

Virus fra dyr

– et livsvilkår for mennesker

”

Vi prøver fortsat at blive kloge på elementære ting, som hvordan virus ændrer og udvikler sig over tid, og om vi kan forudsige det.

Forskere slås mod virus fra svin for at forebygge ny pandemi

Når virus hopper fra dyr til mennesker

Rammerne er afgørende for virus

INSPIRATIONS-
MATERIALER
OM NY
NATURVIDEN-
SKABELIG
VIDEN

TemaMagasinet **IndBlik**



Kampen mod den foranderlige virus

Virus forandrer sig hele tiden, og vores beredskab skal tilsvarende forbedres og opdateres. Menneskers omgang med produktionsdyr og vilde dyr kan have afgørende betydning for, om der kommer nye epidemi- eller pandemiudbrud.

Der findes nemlig virus som Covid-19, der har det til fælles, at de kan smitte fra dyr til mennesker og tilbage igen. Disse sygdomme, der kan overføres mellem dyr og mennesker, hedder zoonoser, og det er dem, ph.d. og postdoc ved Københavns Universitet Pia Ryt-Hansen forsker i.

Pia Ryt-Hansens særlige forskningsområde er svineinfluenza, og hendes forskning foregår især i svinestalde i samarbejde med landbruget. Med Pia Ryt-Hansens ord kan den næste pandemi ske ”når som helst”. Drivkraften for hendes forskning er derfor at tage slagsmålet med de foranderlige virus; først og fremmest gennem mere viden.

Dette temamagasin præsenterer Pia Ryt-Hansens forskning, som foregår på Københavns Universitet. Magasinet giver en introduktion til Virus fra dyr – et livsvilkår for mennesker som et tema, der kan didaktiseres fra 1. til 9. klasse. Det er et tema, som eleverne kan relatere umiddelbart til deres hverdag: De har nemlig oplevet Covid-19, de kender til at have influenza, de bor i et landbrugsland med stor svineproduktion, og

mange af dem har kæledyr. Samtidig knytter temaet an til flere af samtidens store spørgsmål såsom bæredygtig fødevarerproduktion, vacciner og pandemier.

Temamagasinet's afsæt er Pia Ryt-Hansens forskning i, hvordan man kan bekæmpe virus og måske ligefrem forebygge, at pandemier opstår. Det handler konkret om overvågning af nye virusstammer, forebyggelse af smitte, ligesom det handler om vaccineudvikling, tværfagligt forsknings samarbejde og politiske beslutninger om bæredygtig svineproduktion.

Naturvidenskabens ABC

Temaet vedrører grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser. 10 sådanne erkendelser er beskrevet i Naturvidenskabens ABC, der er udviklet for Børne- og Undervisningsministeriet. Erkendelser, der er relevante for dette tema, er:

- Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt (erkendelse 1).
- Organismer består af celler – generne i dem kan både nedarves og ændres (erkendelse 6).

Se naturvidenskabens-abc.dk



8

Når virus hopper fra dyr til mennesker

Virus fra vilde dyr, produktionsdyr og kæledyr kan overføres til mennesker. Det kaldes zoonose, og Covid-19 er blandt eksemplerne.



4

Forskere slås mod virus fra svin for at forebygge ny pandemi

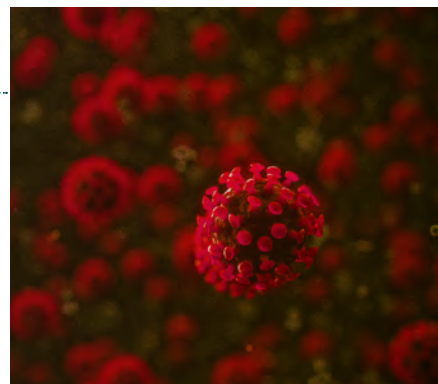
Svineinfluenza har optimale vilkår i de fleste svinestalde. Det siger influenzaforsker Pia Ryt-Hansen, der har fået sin sag for i kampen mod den usynlige og hurtigt muterende virus.



10

Rammerne er afgørende for virus

Virus udvikles konstant blandt mennesker og dyr, og det giver risiko for pandemier. Forskernes modsvar er blandt andet intens overvågning af virusvarianter.



16

Kampen for at forstå den usynlige virus kan fascinere elever

Jo klogere forskere bliver på, hvordan virus opfører sig og bliver spredt, jo bedre kan pandemier forebygges. Det er en opgave, som eleverne kan engageres i gennem naturfagsundervisning.



22

Overblik: Temamagasinet er en del af en samlet videnspakke

Seks inspirationskataloger hjælper undervisning i temaet på vej, film formidler forskningen, og redskaber understøtter naturfagsteams.

Forskere slås mod virus fra svin for at forebygge ny pandemi

Nye svin kommer dagligt til verden for at imødekomme efterspørgslen på kød. Men staldene er ikke designet til nutidens massive produktion. Pladsen er trang, og det giver svineinfluenza optimale vilkår for at blive spredt, siger influenzaforsker Pia Ryt-Hansen fra Københavns Universitet. For at slå virus ned kæmper hun og andre forskere med at få mere grundlæggende viden om den usynlige og hurtigt muterende fjende.

”Den næste pandemi kan ske når som helst.” Den alvorlige melding kommer fra ph.d. og postdoc ved Københavns Universitet Pia Ryt-Hansen. Hun undersøger influenza hos produktionsdyr og beskæftiger sig særligt med svin, som hun og hendes forskerkolleger observerer for at vurdere kliniske tegn på sygdom. I mange tilfælde tager de blodprøver og benytter næsesvabere for at bekræfte, om svinene er smittet med virus.

Pia Ryt-Hansen refererer til svineinfluenzapandemien, også kendt som Influenza A (H1N1). Den voksede sig i 2009 til en pandemi, da den spredte sig til det meste af verden fra Mexico. Ifølge et studie, som er udgivet i det anerkendte tidsskrift *The Lancet Infectious Diseases*, krævede virustypen minimum 284.500 menneskeliv. Studiet peger på, at dødstallet kan have været det dobbelte.

”H1N1 er sprunget tilbage i besætningerne og er begyndt at blande sig med svinespecifikke influenzavirus. De blandinger er vi noget nervøse for, da vi ved, de indeholder elementer, som kan inficere mennesker”, forklarer Pia Ryt-Hansen.

Pandemier er velkendte besøgende

Pandemier forekommer historisk set tre til fire gange pr. århundrede, og det 21. århundrede er ingen undtagelse. Ifølge Pia Ryt-Hansen er det blot et spørgsmål om, at en zoonose – altså et patogen, der kan smitte fra dyr til mennesker – opstår ”det forkerte sted på det forkerte tidspunkt.”

”Vi har gennem tiden mange eksempler på, at influenzatyper fra mennesker springer ind til svinene og bliver ved med at cirkulere derinde. Hvis disse virus springer tilbage til menneskene, kan typerne have udviklet sig så meget, at vi ikke er krydsbeskyttede mere. Det betyder, at virustyperne potentielt kan være farlige, hvis de bliver overført fra svin til mennesker igen”, forklarer forskeren og slår fast:

”Det er svært at sige, hvad der giver virus det sidste skub til at blive en pandemi. For os som forskere handler det om at gøre vores bedste i forebyggelsesarbejdet. Men virus er derude.”

