

Det periodiske system som spil

Hvis du er til både spil og naturvidenskab, så kan du nu få din lyst styret i et nyt kortspil bygget på det periodiske system. Det gælder om at lægge alle sine grundstoffer på de rigtige pladser, og det kan spilles på tre måder: som hurtigt kortspil, som samarbejdsspil og som konkurrence. Man behøver ikke at kende det periodiske system på forhånd for at kunne være med. Spillet er udviklet i et samarbejde mellem professor Thomas Just Sørensen fra Københavns Universitet, Videnskabsklubben og virksomheden We Love Games.



Årslegat til topforsker i fedtceller

Et velfungerende fedtvæv spiller en vigtig rolle for vores sundhed. Imidlertid ved vi ikke så meget om, hvordan fedtcellerne udvikler sig, hvordan generne er reguleret i fedtcellerne, og hvordan de forskellige celletyper



Foto: Simon Klein-Knudsen

i fedtvævet påvirker hinanden. Netop disse spørgsmål forsøger professor fra Institut for Biokemi og Molekylær Biologi på Syddansk Universitet Susanne Mandrup med sin forskningsgruppe at besvare. Og det gør hun så godt, at hun netop er blevet tildelt Villum Kann Rasmussens Årslegat på 5 millioner kroner.

Kilde: SDU

Endnu en fornem pris til stjerneforskere

Professor emeritus Jørgen Christensen-Dalsgaard fra Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet modtager sammen med Conny Aerts fra KU Leuven og Douglas Gough fra Cambridge University i England Crafoord-prisen i astronomi. De tre får prisen – og seks millioner svenske kroner til deling – for deres arbejde med såkaldt asteroseismologi, som gør det muligt at se ind i Solen og andre stjerner. Crafoordprisen uddeles i et samarbejde mellem Crafoordstiftelsen og Det Kongelige svenske videnskabsakademi. I 2022 modtog Jørgen Christensen-Dalsgaard Kavli-prisen, også dengang sammen med Conny Aerts.



Foto: Rasmus Rørbaek

Quizzen

Bælgplanter som ærter og kløver har en særlig egenskab, som forskere gerne vil overføre til andre afgrødeplanter. Hvilken?

1. De har i modsætning til andre planter slet ikke brug for næringsstofferne nitrogen og fosfor i deres stofskifte.
2. De kan i symbiose med bakterier skaffe nitrogen direkte fra luften.
3. De kan skaffe fosfat fra jorden via symbiose med svampe i deres rødder.

Læs svaret i artiklen om selv-gødende planter i dette nr.

Lianer vinder frem

I verdens skove konkurrerer lianer – også kaldet slyngplanter eller klatreplanter – med træer om plads og ressourcer. Og konkurrencefordelen tipper til fordel for lianerne, når skovene forstyrres af menneskelige aktiviteter i kombination med klimaændringer. Det viser en ny vurdering baseret på et datasæt, hvor forskere har analyseret 651 vegetationsprøver, der tilsammen repræsenterer flere end 26.000 lianer og 82.000 træer fra 556 lokaliteter verden over. Lianer kan derved blive en kritisk faktor, der hindrer skove i at komme sig i liangunstige klimaer. Dermed kan det også få betydning for skovenes potentiale for at lagre CO₂ fra atmosfæren.

Kilde: Glob Change Biol. 2024;30:e17140.



Foto: Mark Marathony/CC BY-SA 3.0

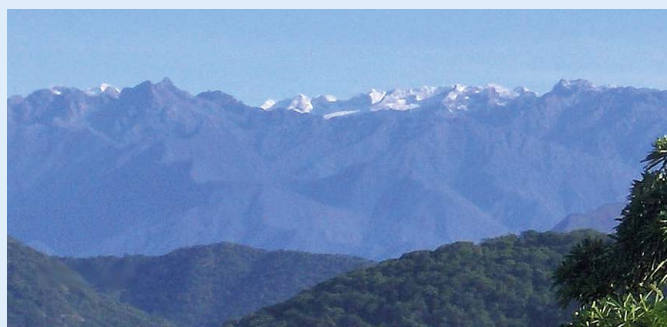


Foto: Public domain

Rodløse bjerge

De fleste høje bjergområder er opstået ved deformation af jordskorpen, hvor de tektoniske plader støder sammen. Det skaber en tyk "rod" af bjergarter under de høje bjerge. Tyngdemålinger i Sierra Nevada de Santa Marta-bjergene i Columbia, der når en højde over 5 kilometer, tyder imidlertid på, at jordskorpen her er usædvanlig tynd. Forskere fra Canada og USA har nu ved hjælp af computersimuleringer fundet, at bjergene formentlig også har haft en tyk rod engang. Men fordi bjergarterne i roden var koldere og havde en højere vægtfylde end de underliggende bjergarter i Jordens kappe, er de nærmest som en dråbe langsomt sunket ned i kappen og har efterladt de rodløse bjerge ovenover.

