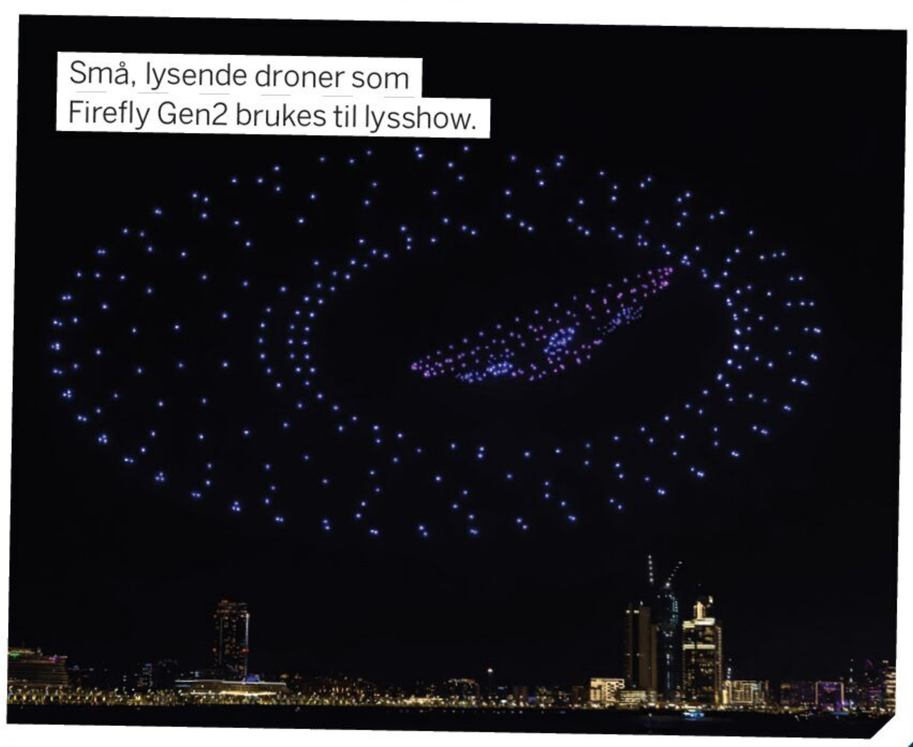
**3 FANGET**
Når dronen kommer innenfor rekkevidde, skytes nettet ut. Fire vekter omslutter dronen og fanger den i nettet.

**4 INNHENTING**
En motor trekker nettet tilbake. Droner som henter andre droner nær jorden, forhindrer dermed at dronen treffer bakken.

**5 SKADEFOREBYGGING**
Satellitter kan hentes inn og ulovlige droner undersøkes, ettersom nettet fanger opp enheter uten å skade dem.

## LAGARBEID

Droner kan brukes til underholdning så vel som til langt viktigere oppgaver. For å ønske 2024 velkommen lanserte for eksempel byen Ras Al-Khaimah i De forente arabiske emirater et spektakulært lysshow ved hjelp av 1050 droner. Det åtte minutter lange showet satte verdensrekord i spilletid for droneshow og strakte seg 1,3 kilometer over himmelen. De LED-belyste dronene beveget seg synkront for å danne figurer, ord og mønstre. Droner som jobber sammen på denne måten, kalles svermer. I droneshow er hver drone programmert av en datamaskin til å følge sin egen flyrute og nøye unngå dronene rundt. De kommuniserer med nabodronene og bruker nærhetssensorer til å holde en bestemt avstand fra hverandre. Dronenes posisjon og LED-farger endres gjennom hele forestillingen for å skape ulike formasjoner på nattehimmelen.



Små, lysende droner som Firefly Gen2 brukes til lysshow.

© Illustrasjon av Adrian Mann / Alamy / ESA / Shutterstock

# MILITÆRE DRONER

## FORSYNINGER

Den elektriske T-650-dronen kan løfte skadde soldater og levere viktige forsyninger fra luften.



**3 MILITÆRE FORSYNINGER**
Med en maksimal nyttelast på 300 kilo kan den levere ekstra militære forsyninger til tropper under lange oppdrag.

**6 FLYCOMPUTER**
Datamaskinen behandler flydata i sanntid, som høyde og hastighet, samt mottar data fra sensorer slik at den kan styre dronen selvstendig og oppdage hindringer.

**5 KRAFTIGE BATTERIER**
Litium-polymer-batterier har det høyeste forholdet mellom effekt og vekt. De kan enkelt og raskt byttes ut med ladede batterier mellom flyvningene.

**8 PROPELL**
Det er fire sett med propeller slik at hvis en av dem svikter eller blir skadet, kan dronen likevel lande trygt.

**1 SKADETRANSPORT**
For kortdistanseflyvninger kan skadde festes til dronen og evakueres.

**7 DRIVAKSLER**
Når propellene roterer, drives dronen til en maksimal hastighet på 140 km/timen.



Ingeniør og helikopterpilot Chris Malloy grunnla selskapet bak T-650, Malloy Aeronautics.




Et litium-polymer-batteri til en kommersiell drone. T-650 er drevet av den samme teknologien.

**VISSTE DU AT?** Google lanserte en droneleveringstjeneste for mat i Australia i 2019.




**2 TORPEDO**
En lettvekts anti-ubåt-torpedo kalt Sting Ray har blitt testet med dronen som et alternativt transportmiddel.

**Visste du at?**
De raskeste dronene kan gå fra 0 til 145 kilometer i timen på ett sekund.




**4 CHASSIS I KARBONFIBER**
Dronen har et karbon-fiberlag, noe som gjør den lett og slitesterk selv mot sterke kjemiske våpen.


Selv lillebroren til T-650, T-400, er i stand til å løfte tung last.

# NEIL APPLETON

**Malloy Aeronautics i BAE Systems har utviklet en serie av tungtransportdroner, blant annet T-650. Selskapets administrerende direktør forklarer hvor verdifulle disse dronene er i militæret.**



**Hva gjør droner så godt egnet til forsynings-oppdrag?**
Ved for-synings-oppdrag fra skip til skip vil man vanligvis begynne å flytte ting fra et skip til et annet med et dyrt helikopter. Det er omtrent som å bruke en slegge for å knekke en nøtt. Hvis du ser for deg kapasiteten til et helikopter, det kan fly i timevis, det kan frakte tonnasje, det kan utføre all slags kompleks elektronisk krigføring eller ubåtjakt, og i stedet bruker du det til å flytte sekker fra ett skip til et annet. Det er ikke en god bruk av plattformen, og det er den eneste løsningen kundene har i dag. Med våre droner kan de bruke en enklere og billigere plattform – fra 20 000 pund [28 000 kroner] til rundt 100 pund [1400 kroner] i timen.

**«Teknologien utvikler seg og autonomien blir bedre.»**

**Hvordan er T-650 konstruert for å fungere i all slags vær?**
Selve dronen har et system for styremekanismene som tilpasser plattformen i sterk vind og vindkast for å stabilisere seg. Utover det har vi tatt plattformen med til ørkenen og Arktis, i temperaturer på -20 og 40 grader Celsius. De liker ikke kulde. Men det betyr ikke at du trenger et komplisert system for å holde dem varme før utplassering. Da plattformene våre ble utplassert i Arktis, ble batteriene holdt varme i et kjøretøy og deretter installert i flyet rett før de skulle fly, uten at ytelsen ble dårligere. Når batteriene genererer varme under flyging fordi de brukes, bidrar det til å kompensere for at det er -20.

**Er det trygt å frakte skadde soldater med drone?**
Evakuering av skadde bør skje med det kjøretøyet som er tilgjengelig, noe som betyr at hvis du har en skadet soldat på slagmarken, vil du helst ikke vente på en ambulanse. Du bruker det kjøretøyet du har i området for å få dem ut i løpet av den gylne timen – for en skadet soldat er den første timen nøkkelen til overlevelse. Hvis du er en skadet soldat, ville du klatret inn under en drone? Noen soldater har sagt: «Absolutt. Jeg er skadet, få meg ut derfra», mens andre soldater sier nei. Det er veldig ulike oppfatninger om dette i forsvarsmiljøene, og det vi prøver å gjøre, er å stimulere den samtalen.

**Hvordan ser du for deg at ubemannet droneteknologi vil forme fremtiden?**
Etter hvert som teknologien utvikler seg, blir autonomien bedre. I fremtiden kan du ha én person som flyr ti droner, nesten som en flygeleder, i stedet for én til én. Og alt de gjør, er å overvåke at oppdragene utføres som planlagt. Det er en helt annen type kompetanse som vil redusere belastningen på frontlinjepersonellet.

Illustrasjon av Nicholas Forder / BAE Systems / Malloy Aeronautics

# MILITÆRE DRONER




Consept 2 beskrives som en mellomstor UAS.

## UBEMANNET ANGREP

BAE Systems' Concept 2-drone er en UAS (Uncrewed Air System) som er utviklet for å vise hvordan autonom teknologi kan utnyttes på slagmarken for å øke effektiviteten og sikkerheten. Den kan fly i høyder over 12 000 meter i opptil fem timer i strekk og kan angripe jagerfly i denne høyden. Med en maksimal startvekt på 3500 kg og en intern nyttelast på 500 kg kan dronen avfyre luft-til-luft- og luft-til-bakke-missiler. Den kan også brukes til elektroniske angrep ved å bære nyttelast som blokkerer radiosignaler. UAS-en Concept 2 har et fast vingedesign med en V-formet hale, som krever en rullebane for tradisjonell start og landing, og drives av en jetmotor som kan nå hastigheter på 925 kilometer i timen.



PHASA står for Persistent High Altitude Solar Aircraft.

## FLYR HØYT

I juni 2023 oppnådde BAE Systems' drone  PHASA-35 stratosfærisk flyging ved å fly i en høyde på over 20 000 meter. Flyet kan brukes til langtids-overvåking i stor høyde, siden det ikke er avhengig av fossilt drivstoff. I stedet drives den av solkraft. PHASA-35 har solcellepaneler som forsyner den med strøm hele dagen, og overskudds-strømmen lagres i oppladbare batterier som kan brukes når det er mørkt. Passasjerfly flyr i troposfæren, det laveste laget av jordens atmosfære, i rundt 10 til 12 kilometers høyde. Stratosfæren begynner på rundt 20 kilometers høyde, noe som gjør høyden til PHASA-35 tryggere for militær overvåkning.

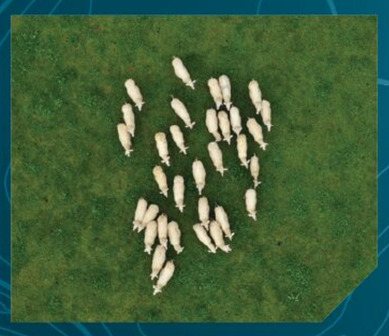



En XAG P100 utstilt på DroneX-messen 2023

# FEM GÅRDSJOBBER

**Det er flere måter dronen XAG P100 kan hjelpe bønder på.**

**1 TELLE DYR**
Høyoppløselige kameraer kan fange opp detaljert feltovervåkning. Med maskinlæring kan kameraene oppdage spesifikke dyr.



**2 PRESISJONS-SPRØYTING**
XAG P100 kan sprøyte avlinger med plante-vernmidler med høy presisjon fra luften. Dråpestørrelsen er 60 til 400 mikrometer.



**3 KARTLEGGE ÅKRER**
Nøyaktige kart over åkrer kan lages ved hjelp av dronebilder. Disse analyseres for å oppdage ugress og spore avling og plassering.



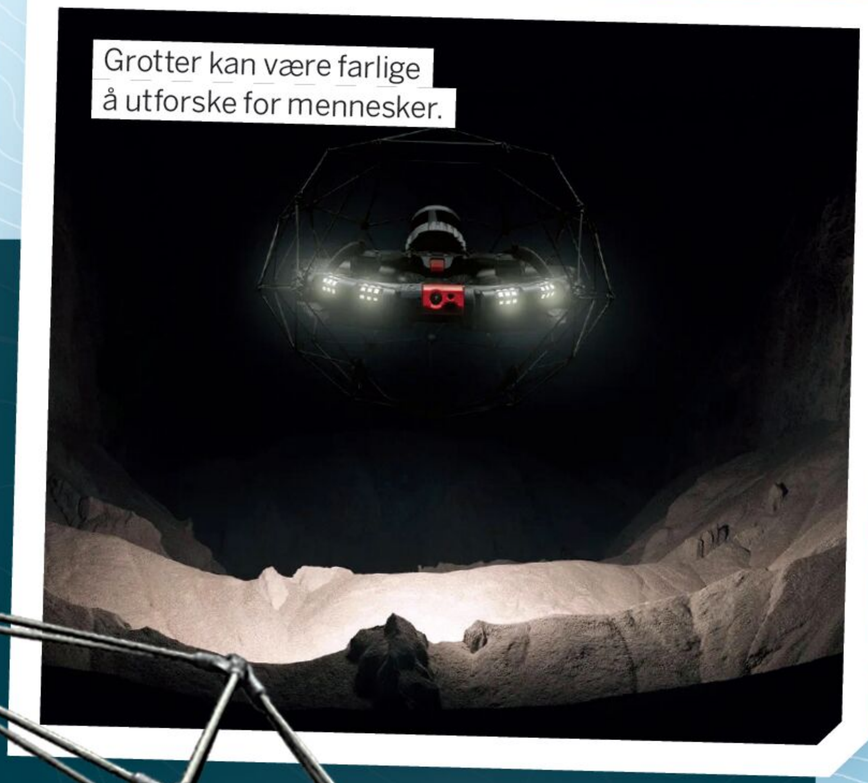
**4 AUTONOM PROGRAMMERING**
Basert på kartet over åkeren programmeres dronen til å følge bestemte ruter rundt gården for å ta seg av avlingene.



**5 AVDEKKE SYKDOMMER**
Dronen varsler om alle synlige tegn på sykdom, slik at bøndene kan lokalisere det nøyaktige stedet der avlingen er rammet før sykdommen sprer seg.



**VISSTE DU AT?** I 2020 begynte livreddere i Australia å bruke droner for å oppdage haier.


Grotter kan være farlige å utforske for mennesker.

# UTFORSKER SMÅ ROM

Elios 3 utfører sikrere inspeksjoner av lukkede rom, fra utforsking av grotter til kartlegging av industriområder.





Buret forhindrer kollisjoner.

**1 LIDAR**
Elios 3 bruker en lidar, en lysradar. En pulserende laser kartlegger omkretsen av lukkede rom. Dette lagres som en digital 3D-fil.

**2 ELASTISK BUR**
Dronen er omgitt av et karbonfiberbur som er hardt, men likevel elastisk, for å motstå kollisjoner.

**3 TERMISK KAMERA**
Varmeavvik i industriområder kan oppdages ved hjelp av data fra det varmekameraet.

**4 4K-VISNING**
Frontkameraet sender direktebilder til arbeiderne og dekker et 180-graders synsfelt.

**5 AVSTANDSSENSORER**
En avstandssensor med flytidsmåling måler hvor nærme hindringer i omgivelsene er, slik at operatørene kan endre retning og unngå kollisjoner.

**6 SMART BELYSNING**
Disse LED-panelene kan betjenes uavhengig av hverandre for å skape optimal belysning for analyse av ulike miljøer og detaljer i støvnivåer.

**7 PROPELL**
De fire propellene skiftes ut hver tiende flytime.

**8 NAVIGASJONSLYS**
Farget LED-belysning brukes på baksiden av dronen for å vise dronens retning og vise varsler som for eksempel lav batteristatus.

**9 MOTOR**
Når dronen når en vegg, bruker den de ryggemotorene til å rette seg opp.

**Visste du at?**
Elios 3 kan produsere et kart som er presist på centimeteren.

**«En avstandssensor måler hvor nær omkringliggende hindringer er.»**

© BAE Systems / Shutterstock / Alamy / Flyability

VISSTE DU AT?

# 6G

# RASKERE, SMARTERE, BEDRE

**Eksperter er allerede i gang med å legge grunnlaget for 6G. Men hva er egentlig denne nye typen nettverk?**

TEKST MARK SMITH

## Selv om smarttelefoner fortsatt vil være viktige, vil nye grensesnitt mellom menneske og maskin gjøre dem mer praktiske å bruke.

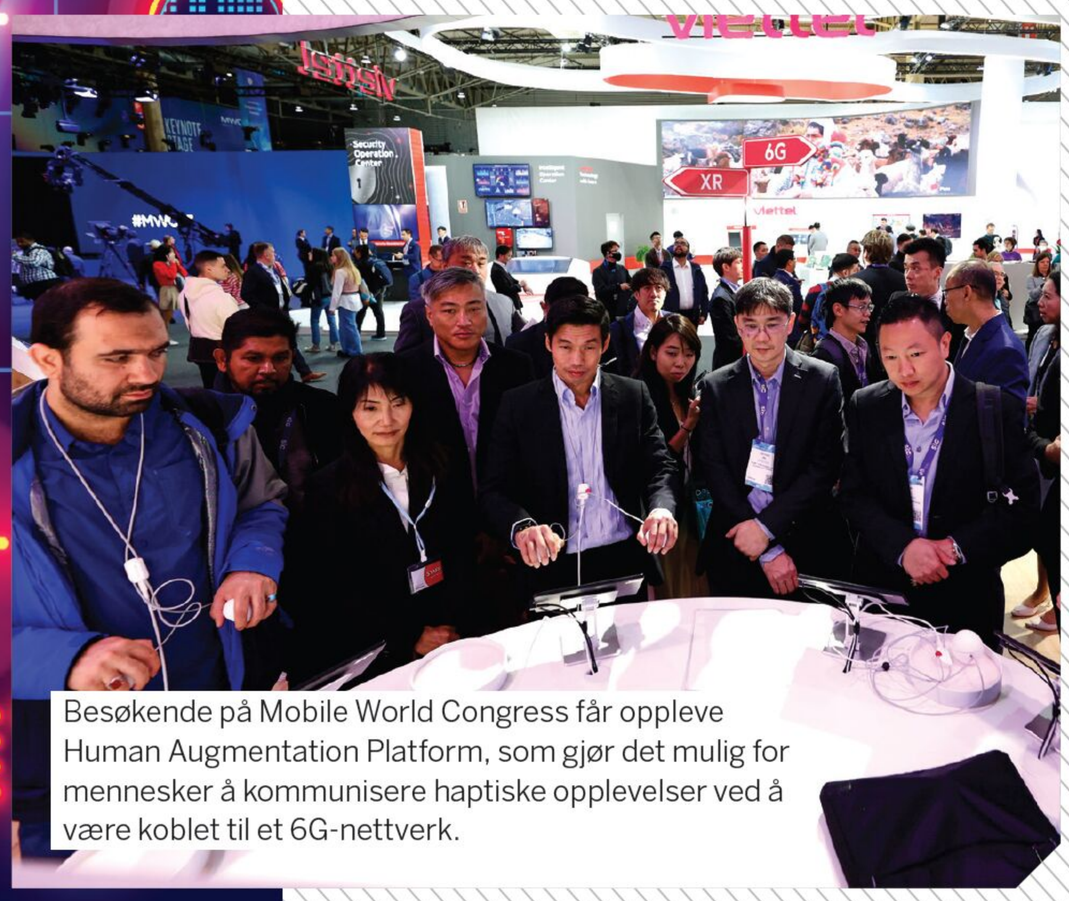
Forestill deg en verden der du styrer maskiner med tankene dine, der førerløse biler kjører gjennom rushtrafikken uten risiko for å krasje, eller der internett er tusen ganger raskere enn i dag. Dette er løftet om 6G. Vi har alle hørt om 5G, som er i ferd med å rulles ut i hele landet. Denne trådløse teknologien bruker vi til å se film og spille spill, søke på nettet og gjøre en rekke andre ting i hastigheter som rett og slett ikke ville ha vært mulig for bare noen få år siden. Men utviklingen stopper aldri, og nå går vi inn i en ny æra: 6G. Men under det ganske forutsigbare navnet skjuler det seg en teknologi som kan forandre verden. Så hva er 6G?