Virus er snu og muterer sig ustyrligt

Pia Ryt-Hansens arbejde som forsker ved Københavns Universitet består af flere ting. Ifølge hende er influenzaforskningens 'allerstørste mission' dog primært at udvikle effektive vacciner mod det, hun beskriver som en ”snu” fjende. Virus muterer sig nemlig hele tiden og blander arvematerialet fra forskellige influenzavirus.

”Spørgsmålet er, hvordan vi laver en god vaccine, som virker mod alle stammer af influenzavirus. Det er ikke sikkert, det er muligt. Men det er forskningens vigtigste omdrejningspunkt”, understreger Pia Ryt-Hansen og forklarer, at influenzaforskningen hos svin stadig bevæger sig på et ”basalt niveau.”

”Vi prøver fortsat at blive kloge på elementære ting, som hvordan virus ændrer og udvikler sig over tid, og om vi kan forudsige det. Kan vi det, er vi meget bedre klædt på til at udvælge den rigtige vaccine og vide, hvordan vi bedst kan styre og bekæmpe virus”, siger forskeren.

En svær slyngel

Men virus er en svær slyngel at krydse klinger med. Forskning i svineinfluenza er mere relevant end nogensinde,

da der på nuværende tidspunkt er mange forskellige influenzavarianter, der cirkulerer hos svin, og som er under konstant udvikling grundet de nuværende produktionsforhold. Disse virus er ifølge Pia Ryt-Hansen alle potentielle kandidater til en ny pandemi.

”Drømmescenariet er at få nok information om, hvordan virus ændrer sig ved hjælp af mutationer over tid, og hvilke mutationer der er vigtige for spredningen fra dyr til mennesker. Så kan vi holde særligt øje med de former for virus, der cirkulerer ude i besætningerne, så vi bedre kan forebygge eventuelle epidemiudbrud”, uddyber Pia Ryt-Hansen.

Det hjælper dog ikke på faren, at svineproduktionen i Danmark er indrettet på en måde, der ifølge Pia Ryt-Hansen ”potentielt skaber optimale forhold for virusspredning i besætningerne.” Det er en kendsger-

ning, som der er flere årsager til, hvis man spørger Pia Ryt-Hansen, som også undersøger produktionsforholdenes relation til smittespredning.

Efterspørgsel på kød skaber gode forhold for virusspredning

Når landmændene skal producere så mange små grise, som de skal, for at produktionen af svinekød kan følge med forbrugernes efterspørgsel, har det konsekvenser.

En so i den gennemsnitlige danske svinebesætning får eksempelvis ofte flere pattegrise, end den selv kan brystføde. Landmænd flytter derfor som regel en sos pattegrise til andre søer, så alle pattegrisene kan få mælk og vokse sig store og stærke og blive klar til slagtning. Der er dog bare en bagside af medaljen: Grise fra forskellige kuld og på tværs af aldre bliver dermed blandet sammen. Og det giver virus gode kår for at spredes i besætningerne.

Sådan navngives influenza

Virus navngives efter følgende mønster:

- Variation af proteinerne N (neuraminidase) og H (hæmagglutinin), som sidder på virus' overflade
- Virus' første registreringssted
- Eventuelt årstal og oprindelsesvært.

Et eksempel er influenzatypen

H3N2-Hong Kong-1968-fugl.

Der findes mindst 18 forskellige typer H-protein og mindst 11 forskellige typer N-protein. De kan kombineres 18 x 11 og blive til 198 forskellige influenza A-hovedtyper, hver med mindre varianter og undertyper. Det er dog langt fra alle kombinationsmuligheder, der er registreret.

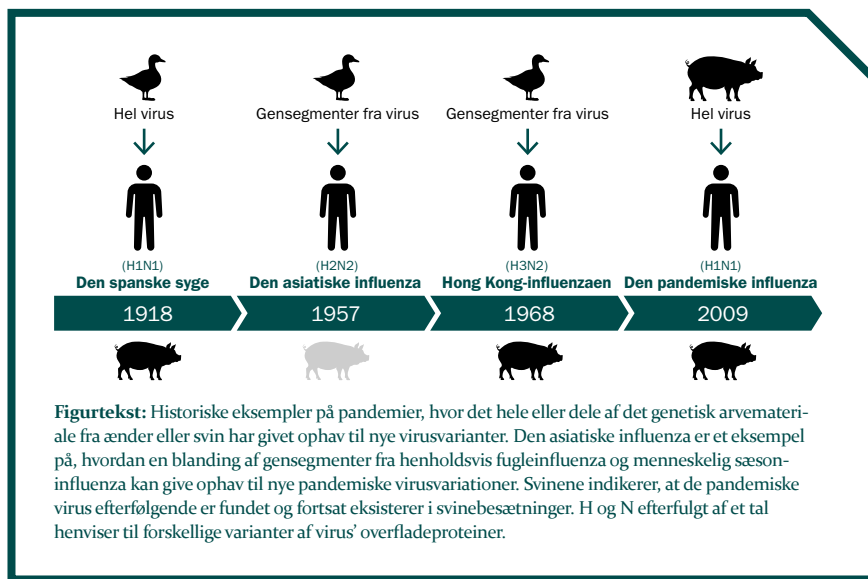
”Landmændene skal producere så meget som muligt, men det gør også, at vores produktion er opbygget optimalt for virusspredning. Vi producerer mange nye grise. Hver dag bliver der født mange pattegrise, som kan blive smittet, og det fører til, at smitten kan fortsætte”, forklarer Pia Ryt-Hansen.

Svin bliver blandet flere gange

Forskeren peger på, at ventilationssystemernes opbygning i staldene kan have en betydning for virusspredning. Hun peger også på den trange plads i svinebesætningerne, hvor pattegrise, som ofte bærer smitte, bliver ledt gennem besætningens andre afdelinger og derved bringer smitten rundt. I en sådan konstruktion er der langt til to meters afstand og håndsprit. Og så er der den konstante sammenblanding af svin.

”Når grisene har fået mælk hos deres moder, er de klar til at få almindeligt foder. Så putter landmændene grise af samme størrelse sammen for at give dem lige muligheder for mad. Det betyder, at de igen kommer ud af deres eget kuld og bliver blandet. Der er ret mange steps, hvor grisene bliver blandet. Det giver en risiko for, at en smittet gris møder en gris, som aldrig har mødt influenza før. Og sådan bliver smitten holdt i gang”, forklarer Pia Ryt-Hansen.

I en tid, hvor der er stor efterspørgsel efter billigt svinekød, må hygiejnen sommetider vige for produktionspreset. Pia Ryt-Hansen understreger dog, at den potentielle smittefare ikke udelukkende er landmændenes ansvar.



Figurtekst: Historiske eksempler på pandemier, hvor det hele eller dele af det genetisk arvemateriale fra ænder eller svin har givet ophav til nye virusvarianter. Den asiatiske influenza er et eksempel på, hvordan en blanding af gensegmitter fra henholdsvis fugleinfluenza og menneskelig sæsoninfluenza kan give ophav til nye pandemiske virusvariationer. Svinene indikerer, at de pandemiske virus efterfølgende er fundet og fortsat eksisterer i svinebesætninger. H og N efterfulgt af et tal henviser til forskellige varianter af virus' overfladeproteiner.

”Er vi som forbrugere villige til at betale mere end 20 kroner for et halvt kilo kød, hvis vi til gengæld ved, at dyrene ikke har været syge?”, spørger hun retorisk og slår fast: ”Vi skal huske på, at intensiveringen af produktionen af svinekød handler meget om, hvad forbrugere efterspørger.”