Kilde: JGR Solid Earth, Volume129, Issue1

Knust klippe kan fjerne CO₂ fra atmosfæren

Skal vi nedbringe udslippet af CO₂ til atmosfæren? Eller forsøge at fjerne CO₂ fra atmosfæren? Marinbiolog Carolin Löscher fra Syddansk universitet foreslår det sidste og har eksperimenteret med en metode, der kan netop det. Metoden går ud på at hælde knust sten i hav- eller flodvand og lade det igangsætte en kemisk proces, der trækker CO₂ fra atmosfæren og ned i havvandet, hvor det lagres. Baggrunden for ideen er, at kulstof ikke kun cirkulerer i et biologisk kredsløb, men også i et geologisk kredsløb, hvor CO₂ over tid fjernes af mineraler, som forvitrer og skylles ud i floder og have, hvor CO₂'en så enten synker eller opløses kemisk. Det geologiske kulstofkredsløb sørger for, at kulstof lagres i meget længere tid end det biologiske kulstofkredsløb – men det foregår også meget langsommere end det biologiske.

»Hvis man leger med tanken om at speede disse geologiske processer op, åbner det nogle helt nye muligheder for at imødegå den globale opvarmning. Der går faktisk ikke mere end et par dage fra man hælder knust



Foto: Valentin Rühl.

sten i havet til, at kemiske processer fører til, at der trækkes CO₂ ud af atmosfæren til binding i havvandet», forklarer Carolin Löscher.

Det afgørende er, at sten- og bjergarterne er basiske. Når man tilføjer basisk, knust sten til havvand, omdannes havvandets CO₂ til hydrogenkarbonater og karbonater, som er stabile forbindelser med en levetid på cirka 10.000 år. Ved den proces opstår et underskud af CO₂ i overfladevandet. Denne ubalance genoprettes hurtigt ved, at vandet optager CO₂ fra luften, og derved fjernes CO₂ fra atmosfæren.

Eksempler på sten- og klippearter, der kan bruges til formålet, er bjergarter rige på mineralet olivin samt kalksten og dolomit. Disse findes i rigt mål mange steder i verden, og ifølge Carolin Löscher er der mere end rigeligt til at bidrage væsentligt til fjernelse af CO₂ fra atmosfæren. Flere steder i verden pågår større og mindre forsøg for at teste ideen, og over de senere år er erfaringerne begyndt at rulle ind fra forskningsmiljøerne, blandt andet fra Carolin Löschers forskningsgruppe. De er nu blevet samlet i en "Best Practice Guide"; en guide, der løbende bliver opdateret med ny viden og nye erfaringer.

På billedet tager forskerne vandprøver ved Avernakø i det sydfynske Øhav for at studere responsen hos de naturlige samfund af mikroorganismer og phytoplankton på tilsætning af knust klippemateriale.

Birgitte Svennevig, journalist, SDU. Kilde: "Guide to Best Practices in Ocean Alkalinity Enhancement Research": <https://sp.copernicus.org/articles/2-0ae2023/>

Pilehegn som alternativ til kloaker

Imange danske byer arbejdes der på massive udvidelser af kloaknettet for at håndtere de stigende mængder regn. Men den tilgang hører fortiden til mener professor i landskabsarkitektur og byplanlægning Marina Bergen Jensen fra Københavns Universitet.

Sammen med sine kolleger har hun udviklet en helt ny teknologi til lokal håndtering af regnvand, som kan være et bedre alternativ til både kloakudvidelser og den første generation af løsninger til lokal håndtering af regnvand, der alle er baseret på huller i landskabet kendt som regnbæde, vejbede og faskiner.