Verden rundt oss er fylt med et usynlig nett der data fra smarttelefoner, TV-er, sensorer, dørklokker og stort sett alle andre typer smartteknologi kommuniserer. Problemet er at tidligere utgaver av dette usynlige nettet – trådløse nettverk som 4G – ikke hadde båndbredde nok til å sende komplekse data, slik som man for eksempel har i industrielt utstyr. Men det er i ferd med å endre seg. 6G – Generasjon 6 – vil bruke teknologi som gjør det mulig å sende data ved ultrahøye frekvenser. Mens 5G kan støtte frekvenser på opptil 100 gigahertz (GHz), er målet for 6G å overføre data over bølger på hundrevis av gigahertz, eller terahertz (THz), ved hjelp av teknologi som «edge computing», kunstig intelligens og terahertz-bølger.

**Visste du at?**

**Terahertz-signaler kan passere gjennom keramikk, plast og papir.**

Et av målene med 6G er å støtte noe som kalles «ett mikrosekunds ventetid». Ventetid er forsinkelsen i informasjonen som kommer fra ett sted til et annet – tenk på den irriterende bufringen når du ser en film på et nettbrett. 6G vil fungere med en ventetid på ett mikrosekund, noe som tilsvarer en milliontedel av ett sekund




Besøkende på Mobile World Congress får oppleve Human Augmentation Platform, som gjør det mulig for mennesker å kommunisere haptiske opplevelser ved å være koblet til et 6G-nettverk.

© Getty



En modell av en 6G-smart by på Ericssons stand på Mobile World Congress.

- praktisk talt øyeblikkelig. Evnen til å sende og motta data i slike mengder åpner for en helt ny æra av muligheter. De siste årene har det skjedd store fremskritt innen ting som kunstig intelligens, smarte sensorer og virtuell virkelighet, men de eksisterer fortsatt i stor grad isolert fra hverandre. Målet er å koble dem sammen virtuelt, og det er det 6G kan gjøre. Det vil ha båndbredden og den lave ventetiden som skal til for å danne et nytt, usynlig nettverk. Men i stedet for bare spill og TV-er vil det være roboter, biler og til og med brikker som en dag kan kobles direkte til hjernen vår for å gjøre det mulig for oss å samhandle med enheter.

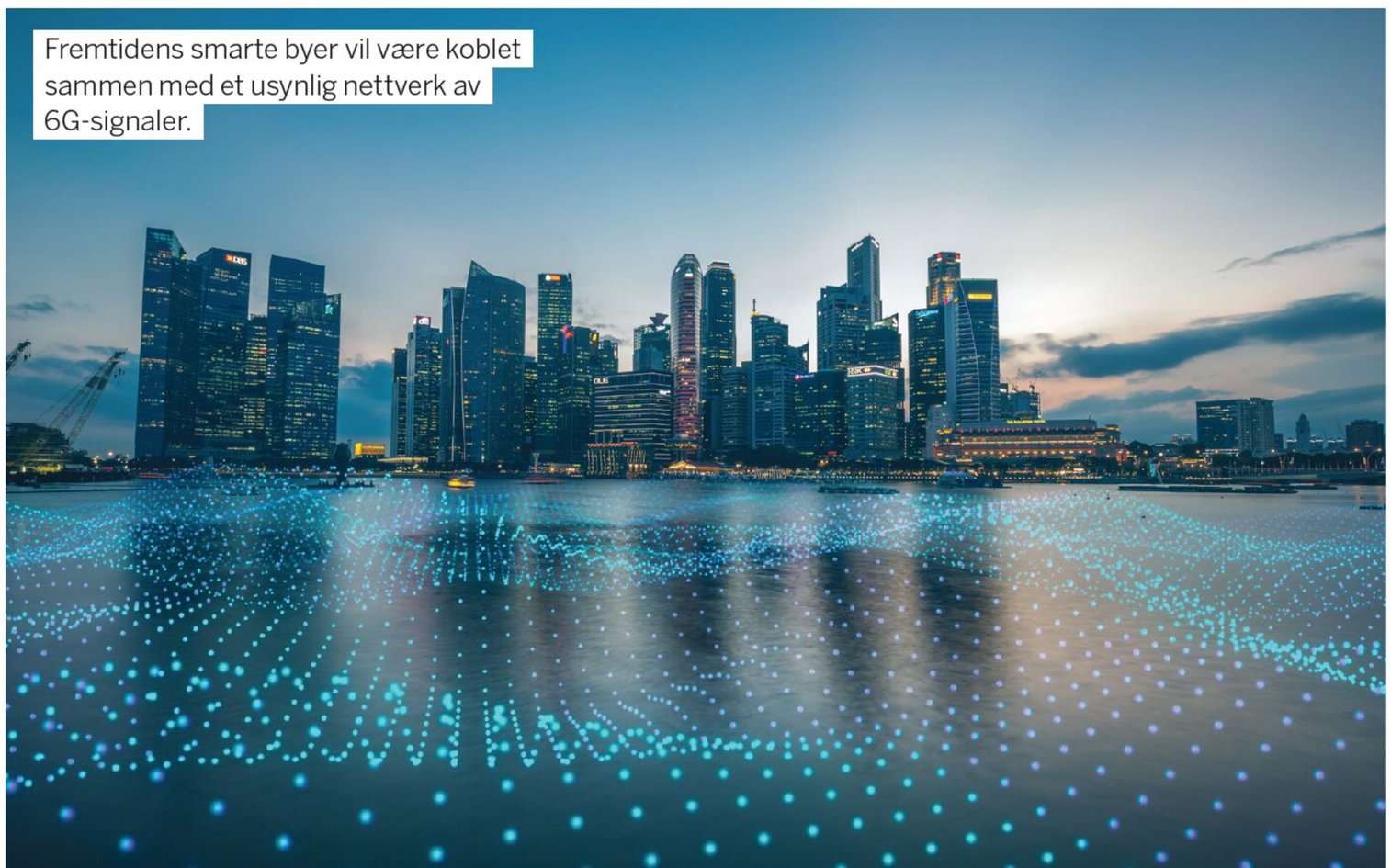
**Visste du at?**

**6Gs topphastighet kan være opptil 50 ganger raskere enn 5G.**

En annen relativt ny teknologi som 6G vil bidra til å understøtte, er edge. Frem til nå har det meste av smart teknologi vært koblet til en sentral prosessor som opererer i den virtuelle skyen. Sensorer på veiene, for eksempel, må sende trafikk- eller værdata trådløst til skyen for at et system skal kunne regne ut tallene. Men edge betyr at disse sensorene kan være genuint «smarte», med alle hjernene de trenger for å dechiffrere dataene ved kilden i stedet for å sende dem trådløst til et sentralt skynettverk. Dette gjør at ting går raskere, og det reduserer muligheten for at signalene blir avbrutt. Dette er avgjørende for for eksempel styring av en førerløs bil i trafikken. Bruken av 6G kan også for første gang underbygge en ekte virtuell verden, der ditt fysiske jeg kan operere virtuelt – kanskje jobbe på et virtuelt kontor med virtuelle representasjoner av dine virkelige kolleger eller studere på en fjerntliggende høyskole eller skole. 6G vil gjøre det mulig å samhandle virtuelt med objekter fordi det kan overføre de enorme datamengdene som trengs for å representere ting som berøring og følelse på en forsvinnende kort tid. Mobilgiganten Ericsson er et av selskapene som jobber med dette, og de har kalt det «det cyberfysiske kontinuum».

Det samme selskapet ønsker også å skape noe de kaller «sensorisk internett». Her kan ting som fysisk berøring eller veldig oppslukende opplevelser vekkes til live med livaktige detaljer ved hjelp av neste generasjons vr-briller. Digitale tvillinger vil også bli muliggjort av 6G. De gjør det mulig for eksperter å analysere det som skjer i den fysiske verden og simulere mulige utfall, forutse behov og deretter iverksette tiltak i den virkelige verden.

Alt dette høres veldig spennende ut, men vi er ikke helt i mål med teknologien ennå. Det finnes fortsatt få detaljer om hvordan 6G faktisk kan se ut i praksis. Den internasjonale foreningen for telekommunikasjon (ITU) standardiserer trådløse generasjoner hvert tiår, og det gjenstår fortsatt å se hvordan 6G vil fungere. De fleste eksperter spår en lanseringsdato rundt 2030 og at 6G vil være fullt ut kommersialisert innen 2032. Selskaper som Huawei og Ericsson har allerede lagt grunnlaget for dette.



Fremtidens smarte byer vil være koblet sammen med et usynlig nettverk av 6G-signaler.

## 6G-KAPPLØPET

**Med fremtidens kommunikasjon innen rekkevidde kjemper både selskaper og nasjonalstater om å bli de første til å gjøre 6G til virkelighet. Blant de viktigste aktørene finner vi de største leverandørene av nettverk og trådløse enheter, som Huawei, Samsung, Ericsson, Intel og Qualcomm. De kinesiske og sørkoreanske myndighetene har også investert i å ta teknologien til neste nivå. Samsung ser for tiden på bruken av terahertz-frekvenser for å bygge et nettverk med ultrarask dataoverføringshastighet. Nokia og Ericsson er også i ferd med å utvikle nettverk som kan operere i frekvensområdet 100–300 GHz.**

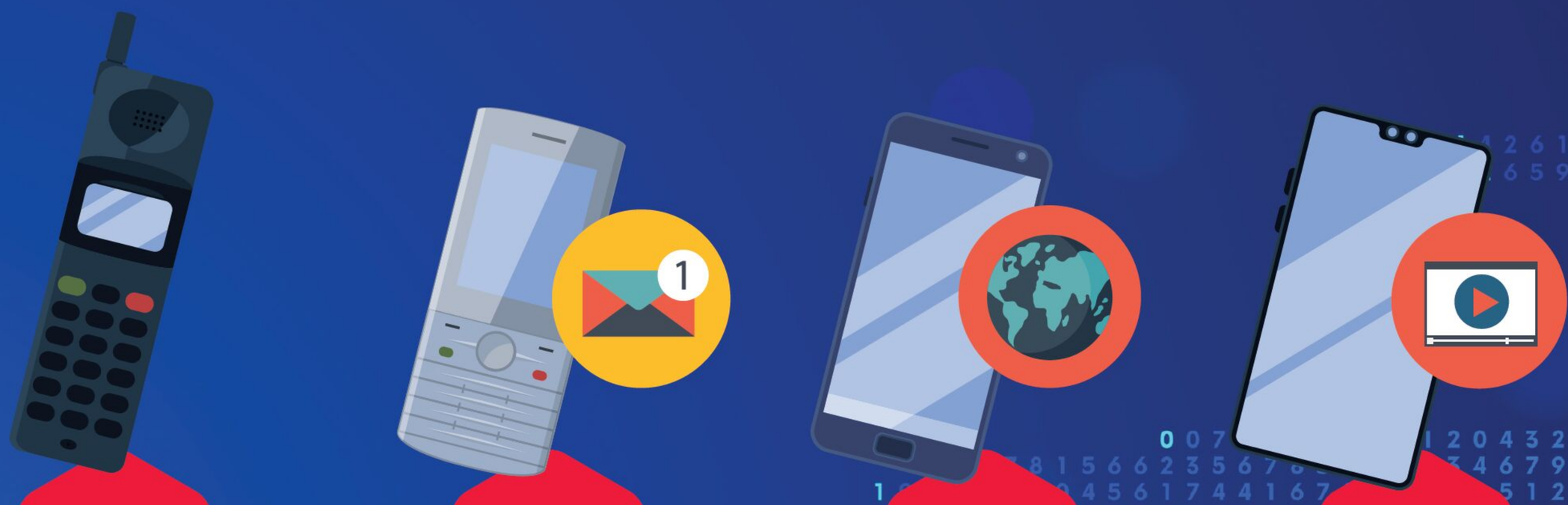


Kina gjør for tiden store fremskritt innen forskning på 6G-teknologi.

**VISSTE DU AT?** Berøringsskjermen vil gradvis bli erstattet av bevegelses- og stemmestyring.

# UTVIKLINGEN AV NETTVERK

6G-nettverket er bare det siste i en rekke utviklinger av nettverk.



## 1G

Denne hadde svært enkle funksjoner for taleanrop, ble lansert av Nippon Telegraph and Telephone i 1979 og var til å begynne med bare tilgjengelig i Tokyo.

## 2G

I 1991 ble Global System for Mobile Communication lansert i Finland, og et år senere i USA. Det omfattet kryptering og en nedlastingshastighet på 0,2 megabyte per sekund.

## 3G

Det ble lansert i Japan i 2001, og hadde datahastigheter på to megabyte per sekund, noe som muliggjorde ting som videochat og raskere nettsurfing.

## 4G

4G ble lansert i slutten av 2009 og varen stor forbedring i forhold til 3G. Nedlastingshastigheten var på 12,5 megabyte per sekund. Men det krevde en ny generasjon mobiltelefoner for å få det til å fungere.



## 5G

Versjonen de fleste av oss er kjent med i dag, ble introdusert i Sør-Korea i 2019, og den kan være mellom 20 og 200 ganger raskere enn 4G. Det åpnet en ny æra for netttilkobling, som fortsatt er under full utforskning.



## 6G

Den nyeste teknologien kan forbedre ting som fjernkirurgi, VR-brillebruk og sanntidskommunikasjon mellom maskiner og den menneskelige hjerne.

© Getty

## UTFORDRINGER I FREMTIDEN

Som med alle andre store teknologiske fremskritt kommer ikke alt til å være like enkelt, og det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til tidshorisonten for 6G, med noen potensielle hindringer som må ryddes av veien først. Et av problemene er mangelen på tilgjengelig spektrum. Med spektrum menes i hovedsak radiofrekvenser som er allokert til mobilindustrien og andre sektorer for kommunikasjon gjennom lufta. Problemet er at det er begrenset hvor mye som er tilgjengelig før det hele blir et eneste stort rot der ingenting gir mening, og 6G trenger mye mer av dette spekteret enn 5G. Et annet problem er de store kostnadene ved å bygge ut 6G-nettverk. De må designes og bygges helt fra grunnen av, og de må dekke både land, luft og verdensrommet. Selskapene regner fortsatt på om de vil være i stand til å tjene nok penger på 6G til å få dekket inn kostnadene og oppnå en brukbar fortjeneste.




En 6G-styrt robot med kort ventetid, som hermer etter bevegelsene til sensorer.



5G-master er nå et vanlig syn, men 6G vil kreve en egen infrastruktur.

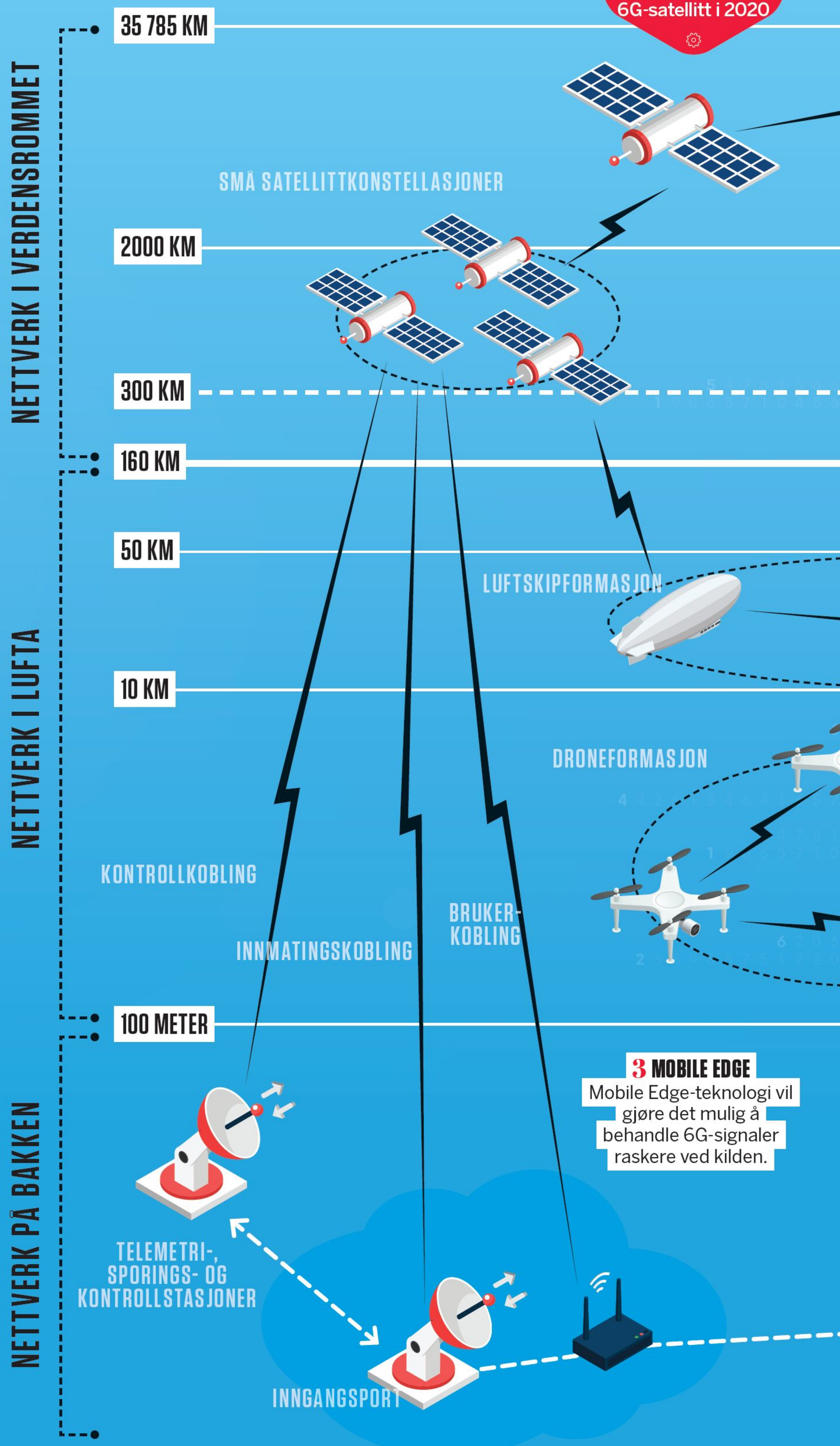


# HVORDAN 6G VIL FUNGERE

Det nye nettverket vil inneholde en rekke teknologier som virker sammen.