Undersøgelser af mutationer kan sandsynliggøre, om vacciner virker

Når Pia Ryt-Hansen udtager en prøve fra et svin i en besætning, tager hun prøven med på laboratoriet. Her isolerer hun arvematerialet fra virus og prøver at forstå, hvordan forskellige virustyper er relateret til hinanden ved at se på molekylerne markører.

”Jeg kigger meget på mutationer, der er opstået i virus over tid. Hvor de sidder i arvematerialet, om de er vigtige for,

at virus kan undslippe antistoffer, og om de gør virus mere sygdomsfremkaldende. Vi ser på, hvordan virus har muteret sig væk fra den stamme, som for eksempel er i en vaccine. Så kan vi sige noget om sandsynligheden for, om en vaccine stadig har effekt”, forklarer Pia Ryt-Hansen og fortsætter:

”Vi opdyrker også virus i levende celler, så vi for eksempel kan teste, hvordan de reagerer mod antistoffer. Så kan vi forudsige, om en gris vil være beskyttet mod infektion, hvis den har de specifikke antistoffer. Hvis vi kan forudsige, hvilke influenzatyper i svin der potentielt er farlige for mennesker, så skal vi også udvikle vacciner mod disse. Men vi er endnu ikke på det stadie.”

I fremtiden håber Pia Ryt-Hansen at kunne sige, at hun har gjort sin del for at forebygge nye pandemier, der

har oprindelse i virus fra dyr. Hun håber særligt, at hun kan bidrage til at få mere viden om de molekylære markører, som er vigtige for, at virus kan hoppe fra dyr til mennesker. Hun håber også, at der på tværs af verdens lande kommer en større videndeling, og at overvågningen af influenza bliver ensartet, så forskningsresultaterne kan sammenlignes.

”Forhåbentligt er vi om 20 år blevet meget klogere på grundforskningen og har fået svar på helt basale spørgsmål om, hvordan virus ændrer sig over tid, og hvordan sammensætningen af gener i virus ser ud.”

Covid-19 har øget omverdens interesse for influenzaforskningen

Under Covid-19-pandemien er det ifølge Pia Ryt-Hansen blevet lettere at forklare fonde og andre, hvorfor svineinfluenza er vigtigt. Det er, fordi svineinfluenza – ligesom Covid-19 – er en zoonose. Blandt andet derfor er forskningsområdet i vækst både i ind- og udland:

”Der er kommet et større forskningsmæssigt fokus på vaccineområdet – særligt på grund af mRNA-vaccinerne, som bliver brugt mod coronavirus, da de har en høj effektivitet. Et andet fokus går på at lede efter zoonotiske markører i influenza, så vi kan forudsige, hvilke slags der er farlige, og hvilke der ikke er. Ligesom der er forskning i, om der findes influenzavirus, der er mere sygdomsfremkaldende end andre. Endelig er der

management-området, der handler om at formidle klare anbefalinger til landmændene om, hvad de praktisk kan gøre i besætningen for at minimere smittespredning.”

Pia Ryt-Hansen arbejder med virus på forskellige niveauer – både ude i felten i svinebesætninger, hvor hun tager prøver på svinene og udfører obduktioner og i laboratoriet, hvor hun analyserer prøverne. Men hun elsker særligt formidlingsdelen

”Jeg holder mest af, at den forskning, vi laver, kan blive omsat til hand-

ling. Og det kan den først, når vi formidler på forskellige niveauer til landmænd, dyrlæger, studerende og andre forskere. Dermed er der stort potentiale for at gøre en forskel”, siger Pia Ryt-Hansen og tilføjer, at det er særligt spændende og fascinerende at forklare, hvordan virus fungerer:

”Vi har at gøre med et lille molekyle, som har brug for en levende vært for at kunne sprede sig. Virus er ikke levende, men det opfører sig intelligent, selv om det reelt kun består af en proteinkapsel med noget DNA og RNA indeni.”

Forskere formidler løsninger til landbruget for at nedbringe smitte

Det kræver ifølge Pia Ryt-Hansen ”striks kontrol”, hvis influenzasmitte skal stoppes. Hun samarbejder derfor med landmændenes interesseorganisation SEGES om at udarbejde materiale, der giver landmændene overblik over deres handlemuligheder for at bremse smitte. Men hvad er forskningens forslag? Pia Ryt-Hansen peger på vacciner som en vigtig del af en samlet indsats. Derudover har influenzaforskeren en række anbefalinger:

”En løsning er, at staldene bør blive delt op efter grisenes alder. En anden løsning er, at der bør være vægge imellem de forskellige sektioner, så de ikke deler luftsystem. En tredje løsning handler om, hvordan grisene bliver håndteret, og hvordan medarbejdere går rundt

i besætningen. Det er vigtigt, at de er allokert til en bestemt aldersgruppe, og det er vigtigt, at de skifter tøj og støvler, inden de går ind til en anden gruppe grise. Så noget handler om hygiejne, mens andet handler om staldopbygning, hvor man kan minimere kontakten mellem grisene”, siger Pia Ryt-Hansen.

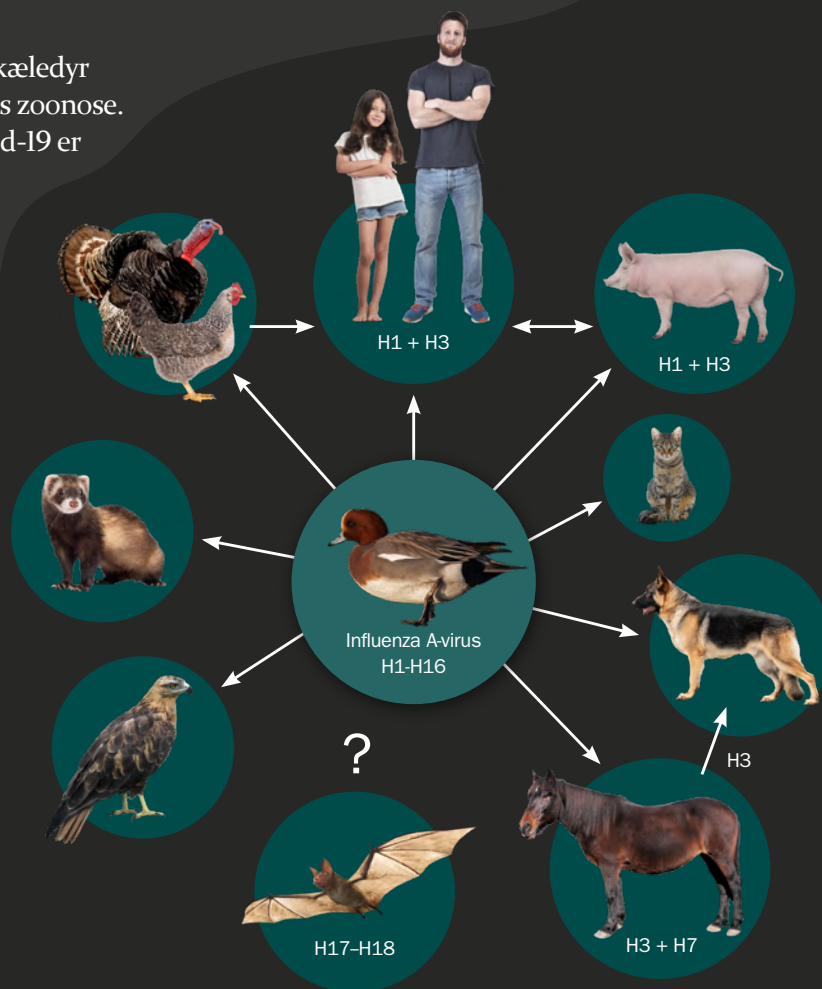
”Vi har sørget for, at der generelt er kommet meget mere fokus på at undgå smittespredning i besætningen, og landmændene kæmper generelt også med andre luftvejs sygdomme, som også kan reduceres gennem tiltag. Så de kan godt se, at det giver mening”, siger Pia Ryt-Hansen.