Den lovende opfindelse er allerede sat i arbejde og håndterer regnvandet lokalt i



Foto: Københavns Universitet

en boligforening i Valby. Det drejer sig om Danmarks første "Grønne Klimaskærm" som Københavns Universitet har udviklet sammen med bl.a. Teknologisk Institut, Københavns Kommune og Boligforeningen 3B og Københavns Andelsboligforening (KAB).

Udefra ligner klimaskærmen et tre meter højt pilehegn, som udover at dæmpe

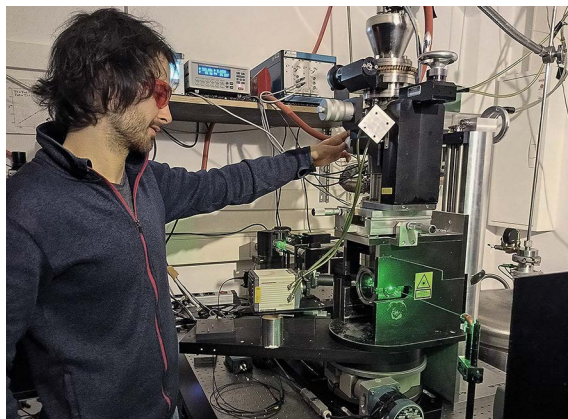
støjen fra den stærkt trafikerede Folehaven også håndterer tagvand fra en nabobygning. Ved hjælp af tyngdekraften og de forbundne kars princip føres regnvandet fra tagrenden til toppen af skærmen. Her fordeles vandet over hele skærmens længde, hvorefter det opsuges af mineraluld, der er placeret

bag pileflet-panelerne.

Fra klimaskærmen fordampes tagvandet på samme måde, som vasketøj hænges til tørre på en tøjsnor. Ved store regnskyl, en såkaldt 10-års-regnhændelse (cirka 60 mm på et døgn), sker der nedsivning under skærmen, mens de helt ekstreme 100-års-hændelser (cirka 90 mm på et døgn) kan parkeres på en græsplæne ved siden af.

Første måling af materiale-tid

Tiden kan ikke gå baglæns, det ved alle. Ellers ville nogle mennesker blive yngre med tiden, hvilket jo aldrig sker. I fysikken udtrykkes denne "irreversibilitet" ved naturloven, at entropien (som populært kan oversættes til graden af uorden) kan stige eller være konstant, men aldrig falde. I et isoleret system kan entropien dog godt falde: Når man sætter mad i køleskabet, falder dens entropi, men entropien stiger samtidig mere i omgivelserne.



Den eksperimentelle opstilling på Darmstadt TU. Foto: Till Böhmer.

Nu er det lykkedes at finde systemer, hvor tiden – i statistisk forstand – kan gå baglæns, samtidig med at entropien stiger. Forsøget, som er er udført i et samarbejde mellem Glas og Tid gruppen på RUC og Darmstadt TU, studerer hvordan materialer som glas og plastik ældes med tiden. Under velkontrollerede omstændigheder gennemlyses en meget sejt-flydende væske tæt på glasovergangen (hvor den størkner til en glas) af en kraftig laser, og det spredte lys observeres med et følsomt kamera, som tager 10 bil-

leder i sekundet. Over flere døgn giver det en enorm mængde data, som indeholder information om, hvordan materialet ældes og som kan analyseres statistisk.

Siden 1971 har man antaget, at ethvert ikke-krystallinsk materiale har sit eget "indre ur", som bestemmer, hvor hurtigt materialet ældes. Sænker man temperaturen, går

uret langsommere, fordi ældningen går langsommere. Vores opstilling har bekræftet dette og for første gang gjort det muligt at bestemme den såkaldte "materiale-tid", som definerer det indre ur. Vi undersøgte dernæst, hvordan fluktuationerne i intensiteten af det spredte lys varierer med materiale-tiden. Efter at have analyseret data på tre helt forskellige måder, konstaterede vi, at der ingen forskel er på, om materiale-tiden går fremad eller tilbage. En sådan "reversibilitet" er normalt kendetegnet for, at et system er i termisk ligevægt,

så konklusionen er, at et system, der ældes, er tættere på ligevægt, end man hidtil har troet. Det mærkelige er, at to helt anderledes systemer, som aldrig kommer i ligevægt – en kunstig ler opblandet med vand og en epoxy, der tværbinder kemisk – udviser samme reversibilitet i materiale-tid. Det er et mysterium, vi nu undersøger nærmere.