**Visste du at?**

Kina sendte opp verdens første eksperimentelle 6G-satellitt i 2020




**3 MOBILE EDGE**

Mobile Edge-teknologi vil gjøre det mulig å behandle 6G-signaler raskere ved kilden.

**VISSTE DU AT?** En annen fordel med terahertzfrekvenssignaler er knyttet til sikkerhet og bildebehandling

HØY BANE RUNDT JORDA

STORE SATELLITTER

1

**1 FUGLEPERSPEKTIV**
Satellitter i ulike baner vil gi forbindelse i vanskelig tilgjengelige områder på kloden.

DATABEHANDLING OM BORD

KUBESATELLITTER

LAV BANE RUNDT JORDA

**2 INTEGRERT FLYVNING**
Behovene til 6G vil kreve farkoster i ulike høyder, inkludert droner og luftskip for å videreformidle signaler.

2

STOR HØYDE

LAV HØYDE

**4 BAKKENETT**
Et nettverk av 6G-tårn eller annen teknologi vil bli bygget på bakken.

**5 SMART TEKNOLOGI**
Ting som førerløse kjøretøy vil kunne sende og motta signaler til nettverket via 6G-infrastrukturen.

BAKKEBASERT HETEROGENT NETTVERK

4

3

MOBIL EDGE-BEHANDLING

5

6

8G-KJERNE

**6 DATABEHANDLING**
Sofistikerte datasentre vil være i stand til å utføre komplekse beregninger og sende dem over nettverket nesten umiddelbart.

© Getty

Slik blir teknologien innen virtuell virkelighet og utvidet virkelighet brukt som et sofistikert militært treningsverktøy.

# KRIGSS

**VISSTE DU AT?** Prosjektet OdySSEy ble også utviklet av selskapet Hadean Supercomputing.

# PILL

*TEKST AILSA HARVEY*

Er det noe som kan forberede deg på krig? I de væpnede styrkene trener militært personell på å bruke våpen, de får opplæring i hvordan avgjørende beslutninger tas, og de lærer hvordan de skal lede store, spredte grupper på bakken. Vanligvis læres alle disse teknikkene under strengt kontrollerte forhold på sikre militærbaser, inntil ferdighetene tas i bruk i scenarier der det står om liv eller død. Men logistisk sett er det svært begrenset hvor store øvelser man kan gjennomføre i den virkelige verden, sammenlignet med omfanget på en faktisk slagmark. Det er her virtuell virkelighet kan være til hjelp. Project OdySSEy er en virtuell militær treningsplattform utviklet av romfartsselskapet BAE Systems. Plattformen kombinerer ekspertise innen dataanalyse, virtuell virkelighet (VR), utvidet virkelighet (AR) og superdatabehandling. Samarbeidsprosjektet betyr at militær trening kan foregå på avstand fra hvor som helst i verden.

Elevene kan koble seg til VR-programvaren fra ulike militærbaser og samarbeide og kommunisere med sine allierte for å gjennomføre realistiske oppdrag i virtuelle verdener. Dette innebærer at den som skal utdannes, har på seg og håndterer en rekke ulike apparater, avhengig av det fysiske aktivitetsnivået som kreves i den enkelte rolle – alt fra kjøretøy-simulatorer for soldater i felt til «mixed reality»-briller for befaler i felt og en enkel bærbar PC for dem som jobber med etterretning og cybersikkerhet. Styrker som jobber med land-, sjø- og luftoperasjoner, trener sammen og er koblet til et enkelt syntetisk miljø som de kan koble seg til når som helst og hvor som helst.

Å forsvare et land kan være forbundet med høy risiko, og det er derfor viktig at alle medlemmene får grundig opplæring og vet hvordan de skal opptre i risikofylte situasjoner når de er ute på skarpe oppdrag. I tillegg til å være et sted for øvelser er den virtuelle verden som genereres i disse omsluttende VR-brillene en lekeplass man kan eksperimentere i. En person som flyr et fly gjennom farlige luftrom, har rom til å gjøre feil i trygge omgivelser og lære av de katastrofale konsekvensene av små feil. Når piloten står overfor den samme situasjonen på et virkelig oppdrag, vil hen ha hatt nytte av denne testingen, og det er mer sannsynlig at hen klarer å navigere trygt og vellykket rundt hindringene.

**Visste du at?**

Prosjekt OdySSEy ble lansert i juni 2022.



© BAE Systems

# SIMULERT STRATEGI

Slik leder et befal i felt et virtuelt oppdrag ved hjelp av Project OdySSEy.

**Visste du at?**

Rundt 6000 fly flyr over Storbritannias luftrom hver dag

**5 SOSIALE MEDIER**

Oppdateringer i sosiale medier er avgjørende for moderne krigføring. Da dokumenteres bevegelser på bakken. Datamaskinen genererer realistiske innlegg om kampsonene som overvåkes.

**4 LOKALISERING I SANNTID**

Når elevene i flysimulatorer styrer farkostene i den virtuelle verden, spores bevegelsene i sanntid, og flystrekningen registreres.

**1 KAMPPLASS**

AR-briller (Augmented Reality) projiserer det samme tredimensjonale interaktive kampkartet inn i rommet for befalet fra begge sider.

**6 TILKOBLING UTENFRA**

Hundrevis av soldater på forskjellige steder kan koble seg til én simulering. En soldat som kjører et kjøretøy, er koblet til en kjøretøyspesifikk VR-enhet og mottar kommandoer fra disse elevene.

**«Den virtuelle verden som genereres i disse omsluttende VR-brillene, er en lekeplass å eksperimentere i.»**

**VISSTE DU AT?** Trening med ekte saker er fortsatt avgjørende for at piloter skal oppleve den fysiologiske effekten av jetflyging.




## 5 FAKTA
### MODERNE MILITÆRE TRENINGSMETODER

**1 SMARTE DATAMASKINER**
Datamaskiner kan trenes opp med data til å «tenke» som et menneske i en simulering på slagmarken. De kan forutsi hvilke konsekvenser beslutningene deres vil få, og hjelper soldatene med å lære seg den mest effektive fremgangsmåten.

**2 RØMNING I VANN**
Trening i å flykte i vann innebærer å komme seg ut fra modeller av fly som er lagt ned i svømmebassenger.

**3 CYBERKRIGFØRING**
Siden sikkerhetsinformasjon er lagret som data på nettet, kan forsvaret trene på simulerte cyberangrep. Deltakerne må legge strategier for å forsvare dataene sine.

**4 NATTSYNSUTSTYR**
Soldater tjenestegjør både dag og natt, og trenger derfor opplæring i natt-synsteknologi. Dette omfatter blant annet briller som forsterker det naturlige lyset i omgivelsene, varmekameraer og infrarøde lasere.

**5 TRENING MED LITE OKSYGEN**
Høydetrening forbereder soldatene på arbeid i høye fjell og i fly. Med masker som reduserer oksygentilgangen, kan denne treningen gjennomføres på alle treningsbaser.

## TRENINGSKOMPISER

For å øke de militære ressursene og for å sikre gjensidig beskyttelse av landene, allierer nasjonale væpnede styrker seg med andre. Disse landene ligger ikke nødvendigvis nær hverandre geografisk, og det kan gjøre det problematisk å trene som én styrke. VR-teknologien som brukes i Project OdySSEy, eliminerer noen av disse problemene ved å gjøre det mulig for invitert personell å delta i en øvelse fra hvor som helst i verden. Ved å koble seg til en virtuell virkelighet kan store grupper av mennesker delta i regelmessige felles manøvere som ellers ville vært vanskelige å organisere. For land som Australia, som har flere baser fordelt over et land som strekker seg over 4000 kilometer, kan teknologien også brukes til å koble sammen medlemmer av landets eget militærvesen. Simuleringsteknologien erstatter ikke helt det å reise på øvelser i virkeligheten, men utviklingen av denne metoden gjør at militære kan samles så ofte de ønsker, og på kort varsel.

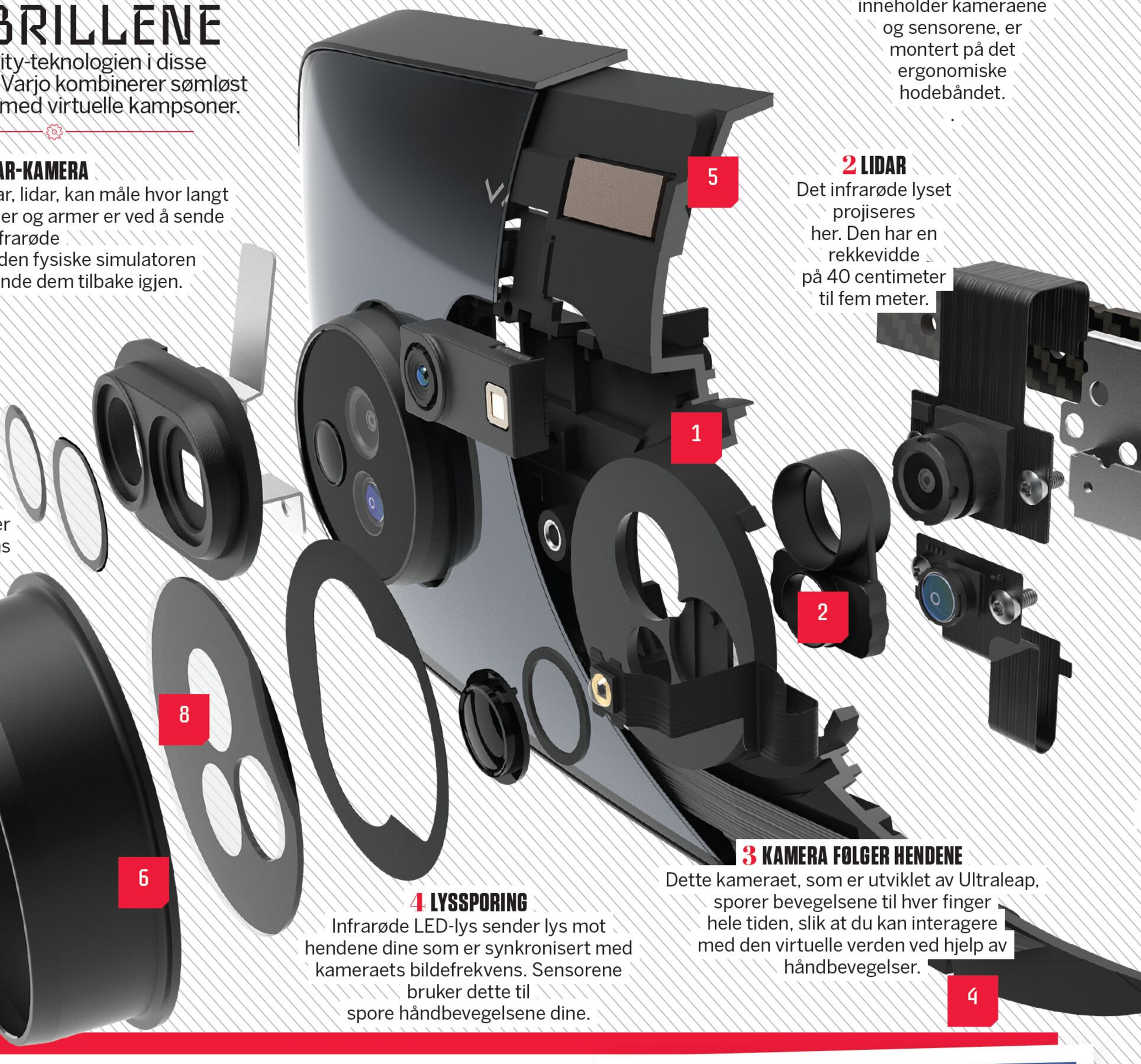


En soldat kan trene alene i et rom, men være omgitt av andre oppkoblede elever i kjøretøyer og til fots på den virtuelle slagmarken.

© BAE Systems

# SLIK FUNGERER VR-BRILLENE

Mixed reality-teknologien i disse VR-brillene fra Varjo kombinerer sømløst fysisk styring med virtuelle kampsoner.




**1 LIDAR-KAMERA**
Kameraet med lysradar, lidar, kan måle hvor langt unna brukerens hender og armer er ved å sende infrarøde lysimpulser ut fra den fysiske simulatoren på brillene, og sende dem tilbake igjen.

**2 LIDAR**
Det infrarøde lyset projiseres her. Den har en rekkevidde på 40 centimeter til fem meter.

**3 KAMERA FØLGER HENDENE**
Dette kameraet, som er utviklet av Ultraleap, sporer bevegelsene til hver finger hele tiden, slik at du kan interagere med den virtuelle verden ved hjelp av håndbevegelser.

**4 LYSSPORING**
Infrarøde LED-lys sender lys mot hendene dine som er synkronisert med kameraets bildefrekvens. Sensorene bruker dette til spore håndbevegelsene dine.

**5 KAMERAMODUL**
Denne modulen, som inneholder kameraene og sensorene, er montert på det ergonomiske hodebåndet.

**6 RAMME**
Aluminiumsrammen beskytter kameraene og sensorene. Den gir også kameraene mer plass til å oppnå et bredt synsfelt.

**8 LIDAR-VINDU**
Lidarens komponenter er beskyttet av optisk belagt glass. Dette er glass med anti-reflekterende egenskaper for å forhindre interferens med laseren.

## ET INTELLIGENT KAMPPLASS

Når man erstatter fysiske militærøvelser med en kunstig verden, er kunstig intelligens (KI) avgjørende for å gi soldatene en realistisk plattform der de kan ta sine egne beslutninger og gjøre sine egne feil. Nesten alle beslutningene en aspirant tar i løpet av et oppdrag, vil ha innvirkning på en kamp. KI-systemet er forberedt med store mengder øvelsesdata, som omfatter en kompleks rekke mønstre og sammenhenger.

KI kan også produsere realistiske interaksjoner i virtuelle omgivelser, inkludert intelligente agenter. Intelligente agenter er selvstendige enheter som lever i en virtuell verden. I motsetning til avatarene til soldatene som trener, styres for eksempel ikke sivile i en virtuell øvelsessone av en ekte person. Men med kunstig intelligens kan soldatene likevel samhandle med dem og innlemme dette aspektet av et oppdrag i treningen. Dette er noe soldatene vanligvis ikke ville ha opplevd før de var ute på oppdrag i den virkelige verden. Maskinlæringsalgoritmer betyr at hver gang en militær virtuell øvelse gjennomføres, lærer de datastyrte figurene av den menneskelige interaksjon og begynner å reagere mer og mer realistisk.

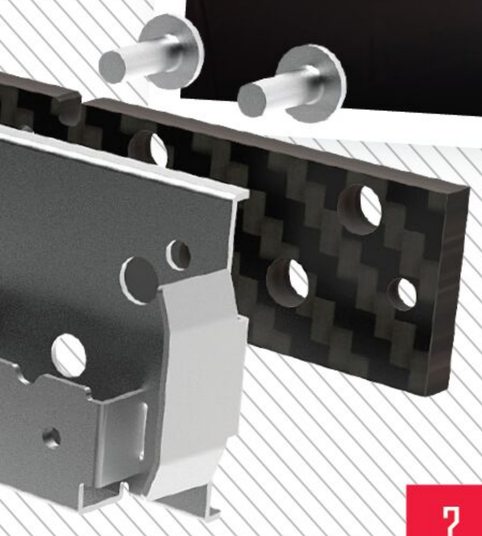


KI kan endre hvordan den virtuelle verden reagerer basert på plassering og landskap.

**VISSTE DU AT?** Varjo-hodesettet sporer øynene dine med 200 bevegelser per sekund.



En av flysimulatorene i Project OdySSEy.





**7 GJENNOM VIDEOKAMERA**
Videoopptak fra to kamera på 12 megapiksler passerer gjennom hodesettet, der virkelige elementer slås sammen på en overbevisende måte med VR. Dette forhindrer at VR ser ut som et hologram i filmen som vises.

7

3

**Visste du at?**
De første VR-brillene ble oppfunnet i 1968.





Personell som befinner seg mange mil fra hverandre, kan jobbe sammen i ett rom i en virtuell kampsone.

# VIRTUELL VERSUS VIRKELIG: OPPLÆRINGEN I PRAKSIS

**Prosjekt OdySSEys opplæringsleder Lucy Walton beskriver sin erfaring med lansering av VR-oppdrag.**



**Hva er de viktigste fordelene ved at forsvaret bruker dette VR-treningsverktøyet?**
Bærekraft er definitivt en av fordelene. Ved å ikke trene live sparer man enorme mengder utslipp, og det kan gjentas. Når du gjør noe live med et fly, får du bare én sjanse, fordi du kommer til å gå tom for drivstoff og må gå tilbake. Med VR kan du starte et scenario på nytt ved å trykke på en knapp. Jeg snakker med mange av flybesetningene som sier at dette vil være nyttig for dem – å vite at de kan øve og gjøre feil nå, slik at de lærer alle de viktige punktene før de gjør det live i luften.

**Forbedrer det taktikken?**
Det finnes nesten ikke den delen av jorden som ikke overvåkes lenger, med folk som følger med 24 timer i døgnet, syv dager i uken. I det simulerte miljøet kan vi bruke mer realistiske taktikker enn i virkeligheten. Vi må redigere dem når vi gjør det live, fordi vi ikke vil at folk skal kunne se hva vi holder på med.

**Hvor virkelighetsnære er de simulerte treningsstedene?**
I bunn og grunn kan du ta hvilken som helst del av verden fra et bakkeperspektiv, og det er mange selskaper vi samarbeider med for øyeblikket som begynner å utvikle strømmetjenester, slik at du nesten kan strømme terrenget og oppdateringene live. Vi tar bilder fra satellitter og sender dem raskt gjennom en KI-motor. Den gjenskaper hvordan det ser ut som i et simulert terreng. Når man begynner å bevege seg mot mer realistiske øvelser, må terrenget oppdateres mye oftere, for den ene dagen kan en bygning være der, og neste dag er den kanskje ikke der.