Når virus hopper fra dyr til mennesker

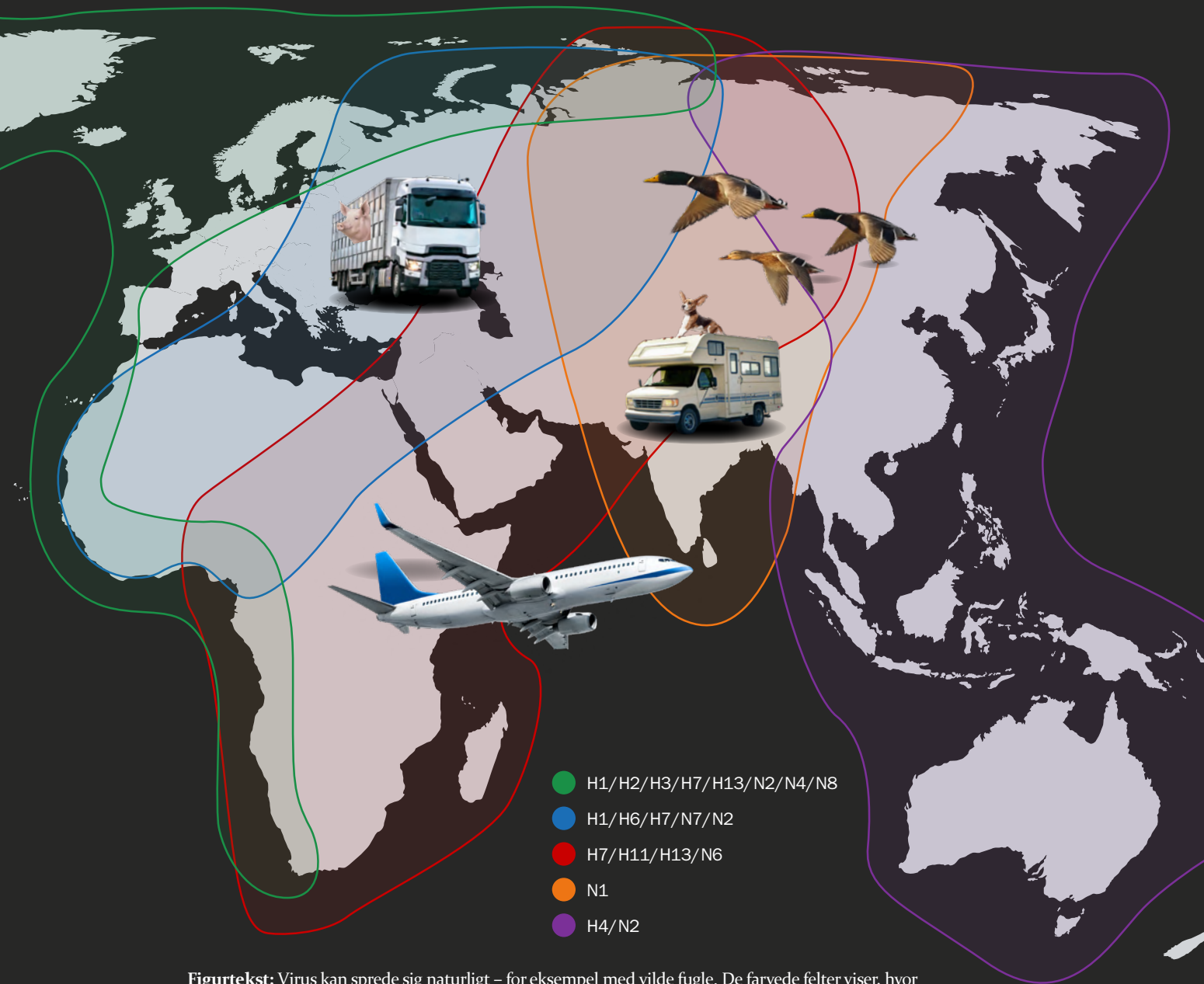
Virus fra vilde dyr, produktionsdyr og kæledyr kan overføres til mennesker. Det kaldes zoonose. Svineinfluenza, fugleinfluenza og Covid-19 er blandt eksemplerne.

Zoonoser har haft stor betydning for menneskers sundhed op igennem historien. Det er også herfra, vi fremover skal forvente, at nye epidemier vil komme: Forskere vurderer, at 60 procent af alle nye sygdomstrusler stammer fra zoonoser.

Zoonotisk smitteoverførsel kan ske via forskellige typer af mikroorganismer, som findes på dyrene eller i deres omgivelser – eksempelvis bakterier, virus eller parasitter. Virus transporteres rundt i verden af såvel dyr som mennesker.



Figurtekst: Ænder er naturlige værtter for influenza A og kan fungere som et reservoir for influenzavirusen. Fra ænder kan virusen spredes til andre arter og gøre dem syge eller dræbe dem. Svin og mennesker kan gensidigt smitte hinanden. Alle hovedtyperne af influenza er fundet hos andefugle, og mennesker og svin kan som hovedregel kun smittes med specifikke kombinationer af H1, H2, H3, N1 og N2.



Figurtekst: Virus kan sprede sig naturligt – for eksempel med vilde fugle. De farvede felter viser, hvor der er fundet forskellige influenzavarianter hos vilde fugle på fem vigtige trækruter (det østlige Atlanterhav (grøn), Sortehavet-Middelhavet (blå), Østafrika-Vestasien (rød), Centralasien (sort) og Østasien-Australien (lilla). Virus kan også sprede sig gennem menneskelig aktivitet – eksempelvis når produktionsdyr transporteres, eller når mennesker rejser, eventuelt med kæledyr.

Rammerne er afgørende for virus

Forskning i influenzavirus viser, at der findes og fortsat udvikles et utal af virusvarianter blandt mennesker og dyr. Udviklingen udfordrer såvel dyr som menneskers sundhed og øger risikoen for, at der opstår pandemier. Forskningen viser imidlertid, at vi kan reducere risikoen for pandemier med intens overvågning af de forskellige varianter og ved at tilpasse vores dyrehold.

Influenza er et livsvilkår for mennesker: På verdensplan bliver millioner af mennesker syge af sæsoninfluenza hvert eneste år. Cirka 650.000 dør.

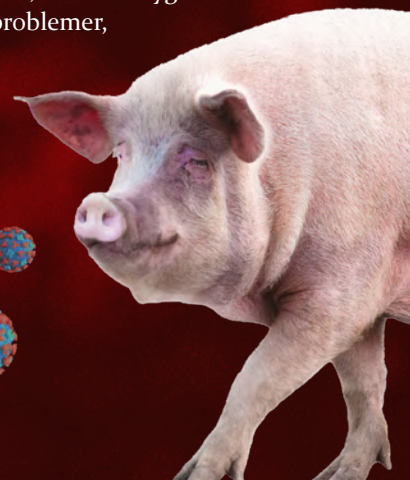
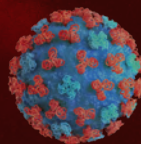
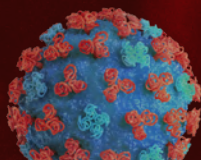
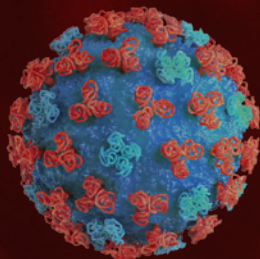
Som menneske så svin

Det er dog ikke kun mennesker, som kan blive syge med influenza. Det kan svin også, og de får de samme symptomer som mennesker.