Af Jeppe Dyre, Professor ved Glas og Tid gruppen, RUC. Artikel: Böhmer, T., Gabriel, J.P., Costigliola, L. et al. *Nature Physics* (2024).

Slankestof fra giftig plante kan nu dyrkes i gær

I Kina lærer børn, at de ikke skal ved røre ved planten, som på dansk hedder tordengudsvin. På kinesisk har planten nemlig tilnavnet "syv skridt til døden", da den er så giftig, at man risikerer at drætte død om efter få skridt, hvis man spiser af den.

Men tordengudsvin (*Tripterygium wilfordii*) gemmer også på noget, der er mere fordelagtigt for os mennesker. Den producerer nemlig stoffet celastrol, som har en stærk effekt mod overvægt.

Og nu er et forskerhold fra Institut for Plante- og Miljøvidenskab på Københavns Universitet lykkedes med at fremstille stoffet bioteknologisk. Forskerne har som de første kortlagt reaktionsvejen med alle de 15 biokemiske trin, som planten gennemgår, når den danner celastrol. Disse trin er nødvendige at kende for at genskabe stoffet biosyntetisk.



Celastrol bliver dannet i roden af planten tordengudsvin (*Tripterygium wilfordii*). Foto: Nikolaj Hansen

Forskerne har derefter formået at fremstille syntetisk celastrol i en tank med ganske almindeligt gær, som de har brugt som en værtsorganisme til at producere stoffet for dem.

»Vi har fundet ud af, hvordan planten danner celastrol ved at finde alle leddene i fremstillingsprocessen. Det betyder, at vi kunne tage

de gener og enzymer, som laver stoffet, og putte dem over i en anden organisme, som ikke danner giftige stoffer. Og det er det, vi har gjort med gær,« siger Yong Zhao.

Ifølge professor Sotirios Kampranis, som også har været en del af studiet, behøver man blot at fodre celastrol-molekylet med sukker, og så får du et stof nærmest i ren form uden de giftige stoffer, som ellers følger med fra naturens side.

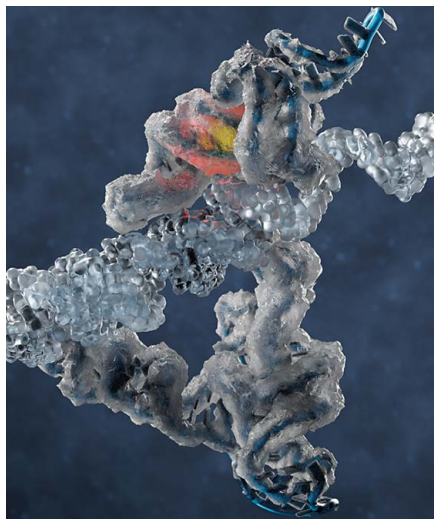
»Processen er både simpel og effektiv, og så tager den kun en uge. Og den foregår uden brug af giftige opløsningsmidler eller katalysatorer, som ellers typisk bruges i kemiske synteser. Jeg tror, der er et kæmpe potentiale her,« siger Sotirios Kampranis.

Maria Hornbek, Københavns Universitet.
Kilde: *Nature Chemistry* vol. 15, pp 1236–1246 (2023).

På sporet af livets første kopimaskine

En levende organisme skal kunne kopiere sig selv og sit DNA, hvilket sker via protein-kopimaskiner. Et afgørende punkt i livets historie var derfor, da denne evne opstod første gang. Mange forskere mener, at da livet opstod i Jordens barndom, var det i kraft af en RNA-kopimaskine. RNA er populært sagt en molekylær fætter til DNA og findes stadig i vores celler som molekylær budbringer mellem DNA og protein. Teorien om RNA-kopimaskinen er dog udfordret af, at den oprindelige kopimaskine i dag er forsvundet, sandsynligvis udkonkurreret af de mere effektive protein-kopimaskiner. For at udforske teorien om en tidlig "RNA-verden" byggede forskere ved MRC-LMB Cambridge i England derfor i 2018 en molekylær efterligning af den originale RNA-kopimaskine, som faktisk er i stand til at kopiere lange RNA-molekyler.