**Hvor forutsigbare er KI-miljøet og sivilbefolkningens reaksjoner i simuleringene?**
KI endrer hvordan sivilbefolkningen oppfører seg fra gang til gang. Vi hadde for eksempel noen simulerte personer som vi ønsket å forlate et scenario, så vi satte inn noen fly i veldig lav høyde, noe som kalles en maktdemonstrasjon, og disse personene løp veldig redde vekk. Så gjorde vi det igjen, og en tredje gang. Den tredje gangen sluttet de å løpe, for de hadde lært at det ikke skjedde noe galt etterpå, så de begynte å gå i stedet for å løpe skrekkslagne bort. Det er ganske interessant å se hvordan atferden deres har lært seg det.

Historisk sett, når vi har trent på denne måten, har alt vært kontrollert av mennesker. Øvingslederen vet alt som kommer til å skje i en øvelse før den starter. Når du begynner å bruke kunstig intelligens, endrer det seg. I en øvelse hadde vi en konvoi med biler som skulle ut på et forsyningsoppdrag, og en sivilist krasjet på veien. Vi jobber med å finne en balanse mellom å holde den kunstige intelligensen realistisk og å trene folk som ikke nødvendigvis kjenner scenarioet.

© Varjo / BAE Systems

# SLIK FUNGERER FLAMMEKASTERE

Disse redskapene, som spruter ild gjennom luften, var opprinnelig krigsvåpen.

TEKST SCOTT DUTFIELD

Flammekastere i en eller annen form har eksistert i tusenvis av år, men de første håndholdte flammekasterne dukket opp under første verdenskrig. De ble utviklet av den tyske hæren. Da ble brennstofftanken båret som en ryggsekk, og dysene lignet pistoler. Når de ble antent, slapp de løs en strøm av flammer mot fienden. Flammekasterne ble brukt som brannvåpen under andre verdenskrig og Vietnamkrigen, men det var først i 1980 at bruken av dem ble begrenset i henhold til protokoll III i Genève-konvensjonen. I dag brukes flammekastere først og fremst i forbindelse med arealforvaltning, for eksempel til å utrydde invaderende plantearter, rydde dyrket mark og brenne jord for å resirkulere næringsstoffer.

For at en flammekaster skal fungere, må den tilføres to av de tre grunnleggende ingrediensene som forårsaker brann: varme og en brennbar kilde. Den tredje ingrediensen, oksygen, kommer rett fra lufta. For å tilføre varme trykker man på avtrekkeren for å utløse en gnist, og brennstoffet slippes ut. Når gnisten antenner brennstoffet, blir varmen som genereres av ilden nok til å opprettholde reaksjonen. Så lenge avtrekkeren holdes inne, fortsetter bensin eller diesel å mate reaksjonen med oksygen.

Med alle ingrediensene som trengs for å skape brann, må flammekasteren ha en måte å forhindre at flammene beveger seg tilbake opp i tanken – med eksplosive resultater – når avtrekkeren trykkes inn. Dette oppnås ved å tilføre en tank med gass under trykk. Når avtrekkeren trykkes inn, presser gassen brennstoffet gjennom dysen, noe som skaper en kontinuerlig strøm av ild i én retning. Når avtrekkeren slippes, kutter en ventil tilførselen av brennstoff og oksygen, slik at det ikke oppstår brann inne i flammekasteren. Dette trykket gjør også at flammekastere kan skyte ild over imponerende avstander. For eksempel kunne flammekastere som ble brukt under første verdenskrig, sprute ild over 40 meter.



Noen land, som Kina, opprettholder bruken av flammekastere i hæren sin.



En illustrasjon av gresk ild fra et bysantinsk manuskript.

## GRESK ILD

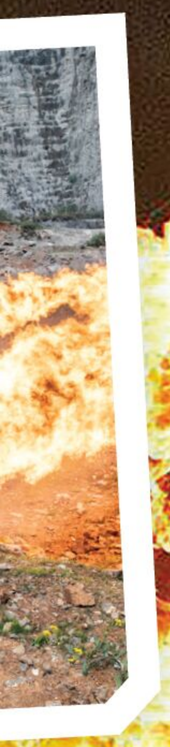
Flammekastere er ikke en moderne oppfinnelse. I Det bysantinske riket på slutten av 600-tallet ble en ny form for krigføring introdusert av en av oldtidens arkitekter ved navn Kallinikos fra Heliopolis. Brannvåpenet ble kjent som gresk ild, og besto av et flytende brennstoff som ble varmet opp og deretter satt under trykk før det ble antent og sprøytet gjennom et rør, vanligvis mot skroget til fiendtlige skip. Den nøyaktige sammensetningen av kjemikalier som ble brukt for å skape flammene, er ukjent, men trolig kan nafta og svovel ha vært viktige ingredienser.

Som våpen var gresk ild en formidabel fiende, ettersom vann ikke kunne stoppe den flytende ilden fra å brenne. En av de få kjente måtene å slukke ilden på var å dekke ilden med sand eller eddik.

**Visste du at?**

Oransje flammer brenner opp til 1200 grader Celsius.

**VISSTE DU AT?** I 2018 solgte Elon Musks Boring Company over 20 000 flammekastere.



## ILD MOT ILD

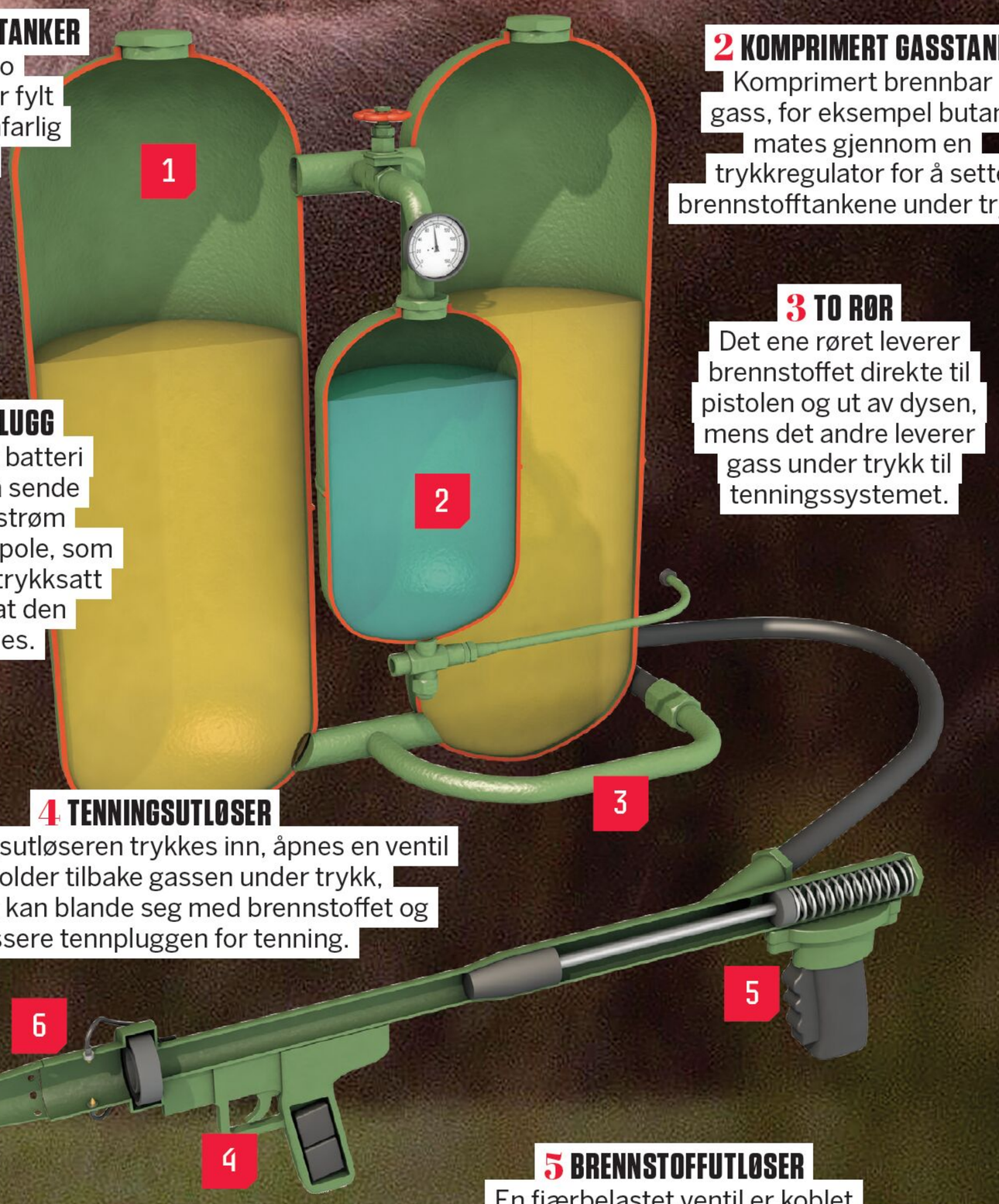
**Noe av det siste du forventer å se i nærheten av en skogbrann, er en brannmann med en flammekaster i hånden. Likevel kan de være et av de beste verktøyene for å hindre at brannen sprer seg. Hvert år feier titusenvis av skogbranner gjennom skoger og gressletter rundt om i verden og ødelegger habitater og hjem. For å stoppe spredningen bruker brannmannskaper flammekastere til å skape det som kalles en branngate. Dette er en bevisst og kontrollert brann som fortærer noe av vegetasjonen i et belte foran en skogbrann som sprer seg. Når skogbrannen når beltet av brent mark eller skog, er det ikke lenger noe brensel som kan gi næring til brannen, og dermed kan ikke brannen utvikle seg videre.**



En skogbrann herjer i Colorado og ødelegger dyrelivet.

## INNI EN FLAMMEKASTER

Disse ingrediensene og komponentene gjør det mulig å sprute ild med ett trykk på avtrekkeren.




**1 DRIVSTOFFTANKER**
Disse to flaskene er fylt med brannfarlig olje.

**2 KOMPRIMERT GASSTANK**
Komprimert brennbar gass, for eksempel butan, mates gjennom en trykkregulator for å sette brennstofftankene under trykk.

**3 TO RØR**
Det ene røret leverer brennstoffet direkte til pistolen og ut av dysen, mens det andre leverer gass under trykk til tenningssystemet.

**4 TENNINGSUTLØSER**
Når tenningsutløseren trykkes inn, åpnes en ventil som holder tilbake gassen under trykk, slik at den kan blande seg med brennstoffet og passere tennpluggen for tenning.

**5 BRENNSTOFFUTLØSER**
En fjærbelastet ventil er koblet til utløseren via en stang. Når avtrekkeren trykkes inn, åpnes ventilen, og brennstoffet slippes ut.

**6 TENNPLUGG**
Et bærbart batteri brukes til å sende elektrisk strøm gjennom en spole, som varmer opp trykksatt gass slik at den antennes.

© Alamy / Getty / Illustrasjon av Adrian Mann

TEKNOLOGI

# UUNNVÆRLIGE DINGSER FRA 1980-tallet

Slik fungerte de banebrytende dingsene som dominerte «dekadansens tiår».

TEKST SCOTT DUTFIELD

**VISSTE DU AT?** I 1993 tok kosmonauten Aleksandr Serebrov med seg en Game Boy ut i verdensrommet på et oppdrag til Mir-romstasjonen.

# THE CLAPPER

Lenge før Alexa kunne ta kontroll over dingsene i hjemmet, ble The Clapper lansert på 1980-tallet i USA, en kompakt enhet som kunne slå på apparater på avstand. Med slagordet «Clap on, clap off, it's The Clapper» er det ikke vanskelig å forstå funksjonen til d0enne enheten. Det var bare å koble en lampe, radio eller TV til The Clapper, og lyden av et klapp ville enten slå den på eller av. Apparatet fungerte ved hjelp av en liten mikrofon koblet til et lydfilter. Når mikrofonen fanget opp en klappelyd, vanligvis mellom 2220 og 2800 hertz, utløste lydfilteret et elektrisk signal til strømbryteren, slik at apparatet ble slått på. To klapp etter hverandre utløste et elektrisk signal som slo av strømforsyningen.

I tillegg til å forbedre komforten i hjemmet hadde Clapper også en «borte»-sikkerhetsfunksjon. Når den ble satt i «borte»-modus, ble mikrofonens følsomhet økt, slik at selv den minste lyd kunne detekteres. Tanken var at når en innbruddstyv beveget seg gjennom huset, ville lyden bli oppdaget, og lamper og TV-en ble slått på. Dermed ville innbruddstyven bli skremt – og forhåpentligvis stikke av. The Clapper ble opprinnelig lansert i 1984, og man kunne finne den i mange amerikanske hjem gjennom hele tiåret og utover. Selv i dag brukes teknologi til å slå av og på lamper over hele verden, inkludert nye innretninger i form av *Star Wars'* Darth Vader og Yoda som krever at du bruker «kraften» til å klappe.

**Visste du at?**

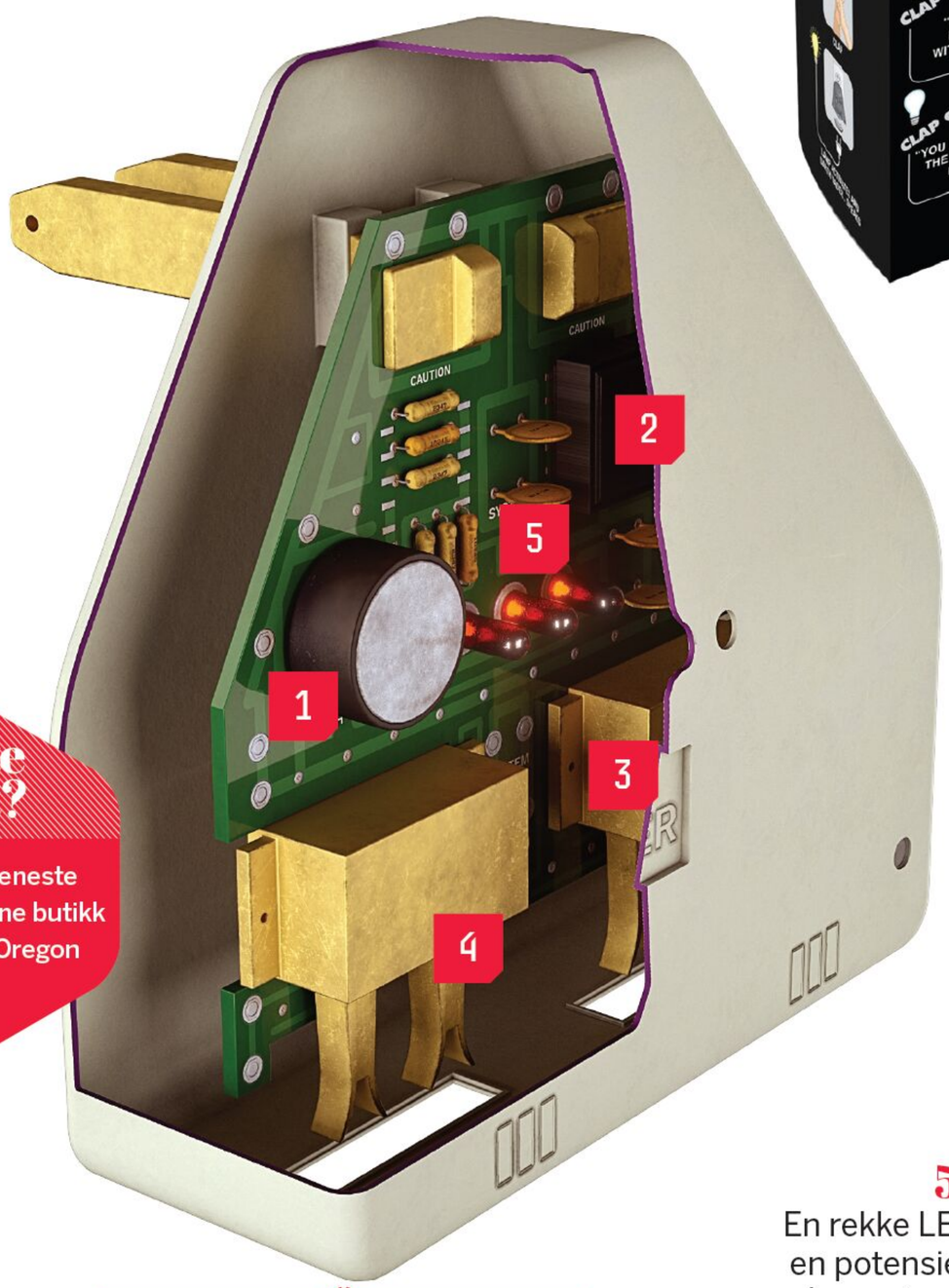
Blockbusters eneste gjenværende åpne butikk ligger i Bend, Oregon




Du kan fortsatt kjøpe The Clapper i mange fasonger, for eksempel dette Darth Vader-hodet.

## PÅ INNSIDEN AV THE CLAPPER

Lyden av klappende hender setter i gang en rekke mekanismer.




**1 MIKROFON**
Lyden fanges opp av mikrofonen, og et filter avgjør om det har blitt registrert et klapp.

**2 KLAPP ER REGISTRERT**
Når et mønster av klapp registreres, sendes et signal til strømstyringen.

**3 STRØMSTYRING**
Med riktig klappsekvens vil strømstyringen lede strøm fra strømnettet til ett av to strømuttak.

**4 STRØMUTTAK**
Det er to strømuttak på undersiden av Clapper. En forhåndsbestemt sekvens av klapp er tilordnet hvert uttak for å slå det av eller på.

**5 LED-LAMPER**
En rekke LED-lamper indikerer når en potensiell klapping høres. Hvis bare et par av lysene blinker, er klappet ikke høyt nok til å registreres.

# PERSONSØKER

**Personsøkeren ble oppfunnet på 1950-tallet og utviklet seg til å bli en av 1980-tallets «must-have»-dingser, med mer enn 3 millioner brukere over hele verden. Personsøkeren var en form for enveiskommunikasjon som gjorde det mulig for avsenderen å sende digitale meldinger, vanligvis telefonnumre, som en oppfordring til mottakeren om å ta kontakt. Gjennom et nettverk av radiosenderantenner ble meldingene sendt via radiobølger og koblet folk sammen ved hjelp av et personlig kodenummer, omtrent som dagens mobilnumre. Når en melding ble mottatt, lyste personsøkeren opp og pep, og meldingen ble vist på personsøkerens LCD-skjerm. Personsøkerne ble særlig populære blant sykehusansatte på grunn av det raske og effektive meldingssystemet, og fordi de kunne brukes i et lokalt radionettverk, noe som betydde at kommunikasjonen kunne isoleres til et enkelt sykehus.**




Personsøkere ble vanligvis levert med en praktisk klips som gjorde det mulig å holde dem i et belte eller bukselinning.