I takt med at svinebesætningerne er blevet større og mere intensive, er influenza gået fra at være episodisk i kortere tidsintervaller til at være et konstant tilstedeværende (enzootisk) fænomen i danske svinebesætninger. Forsk-

ning har desuden afsløret, at flere og flere variationer af influenza er i omløb i svinebesætningerne, herunder også stammer, der kan smitte mennesker og potentielt udvikle sig til pandemier.

Influenza har ikke kun betydning for svinenes sundhed, men påvirker også landmandens drift og økonomi. For eksempel tager smittede svin langsommere på i vægt, fordi de er trætte og ikke spiser nok, når de er syge. De har også flere reproduktionsproblemer, og de får ofte også tilstødende bakterielungebetændelse, som kræver antibiotika.





Der findes et utal af forskellige virusvarianter blandt dyr og mennesker – og der kommer løbende flere til, når virus muterer eller danner nye kombinationer.

Overblik over typer og antal af virusvarianter fundet i svinebesætninger

1981-2002	2003	2010	
H1avN1av	H1avN2aw H1avN1av	H1avN2aw H1avN1av H1N1pdm09 H1pdm09N2sw H1avH1pdm09 H1pdmN1av	H3hu16N2aw H3hu05N2sw H1avN2hu95 H1pdm09N2hu95 H3huN2hu20

Menneskelig sæsoninfluenza: N2hu95, H3hu05, H3hu16, H3huN2hu20

Figurtekst: Forkortelserne sw, av og hu henviser til, om virus oprindeligt kommer fra henholdsvis svin (sw), fugle (av) eller mennesker (hu). De sorte, blå, gule og lilla farvekoder viser genskævsener eller hele virusgenomer fra mennesker, som i dag findes i svinebesætningerne. De indikerer, at mennesker har smittet svin. De andre farvekoder viser, hvordan dele af de oprindelige virusvarianter genfindes i nye varianter.

Hvad er influenzavirus?

Influenzavirus består af en genetisk kode i form af otte RNA-segmenter omgivet af en beskyttende proteinkappe. RNA-segmenterne består af en enkelt streng af baser. Baserne indeholder blandt andet 'opskriften' på bestemte proteiner. To af segmenterne koder for overfladeproteinerne hæmagglutinin (H) og neuraminidase (N). De resterende segmenter koder primært for interne proteiner.

De interne proteiner er med til at bestemme virulens og værtsspecificitet. De forskellige virusvarianter af influenza er kendetegnet ved rækkefølgen af baser på de enkelte segmenter og kombinationen af de otte segmenter.

Der findes et utal af forskellige virusvarianter blandt dyr og mennesker – og der kommer løbende flere til, når virus muterer eller danner nye kombinationer af de otte segmenter.

Otte RNA-segmenter

H
N } Overfladegener
PB1
PB2
PA
NP
M
NS } Interne gener

H (hæmagglutinin)

N (neuramidase)

Inflenzavirus er luftbåren og kan trænge ind i kroppen via luftvejene, hvis virus' særlige nøgle (protein H) passer sammen med en bestemt lås (receptorprotein), som sidder på overfladen af epitelcellerne i luftvejene.

Influenzainfektion

Figurtekst: Inflenzavirus' genetiske materiale er fordelt på otte RNA-segmenter, som dels koder for de to overfladeproteiner hæmagglutinin (H) og neuraminidase (N), dels de såkaldte interne gener.

Virusvariation har betydning for dyr og mennesker

Virus kan ikke reproducere sig selv, men er nødt til at trænge ind i og udnytte sin værtcelles system til at kopiere og sprede sig. I hvilken grad det lykkes virus at trænge ind i værtens celler, eksempelvis hos svin og mennesker samt gøre værten syg, er tæt knyttet til proteinerne H og N i kappen.

H-proteinet kan beskrives som en særlig nøgle, som giver virus mulighed for at binde sig til specifikke låse, såkaldte receptorproteiner. Det sker på overfladen af epitelceller i luftvejene, som virus trænger ind i cellerne igennem, hvorefter de frigiver deres genetiske materiale. Herefter kan virus udnytte cellernes maskineri til at skabe kopier af sig selv, som derefter spreder sig til andre celler – og dermed gør deres vært syg. N-proteinet har blandt andet betydning for, hvor effektivt kopierne bliver frigivet – og dermed for, hvor syg værten bliver.

N og H spiller ikke kun en central rolle i forhold til virus' mulighed for at invadere og opformere sig i nye individer. N og H er også de to vigtigste virusproteiner (antigener), organismen kan danne antistoffer imod. De spiller derfor en helt central rolle i opbygning af immunitet over for de forskellige variationer af influenzavirus. Ændringer i N og H kan derfor betyde, at virus kan undvige værtens immunforsvar.

Influenzavirus forandrer sig konstant

Influenzavirus er kendetegnet ved konstant og hurtigt at ændre sit genetiske materiale. Det betyder, at der hyppigt opstår nye virusvarianter med nye egenskaber. En del af forklaringen på den store foranderlighed findes i organiseringen af virus' genetiske materiale i kombination med en særdeles høj mutationsrate.

Baggrunden for den høje mutationsrate er blandt andet, at en RNA-virus i sammenligning med DNA-virus har en relativt upræcis kopiering af baserne på RNA-segmenterne i for-

bindelse med replikation. Derudover mangler RNA-virus reparationsmekanismer, hvis der sker fejlkopiering af baserne.

Effekten af RNA-virus' mutationer er afhængig af, hvor og på hvilket RNA-segment fejlkopieringen sker. Ofte vil effekten af mutationerne dog udvikle sig løbende over en længere periode. Hvis mutationerne medfører egenskaber, der er gavnlige for virus, kan der ske en ophobning af disse mutationer i svinebesætningerne. En sådan egenskab kan eksempelvis være mindsket tilbøjelighed til genkendelse af immunforsvaret.

Nye pandemier ulmer

En mere sjælden, men meget mere dramatisk ændring af virus' genetiske materiale kan ske, hvis der opstår en helt ny kombination af de otte segmenter fra to eller flere eksisterende virusvarianter. Kombinationen kan føre til, at der hurtigt og pludseligt opstår en helt ny virusvariant, helt forskellig fra de oprindelige varianter. En forskel, som eksempelvis kan betyde, at virus kan smitte mellem arter eller få egenskaber, der øger virus' pandemiske potentiale. Det kan eksempelvis handle om, at virus forandrer sin tilbøjelighed til at smitte, sin påvirkning af værtens sygdomsforløb, eller at virus i mindre grad reagerer på eksisterende vacciner og virusmedicin.

Det er for at opdage sådanne potentielt farlige, nye virusvarianter, at forskere som Pia Ryt-Hansen nøje overvåger udviklingen i svinebesætningerne.

Svineproduktion, livsstil og rammer for virus

Danskerne nuværende livsstil indebærer en intensiv husdyrproduktion med et højt antal produktionsdyr. Der er stor efterspørgsel på svinekød, og der bliver også eksporteret meget. Der er omkring 13 millioner svin i Danmark.