I et samarbejde med forskere fra Aarhus Universitet er det nu lykkedes at bestemme denne RNA-kopimaskines atomare struktur ved hjælp af såkaldt cryo-elektronmikroskopi og dermed få indsigt i, hvordan den i



Billede: Rune Kidmose.

praksis fungerer. Det viste sig overraskende nok, at strukturen har slående ligheder med moderne proteinbaserede kopimaskiner, selvom den er et produkt af kunstig evolution i laboratoriet. Den har molekylære domæner arrangeret i en form som en åben hånd, der griber om det RNA, der bliver kopieret. Det er et slående eksempel på, hvordan evolutionen

kan genanvende de samme strukturelle principper, selvom udgangsmaterialet er vidt forskelligt. Det giver håb om, at udforskning af molekylære dobbeltgænger-molekyler skabt i laboratoriet kan lære os om de oprindelige processer, der ledte til livets oprindelse.

Det lykkedes også forskerne på baggrund af deres undersøgelser af RNA-kopimaskinen og andre eksperimentelle data at bygge en model for, hvordan selve kopieringsprocessen foregår.

Billedet viser RNA-kopimaskinen (et såkaldt RNA-polymerase-ribozym), som den er blevet afsløret ved hjælp af cryo-elektronmikroskopi. RNA-kopimaskinen er vist med en kappe af is omkring sig for at symbolisere, at den fungerer bedst under iskolde forhold. Det område i RNA-molekylet, hvor kopieringen udføres – molekylets motor – er vist som gult/rødt lys, og molekylet balancerer på en gennemsigtig RNA-streng, der bliver kopieret.

CRK, Kilde: Emil L. Kristoffersen og Ebbe S. Andersen, Aarhus Universitet/PNAS Vol. 121, No. 2

Roskilde Universitet

Læs Naturvidenskabelig Bachelor

” Vi finder et problem, og så leder vi efter naturvidenskabelige metoder til at løse det.

Vi samarbejder fx med hospitaler om modeller for, hvor lang tid kroppen kan tåle behandling med strålingsterapi mod kræft.”

— Max har læst Naturvidenskabelig Bachelor



Foto: Ture Andersen

RUC

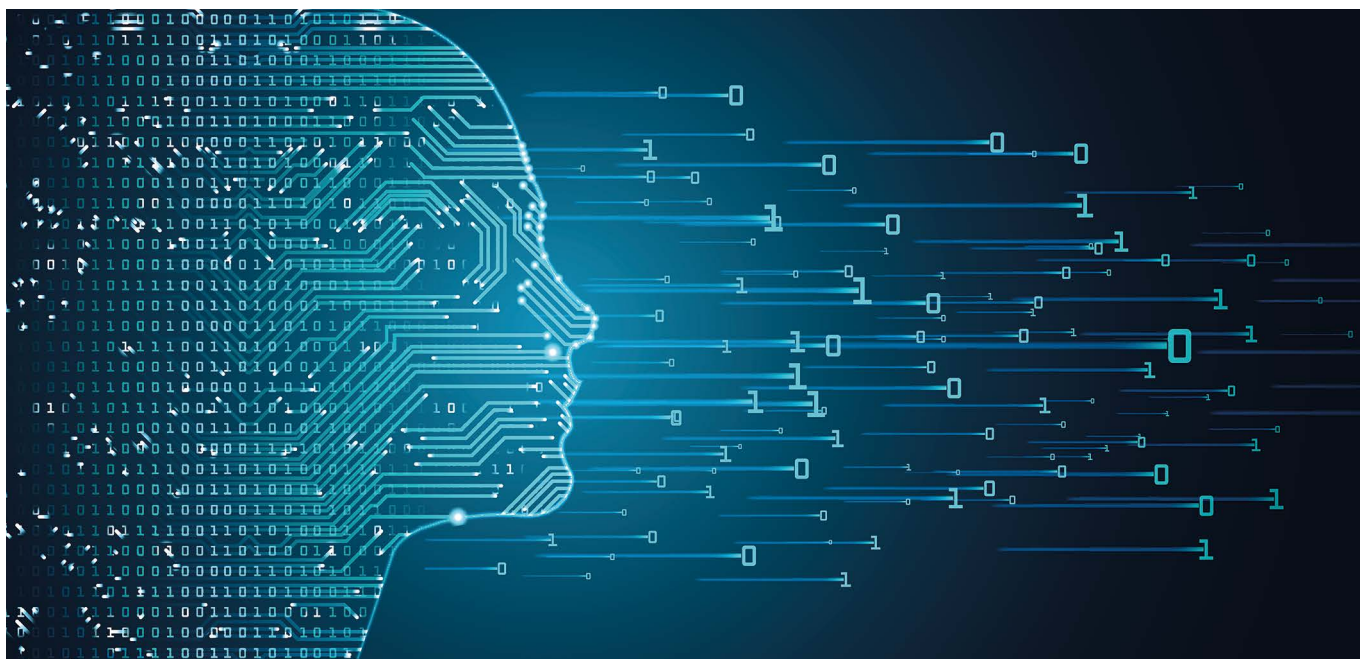


Foto: Shutterstock

Støj beskytter persondata

Det moderne sundhedsvæsen er det helt centralt værktøj at indsamle og analysere data for en stor gruppe patienter for at finde mønstre. Hvem har gavn af en bestemt behandling? Hvem risikerer at få bivirkninger? Men datasæt med personoplysninger skal beskyttes. Dels for at værne om den enkeltes ret til privatliv, dels fordi læk vil svække borgernes tillid, så færre vil sige ja til at medvirke i undersøgelser fremover.

Derfor har forskere fra Datalogisk Institut på Københavns Universitet udviklet en smart metode til at beskytte datasæt.

»Der er mange eksempler på, at datasæt er stillet til rådighed for offentligheden i anonymiseret form, hvorefter folk har været i stand til at finde frem til deltagernes identitet. Det skyldes, at der findes så mange andre kilder til information i den moderne verden. Derfor vil det ofte være muligt at afdække folks identitet selv uden navne eller CPR-numre. Men vi har fundet en praktisk og økonomisk måde at beskytte datasæt, der anvendes til maskinlæring,« siger ph.d.-studerende Joel Daniel Andersson.

Tilfældige data

Forskernes metode består i at tilsætte tilfældige data, såkaldt støj, til de data der skal sløres. I modsætning til kryptering, hvor man

tilføjer støj for senere at fjerne den igen, vil støjen i forskernes metode blive i datasættet. Faktisk vil det være umuligt at fjerne den, for støjen kan ikke skelnes fra de rigtige data.

Ifølge Joel Daniel Andersson gælder det om at tilføje en tilpas mængde støj, så det bliver umuligt at genkende de oprindelige data, men samtidig bevare værdien af datasættet.

»Hvis der er nok støj i dataene, bliver det umuligt at udlede værdien af et enkelt datapunkt, selv hvis du kender samtlige øvrige datapunkter. Man kan sige, at vi sætter et autoværn op omkring vekselvirkningen mellem analytiker og datasæt. Da analytikerne ikke får de rå data, men kun kan stille spørgsmål til datasættet, får de aldrig viden om individer. Dermed kan analytikerne aldrig lække data hverken bevidst eller utilsigtet.«

Beskyttelse af privatlivet

Naturligvis er det surt for ejeren af et datasæt at skulle forurene output fra det med støj.

»En noget dårligere brugsværdi af datasættet er den pris, man betaler for at beskytte retten til privatliv for de deltagere, som har leveret data,« siger Joel Daniel Andersson

Der findes ikke en universelt rigtig balance mellem beskyttelse af et vilkårligt datasæt

og brugbarheden af det, forklarer Joel Daniel Andersson:

»Du skal vælge den balance, der er rigtig i det givne tilfælde. Hvis vigtigheden af beskyttelse af privatliv er meget høj – for eksempel når der er tale om medicinske data – bør du vælge en stærk beskyttelse. Der skal altså tilføjes meget støj. Det vil nogle gange betyde, at du bliver nødt til at have flere data, altså have flere personer med i undersøgelsen, for stadig at have værdi af dit datasæt. I andre situationer, hvor behovet for beskyttelse er knap så højt, kan du nøjes med at tilsætte mindre støj. På den måde bevarer du værdien af datasættet bedre, og du mindsker også dine udgifter.«

Netop økonomi er den vigtigste grund til, at forskergruppens metode har fået så stor opmærksomhed, tilføjer han:

»Kernespørgsmålet er, hvor meget støj du skal tilsætte for at opnå et givent niveau af beskyttelse. Det er her vores smidige mekanisme har et fortrin i forhold til kendte metoder. Vi kan klare os med mindre støj og med lavere forbrug af computerkraft. Kort sagt mindsker vi udgiften ved at beskytte privatlivet.«

Michael Skov Jensen, Københavns Universitet, <https://arxiv.org/pdf/2306.09666.pdf>