Getty / Alamy / Illustrasjon av Nicholas Forder / Clapper

# SENDE DOKUMENTER OVER TELEFON




Som forløperen til dagens e-post var den enkle telefaksmaskinen, populært kalt faks, et fast inventar på ethvert kontor på 1980-tallet, og ble brukt til å sende og motta dokumenter. I den ene enden av overføringen satte man ganske enkelt inn sidene man ønsket å sende, som ble skannet internt og sendt gjennom telefonlinjen til mottakeren som binære data. Mottakeren avkodet denne binære informasjonen og begynte å skrive ut identiske kopier av sidene.

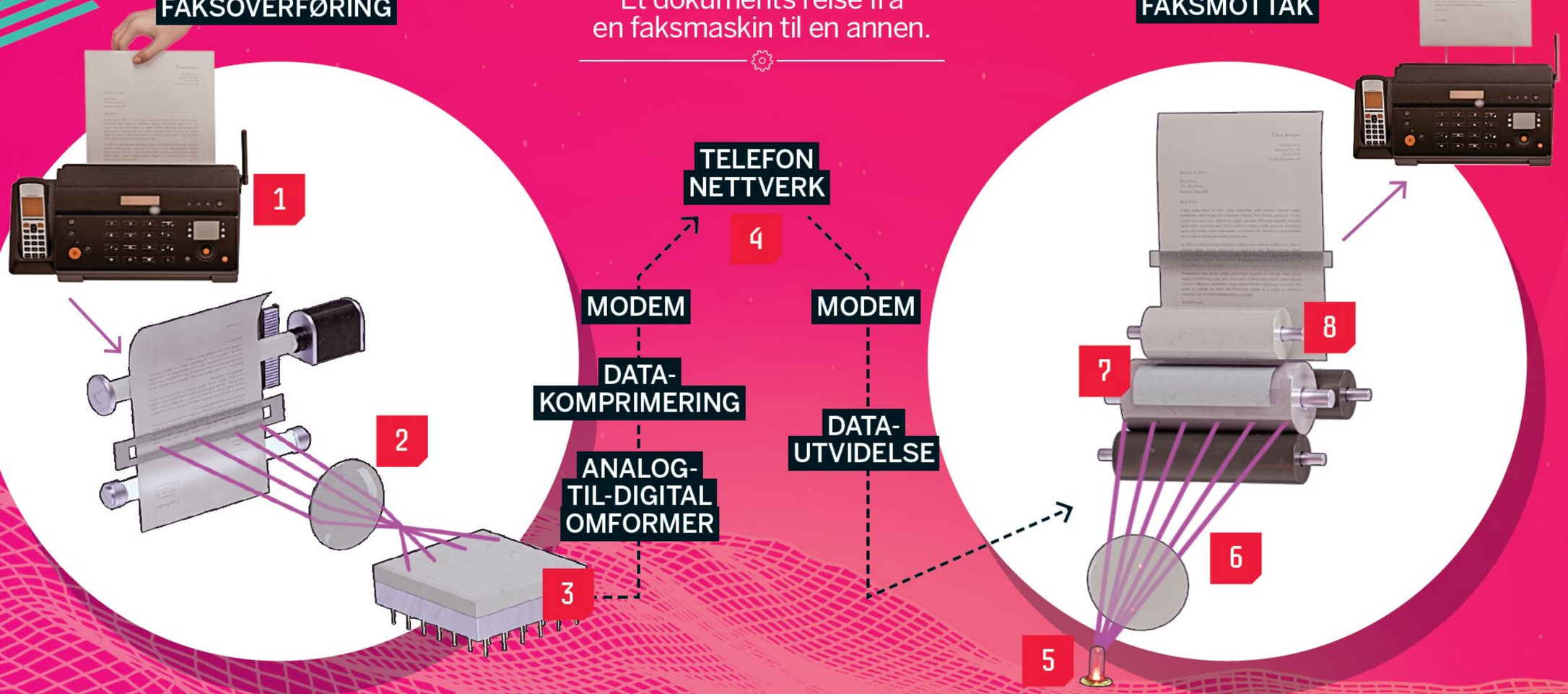
Utskriftsteknologien som ble brukt i faksmaskinene, utviklet seg i løpet av tiåret. De begynte med oppvarming av varmefølsomt papir og gikk over til laser for å sende dokumenter gjennom en prosess som kalles xerografi – en metode for å skape et bilde som opprinnelig ble oppfunnet på 1930-tallet. Prosessen brukte lys og elektrisk ladet blekk til å tolke de svarte og hvite områdene på et dokument, som ble gjenskapt for å lage nøyaktige kopier.

Først i 1985 lanserte det amerikanske maskinvareselskapet GammaLink den første datamaskinbaserte faksmaskinen, GammaFax, som var forløperen til 1990-tallets internettbaserte faksmaskiner.

Faksmaskinen nådde toppen av sin popularitet utover 1990-tallet og inn på begynnelsen av 2000-tallet, da e-post ble den foretrukne kommunikasjonsformen for mange bedrifter. I 2003 opprettet de britiske kommunikasjonsmyndighetene Ofcom Universal Service Obligation (USO), og lovet å opprettholde nettverket for faks for folk som ikke var koblet til Internett. USO videreførte faksstøtten i 20 år, men i 2023 kunngjorde Ofcom at tjenesten ville opphøre, og dermed tok faksmaskinen et endelig farvel.

## SLIK FUNGERER EN FAKS

Et dokuments reise fra en faksmaskin til en annen.




**1 MATING AV FAKSEN**
Et dokument mates inn i maskinen, hvor det fanges opp av en trommel som fører det gjennom.

**2 CCD**
Et lysstoffrør skinner lys gjennom dokumentet, og detekteres av CCD-sensoren (Charge Coupled Device).

**3 ELEKTRISK SIGNAL**
CCD-enheten genererer elektriske impulser gjennom telefonen når den registrerer formen og strukturen på den svarte teksten på dokumentet.

**4 ELEKTRODER**
En serie elektroder sender et elektrisk signal gjennom telefonlinjen til mottakeren faksmaskinen.

**5 GJENVINNING INFORMASJON**
Det elektriske signalet som mottas av en faksmaskin, blir behandlet og gjenskapt gjennom en laserlyskilde.

**6 LASER**
En laserstråle sendes gjennom et speil og en linse for å treffe en fotoreseptor med blekktrommel på punkter som samsvarer med det tomme rommet rundt bokstavene og ordene på originaldokumentet.

**7 LYSFØLSOM TROMMEL**
Der hvor det negativt ladede lysfølsomme blekket berøres av laseren, blir det positivt ladet og blir liggende igjen på trommelen.

**8 PAPIR**
Det gjenværende negativt ladede blekket er fritt til å feste seg til papiret for å gjenskape teksten i originaldokumentet.

**9 SKRIV UT**
Når hele siden er skrevet ut, kommer en kopi ut fra faksmaskinen.

**VISSTE DU AT?** I 1987 var 90 prosent av det globale VHS-markedet i USA.




Hvis du trenger å regne ut en rask sum på mens du er på farten, har Casio Calculator-klokken alt du trenger

# KALKULATOR I ARMBÅNDSUR

Klokken Casio Calculator var en praktisk kalkulator på håndleddet, og mange hadde det på 1980-tallet, blant annet Marty McFly da han reiste gjennom tiden i *Tilbake til fremtiden*. I motsetning til vanlige digitale klokker var disse innovative klokkene utstyrt med et tisifret tastatur for å utføre grunnleggende beregninger, som ble vist på LCD-skjermen (Liquid Crystal Display).

Den første av Casios kalkulatorklokker var C-80, som ble lansert i 1980, etterfulgt av den oppgraderte Databank Telememo CD-40 i 1984. CD-40 kunne lagre opptil 30 poster – inkludert navn og telefonnumre – regne trigonometri og hadde fjernkontrollfunksjoner for TV. På midten og slutten av 1990-tallet hadde Casios kalkulatorer for håndledd mistet sin popularitet.

# MOBILTELEFONEN «THE BRICK»

I 1983 ble den første «mobiltelefonen» lansert i USA av Motorola. Den het DynaTAC 8000X og ble også kalt «the brick», mursteinen, fordi den veide over en kilo. Batteriene i den bærbare telefonen hadde en kapasitet på bare 30 minutters taletid, og det tok rundt ti timer å lade den opp. Selv om det var den første kommersielt tilgjengelige mobiltelefonen, hadde den en heftig prislapp på 3995 dollar.

DynaTAC fungerte på første generasjons analoge mobilnettverk og brukte det nyutviklede avanserte mobiltelefonsystemet, som ble lansert i USA, til å ringe med. Det avanserte mobiltelefonsystemet brukte analog frekvensmodulering til å overføre tale gjennom geografiske områder som ble kalt celler, derav navnet «cell phone» på engelsk. Cellene, telefonene, hadde en radiobasestasjon sentralt plassert med en mottaksradius som dekket flere titalls kvadratkilometer, og som overførte mobilfrekvenser til andre basestasjoner helt til de nådde mobiltelefonen.

På lanseringstidspunktet hadde DynaTAC tilgang til allerede eksisterende basestasjoner i USA. Den innovative telefonen ville imidlertid ikke nå Storbritannia på grunn av manglende infrastruktur for basestasjoner. De første basestasjonene i Storbritannia ble introdusert i 1985, i tide til neste utgave av «mursteintelefonen», Motorola 8500X, som raskt feide over Europa.

**Visste du at?**

MTV gikk på lufta i 1981.






Oppfinner Martin Cooper holder en DynaTAC 8000X i 2023 på Mobile World Congress i Barcelona.

© Alamy / Getty / Shutterstock / Illustrasjon av Nicholas Forder

# TV-SPILL

Nintendo Entertainment System (NES) ble lansert i Japan i 1983. Det ble en av tiårets mest solgte spillkonsoller, med over 62 millioner solgte enheter. Nintendo ga liv til noen av de mest ikoniske spillene, som *Super Mario Bros.* og *The Legend of Zelda*. Nintendo var en av de første 8-bits spillkonsollene, og ga en kvalitet på spillene som var ulik alt annet på den tiden. Dagens spillkonsoller har mye kraftigere prosessorer, som for eksempel PlayStation 5, som har en 64-bits prosessor. I tillegg til de banebrytende spillet kom Nintendo med like revolusjonerende tilbehør, som Zapper, en lyspistol for pistolskytespill som *Duck Hunt*, og Robotic Operating Buddy, eller R.O.B, som fungerte som en ekstra konsoll for spill som *Stack-Up*.




Nintendo ble levert med to konsoller med ledning og veide under 2,5 kilo.

**Visste du at?**

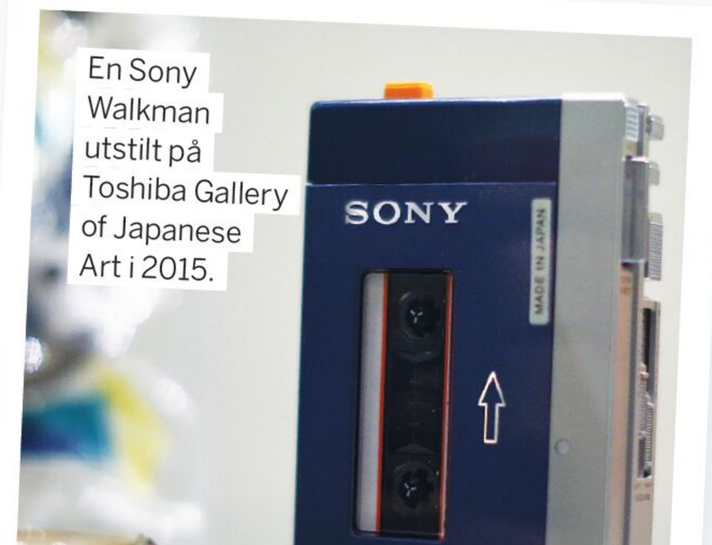
Den siste Walkmanen ble laget i 2010.

# LYDEN AV 1980-TALLET

På 1980-tallet myldret bybildet av folk som hadde en av tiårets mest ikoniske dingser i beltet: Sony Walkman. Denne bærbare kassettspilleren ble lansert i 1979, og var den beste måten å lytte til musikk på når man var på farten. Walkman baserte seg på den samme magnetbåndteknologien som VHS, om enn i mye mindre skala.

Lydbølger ble tatt opp og omdannet til en unik elektrisk impuls for å skape et magnetisk avtrykk av en sang på båndet. En kassett fylt med spolebånd ble deretter lagt inn i Walkman-enheten, og avspillingsknappen ble trykket inn. Magnetbåndet ble ført forbi et lydavleserhode som tolket informasjonen og konverterte den til elektriske impulser, som igjen ble oversatt til lyd. Lyden ble deretter hørt gjennom et par hodetelefoner som var koblet til Walkman-enheten. Når man trykket på «rewind», spolte man båndet bakover fra en spole til en annen, og ved å trykke «fast forward», spolte man båndet raskt fremover. Man kunne altså bevege seg raskt bakover eller forover gjennom lydopptaket.

I likhet med VHS ble Walkman etter hvert offer for innovasjonen compact disc (CD). Sony lanserte en av de første bærbare CD-spillerne, D-50, bare ett år etter at CD-en ble introdusert i 1982.




En Sony Walkman utstilt på Toshiba Gallery of Japanese Art i 2015.

## DE KULESTE DINGSENE




**1980**

**SHARP LOMMECOMPUTER**
En bærbar kalkulator og datamaskin med et fullt QWERTY-tastatur.




**1982**

**SPEAK & SPELL**
Dette stavespillet for barn ble sneket inn i rampelyset av en cameo i *E.T.*



**1982**

**ZX SPECTRUM**
Denne hjemmedatamaskinen med fullfargegrafikk ble utgitt i Storbritannia av Sinclair Research.




**1983**

**VIDEOKAMERA**
På begynnelsen av 1980-tallet dukket det opp mange forskjellige håndholdte videoopptaksapparater, for eksempel RCAs VHS-videokamera.



**1984**

**TELEFONSVARER**
Rimelige telefonsvarere ble populære spesielt i USA.

**VISSTE DU AT?** Sony Walkman ble opprinnelig lansert som «Soundabout» i USA og «Stowaway» i Storbritannia.

# HJEMMEVIDEOENS FREMVEKST

Video Home System (VHS) gjorde sitt inntog på 1970-tallet, men fikk sitt gjennombrudd på midten av 1980-tallet. VHS-kassettene baserte seg på en oppfinnelse fra 1920-tallet som ble kalt magnetbånd. Båndets magnetiske kjerne besto hovedsakelig av et lag med metalloksid, vanligvis jernoksid, på et tynt plastunderlag. Når partikler av jernoksid ble utsatt for et magnetfelt, endret de permanent retning helt til de ble utsatt for et annet magnetfelt – en egenskap som kalles ferromagnetisk. Ved innspilling på magnetbånd ble bildet og lyden konvertert til elektriske signaler som passerte gjennom et elektromagnetisk felt i en enhet som kalles et opptakshode. Når båndet passerte opptakshodet, orienterte partiklene av jernoksid seg på unike måter for å danne et magnetisk avtrykk av en film.

Når en videokassett ble satt inn i VHS-spilleren, beveget magnetbåndet seg fra tilførselsspolen til opptaksspolen mens det passerte en trommel som snurret raskt, og som var utstyrt med lignende magnethoder for å «lese» informasjonen på båndet. Dette ble kalt helisk skanning. Hodene genererte deretter et elektrisk signal som fjernsynet kunne tolke og vise bilder og lyd på skjermen.

## AVLESING

Slik forvandlet VHS-spillere magnetbånd til filmmagi.

**6 OPPTAKSSPOR**
Bilde- og lydopptakene lagres i diagonale linjer på magnetbåndet for å maksimere informasjonsmengden på båndet.

**2 TILTET**
Trommelen er satt på skrå for å stille inn opptakerhodene på linje med de diagonale opptakssporene på magnetbåndet.

**5 HODER**
Informasjonen på magnetbåndet leses av opptakshoder som spinner raskt i midten av trommelen. VHS-spillere har enten to, fire eller seks hoder på en trommel.

**8 FØRINGSSTOLPER**
Disse bevegelige stolpene flytter magnetbåndet inn og ut av VHS-kassetten.

**3 TROMMEL**
Trommelen snurrer med 1800 omdreininger per minutt, mens båndet bare beveger seg noen få centimeter per minutt.

**7 MAGNETBÅND**
Kassettbånd består av lag av polymer og et materiale som inneholder partikler av magnetisk oksid.

**4 KLYPEVALSE**
En elektrisk motor dreier en serie med klypevalser som beveger båndet gjennom det interne systemet i VHS-spilleren.

**1 KASSETT**
Når VHS-kassetten settes inn i spilleren, åpnes en klaff på toppen, og båndet kan trekkes mot trommelen.

VHS-kassetter spilles av med en hastighet på 24 bilder per sekund.

**1984**
**FØRSTE MACINTOSH**
Apple lanserte sin første Macintosh datamaskin, som inneholdt bare 128 KB RAM.

**1985**
**TEDDY RUXPIN**
Denne snakkende bamsen kunne bevege øynene og munnen, og fortalte historier som kom fra en kassettspiller i kroppen.

**1985**
**SINCLAIR C5**
Sinclair Vehicles lanserte denne batteridrevne trehjulssykkelen, som kunne komme opp i 24 kilometer i timen.

**1987**
**KODAK FLING 200**
Kodak brakte rimelige engangskameraer til massene.

**1989**
**GAMEBOY**
Nintendo lanserte denne 8-bites håndholdte spillkonsollen og fremtidens ikon for spill.

Getty / Alamy / Shutterstock / Illustrasjon av Nicholas Forder

# VI DEMONTERER APPLE VISION PRO



## De nye VR-brillene med «mixed reality» fjerner behovet for en skjerm, og bringer de digitale applikasjonene dine ut i rommet rundt deg.

**TEKST** AILSA HARVEY

Skjermtid er nå ofte synonymt med stillesitting, inaktivitet og mye mindre oppmerksomhet på omgivelsene. Virtual reality (VR) løser dette problemet ved å stenge den virkelige verden ute og plassere deg i en helt ny verden. Apple Vision Pro har lignende funksjoner som andre VR-briller, men inneholder digitale simuleringer av den virkelige verden med andre elementer lagt over. Brukeren kan se og kommunisere med andre mens hen bruker det, og andre kan se et 3D-bilde av brukerens øyne gjennom brillene og via 3D-kameraer.

Apple Vision Pro kan kobles til alle Apple-applikasjoner du har på andre Apple-enheter, mens andre Apple-enheter kan koble seg til den umiddelbart. Ved å se på skjermen på den tilkoblede MacBook-enheten kan du virtuelt forstørre den i øyelinjen, flytte den rundt og bruke fingrene til å gjøre den så stor du vil. Det samme kan gjøres når du ser på en film i et strømmeprogram. Ved å dra i hjørnet av skjermen kan du forvandle den til en simulering i kinostørrelse. Du kan også endre bakgrunnen ved å vri på en skive på brillene. På denne måten kan du endre hvor omsluttet du ønsker å være i det virkelige eller virtuelle miljøet. I stedet for å se på serier fra sofaen kan du se dem i et virtuelt utemiljø eller til og med på en annen planet.

I tillegg til underholdning kan mixed reality-briller brukes til å skape innhold ved hjelp av Apples første 3D-kamera. Brukeren kan ta opp videoer av omgivelsene fra sitt eget miljø og se dem i 3D. Når du videosamtaler med en venn, gjør denne teknologien det mulig å vise 3D-bildet av en person i naturlig størrelse i rommet til den som bruker brillene. Tanken med denne funksjonen er å gjøre langdistansesamtaler mer nærværende ved å skape en illusjon av at den andre personen befinner seg i rommet sammen med deg. Hodesettet dekker ansiktet til personen, men den som ringer, vil se en simulert versjon av Apple Vision Pro-brukerens ansikt på Apple-enheten sin. Kameraene i enheten fanger opp alle ansiktsuttrykkene dine og kombinerer bildene for å vise et sanntidsbilde av deg som snakker uten hodesettet på.

**6 OPTIMALISERING AV LYSSTYRKE**
Denne skjermen er dekket av en film på innsiden som forsterker lys. Det gir et klarere syn.

**3 JUSTERBART HODEBÅND**
Dette elastiske båndet festes rundt bakhodet og kan justeres i størrelse ved å vri på den runde knotten.

**Visste du at?**
Hodesettet og batteriet veier over ett kilo




**9 KAMERAOPPSETT**
5 sensorer, 6 mikrofoner og 12 kameraer tar opp og integrerer omgivelsene dine i displayet.

**10 DATABRIKKER**
Hodesettet drives av to brikker. M2-brikken styrer grafikken, mens R1-brikken overfører video og lyd i løpet av 12 millisekunder.

**VISSTE DU AT?** Panoramafotografier omslutter brukeren helt.

# INNE I VR-BRILLENE

Hvordan kombinerer denne enheten den virkelige og den digitale verden?




### 2 BATTERIPAKKE

Batteripakken på 35,9 watt-timer bæres i lommen. Når batteriene er fulladet og frakoblet fra strømnettet, holder de til 2,5 timer med videotitting.

### 5 LYSTETT

Denne komponenten i metall og stoff finnes i 28 forskjellige størrelser for å passe til mange ulike ansiktsformer. Materialet blokkerer alt lys fra omgivelsene, og magneter fester det til brillene.


Når du ikke er i en fullstendig omsluttet modus, kan andre mennesker se øynene dine.

### 4 POLSTRING

Det er et lag polyuretanskum mellom brillene og ansiktet for å gi myk polstring.

### 1 GLASSPANEL

Apple Vision Pro har en glassfront slik at brukeren ikke trenger å ta av VR-brillene for å se personer og gjenstander i rommet.



### 7 ØYELINSE

De konkave linsene gir øynene et bredere synsfelt.

### 8 DISPLAY FOR HVERT ØYE

Det er en liten skjerm for hvert øye, med en oppløsning på i underkant av 4K.


De hvite, ovale komponentene på sidene av enheten er høyttalere som leder lyden bakover inn i øret ditt.

## STYRING VIA ØYE, HÅND OG STEMME

**Hvordan bruker du Apple Vision Pro uten tastatur, skjerm eller fysiske kontroller å styre med? Alt kan styres ved å bevege øynene, armene og hendene. Kameraene er utstyrt med øyesporingssystemer, blant annet LED-kameraer og infrarøde kameraer. Disse skanner øynene med usynlig lys for å spore bevegelsene. På en skjerm med flere alternativer vil hvert av dem lyse opp eller bevege seg når du fokuserer øynene på dem. Når du har valgt en applikasjon, må du trykke pekefingeren og tommelen sammen foran deg for å velge en. For å skrive ord kan du berøre det virtuelle tastaturet med fingrene i luften, eller du kan bruke tale-til-tekst-funksjonen. Stemmestyring kan brukes til å hente frem andre programmer på hele enheten. Når du flytter en skjerm, kan du zoome inn og ut ved å klype med fingeren og tommelen, du kan flytte skjermbilder ved å klype og dra, og du kan rulle raskt ved å sveipe.**


Apple Vision Pro reagerer på en rekke bevegelser.

© iFixit / Alamy / Getty / Shutterstock


62005

# TRANSPORT

TEKST AILSA HARVEY

# ALT OM SPARKE-SYKLER

**Les historien om teknologien bak dette urbane transportmiddelet.**

**VISSTE DU AT?** I Storbritannia kan ikke-kommersielle elektriske sparkesykler kun kjøres på privat grunn.

## AUTOPEDENS BEGYNNELSE

Den første motoriserte sparkesykkelen ble kalt Autoped. Den lignet veldig på dagens elektriske sparkesykler, men gikk på bensin med en motor festet til forhjulet. Autopeden ble første gang solgt i USA i 1915, og den kunne kjøre i amerikanske gater i hastigheter på rundt 30 kilometer i timen. Denne oppfinnelsen var et frempek av et fenomen som veldig mange skulle få dilla på nesten hundre år senere. Men da sparkesykkelen først dukket opp i New Yorks gater den gang, manglet det sikkerhetsregler, og det var 15 år til trafikklys ble installert.

Den tidlige motoriserte sparkesykkelen var designet for nesten alle som pendlet rundt i byene, men den ble snart kjent som et symbol på kvinners uavhengighet. Suffragetter som lady Norman brukte dette moderne transportmiddelet til å reise alene til arbeidsplassen. Mange bedrifter, som New York Postal Service, brukte også sparkesykler for å øke arbeidseffektiviteten i byene.



Suffragetten Lady Norman avbildet på sin sparkesykkel, som hun brukte til å reise til kontoret sitt i London.

## MEKANIKKEN I ELSPARKESYKLER

De elektriske kjøretøyene blir stadig mer populære for kortere reiser i bynære områder.




### 7 AKSELERASJON

For å starte elsparkesykkelen må føreren skyve den bortover bakken manuelt før hen setter begge føttene på platen og holder gassknappen nede.

### 6 BREMSESPAK

Når du klemmer på denne spaken, sørger bremseklossene for at hjulene slutter å rotere, pga. hydraulisk kraft. Hvis spaken trekkes helt tilbake, stopper elsparkesykkelen.

### 4 DISPLAY

Dette LCD-displayet kan brukes til å vise gatekart og navigasjon, samt viktig statistikk som batterinivå og hastighet.

### 3 TRANSMISJON

Dette systemet forbinder motoren og hjulene. Det overfører motorkraften direkte til hjulene uten at det kreves komplisert girskifting.

### 2 MOTOR

Motoren omdanner batteriets elektriske energi til kinetisk energi for å bevege sparkesykkelens hjul.



Du bør bruke hjelm når du kjører sparkesykkel for å beskytte hodet, nakken og ansiktet i ulykker.

### 5 FRONTLYKT

For kjøring i mørket eller i svakt lys, har sparkesykkelen frontlykt for at den skal synes for andre trafikanter.

### 9 STØTTE

Denne lille metallpinnen ligger vannrett i forhold til scooteren under kjøring. Når scooteren er parkert, sparkes den ut slik at den vris nedover. Støtten gjør det mulig å parkere sparesykkelen oppreist og hindre den i å velte.

### 8 INDIKATORER

Maksimal lovlig hastighet for elsparkesykler er 20 km/t. Indikatorer er avgjørende for å varsle andre trafikanter om førerens planlagte bevegelser.

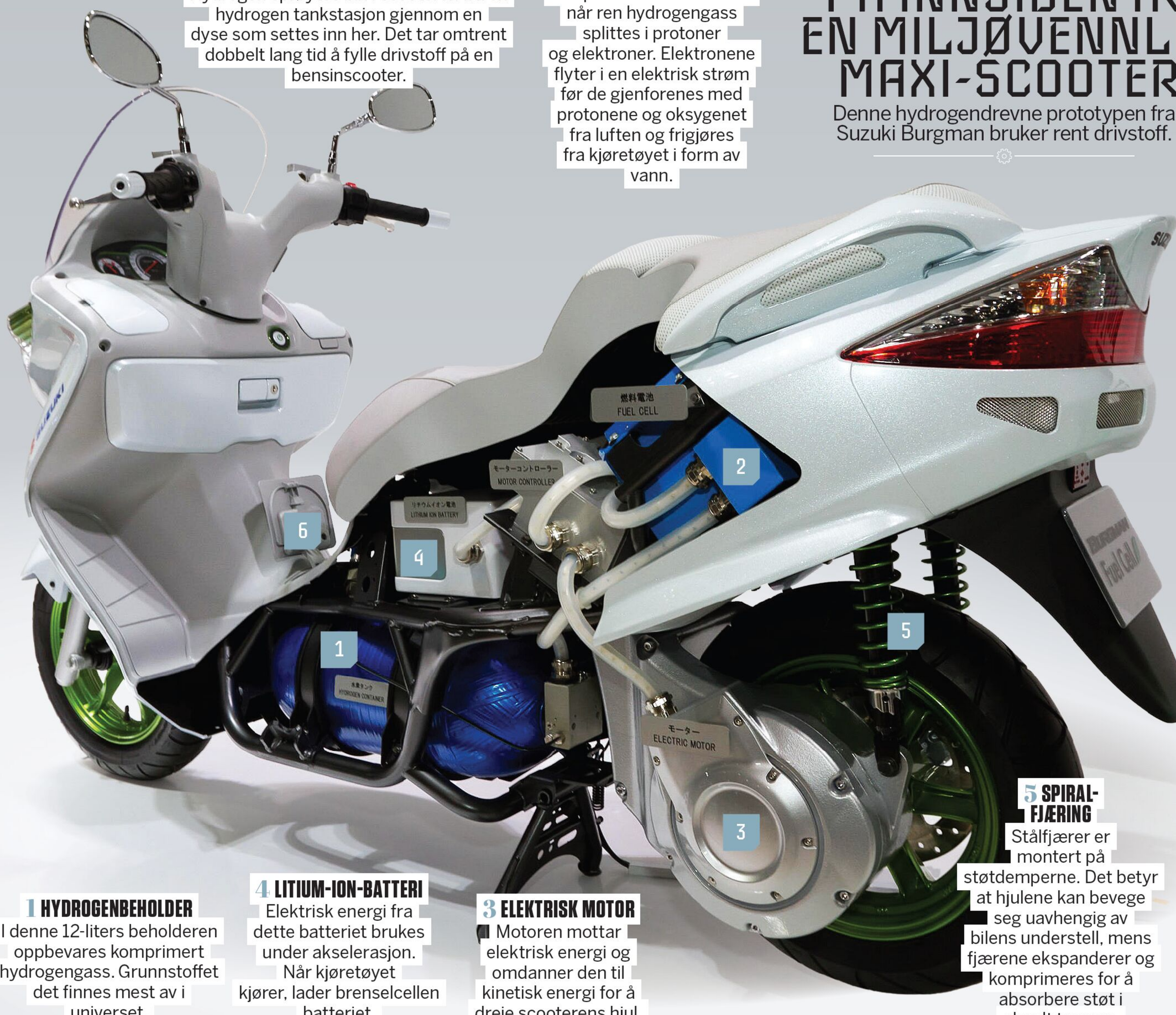
### 1 STRØMKILDE

Platen du står på, har et litium-ion-batteri inni. Vanligvis kan disse sparkesyklene kjøre rundt 20 kilometer mellom hver lading.

© Alamy / Illustrasjon av Nicholas Forder

# PÅ INNSIDEN AV EN MILJØVENNLIG MAXI-SCOOTER

Denne hydrogendrevne prototypen fra Suzuki Burgman bruker rent drivstoff.




**6 DRIVSTOFFPÅFYLLING**
Hydrogen sprøytes inn i scooteren fra en hydrogen tankstasjon gjennom en dyse som settes inn her. Det tar omtrent dobbelt lang tid å fylle drivstoff på en bensinscooter.

**2 BRENSELCELLE**
Her produseres det strøm når ren hydrogengass splittes i protoner og elektroner. Elektronene flyter i en elektrisk strøm før de gjenforenes med protonene og oksygenet fra luften og frigjøres fra kjøretøyet i form av vann.

**1 HYDROGENBEHOLDER**
I denne 12-liters beholderen oppbevares komprimert hydrogengass. Grunnstoffet det finnes mest av i universet.

**4 LITIUM-ION-BATTERI**
Elektrisk energi fra dette batteriet brukes under akselerasjon. Når kjøretøyet kjører, lader brenselcellen batteriet.

**3 ELEKTRISK MOTOR**
Motoren mottar elektrisk energi og omdanner den til kinetisk energi for å dreie scooterens hjul.

**5 SPIRAL-FJÆRING**
Stålfjærer er montert på støtdemperne. Det betyr at hjulene kan bevege seg uavhengig av bilens understell, mens fjærene ekspanderer og komprimeres for å absorbere støt i ulendt terreng.

## MESTERSKAP I ELSYKKEL

**Til tross for at de er designet for rolig pendling, produseres det raskere versjoner av elektriske sparkesykler for racerbaner. De kan oppnå hastigheter på over 100 km/t. eSkootr Championship er den første globale konkurransen basert på sparkesykler. Racer-sparkesykler har et tykkere chassis i karbonfiber og veier bare 35 kilo. Hjulene på disse lette kjøretøyene har nok grep til at førerne kan lene seg i vinkler på opptil 55 grader i krappe svinger, og siden alle konkurrentene har de samme spesifikasjonene forsparkesyklene, blir resultatet en konkurranse på like premisser. 30 førere konkurrerer samtidig i konkurransen, som ble lansert i 2022. Et av målene med konkurransen er å fremme elsparkesykler som miljøvennlige transportalternativer i byene.**


Det første eSkootr Championship fant sted i i Londons gater.

**VISSTE DU AT?** I Tyskland bruker 15 prosent av befolkningen over 16 år elsparkesykler.




## Visste du at?

I Storbritannia er maksimal fart for sparkesykler på offentlig vei 13 km/t.

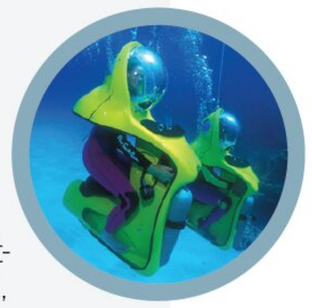
## 5 FAKTA

### SPARKESYKLER FOR ALLE TERRENG

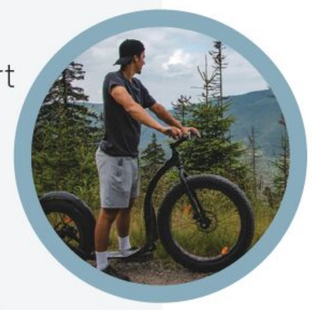
**1 SNØ**
For å skyve gjennom og gli over snøen er vanlige hjul byttet ut med en meie foran og et motorisert belte bak på snøscootere.



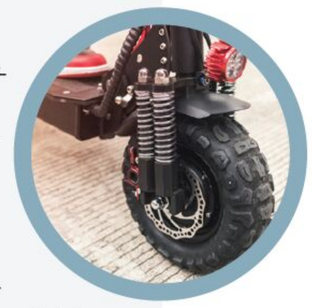
**2 VANN**
Denne scooteren gjør turister til astronauter under vann med en stor observasjonshette. Den har styre, sete, oksygentank og små motorer som driver kjøretøyet gjennom vannet.



**3 FJELL**
Sparkesykler som er konstruert for fjellkjøring, har vanligvis mye større hjul, spesielt foran, for å gi bedre stabilitet i bratte bakker og gjøre det lettere å komme over hindringer.



**4 OFFROAD**
Offroad-sparkesykler har høye plattformer for å unngå steinete hindringer, robuste fjæringssystemer og større hjul med grovere mønster for bedre grep i ujevnt og uforutsigbart terreng.



**5 SAND**
Sparkesykler for kjøring på myk sand har kraftige motorer og svært brede dekk, noe som gir en større overflate for å fordele vekten og forhindre at de synker ned i løs sand.



## KOM DEG RUNDT PÅ DEN SMARTE MÅTEN

Slik navigerer du i gatene på en moderne, smart permobil.

**1 BERØRINGSSKJERM DISPLAY**
Enberøringsskjerm på dashbordet gir brukeren enkel tilgang til innstillinger, navigasjon og fartsdata.

**2 STEMME KOMMANDO**
Stemmegjenkjenning i moderne permobiler gjør det mulig å bruke talekommando for å endre fart, slå på scooteren eller få veibeskrivelse.

**3 TYVERISIKRING**
Permobiler leveres med fjernstyrt låsing og opplåsingssystemer som styres av en tilkoblet smarttelefon.

**4 TELEMATIKK**
I tillegg til at det vises på instrumentpanelet, kan du se ytelsesdata mobile applikasjoner. Dette er f.eks. batterinivå og vedlikeholdsinformasjon.

**5 AUTOMATISKE LYS**
Noen smarte kjøretøy har lys som skrus på når svakt lys registreres.

**6 KOLLISJONS FOREBYGGING**
Kameraer og infrarøde sensorer kan oppdage hindringer i nærheten og varsle sjåføren hvis hen står i fare for å kjøre på noen.

© Alamy / Getty / Shutterstock

# INNI EN LUKSUS-HYDROFOIL

## Se hvordan denne helelektriske yachten kjører oppå vannet.

TEKST **SCOTT DUTFIELD**

I mai 2023 avduket bilprodusenten BMW sin nye, helelektriske hydrofoil The Icon. Det er en 13,5 meter lang båt som kun går på batterier. I likhet med andre hydrofoilbåter bruker The Icon et sett med hydrofoilvinger og propeller for å bevege seg. Men i stedet for fossildrevne motorer drives propellene av to elektriske motorer på 100 kilowatt som forsynes av seks batterier under vannscooteren. På samme måte som vingene på et fly bruker denne hydrofoilen undervannsvinger som reduserer luftmotstanden, noe som øker hastigheten og drivstoffeffektiviteten. Dette oppnås ved å utnytte Newtons tredje bevegelseslov. Den går ut på at når et objekt utøver en kraft på et annet objekt, virker det andre objektet tilbake på det første med en like stor kraft i motsatt retning; altså kraft og motkraft. For hydrofoiler tilsvarer dette kraften som presses ned på vannet, og vannets like store motkraft, som holder båten stabil mens den kjører.

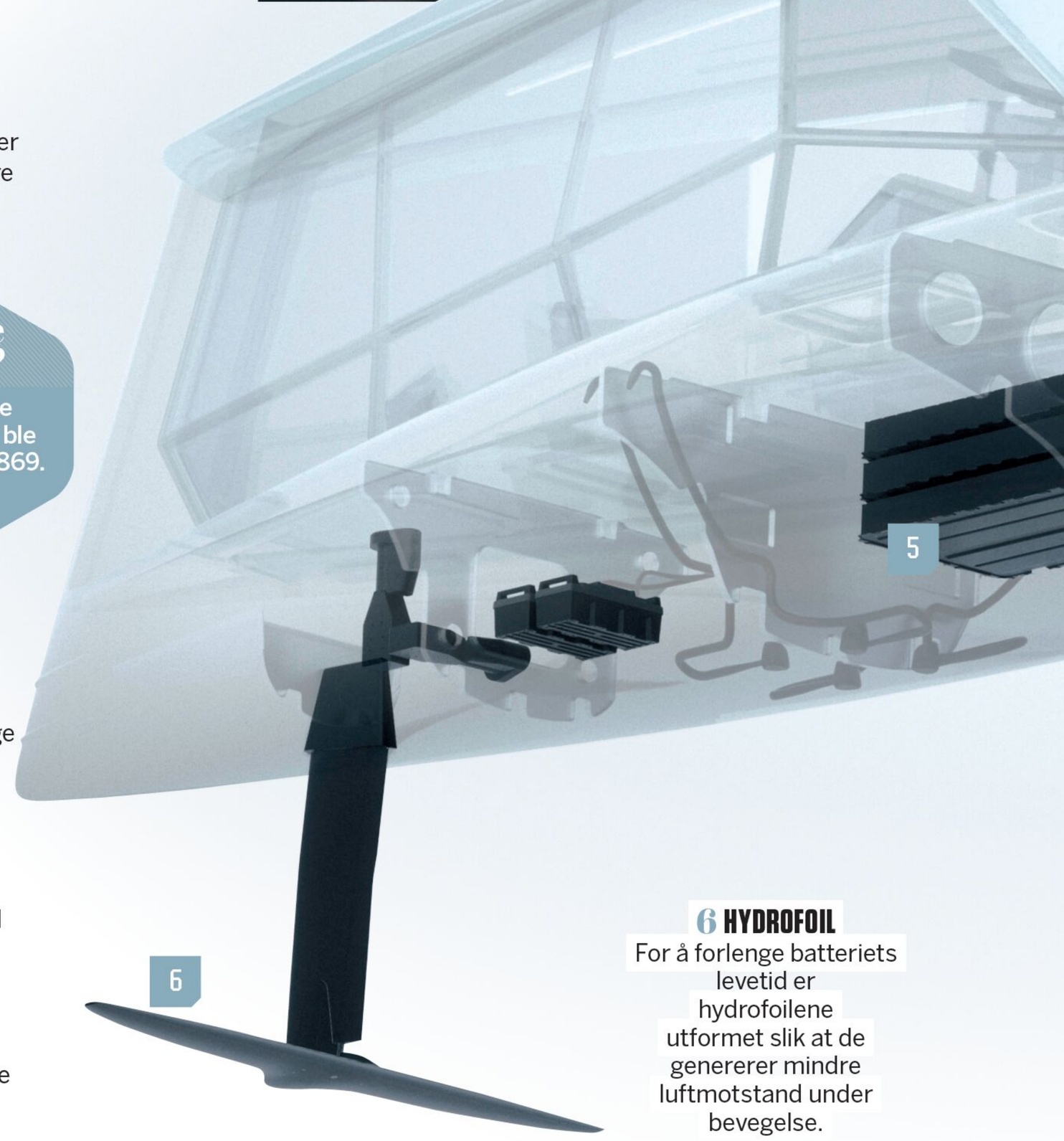
**Visste du at?**

Den første hydrofoilen ble patentert i 1869.

Det er den buede formen på en hydrofoilvinge som gir den hydrodynamiske evnen. Når vannet beveger seg, må det bevege seg raskere over hydrofoilvingens lengre overside enn vannet som beveger seg under den. Når vannet passerer raskt over oversiden av vingen, synker trykket – et fenomen som er kjent som Bernoullis prinsipp. Trykket under vingen forblir høyt, noe som får vingen til å løfte seg oppover. Når kraften fra løftet er større enn båtens vekt og den kraften den utøver på vannet, vil skroget heve seg over overflaten og se ut som om det flyr over bølgene. Takket være Icons hydrofoil-vinge og skrogdesign hevder BMW og partneren TYDE at energibehovet er redusert med opptil 80 prosent sammenlignet med andre hydrofoil-design. Dette gir en rekkevidde på mer enn 50 nautiske mil, noe som tilsvarer rundt 93 kilometer.



En 3D-gjengivelse av The Icon som glir over vannet.




**6 HYDROFOIL**

For å forlenge batteriets levetid er hydrofoilene utformet slik at de genererer mindre luftmotstand under bevegelse.

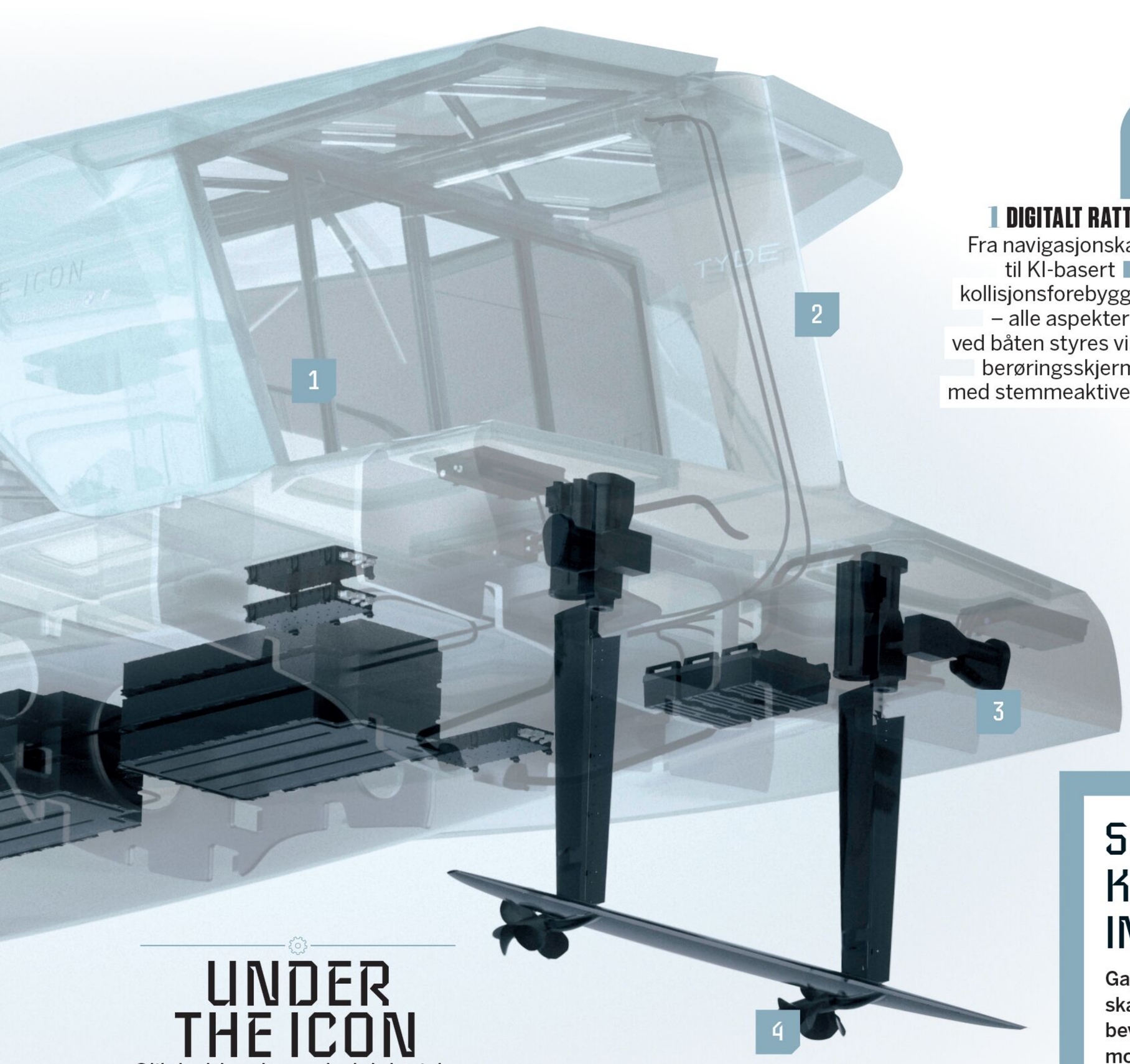
## FREMTIDENS FERGER

**Det er ofte private yachter og surfebrett som har hydrofoil-teknologi. Det er imidlertid en økende interesse for å bruke dem i offentlig transport. Som et helelektrisk alternativ til de dieselslukende motorene på kommersielle ferger kan hydrofoil-ferger bli normen for null karbonutslipp. Hydrofoilferger er ikke et nytt konsept, og har vært i bruk siden midten av 1900-tallet. Flere selskaper rundt om i verden utvikler helelektriske båter som en bærekraftig løsning. Den nordirske produsenten Artemis Technologies utvikler for eksempel flere forskjellige hydrofoiler for offentlig transport, blant annet passasjerbåten EF-24. Land rundt om i verden er også i ferd med å ta i bruk helelektriske hydrofoiler i fremtiden, blant annet to nye Artemis-ferger med hydrofoil som skal starte en prøvedrift rundt Orknøyene i Skottland i 2025.**




En illustrasjon av den foreslåtte passasjerfergen Artemis EF-24, en nullutslippsløsning.

**VISSTE DU AT?** Verdens største hydrofoilbåt for passasjerer veier 165 tonn og kan frakte 250 passasjerer.




# UNDER THE ICON

Slik holder denne helelektriske båten seg flytende.

**1 DIGITALT RATT**
Fra navigasjonskart til KI-basert kollisjonsforebygging – alle aspekter ved båten styres via en berøringsskjerm med stemmeaktivering.



**2 LADEKABLER**
Ved en standard ladestasjon i en marina kan The Icons batterisystem lades til 50 prosent på bare to timer.

**3 KONTROLLSYSTEM**
Datastyrte ror stabiliserer The Icon autonomt gjennom 'båtens kontrollsystem.

**4 FREMDRIFT**
To foilpropeller gir en maksimal hastighet på 30 nautiske knop, eller rundt 55 kilometer i timen.

**5 BATTERIER**
BMWs i3-batteripakke har en kapasitet på 240 kilowatt timer.

## SEILING MED KUNSTIG INTELLIGENS

**Gapet mellom skroget og vingene kan skape ustabilitet når en hydrofoil beveger seg over vannoverflaten. For å motvirke dette har den svenske produsenten Candela utviklet C-8-serien av hydrofoil-båter, som bruker kunstig intelligens til å korrigere vingeposisjonen i sanntid. Ved hjelp av en rekke sensorer rundt skroget på C-8 kan avstanden mellom fartøyet og vannoverflaten overvåkes kontinuerlig. Når avstanden endres, enten som følge av vind eller bølger, informerer KI-programmet aktuatorene på vingene, som automatisk endrer posisjonen under vannet for å holde fartøyet så stabilt som mulig.**


Candela C-8 ute på vannet.


Inne i The Icon finnes 360-graders svingstoler og et 32-tommers kontrollpanel med berøringsskjerm.


The Icon ved en TYDE ladeport.

© BMW; TYDE / Artemis Technologies / Candela

TRANSPORT

# FREMTIDENS DAMPKRAFT

**Slik kan moderne damptog droppe kull til fordel for renere og mer effektive motorer.**

TEKST SCOTT DUTFIELD

**VISSTE DU AT?** Det siste dampdrevne passasjertoget i Storbritannia kjørte mellom Liverpool og Carlisle i 1968.

Innhyllet i store bølgende skyer har damptog tøffet av gårde på verdens jernbaner i rundt 200 år. For å drive dem frem på skinnene har damplokomotivene brukt energien som frigjøres ved forbrenning av drivstoff, for eksempel kull, til å varme opp en kjele med vann. Når vannet varmes opp og genererer damp, øker trykket inne i kjelen. Til kjelen er det festet en stempelmekanisme som utløses av høytrykksdampen, får den til å bevege seg frem og tilbake og til slutt driver det tilkoblede toghjulet. Dampen finner deretter veien ut av toget gjennom en skorstein, i form av store, gråhvite eksosskyer.

Tradisjonelle damptog brukte en ekstern forbrenningsmotor, og det var en risiko for at glør kunne antenne annet drivstoff på toget eller skade skinnene under. For å redusere denne risikoen ble de første lokomotivene uten ild introdusert i 1882. I likhet med andre damplokomotiver var overopphetet vann kilden til fremdriften, men vannet måtte lastes inn i lokomotivene, forvarmes og settes under trykk. Det betydde at lokomotivene bare kunne kjøre så lenge vannet holdt seg varmt, eller til det gikk tomt.

**Visste du at?**

Amerikas første damptog tapte et kappløp med en hest.

I sin storhetstid var damplokomotivene tilpasset til å frakte tonnevis av gods og frakte passasjerer opp fjellsider. På 1930-tallet var imidlertid kulldrevne damptog på vikende front, og diesel- og elektrisk drevne tog ble den moderne måten å reise på. Damptogene har imidlertid ikke forsvunnet helt, og de brukes fortsatt rundt om i verden til både rekreasjon og praktiske formål. Selv om mekanikken i damplokomotiver er den samme i dag som på begynnelsen av 1900-tallet, har det skjedd noen oppgraderinger i måten de bruker drivstoff på. Noen lokomotiver har for eksempel fått et gassproduserende forbrenningssystem (GPCS) for å forbedre drivstoffeffektiviteten. Dette systemet reduserer luftmengden inn i brennkammeret og omdirigerer noe av dampen fra motoren for å øke effektiviteten i forbrenningen av kullet.

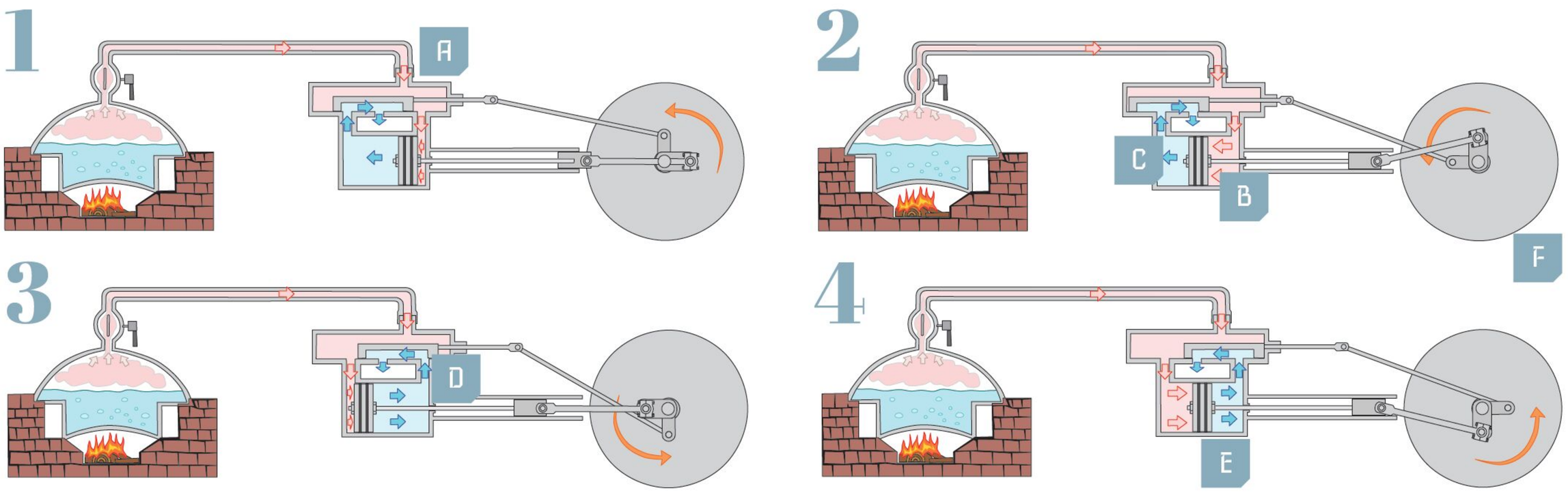
I stedet for kullkamrene i tradisjonelle damptog bruker mange moderne lokomotiver andre typer drivstoff, for eksempel olje eller biodrivstoff. Den tyske togprodusenten Dampflokomotiv- und Maschinenfabrik (DLM) har utviklet dampdrevne lokomotiver som har erstattet kull med et «lettoljefyringssystem» for å redusere klimagassutslippene og gi lokomotivføreren bedre kontroll over toget. DLM har nylig fullført konverteringen av et tradisjonelt 99 787-damplokomotiv fra kull til dette lettoljefyringssystemet.

Forskere finner også nye og interessante måter å holde folks lidenskap for damplokomotiver i live på, uten de miljømessige kostnadene ved å brenne kull. Ved University of Minnesotas Natural Resource Research Institute (NRRI) har forskere forvandlet et plantebasert materiale til et karbonnøytralt biokull, kjent som torrefisert biomasse. Torrefiseringsprosessen krever at plantemateriale, som for eksempel trevirke, varmes opp til rundt 300 grader celsius uten oksygen. Resultatet er at blokkene av biokull frigjør langt mindre karbondioksid enn tradisjonelt kull, men brenner likevel med en termisk virkningsgrad på 96 prosent.

**«Mange moderne lokomotiver tar i bruk forskjellige drivstofftyper.»**

## OPP MED DAMPEN

Fysikken som setter damptog i bevegelse.




**A DAMP INN**
Overopphetet damp fra kjelen kommer inn i dampmaskinens sylinder bak stempelet.

**B STEMPELET SKYVES**
Etter hvert som mer overopphetet damp med høyt trykk kommer inn i sylinderen, drives stempelet fremover.

**C DAMP UT**
Dampen fra forrige slag presses ut av ventilen og ledes ut av togets sylinder.

**D RETNINGEN ENDRES**
En stang beveger seg når hjulet dreier for å åpne og stenge eksosventilen, slik at den brukte dampen fjernes og over-opphetet damp kontinuerlig beveger stempelet.

**E HJULET DREIER**
For å fullføre en hel omdreining av togets hjul, tvinges stempelet bakover av dampen og slipper ut dampen fra forrige slag igjen.

**F STANG**
Stempelet er direkte koblet til en stang som dreier hjulet når det pumpes frem og tilbake.

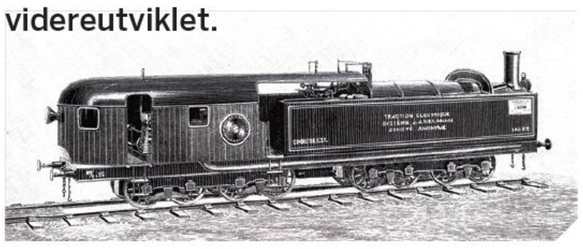
© Alamy / Shutterstock




Et oljefyrt damplokomotiv kjører opp fjellet Brienzer Rothorn i Sveits.

## HEILMANNS DAMPELEKTRISKE LOKOMOTIV

Med en ambisjon om å kombinere dampkraft med elektrisk kraft tok den franske togpioneren Jean-Jacques Heilmann i 1890 patent på det første lokomotivet som brukte en dampmaskin til å generere elektrisitet. Det opprinnelige Heilmann-lokomotivet, som er 16,3 meter langt, ble drevet av en tosylindret dampmaskin som drev en generator på 400 kilowatt for elektrisk fremdrift. I 1893 ble et ferdig lokomotiv vist frem på en prøvekjøring i Paris. Året etter, under en prøvekjøring med 250 gjester på jernbaneruten i Compiègne, nådde lokomotivet en toppfart på rundt 100 kilometer i timen. På grunn av kompleksiteten og kostnadene ved å bygge lokomotiver som brukte damp og elektrisitet, ble Heilmanns lokomotiver imidlertid ikke videreutviklet.



Illustrasjon av et av Heilmanns eksperimentelle dampelektriske lokomotiver.

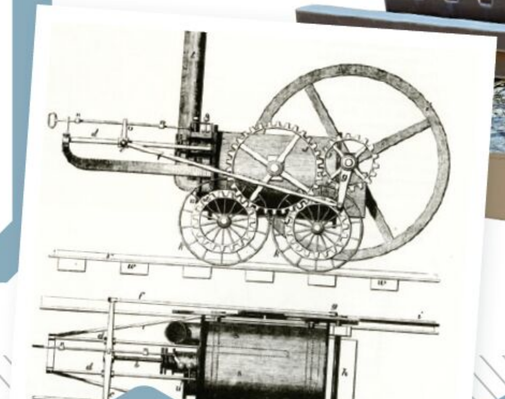
# VITENSKAPEN OM DAMP

Slik drives moderne damplokomotiver fremover av kokende vann.




**1 BRENSEL**
Et lett råoljereservoar mater brensel inn i brennkammeret for å bli forbrent.

**2 BRENNKAMMER**
Oljen ledes inn i brennkammeret og antennes for å generere nok varme til å koke den omkringliggende vannfylte kjelen.





## DAMP LOKOMOTIVETS UTVIKLING

**1804**
Det aller første damplokomotivet, bygget av den britiske oppfinneren Richard Trevithick, kjørte i Wales.

**1814**
Ingeniøren George Stephenson bygde «travelling engine» – det første praktiske damplokomotivet for frakt av kull.

**1825**
Den amerikanske oppfinneren John Stevens bygget den første fyrkjelen med flere rør.

**1829**
Robert Stephenson viste frem damplokomotivet sitt, «The Rocket», som kunne nå hastigheter på 50 kilometer i timen.

**VISSTE DU AT?** Verdens største damplokomotiv er 40,5 meter langt og veier over 544 tonn.

### 3 OPPVARMING AV VANN
Varm luft, som produseres ved forbrenning av olje, strømmer gjennom rør omgitt av vann.

### 4 DAMP
Vann i en tank varmes opp til mer enn 205 grader for å generere damp.

### 5 OVEROPPHETET DAMP
Dampen passerer gjennom en serie rør i nærheten av brennkammeret og når rundt 420 grader.

### 8 PIPEDAMP
Dampeksosen og overskuddsvarmen ventileres og slippes ut i atmosfæren via pipen.

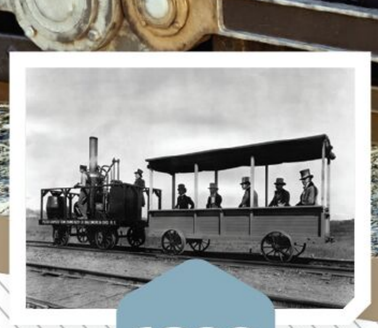
### 6 GÅR INN I MOTOREN
Den overopphetede dampen går inn i togets stempelmotor for å drive veivakselen.

### 9 DAMPBREMSER
Dampen som produseres i kjelen, brukes også i togets bremsesystem.

### 7 HJULENE DREIES
Drivstangen som er koblet til motoren, driver togets hjul bortover sporet.

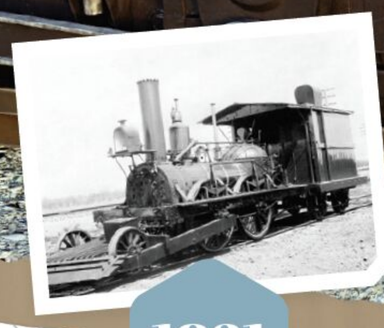
**Visste du at?**

Det raskeste damploket nådde 200 kilometer i timen.



**1829**

Det første amerikanske passasjerlokomotivet, kalt «Tom Thumb», ble konstruert av Peter Cooper.



**1831**

John Bull var det første lokomotivet som ble utstyrt med frontlykter og en«kufanger» for å fange opp hindringer på sporet.



**1923**

The Flying Scotsman var det første damplokomotivet som nådde 160 kilometer i timen.



Et eksempel på torrefisert biomasse, brukt som et alternativ til kull.

© Alamy / Getty / Shutterstock / Illustrationby Nicholas Forder



# HVA ER KATTEØYNE?

## Innretningen som har lyst opp og gjort biltrafikken tryggere i flere tiår.

TEKST AILSA HARVEY

Når man ferdes langs veiene om natten, er man avhengig av god belysning og skilting for å komme seg trygt frem. Veiskiltene har lys, og midt mellom kjørefeltene er det ofte en lang rekke små runde knotter som viser vei. På samme måte som øynene til en katt lyser opp foran frontlyktene på en bil, lyser disse punktene sterkere jo nærmere du kjører mot dem, og reflekterer lyset fra billyktene.

De kalles katteøyne og ble først produsert av den engelske oppfinneren Percy Shaw i 1934. Da Shaw kjørte langs en spesielt farlig veistrekning en tåkete natt året før, klarte han ikke å se hvor veien sluttet og de bratte bakkene begynte. Vanligvis brukte han gjenskinnet fra frontlysene på trikkeskinnene i veien til å orientere seg, men denne tåkenatten innså han at det var behov for tydeligere veimerking. Ingen av gjenstandene i veikanten reflekterte særlig mye lys tilbake til ham, bortsett fra øynene til en forbipasserende katt. Denne slående lysrefleksjonen fikk Shaw til å konstruere en strømløs innretning som kunne gi samme lysstyrke på alle veistrekninger og gjøre det mye tryggere å kjøre etter mørkets frembrudd.

I dag er katteøyne en viktig del av veidesignet i Storbritannia, og de forhindrer mange ulykker som følge av dårlig sikt. De brukes i stor utstrekning i land over hele verden, og de er ikke avhengige av strøm for å fungere – bare det lyset som allerede produseres av kjøretøyet ditt. Bare i Storbritannia finnes det rundt 500 millioner katteøyne langs veiene. Selv om det enkle, men effektive refleksdesignet har tålt tidens tann, har katteøyne fått en moderne vri ved at teknologien inneholder små solcellepaneler slik at de lyser hele tiden gjennom natten. Dette gjør at de kan lyse sterkt både på avstand og på nært hold, slik at sjåførene kan se svingene tydeligere også på lang avstand.

**Visste du at?**

99 prosent av veiene i Storbritannia har katteøyne installert.

### SELVRENSENDE INSTALLASJON

**For å gi best mulig refleksjon og tydelig veimerking må katteøyene være rene. Den sentrale komponenten av glass i et katteøye plasseres først i et gummihus. Når katteøyet er plassert i gummihuset, er det litt høyere enn veibanen. Dette gjør at lyset fra frontlysene når bedre frem til katteøynene. Gummihuset plasseres i en hard boks av aluminium før det plasseres på veien. En stor del av det robuste metallskjoldet er montert slik at det sitter helt fast, men gummihuset gir litt etter for vekten av bilhjulene som kjører over. Da er det mindre sannsynlig at dekkene blir skadet. Samtidig gnir de bevegelige delene litt mot de ubevegelige delene, slik at eventuelt rusk og skitt som dekker overflaten på katteøyet, tørkes bort og holdes rent.**



Lysende oransje glassøyne ligger inni et lokk av hvit gummi og aluminium.

**VISSTE DU AT?** Ulike farger på katteøynene viser filene og avkjøringsfelt på motorveier.

## DERFOR LYSER KATTEØYNENE

Siden de første katteøyene ble installert på 1930-tallet, har den generelle strukturen og den teknologiske funksjonen i stor grad vært den samme. I katteøyne som ikke har batterier, har veiknottene en sentral glasskuppel som kalles en retroreflektor. Retroreflektorer er avgjørende for å kunne kjøre om natten, ettersom de reflekterer lyset tilbake i den retningen det ble sendt ut fra. Det betyr at når bilens frontlykter projiserer lys på veien foran seg, reflekteres lyset tilbake fra kattens øyne til føreren, og føreren ser disse ledelinjene tydelig.

Når lyset først treffer katteøyet, treffer det en kuppelformet linse av glass. Denne linsen bryter lyset mot baksiden av strukturen. Et speil på baksiden av øyet reflekterer lyset tilbake til den buede glasslinsen, som igjen bryter lyset i samme vinkel. Resultatet er at lyset forlater glasskuppelen i en parallell linje i forhold til hvordan det kom inn. Uten dette nøyaktige gjenskinnet ville det ikke vært noen klare, synlige kjørefelt.



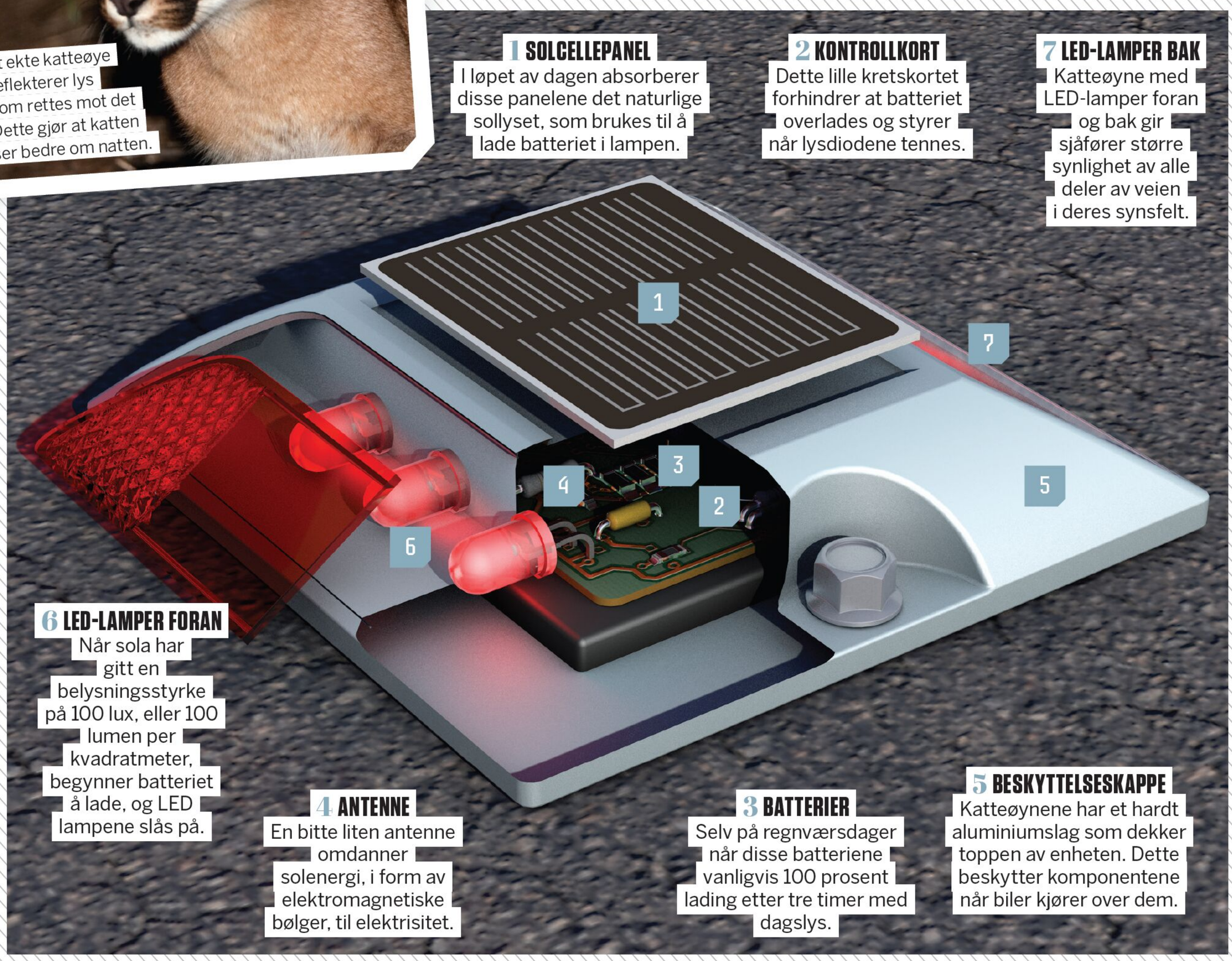
Når det tradisjonelle katteøyet tas ut av det beskyttende hylsteret, er det en liten glasskuppel.



Et ekte katteøye reflekterer lys som rettes mot det Dette gjør at katten ser bedre om natten.

## SOLCELLEDREVNE LYS

Denne typen katteøye produserer lys ved hjelp av solenergi.




**1 SOLCELLEPANEL**
I løpet av dagen absorberer disse panelene det naturlige sollyset, som brukes til å lade batteriet i lampen.

**2 KONTROLLKORT**
Dette lille kretskortet forhindrer at batteriet overlades og styrer når lysdiodene tennes.

**7 LED-LAMPER BAK**
Katteøyne med LED-lamper foran og bak gir sjåfører større synlighet av alle deler av veien i deres synsfelt.

**6 LED-LAMPER FORAN**
Når sola har gitt en belysningsstyrke på 100 lux, eller 100 lumen per kvadratmeter, begynner batteriet å lade, og LED lampene slås på.

**4 ANTENNE**
En bitte liten antenne omdanner solenergi, i form av elektromagnetiske bølger, til elektrisitet.

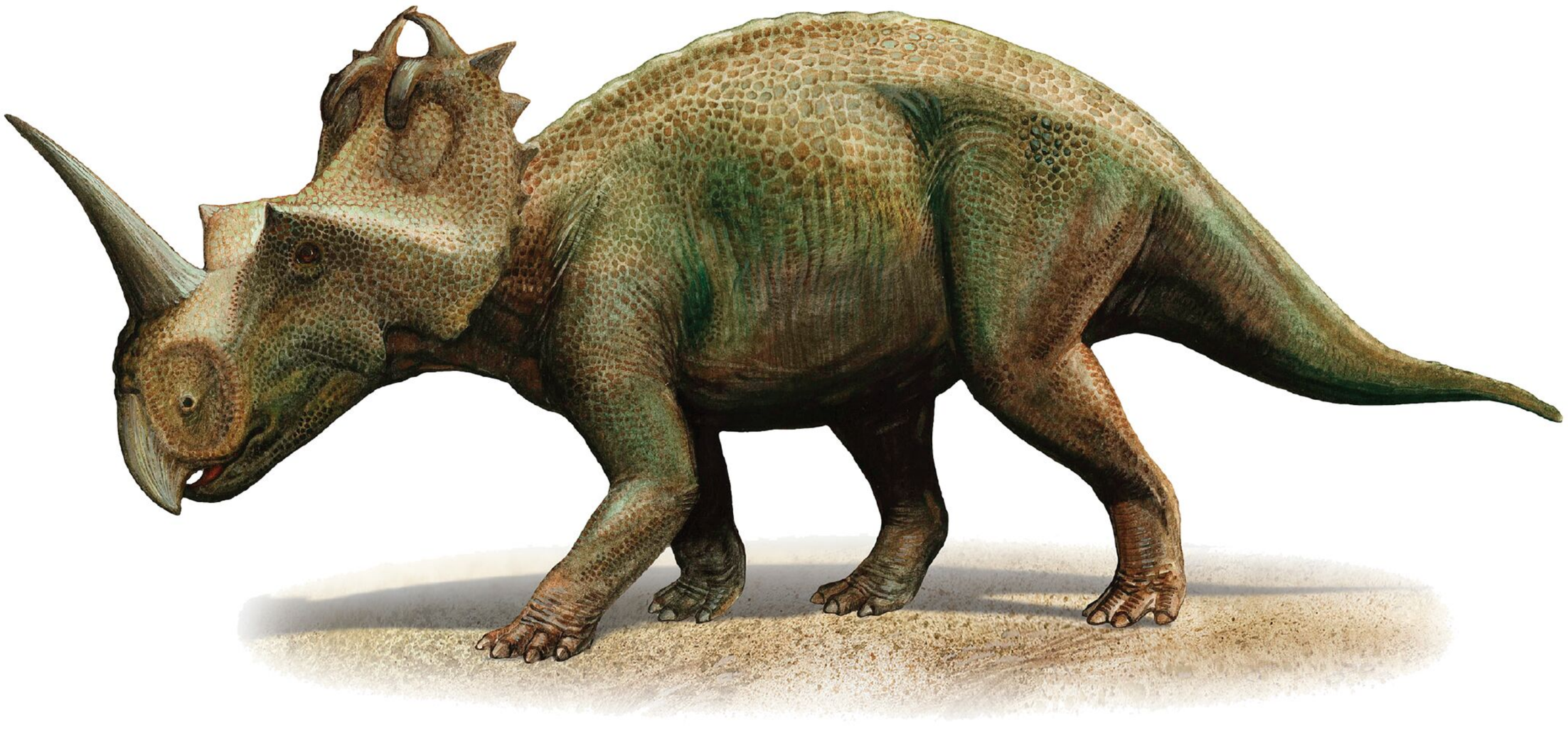
**3 BATTERIER**
Selv på regnværsdager når disse batteriene vanligvis 100 prosent lading etter tre timer med dagslys.

**5 BESKYTTELSESKAPPE**
Katteøynene har et hardt aluminiumslag som dekker toppen av enheten. Dette beskytter komponentene når biler kjører over dem.

© Alamy / Illustrasjon av Adrian Mann


DBS
UBS
citi
OUE


Maybank
HSBC
THE FULLERTON HOTEL



# HISTORIE & VITENSKAP

Historie og vitenskap er et bokasin som dekker seks spennende og interessante fagområder. Vi gjør historien levende for deg, slik at du kan bli bedre kjent med hendelser og personer som har formet vår kultur. Vi oppdaterer deg også på det siste nye innen forskning og teknologi som påvirker legevitenskap, miljø, transport og romfart.

Få dekket nysgjerrighet og vitebegjær gjennom underholdende og lettleste artikler med imponerende foto og informative illustrasjoner.

2024 / Kr. 189,90
ISBN: 978-82-8447-511-0
42026>
7 023060 421816

ORAGE