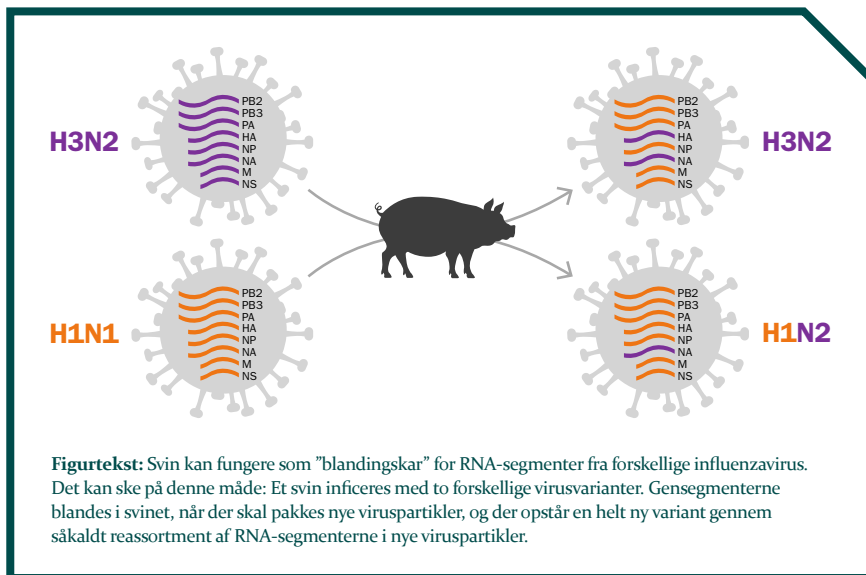
Den intensive produktion er ofte forbundet med en relativt høj tæthed af dyr. Dertil betinger svinenes korte gennemsnitslevetid og en daglig tilførsel af nye pattegrise i mange intensive bedrifter, at der konstant er grise til stede, som ikke har udviklet immunitet over for de forskellige virusvarianter. De vil derfor være modtagelige for influenzavirus.

Kombinationen af mange svin, høj tæthed i staldene, kort levetid, kon-

stant tilførsel af nye og ikke-immune svin og et højt totalantal af produktionsdyr giver gode betingelser for smitte, smittespredning og udvikling af nye virusvarianter. Det betyder ligeledes, at svineproduktionen har potentiale for at fungere som et reservoir for sygdomme, der potentielt kan give ophav til sygdomme hos mennesker.

Dertil kommer, at såvel mennesker som grise transporteres rundt i verden. Danmark eksporterer hvert år omkring 15 millioner levende grise. Overvågning af de forskellige influenzavarianter viser, at varianter opstået i danske besætninger er spredt til andre lande i Europa.





Pia Ryt-Hansen har som noget helt nyt vist, at influenzavirus i svin muterer ved samme hastighed som hos mennesker. Det gør, at nye muterede varianter af den oprindelige virus konstant bliver udviklet, og disse varianter har ukendt zoonotisk potentiale.

Pia Ryt-Hansen følger i sin forskning udviklingen i, hvordan virus flytter sig, ændrer sig og optræder i danske svinebesætninger. Dette arbejde er vigtigt for at fremme grise og menneskers sundhed samt imødegå fremtidige pandemier. Derfor indgår der i forskningen en løbende genetisk kortlægning af, hvilke influenzavarianter der faktisk er til stede i de danske svinestalde. Dette arbejde kan bidrage til, at grisene får den rigtige vaccine, at der bliver udviklet målrettede vacciner til grise og mennesker, samt at det bliver muligt at forudsige potentielle nye pandemier.

Svin som pandemiske "blandingskar"

En organisme skal være smittet med forskellige virusvarianter, hvis en såkaldt reassortment af de otte RNA-segmenter skal kunne forekomme. Jo flere forskellige varianter, des flere kombinationsmuligheder.

Svin er i nutidens produktionsforhold det perfekte "blandingskar" for nye reassortments. Svin kan nemlig smittes med influenza A-virus fra både mennesker og fugle. Samtidig viser forskning, at der i danske svinebesætninger samlet set konstant findes mange forskellige varianter af influenza på samme tid, herunder varianter af rent human sæsoninfluenza. Når svinebesætninger blandes gennem køb og salg af svin, kan der ske udveksling af de forskellige varianter.

Svinenes rolle som 'blandingskar' betyder, at der potentielt kan springe unikke virusvarianter ud af staldene, som hverken har eksisteret i mennesker eller svin noget sted i verden før. Det vil betyde, at ingen har immunitet mod de nye varianter.

Den mexicanske svineinfluenza

Svin kan være 'blandingskar' for forskellige typer af virus, hvoraf der kan opstå nye, ukendte varianter. I nogle tilfælde kan de nye varianter smitte mennesker, og da de er nye, vil der ikke være udviklet immunitet mod dem. Det er lig med potentiale for en global pandemi.

Det var netop scenariet, da den mexicanske svineinfluenza-pandemi

brød ud i 2009. Denne influenzavariant var forårsaget af en kombination af mindst to forskellige svineinfluenzavirus, som indeholdt gensegmenter med oprindelse fra både mennesker, fugle og svin.

Det skønnes, at mellem 284.500 og 579.000 mistede livet i denne pandemi.

Forskningen kan også pege på, hvordan rammerne om svineproduktionen kan blive forvaltet, så smitte og smittespredning kan begrænses. Det kan eksempelvis være ved

vaccinering af personale og grise, opdeling af staldene i mindre sektioner, brug af værnemidler og ved ikke at blande grise med forskellige alder.



Tre forskningseksempler:

Frontforskning i virus er et værn mod pandemier

Beredskabet mod virus forberedes på flere fronter gennem forskningsprojekter, der blandt andet kortlægger spredningsmønstre for virus, anvender DNA og RNA som udgangspunkt for vacciner og ser nærmere på smitte mellem arter. Her er tre danske eksempler.

1. Roskilde Universitet: Semper Ardens-forskningsprojekt

Det overordnede formål med projektet er at udvikle bedre modeller, som kan forklare, hvordan og hvorfor udbrud af nye virus nogle gange udvikler sig til globale pandemier. Forskningsholdet undersøger blandt andet skandinaviske historiske data fra de fem seneste store influenzapandemier. Analyserne af data bidrager til at udvikle modeller, som kan anvendes til at forudsige,

hvordan pandemier starter, forsvinder eller til sidst smelter ind i den større pulje af tilbagevendende sæsonvirus.

Læs mere her: <https://forskning.ruc.dk/da/clippings/carlsbergfondet-giver-10-mio-kr-til-ruc-forskning-i-matematiske-p>

2. Aarhus Universitet: Virofight

Det overordnede formål med dette internationale og tværfaglige projekt er at fremme ny antiviral behandling. I stedet for at ramme virusproteiner eller enzymer med små molekyler – som ved traditionelle antivirale midler – vil Virofight-projektet udvikle DNA-baserede nanoskaller, der kan indkapsle og neutralisere hele viruspartiklen. Denne nye strategi har potentiale til at hjælpe med at bekæmpe et bredt udvalg af forskellige virusarter.

Læs mere her: <https://nat.au.dk/om-fakultetet/nyheder/nyhed/artikel/nyt-forskningssamarbejde-vil-udvikle-nanoskaller-der-indkapsler-og-bekaemper-viruspartikler/>

3. Københavns Universitet, Danmarks Tekniske Universitet og Statens Serum Institut: FluZooMark

Forskningsprojektet sigter mod at finde biologiske markører for, hvornår influenzavirus har potentiale til at springe fra dyr til mennesker. Når forskerne først har fundet markører i influenzavirus, vil det være muligt at foretage en fagligt baseret risikovurdering af, om de nye virusvarianter har potentiale til at smitte til mennesker. På sigt vil projektet udvikle et overvågningssystem, så

målrettede vacciner mod nye virusvarianter kan blive udviklet, og så virus kan blive forsøgt ændret for at fjerne evnen til at smitte mennesker.

Læs mere her: <https://www.bioengineering.dtu.dk/nyheder/2020/04/forskere-vil-opspre-farlige-influenzavirus?id=5e778bb8-42d8-4210-91d6-d7c329986c11>

Kampen for at forstå den usynlige virus kan fascinere elever

Forskere som Pia Ryt-Hansen bliver klogere og klogere på, hvordan virus opfører sig og bliver spredt. Det er en viden, som kan gøre det muligt at forebygge nye pandemier som eksempelvis Covid-19, og som har potentiale til at engagere elever i grundskolen fra laveste til højeste klassetrin.

Undervisning i temaet Virus fra dyr – et livsvilkår for mennesker kan gøre eleverne bevidste om, at virus er alle steder i og omkring os, og at vi skal lære at leve med og handle i forhold til det.

Den centrale viden på feltet indebærer viden om, at både rejseaktivitet og transport af dyr kan hjælpe virus til at sprede sig på tværs af verdensdele, regioner og lande. Desuden er det en del af den centrale viden, at dansk landbrugs husdyrproduktion med store mængder og stor tæthed af dyr gavner virus' muligheder for at udvikle nye varianter og sprede smitte hastigt – herunder sprede influenzavarianter med zoonotiske og pandemiske potentialer.

Handlekompetence i højsædet

De seks inspirationskataloger til temaet giver med udgangspunkt i Pia Ryt-Hansens forskning inspiration til naturfaglærere og -teams til, hvordan eleverne kan arbejde med årsagssammenhænge, stillingtagen og handlestrategier relateret til temaets faglige indholdsområder og problem-

stillinger. De seks inspirationskataloger er målrettet forskellige klassetrin.

I kataloget til 1.-2. klassetrin er elevernes egne erfaringer med kæledyr og simple hygiejneregler udgangspunktet. Koblingen mellem de måder, vi omgås kæledyr i hverdagen, og vores hygiejne kan give eleverne konkrete billeder på, hvordan 'mikroverdenen' på dyr kan overføre sygdomme til mennesker. De foreslåede aktiviteter i kataloget giver eleverne en første forståelse af, hvad 'zoonose' er.

For de lidt ældre elever i indskolingen snævres zoonosebegrebet ind til virus. Mens smittespredning i kataloget til 1.-2. klasse beskrives ud fra direkte kontaktflader, er der i kataloget til 3.-4. klassetrin fokus på smittespredning gennem luften.

På mellemtrinnet perspektiveres elevernes egne erfaringer med virus til influenza som en zoonose hos husdyr og vilde dyr. Gennem konkrete eksempler relateret til svineinfluenza giver kataloget til 5.-6. klassetrin

mulighed for at inddrage autentiske problemstillinger i undervisningen. Der er fokus på elevernes arbejde med årsager og handlestrategier relateret til forekomst, smitte og smittespredning i danske svinebesætninger.

I kataloget til 7. klasse arbejder eleverne med problemstillinger relateret til viruspandemiers forudsætninger og udvikling. I 8. klasse rettes spotlyset mod begrebet flokimmunitet samt funktion, udvikling og anvendelse af vacciner. I 9. klasse tager eleverne komplekse problemstillinger under behandling, hvor svarene kræver, at eleverne kan kombinere og vurdere, hvordan mange forskellige faktorer bidrager til, at virus kan spredes og påvirke mennesker på tværs af verdensdele, regioner og lande.

Den tematiske sammenhæng kan gøre det muligt at anvende katalogerne som inspiration til undervisning i den samme klasse fra skolestart til afsluttende prøve. Hvert katalog kan dog også anvendes som inspiration til selvstændige forløb.

Klassetrin



Progression og den røde tråd

Figuren illustrerer temaets progression gennem inspirationskatalogerne. Figuren viser den faglige røde tråd i temaet fra 1. til 9. klassetrin.

Inspirationskatalogernes undersøgelses- og aktivitetsforslag har progression fra det nære og lokale og til det samfundsmæssige og globale i undskolingen. Graden af problembasering i forslagene øges gennem materialet, ligesom der sker en

udvikling fra det konkrete og enkle i indskolingen og mellemtrinnet mod et højere abstraktions- og kompleksitetsniveau i udskolingen.

Gennem skoleforløbet får eleverne altså forudsætninger for at arbejde med dyr, mennesker og virus. Forløbene understøtter elevernes viden om, hvordan vi som individer og som samfund kan bidrage til at holde os selv og vores produktionsdyr raske.

Forståelse af samspil mellem virus og mennesker kan motivere elever

Samspil mellem virus, dyr og mennesker løber som en rød tråd gennem de seks inspirationskataloger. En rød tråd, der kan skabe undring, motivation og forståelse af sammenhænge og derigennem bidrage til elevernes stillingtagen og handling. Samspillet behandles blandt andet i disse fire indholdsområder:

1. Influenzavirus hos vilde dyr, produktionsdyr og mennesker

Influenzavirus handler ikke kun om menneskers sundhed. Også dyr kan smitte med eller blive syge af influenza. Influenzavirus findes for eksempel hos vilde fugle, hvorfra den kan smitte grise, som igen kan smitte mennesker. Når virus hopper mellem arter, øges sandsynligheden for, at der opstår potentielle epidemiske virusvarianter.

2. Smittebekæmpelse i svinestaldene

I Danmark er der intensiv husdyrproduktion, som afspejles af et højt antal produktionsdyr. For eksempel har vi omkring 13 millioner svin i Danmark. Produktionen medfører, at husdyrene kan komme til at fungere som reservoir for sygdomme, der potentielt kan overføres til mennesker. Hygiejne, vacciner, smitteopsporing, isolation, testning og ændringer i den daglige drift i staldene er strategier, som landmændene anvender til at bekæmpe svineinfluenza i svinebesætningerne. Alle disse strategier er baseret på naturvidenskabelig viden, som løbende bliver udviklet gennem blandt andet Pia Ryt-Hansens forskning.

3. Kroppens immunsystem – et forsvar med hukommelse

For at begribe hvorfor vacciner kan forebygge epidemier og sygdom hos husdyr og mennesker, må eleverne

forstå, hvordan det adaptive immunforsvar fungerer. Det adaptive forsvar består blandt andet af huskeceller. Huskecellerne bærer på information om, hvordan fremmede organismer, for eksempel virus som kroppen tidligere har mødt, ser ud. Når huskeceller så igen møder den samme fremmede organisme, bliver de hurtigt aktiveret, og kroppen kan derfor udføre en mere effektiv bekæmpelse. Det er denne huskemekanisme i kroppens immunforsvar, som bliver udnyttet, når der vaccineres.

4. One Health-tilgang

I naturfagsundervisningen er der tradition for at arbejde med forskellige produktionsformer i landbruget, som oftest belyst ud fra en miljø- eller dyrevelfærdsvinkel. Der er ligeledes en tendens til primært at fokusere på mennesker, når eleverne arbejder med sundhed. Inddragelse af Pia Ryt-Hansens forskning i undervisningen vil ikke kun bidrage med ny og aktuel viden om virus, men også vise, hvordan læreren gennem en one health-tilgang kan tilrettelægge en integreret undervisning om sundhed, natur og fødevarereproduktion og dermed belyse – og pege på handlemuligheder for – både menneskers, dyrs og miljøets sundhed.



Ud af klasselokalet

Temaet Virus fra dyr – et livsvilkår for mennesker inviterer til engagerende undersøgelser med varierende grad af elevstyring. Som omdrejningspunkt for undersøgelserne er det oplagt at anvende modeller og modellering i temaet. Modeller kan for eksempel visualisere det abstrakte, og modellering kan anvendes til at forudsige, hvordan forskellige strategier kan påvirke udviklingen i epidemier.

Modellering kan kombineres med, at klassen kommer ud af klasselokalet – eksempelvis kan eleverne i nærliggende naturområder studere trækfugle og efterfølgende modellere deres trækruter for at anskueliggøre mulige spredningsveje. Eller eleverne kan besøge en læge, sundhedsplejerske eller forsker, som kan fortælle om virusspredning, hvorefter eleverne kan arbejde med modeller for, hvordan vaccinationsstrategier kan påvirke flokimmunitet og dermed udvikling i epidemier.

Blandt de mange muligheder for at undervise ude af klasselokalet kan læreren desuden overveje ekskursioner til et lokalt slagteri eller en lokal gård. En anden mulighed er at besøge det lokale museum og der undersøge, hvordan sygdomme har påvirket befolkningens levevilkår historisk set. Det kan naturligt føre til tværfagligt samarbejde med historiefaget.

Læreren kan i det hele taget overveje, hvordan skolen og lokalområdet kommer bedst i spil i såvel den ordinære undervisning som på ekskursioner og i det tværfaglige samarbejde. Her kan laboratorie- og feltarbejde bidrage med en undersøgelsesbaseret indgangsvinkel til stoffet, hvor elevernes egne oplevelser og erfaringer kobles til fagenes mere teoretiske indholdsdele.

Udvikling af inspirationsmaterialerne

Der er udviklet i alt 10 sæt inspirationsmaterialer om i alt 10 naturvidenskabelige temaer, herunder dette om virus fra dyr som et vilkår for mennesker. De øvrige temaer dækker over blandt andet klimaforskning og -tilpasning, bæredygtigt byggeri, vedvarende energi, biodiversitet, ferskvand, genetik og sygdomme, det teknologiske samfund, rumforskning og mørkt stof.

I hvert sæt indgår der et temamagasin, en film og seks inspirationskataloger med input til undervisning i det pågældende tema på forskellige klassetrin. Fagudviklere fra professionshøjskoler har udviklet indholdet på baggrund af forskerens input og i samarbejde med arbejdsgrupper med lærere.

Inddragelse af Pia Ryt-Hansens forskning i undervisningen vil ikke kun bidrage med ny og aktuel viden om virus, men også vise, hvordan læreren kan tilrettelægge en integreret undervisning omkring sundhed, natur og fødevareproduktion, som blandt andet peger på handlemuligheder for både menneskers, dyrs og miljøets sundhed.

Fagudvikler Sanne Schnell Nielsen,
Københavns Professionshøjskole

Det har helt klart rykket min praksis at være med til at udvikle materialerne. Man kan godt mærke, at sammenhængen mellem temamagasin og inspirationskataloger skaber en god stilladsering, og det har givet mere til min forståelse af, hvad en aktivitet kan have af udbytte for eleven. Det, synes jeg, er en bærende forskel.

Philip R. Hansen, lærer
på Ødsted Skole

Seks inspirationskataloger om Virus fra dyr – et livsvilkår for mennesker

De seks inspirationskataloger, som inspirerer til undervisning i Pia Ryt-Hansens aktuelle forskning, er tilrettelagt med henblik på de naturfaglige kompetenceområder og Fælles Mål:

**1.-2.
klasse**



Hvordan kan vi holde os selv og vores kæledyr raske?

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og perspektivering

Fælles Mål:
Organismer, undersøgelser og perspektivering i naturfag.



**5.-6.
klasse**

Forskeren og landmanden bekæmper virus sammen

Kompetenceområder i fokus:
Perspektivering og kommunikation

Fælles Mål:
Mennesket, organisme, teknologi og ressourcer, natur og miljø.

**3.-4.
klasse**



Der er virus i luften

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og modellering

Fælles Mål:
Vand, luft og vej, naturen lokalt og globalt, undersøgelse og modellering i naturfag.



Virus i konstant udvikling

Kompetenceområder i fokus:
Modellering og undersøgelse

Fælles Mål:

Biologi: Celler, mikrobiologi og bioteknologi, krop og sundhed, evolution

Fysik/kemi: Produktion og teknologi

Geografi: Globalisering, demografi og erhverv.



Vacciner er våben mod virus – udvikling, funktion og etik

Kompetenceområder i fokus:
Modellering og perspektivering

Fælles Mål:

Biologi: Krop og sundhed, celler, mikrobiologi og bioteknologi, evolution, modellering og perspektivering i naturfag

Fysik/kemi: Produktion og teknologi, perspektivering i naturfag

Geografi: Demografi, modellering og perspektivering i naturfag.



Virus binder verden og arter sammen

Kompetenceområder i fokus:
Undersøgelse og modellering

Fælles Mål:

Biologi: Krop og sundhed, celler, mikrobiologi og bioteknologi

Fysik/kemi: Perspektivering i naturfag

Geografi: Globalisering, naturgrundlag og levevilkår.

Læs mere ...

De seks inspirationskataloger er struktureret ud fra en fagdidaktisk ramme, som understøtter systematisk planlægning og udførelse af undervisningen.

Rammen er grundigt udfoldet i 'Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning'. En proces for at arbejde i naturfagsteamet med inspirationskatalogerne til temaet Virus fra dyr – et livsvil-

kår for mennesker ud fra den fagdidaktiske ramme er beskrevet i 'Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams'.

Begge dele kan sammen med de seks inspirationskataloger hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Hent pakkens indhold her: emu.dk/grundskole/naturvidenskabstrategien



Bokssæt med 10 temamagasiner



60 inspirationskataloger (10 temaer til seks klassetrin)

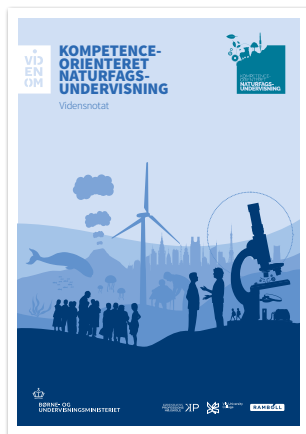


10 film i lang og kort version

Forskere fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



Vidensnotat
12 sider.



Planlægningsredskab
Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.



Eksemplarisk fællesfagligt forløb
16 sider til naturfagsteams og -lærere.



Udviklingsredskab
Fire sider til skoleledelserne.



PowerPoint-præsentation
Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.



Video
Speed drawing.



Udarbejdet af Rambøll Management Consulting,
Københavns Professionshøjskole og VIA University
College for Børne- og Undervisningsministeriet.

Eftertryk med kildeangivelse er tilladt.

Design & illustrationer
Campfire & co.

Fotos
B2Bfilm ApS

ISBN
87-603-3295-6 (web udgave)
87-603-3296-4 (trykt udgave)



**BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET**