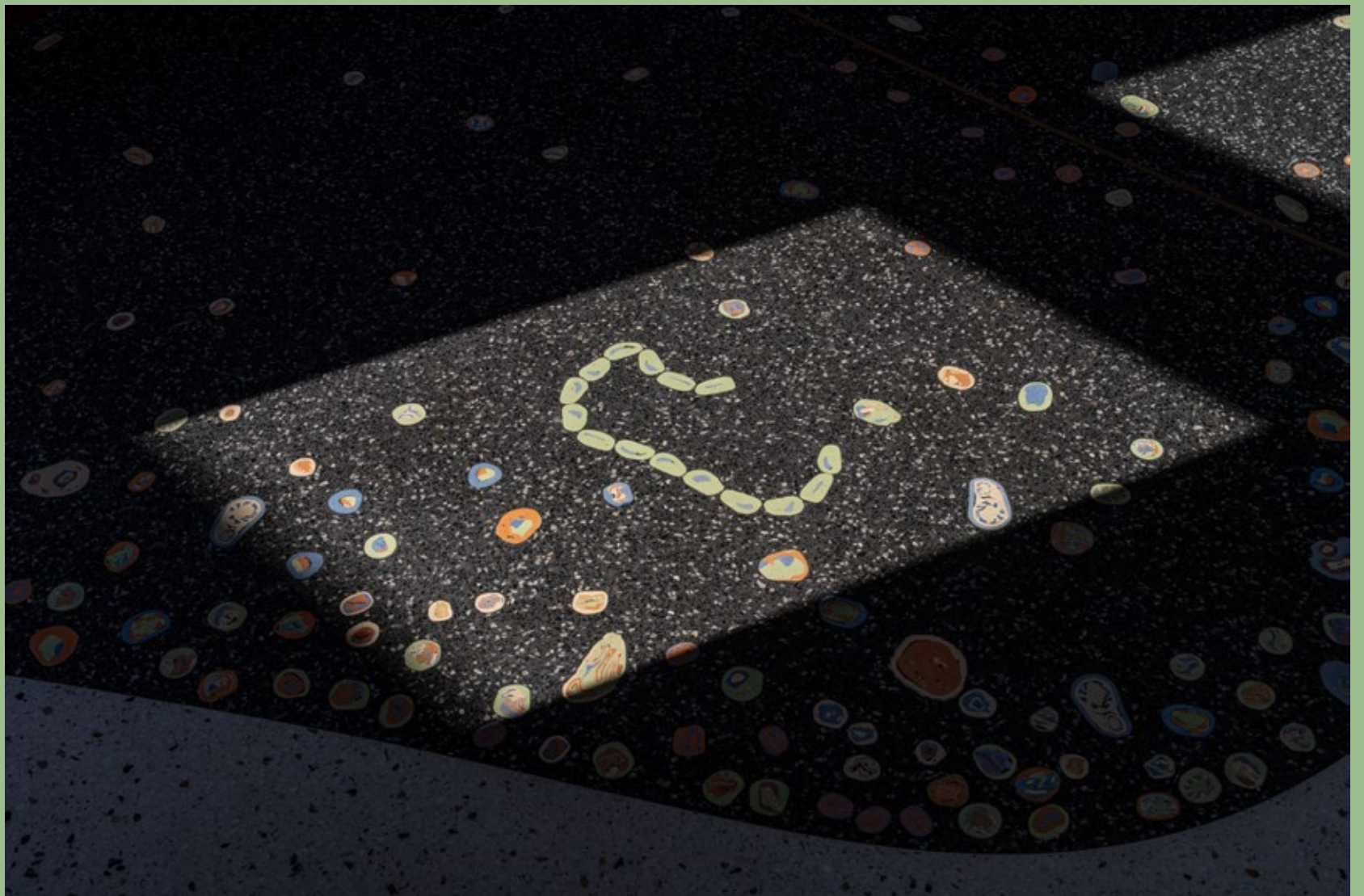


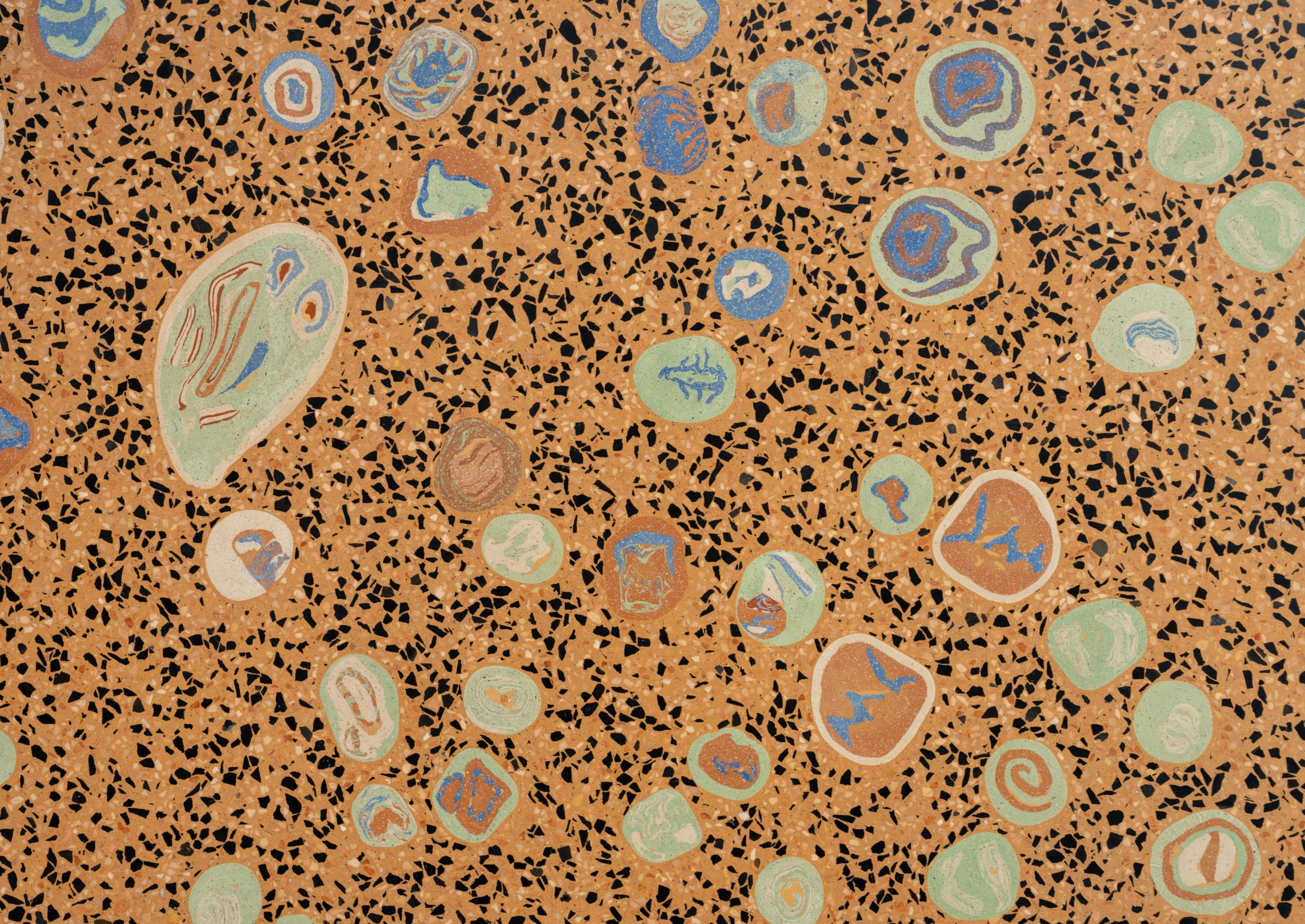
# Levendee jord



Biologi A+B, Billedkunst A+B+C, Kemi B+C og Bioteknologi A









# Indholdsfortegnelse

	Velkommen under jorden .....	10
DEL 1	Hvorfor jord? .....	15
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Naturen og kunsten og altings forbundethed</li><li>• Hvad er jord?</li><li>• Jordens fødenet</li></ul>	
DEL 2	At gøre det usynlige synligt .....	23
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hvordan undersøger man jordens mikro- biologiske sammensætning og diversitet?</li><li>• Jordkunst</li><li>• Microflora Danica – et atlas over mikro- organismerne i Danmark</li></ul>	
DEL 3	Tværfaglige forbindelser .....	31
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tværfaglig videns-skabelse og kuratorens rolle</li><li>• Planter og mikroorganismer – et usynligt samarbejde</li></ul>	
DEL 4	Et nyt blik på jorden og kunsten .....	39
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Helende haver og holistisk tænkning</li><li>• Hvordan mikroorganismer kan genopbygge jorden</li></ul>	
DEL 5	Nye praksisser .....	47
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biodesign og samtidskunst</li><li>• Regenerativt landbrug</li><li>• Kompost-te til jordforbedring</li></ul>	
OPGAVER	Del 1-5 .....	53

# Velkommen under jorden

Det undervisningsmateriale, du nu sidder med i hænderne, udforsker den levende jords fascinerende verden fra et naturvidenskabeligt og billedkunstnerisk perspektiv. Det retter sig mod undervisningen i biologi, billedkunst, kemi og bioteknologi og kan bruges i både fagspecifikke og tværfaglige forløb. Materialet indeholder bidrag fra tre mikrobiologer, en kunsthistoriker, en kurator, en jordbrugskonsulent, to gymnasielærere og en studerende, der skriver for Biotech Academy. Deres tekster sætter fokus på interaktionen mellem plante- og mikroliv: hvordan moderne DNA-baserede analysemetoder bruges til at undersøge den enorme mikrobielle diversitet, der findes skjult i jorden, hvordan mikroorganismer kan bruges til at forbedre vækst af planter, og hvordan det regenerative landbrug tilstræber at styrke jordens fertilitet ved at efterligne naturlige processer. Kunsthistoriske og kunstteoretiske perspektiver inddrages for at vise, hvordan vores forståelse af jorden ændrer sig gennem tiden, og hvordan æstetik og naturforståelse er dybt forbundne. Ved at forbinde videnskab og kunst inviterer vi til en bedre forståelse af jorden under os – ikke blot som en ressource, men som et levende, sammenvævet økosystem.

Anledningen til udgivelsen er det blivende kunstværk *Levende jord*, som indvies på Viborg Gymnasium i august 2025. Kunstværket, som breder sig over skolens biblioteksområde og tilstødende gårdhave, er skabt af billedkunstner Amalie Smith og består af et 252 m<sup>2</sup> terrazzogulv med indlagte terracotta-elementer og af et redesign af gårdhaven med fokus på at nære underjordisk mikroliv. Værket er doneret af Ny Carlsbergfondet og realiseret i samarbejde med en lang række aktører, herunder bakterieforskere, terrazzolæggere, keramikere, planteskolefolk m.fl.. Kunstværket *Levende jord* henter sin struktur og sit verdenssyn fra rodzonen – det komplekse, levende netværk under jordens overflade, hvor organismer

udvikler sig i forskelligt tempo, men konstant er i udveksling med hinanden. På samme måde består værket af flere forbundne dele, der hver især bevæger sig på tværs af tid, materialitet og deltagelse – biblioteksgulvet er eksempelvis produceret i samarbejde med fem af gymnasiets billedkunsthold, mens gårdhaven er anlagt i samarbejde med fire biologihold.

I *Levende jord* er de fælles processer en del af værket. Undervisningsmaterialet er blevet til på baggrund af samtaler på tværs af fagfelter, og dets tekster udspringer af et tværfagligt seminar afholdt i november 2024, hvor alle bidragsydere deltog sammen med elever og undervisere. Det er efterfølgende samlet og redigeret af kurator og skribent Majken Overgaard og Amalie Smith i foråret 2025, så det rækker ud over den specifikke sammenhæng, og med fordel kan læses af elever og undervisere på andre gymnasiale uddannelser. Det består af tekster og refleksionsøvelser inddelt i fem dele med tilhørende opgaver, som findes bagerst i udgivelsen. Majken Overgaards interview af Amalie Smith om det blivende kunstværk løber som en underjordisk svampehyfe gennem udgivelsen.

Vi håber, at undervisningsmaterialet vil bringe samtalerne og læringen videre. *Levende jord* er tænkt som et økosystem i sig selv – hvor forbindelser dannes, opløses og genopstår, og hvor viden og sansning flyder som næringsstoffer mellem delene – og nu videre til dig.

Majken Overgaard og Amalie Smith, juni 2025

## BIDRAGSYDERE

Amalie Smith er kunstneren bag det blivende kunstværk 'Levende jord' til Viborg Gymnasium. Hun er uddannet fra Det Kgl. Danske Kunsthøgskole i 2015 og har siden udstillet i ind- og udland, udgivet bøger og lavet blivende kunstværker til blandt andet Ørestad Gymnasium og Kanalbyen i Fredericia.

Majken Overgaard er uddannet kunsthistoriker og arbejder i dag som kurator og skribent med særligt fokus på kunst og teknologi. Hun beskæftiger sig med at skabe forbindelser mellem tværfaglige domæner og formidle viden til et bredt publikum. Senest har hun udviklet Snart - Laboratoriet for Mulige Fremtider (2025) i samarbejde med Bikubefonden og Institut for Fremtidforskning

Karen Lundager Jensen studerer biologi ved Københavns Universitet. Ved siden af sine studier arbejder hun for Biotech Academy.

Lone Gram er professor i mikrobiologi ved Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bioteknologi og Biomedicin. Hun forsker i bakterier, deres interaktion, og hvordan den fundamentale forståelse af dette kan bruges i bioteknologi. Lone leder grundforskningscentret CeMiSt.



Lars Jelsbak er professor i molekylær mikrobiologi ved Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bioteknologi og Biomedicin. Lars forsker i jord- og planteassocierede bakterier og mikrobiomer, deres samspil med planter, og hvordan de kan anvendes til at fremme plantevækst.

Maria Kappel Blegvad er uddannet kunsthistoriker. Hun har i flere år arbejdet som kurator på bl.a. ARKEN Museum for Samtidskunst og AROS Aarhus Kunstmuseum, hvor hun har realiseret adskillige særudstillinger med både ældre kunst og samtidskunst; heriblandt udstillinger som 'The Cosmos Within' og Sarah Szes 'Metronome', der begge bragte emner om holistisk tænkning og bæredygtighed i spil med afsæt i de udstillede værker.

Kim Bruun er lektor i biologi, kemi og bioteknologi på Viborg Gymnasium. Han har udgivet lærebøger til biologi, kemi, bioteknologi og naturvidenskabelig faggruppe. Han interesserer sig særligt for tværfaglige emner - både internt mellem sine naturvidenskabelige fag, og når de berører de kunstneriske fag.

Line Højgaard Porse er lektor i dansk, billedkunst og design & arkitektur på Viborg Gymnasium og fagkonsulent i billedkunst, design og design & arkitektur i Børne- og Undervisningsministeriet. Hun har i mange år beskæftiget sig med at arbejde på tværs af fagligheder, senest som projektleder og følgeforsker på projekt STEAM på museer. Hun har udgivet undervisningsmateriale til billedkunst og design & arkitektur.

Per Halkjær Nielsen er professor i mikrobiologi ved Aalborg Universitet, Institut for Kemi og Biovidenskab. Han forsker i bakterier, specielt alle dem, som ikke kan dyrkes i laboratoriet, og som lever i naturen. Han arbejder også på at udnytte disse til genbrug af ressourcer og til løsning af klimaproblemer. Han leder forskningscentret Center for Microbial Communities.

2.

Anne Julie Arnfred er kurator og postdoc ved PASS - Center for Practice-based Art Studies, Københavns Universitet. Hun arbejder med kollektiv og transdisciplinær videnskabelig krydsfeltet mellem kunst, kuratering, forskning og levede erfaringer.

Hanne Gundersen er agronom og økologisk landmand. Gennem virksomheden Jordkontakt har hun de senere år arbejdet på at udbrede en mere helhedsorienteret dyrkningsform.

## SAMARBEJDSPARTNERE

Biotech Academy er en nonprofit-studererorganisation under DTU Bioengineering, der tilbyder gratis undervisningsmateriale til biologi, kemi og bioteknologi. Biotech Academy har siden 2006 arbejdet på at bygge bro mellem forskning og formidling. Materialerne udarbejdes af studerende med en dyb passion for biovidenskab og den forskel, feltet kan gøre i rejsen mod et mere bæredygtigt samfund. Deres mission er at sikre lige adgang til god naturfaglig undervisning for alle danske børn og unge samt at fremme tilgangen af studerende til de naturvidenskabelige uddannelser

CeMiSt er et grundforskningscenter på Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bioteknologi og Biomedicin. CeMiSt forsker i bakteriers kommunikationsformer, herunder bakterie-planteinteraktion. Følgende forskere fra CeMiSt har været behjælpelige i processen med at udvikle det videnskabelige fundament for kunstværket 'Levende jord': Nathalie Suhr Eiris Henriksen, Kristoffer Ioannis Tang Kordatos, Kristoffer Høegh Skoven, Morten Dencker Schostag, Ling

Ding, Matiss Maleckis, Charlotte Held Gotfredsen, foruden Lone Gram og Lars Jelsbak. Centret er støttet af Danmarks Grundforskningsfond.

Microflora Danica er et forskningsprojekt ledet af professorerne Mads Albertsen og Per Halkjær Nielsen ved Center for Microbial Communities på Aalborg Universitet i årene 2019-2027, som og har til hensigt at skabe en referencedatabase over alle mikroorganismer, som findes naturligt i Danmark. Projektet er støttet af Poul Due Jensen/Grundfos Fonden.

Ny Carlsbergfondet har doneret det blivende kunstprojekt 'Levende jord' til Viborg Gymnasium, herunder udgivelsen af dette undervisningsmateriale. Ny Carlsbergfondet blev oprettet i 1902 af brygger Carl Jacobsen og finansieres primært af udbytte af aktier fra Carlsberg A/S. I dag arbejder fondet fortsat med at realisere Jacobsens vision om at styrke kunsten i samfundet samt at gøre den tilgængelig for det bredest mulige publikum.

1.



3.



1. Professor Lone Gram holder oplæg om bakteriernes planet til det tværfaglige endagsseminar på Viborg Gymnasium i november 2024. Foto: Majken Overgaard.
2. Kurator Anne Julie Arnfred holder workshop om tværfaglig tænkning med elever til samme seminar. Foto: Trine Bierregaard
3. Afslutning på seminardagen ved byggevæggen, der afskærmede biblioteksområdet, imens værket blev anlagt. Resultater og refleksioner fra seminardagens workshops blev dokumenteret på plakater af eleverne og ophængt på byggevæggen. Foto: Amalie Smith.



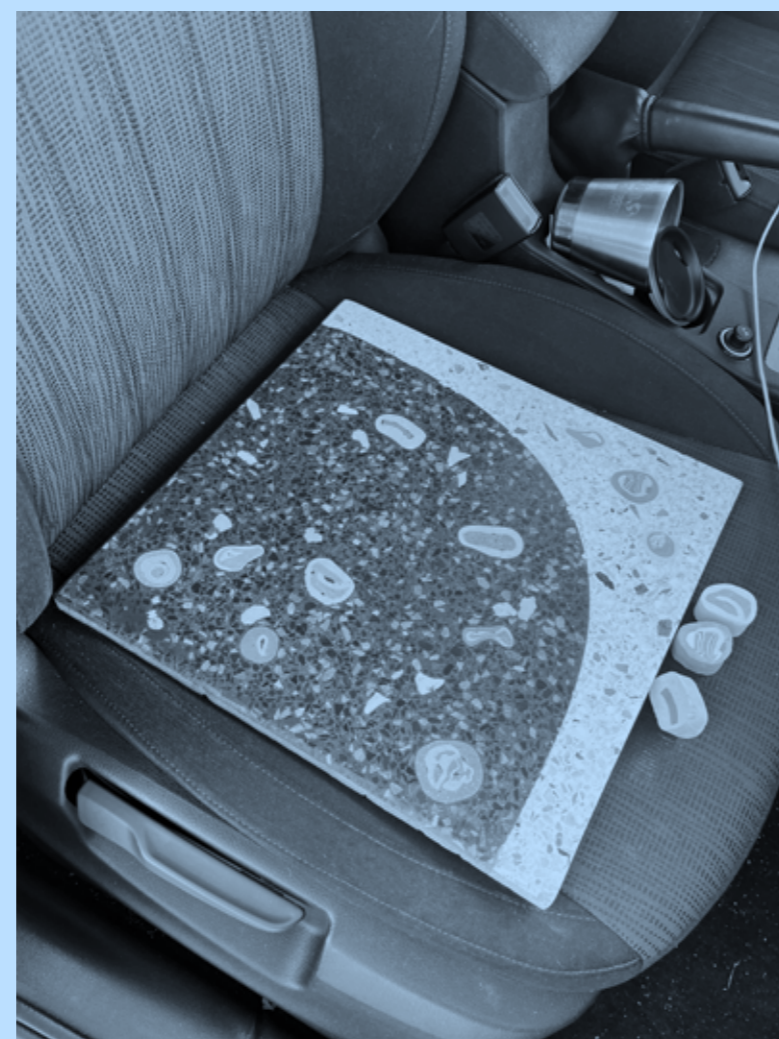
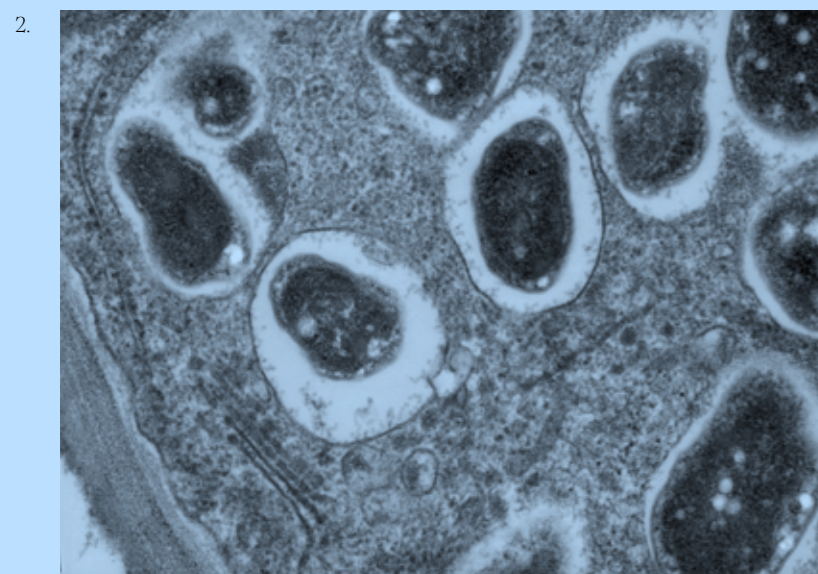
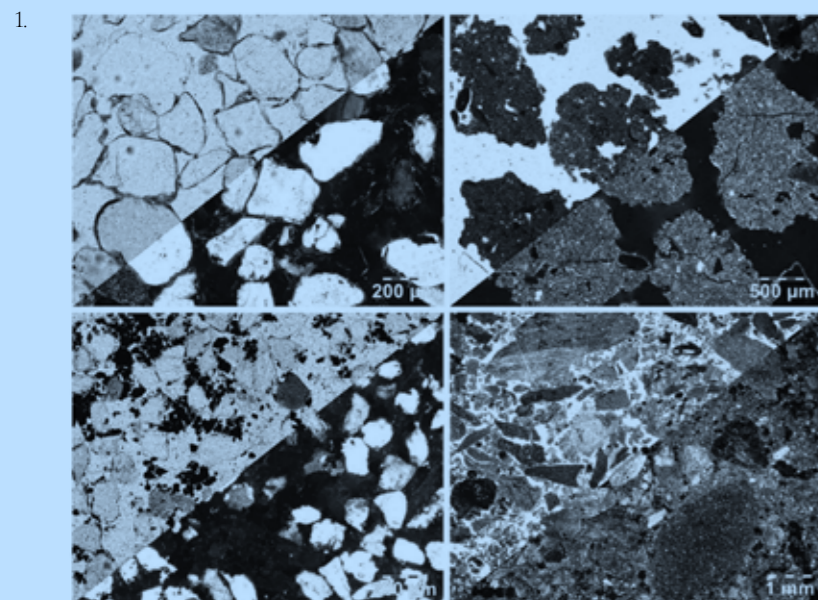
DEL 1

Hvorfor  
jord?

Majken Overgaard: *Da du blev bedt om at lave en skitse til et blivende kunstværk i biblioteksområdet på Viborg Gymnasium, hvorfor endte det så med at handle om jord? Hvad er det ved jord, som er interessant for dig som billedkunstner?*

Amalie Smith: Før 2021 havde jeg virkelig ikke skænket jord mange tanker. Jeg havde måske forestillet mig det som en slags planetens lommeuld, noget, der har hobet sig op over tid, en uinteressant masse, som der til gengæld kunne

planeten. Men hvad der foregår under jorden, er lidt en "black box", fordi det ikke kan ses med det blotte øje. Livet i jorden minder heller ikke om livet heroppe på jordoverfladen – under jorden sker alt i et tætpakket tredimensionelt rum, hvor synet ikke har nogen betydning. Hvor der foregår noget på mange skalaer på samme tid, og hvor man bevæger sig på helt andre måder. Vi mangler forståelse af det, fordi vi ikke kan være dernede. Det er et sted, hvor ny billedskabelse virkelig er nødvendig, for alt, hvad der foregår dernede, påvirker vores verden. Vi er nødt til at interessere os for det, selvom vi ikke kan se det.



vokse spændende og nyttige planter i. I 2021 arbejdede jeg på et lydværk til en park i Fredericia og i den forbindelse talte jeg med en landskabsarkitekt, Thomas Vejsnæs, der brugte udtrykket "levende jord". Jeg spurgte med det samme, om jord virkelig kunne være levende, og om den så også kunne være død? Og ja, det kan den, man steriliserer faktisk en del jord for at undgå uønskede planter. Jeg er altid på jagt efter områder, jeg ikke forstår, og de må gerne have været lige foran mig hele tiden. Jord er i helt konkret forstand vores underlag, vores livsgrundlag her på

1. Fra Amalie Smiths visuelle forundersøgelser: *Morphology of Voids* fra *A Visual Atlas for Soil Micromorphologists*, Eric P. Verrecchia, Luca Trombino (Open Access/Creative Commons).
2. Fra Amalie Smiths visuelle forundersøgelser: *Transmission electron microscope image of a cross section through a soybean (Glycine max. Essex) root nodule*. Public domain: Louisa Howard, Dartmouth Electron Microscope Facility.
3. Første terrazzotest. Foto: Amalie Smith.

## Naturen og kunsten og altings forbundethed

Af Maria Kappel Blegvad (kurator og kunsthistoriker)

Kunsten er med til at forme vores verdenssyn. Det, vi ser som smukt, harmonisk og værdifuldt, er i høj grad formet af de forskellige kunststarters indflydelse. Det gælder også vores syn på naturen.

Menneskets relation til naturen har altid været et gennemgående tema i kunsthistorien, helt tilbage fra de første hulemalerier over romantikken og guldalderens landskabsbilleder til nu. På tværs af geografiske steder har kunstnere gennem tiden arbejdet med naturen som motiv og materiale. Nogle har forsøgt at skildre den detaljeret og realistisk. Andre har forsøgt at omdanne den vilde natur til civiliseret natur, fx i forbindelse med etableringen af haver og parker. Og andre har skildret den mere symbolsk, fx som et billede på menneskets indre følelsesliv, hvilket bl.a. var en tendens,

der gjorde sig gældende i Romantikens landskabskunst i slutningen af 1700-tallet og begyndelsen af 1800-tallet.

Særligt i dag, grundet den aktuelle klimakrise, synes interessen for forholdet mellem kunst og natur at være voksende. Mange af samtidens kunstnere arbejder ofte med emnet ud fra en holistisk bæredygtighedstanke, der beror på forestillingen om 'altings forbundethed', inspireret af bl.a. økologi og biodesign samt den regenerative tænkning. Med tanke på planetens velbefindende dyrkes idéen om, at det vi mennesker planter eller skaber med vores hænder, helst skal være bæredygtigt, genanvendeligt og livgivende. For til syvende og sidst er vi alle en del af Jordens samlede økosystem. I en tid, hvor klimaforandringer og biodiversitetstab truer planeten, har kunsten en vigtig rolle at spille i at åbne vores øjne for den kompleksitet og skønhed, der findes i naturen, hvorfor dette tværfaglige projekt på Viborg Gymnasium er særligt relevant og aktuelt.

### REFLEKSIONSØVELSE:

Sæt et ur og skriv i fem minutter ud fra din egen umiddelbare forståelse af og tanker om temaet 'levende jord'. Skriv hele tiden, skriv i stilhed og gerne i hånden. Ret ikke - gå ikke tilbage i teksten. Forestil dig, at du taler med en anden person, når du skriver.

## Hvad er jord?

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy)

Selvom jordens lag kun udgør en tynd kappe på klodens overflade, er det afgørende for livet på planeten. Jord er et skiftende system, hvor fysiske, kemiske og biologiske komponenter interagerer. Disse komponenter kan deles op i to hovedtyper: mineralske og organiske partikler.

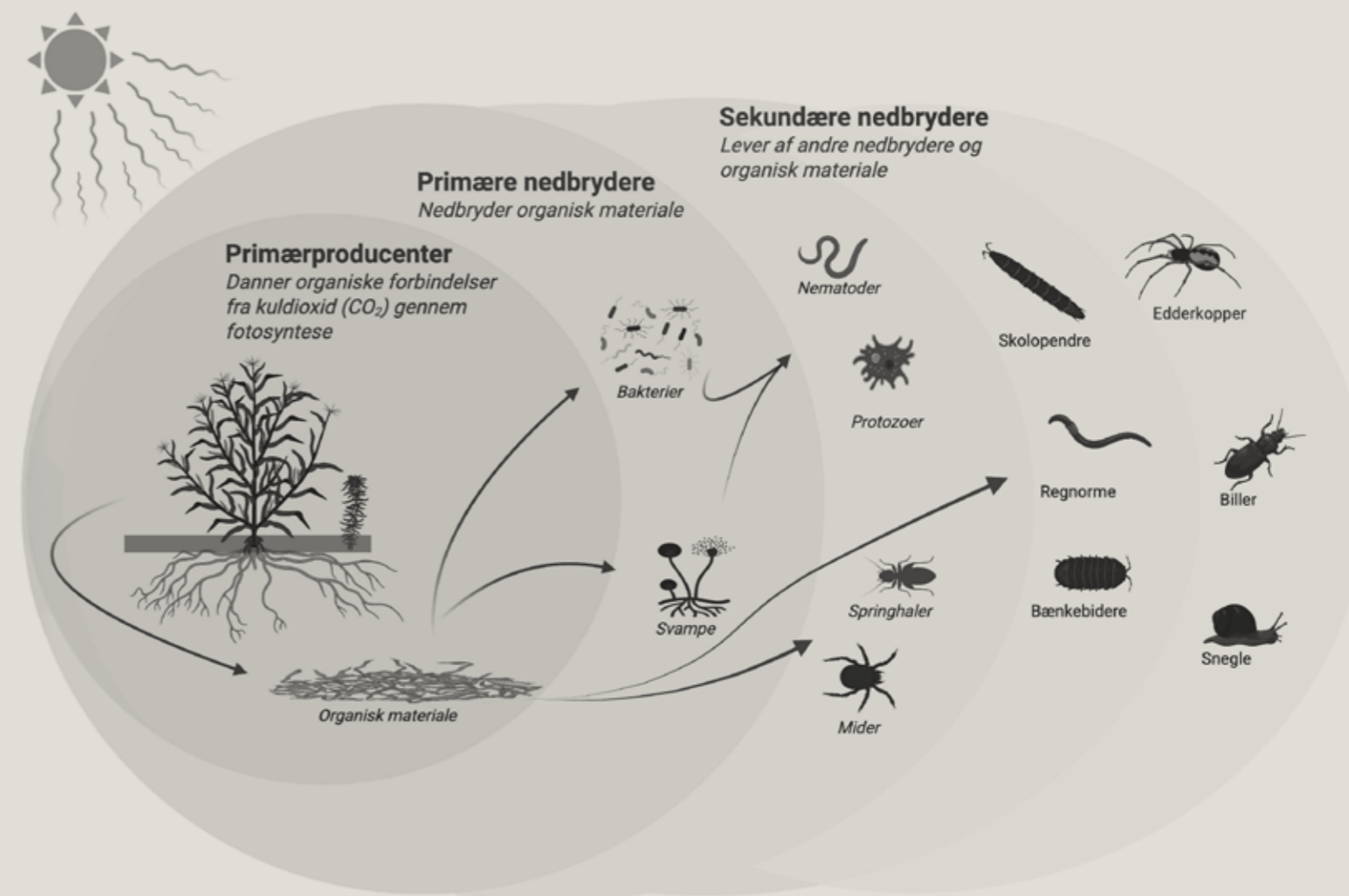
### MINERALSKE PARTIKLER

Mineraler i jorden stammer fra klipper, der gennem geologiske processer, som forvitring, nedbrydes til små mineralske partikler over millioner af år. Partiklerne er af forskellige størrelser, som opdeles efter størrelse: sand (2,0-0,05 mm), silt (0,05-0,002 mm) og ler (mindre end 0,002 mm). Jordens tekstur og dermed også dens type, som fx lerjord, humusjord, sandjord eller kalkjord, bestemmes af fordelingen mellem disse partikler.

### ORGANISKE PARTIKLER

Med tiden tilføres jorden organisk materiale i form af døde planter og dyr. Når biologiske organismer invaderer og koloniserer den mineralske jord, sker det ved succession, hvor først pionerarter som mosser og laver etablerer sig, hvorefter de afløses af mere komplekse plantesamfund. Når disse planter og dyr dør, nedbrydes deres materiale af mikroorganismer, og en del omdannes til humus gennem humificeringsprocessen – hvor organisk materiale nedbrydes til mere stabile former, der er sværere for mikroorganismer at nedbryde. Humus er et næringsrigt materiale fyldt med nitrogen (kvælstof), fosfor (fosfor) og kalium – der fungerer som byggesten for nyt liv og udgør et ideelt substrat for planternes rodudvikling og vækst. Det mineralske og organiske materiale danner tilsammen en flerlaget struktur, som skaber porer – små hulrum – der kan indeholde luft eller vand. Porerens størrelse bestemmer, hvor meget vand jorden kan holde på, og hvor let oxygen (ilt) kan trænge igennem. Vandet i porerne forsyner planternes rødder og mikroorganismer med fugt og trans-

porterer næring, mens luften tillader gasudveksling, herunder tilførslen af oxygen, som er nødvendig for aerob respiration.



## Jordens fødenet

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy), Lars Jelsbak (molekylær mikrobiolog), Lone Gram (mikrobiolog)

Jord er mere end en blanding af mineraler og organisk materiale, det er et dynamisk og levende økosystem, der er hjem for mange mikro- og makroorganismer, som spænder fra bakterier over svampe til orme og andre smådyr i meget stort antal. Bare et enkelt gram jord kan indeholde en milliard bakterier og titusinde svampe. De jordlevende organismers omsætning af organisk materiale sker ofte i tæt forbundne kredsløb af nedbrydning, udveksling af næringsstoffer og carbonlagring (kulstoflagring). Disse mikrobielle processer udgør fundamentet for landbrug, biodiversitet og klimaregulering. Først de seneste år er det blevet klart for os, hvor stor deres betydning er.

Meget af det liv, der opretholder vores økosystemer, er usynligt for det blotte øje. Disse mikroskopiske livsformer findes overalt i jorden og udgør ker-

nen i jordens fødenet (*soil food web*) – et komplekst netværk af mikroorganismer og dyr, som tilsammen opretholder livet på planeten.

### PRIMÆRPRODUCENTER

I bunden af fødenettet findes primærproducenter, som omfatter visse bakterier, alger, laver, mosser og karplanter. Disse organismer danner organisk materiale gennem blandt andet fotosyntese og skaber grundlaget for jordens øvrige organismer.

### PRIMÆRE NEDBRYDERE

I næste lag findes de primære nedbrydere, som omfatter bakterier og svampe. De lever af dødt organisk materiale og omdanner det til næringsstoffer (mindre molekyler), som planter kan optage. Denne nedbrydningsproces kaldes mineralisering, hvor organiske forbindelser som proteiner (N- og S-rige) og DNA (N- og P-rige) nedbrydes, så deres indhold af nitrogen, fosfor og svovl frigives som uorganiske ioner (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> og SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), der er tilgængelige for planter.

Nogle mikroorganismer er stationære og er afhængige af, at både de organiske stoffer, der skal nedbrydes, og de stoffer, de skal leve af, diffunderer til dem, fx gennem de vandporer, der er i jorden. Andre mikroorganismer er derimod i stand til aktivt at bevæge sig i økosystemet. Fx kan mange bakterier svømme aktivt ved hjælp af flageller, trådlignende strukturer bygget af proteiner, der, når de roterer, får bakterien til at bevæge sig frem. Skimmelsvampe danner typisk filamentøse hyfer, som er lange udstrakte strukturer, der kan trænge ind i og udforske mikrohabitater i jorden.

Andre mikroorganismer har udviklet evnen til at sætte sig fast (adhædere) på en overflade og kolonisere den. Det kaldes "biofilm", når samfund af bakterier og andre mikroorganismer lever hæftet fast på en overflade eller på hinanden. I mange biofilm danner bakterierne et slimlag af komplekse forbindelser (proteiner, kulhydrater og DNA), der beskytter dem mod fx UV-lys eller antibiotiske stoffer. Mange bakterier ændrer metabolisme, når de vokser i biofilm. For eksempel vil produktionen af antibiotiske stoffer øges i biofilm. I rodzonen lever mange

### REFLEKSIONSØVELSE:

**Mikroorganismer - primært bakterier og svampe - udskiller enzymer, som spalter organiske polymerer (sukker, stivelse, fedtstoffer og protein) til simple monomerer (glukose, aminosyrer, fedtsyrer m.m.). Humus binder næringsstoffer og fungerer som reservoir, der frigiver dem langsomt til planterne. Desuden binder det de organiske og mineralske partikler sammen og styrker jorden struktur og evne til at holde på vand.**

**Overvej, hvilke faktorer (fx temperatur, fugtighed, jordtype) der kan accelerere eller hæmme humificeringen. Hvordan vil I forvente, at processen forløber anderledes i en tør ørkenjord sammenlignet med en fugtig skovbund?**

**Diskuter, hvilke landbrugspraksisser der kan fremme eller hæmme humusdannelse, og hvilke konsekvenser det har som følge?**

bakterier fasthæftet til planterødder og kan være med til at beskytte planten mod sygdom. Dette ser vi nærmere på i afsnittet om planter og mikroorganismer.

#### SEKUNDÆRE NEDBRYDERE

I jordens fødenet er bakterier og skimmelsvampe de såkaldte primære nedbrydere, mens jordens mindre dyr udgør de sekundære nedbrydere. De ernærer sig af mikroorganismer, hinanden og organisk materiale, hvilket bidrager til nedbrydning. De mindste af dem er typisk under 0,1 mm og er eksempelvis protozoer (encellede dyr) og nematoder (små rundorme), der lever af bakterier og svampe, hvilket frigiver næringsstoffer til planterne. De lidt større leddyr på 0,1–2 mm, såsom springhaler og mider, bidrager til mekanisk nedbrydning ved at fragmentere materiale, fx ved at rive eller knuse det. Deres bevægelser i jorden hjælper også med at sprede mikroorganismer og skabe nye mikrohabitater. Større dyr på over 2 mm, såsom regnorme, bænkebidere og snegle, nedbryder dødt plantemateriale.

Regnorme forbedrer jordstrukturen ved at blande organisk materiale med mineraljord og skabe tunneler, der øger vandgennemtrængelighed og forsyning med oxygen. Rovdyr som skolopendre, edderkopper og biller regulerer populationer af mindre organismer ved at jage og spise dem.

Tilsammen udgør de nævnte organismer dele af jordens fødenet. Uden dette stort set usynlige økosystem, der udgør en levende jord, ville planter og dyr ikke trives, og vores fødevarerproduktion ville forringes eller gå helt i stå.

1. Jordens fødenet. Grafik: Biotech Academy.

#### REFLEKSIONSØVELSE:

Forestil dig, at de primære nedbrydere (bakterier og svampe) ikke eksisterer. Diskuter i grupper, hvordan den manglende nedbrydning af organisk materiale vil påvirke økosystemet?

Hvordan ville ophobningen af organisk materiale påvirke jordens struktur og dens evne til at lagre vand og oxygen?

Hvordan ville dette påvirke tilgængeligheden af næring for planterne og dermed hele fødekæden?





# DEL 2

At gøre det  
usynlige  
synligt

Majken Overgaard: *Hvordan har du arbejdet med at skabe nye billeder og gøre processer i jorden synlige gennem værket Levende jord?*

Amalie Smith: I sommeren 2023 indledte du og jeg en samtale med bakteriolog og professor Lone Gram fra Danmarks Tekniske Universitet, der som leder af centret CeMiSt forsker i sekundære metabolitter, det, man kan kalde "bakteriers kommunikationsformer". Vi talte om, hvordan vi kunne bruge et samarbejde på tværs af naturvidenskab og billedkunst til at gøre de usynlige mikroorganismer synlige for omverdenen. Lone Gram er selv optaget af vandbakterier, men jeg var i kraft af det nævnte lydværk til parken i Fredericia sporet ind på temaet 'jord' og var samme sommer begyndt at læse om det regenerative jordbrug, så vi fik hurtigt professor Lars Jelsbak og en række yngre forskere, som forsker i spillet mellem planter og mikrobiologi, med i samtalen. Da jeg kort efter besøgte Viborg Gymnasium første gang, bed jeg særligt mærke i, at der både var Landbrugs-EUX- og Visuel HF-klasser, og tænkte: Her går fremtidens jordbrugere og fremtidens billedskabere jo side om side! Derfra tog kunstprojektet form som et gulv- og haveværk – et horisontalt værk, der opleves i ét plan, men åbner et større forestillingsrum. I haven, som jeg kaldte *Den underjordiske have*, er biologiske, men usynlige processer i gang under jorden. I den del af værket, som finder sted på gulvet, opskaleres et tværsnit af en rodzone med en forstørrelsesfaktor på 10.000, så det underjordiske liv bliver visuelt tilgængeligt for gulvets brugere. Jeg valgte dette skalaforhold, fordi det både kunne rumme bakterier, svampehyfer, protozoer og planterødder – 1 centimeter på gulvet svarer til 1 mikrometer under jorden. Gulvet er 21 meter langt, hvilket svarer til



2,1 millimeter i rodzonen. Motivet stammer ikke fra en konkret mikroskopi, men er en model af en knolddannende planterod, som jeg har sammenstykket ud fra samtaler med forskere fra både Danmarks Tekniske Universitet og Aalborg Universitet.

1. Foto fra Amalie Smiths undersøgende samtale med forskere fra CeMiSt. Foto: Amalie Smith.
2. Første skitser af gulvet som rodzone udføres i akvarel. Foto: Amalie Smith.
3. Pailletter, som skal forestille bakterier, placeres på en endelig skalamodel i samarbejde med professor Lars Jelsbak. Foto: Amalie Smith.



## Hvordan undersøger man jordens mikrobiologiske sammensætning og diversitet?

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy), Lars Jelsbak (molekylær mikrobiolog), Lone Gram (mikrobiolog)

Studier af mikroorganismer fra næsten alle økologiske nicher (jord, vand, tarmsystemer) er udfordrende, fordi mange mikroorganismer ikke vokser under de forhold, vi tilbyder dem i laboratoriet. Typisk har man her forsøgt at dyrke bakterier på meget næringsrige substrater med proteiner, aminosyrer og simple kulhydrater (carbohydrater), men man har ikke brugt de næringskilder, der naturligt forekommer i fx jord. Samtidig lever mange mikroorganismer i fællesskaber, hvor én gruppe bakterier producerer stoffer, en anden gruppe er afhængig af, men ved dyrkning i laboratoriet forsøger man næsten altid at få isoleret mikroorganismene som såkaldte ren-kulturer.

### NYE MULIGHEDER I GENANALYSE

De seneste års meget hurtige udvikling i metoder til at sekventere genetisk materiale har revolutioneret alle områder af mikrobiologien. Når vi sekventerer, bestemmer vi rækkefølgen af nukleotider (A, T, C og G) i genetisk materiale såsom DNA eller RNA (hvor T er erstattet med U). Analyser af disse DNA- og RNA-sekvenser gør det muligt at beskrive mikrobiologiske samfund direkte fra miljøprøver uden behov for dyrkning i laboratoriet. Ved at ekstrahere DNA eller RNA kan man kortlægge, hvilke mikroorganismer der er til stede, samt hvilke gener og dermed metaboliske processer der er aktive. Dette kan også kombineres med analyser af alle de proteiner og metabolitter, der er i prøven.

Basis for de sekvens-baserede analyser er, at man oprenser DNA eller RNA fra prøven. Det er vigtigt, at DNA og RNA er så intakt som muligt og ikke er revet i stykker under oprensningen. Der findes i dag en lang række kommercielle "kits" til disse oprensninger, men ofte må man prøve sig frem, fordi den præcise sammensætning af

miljøprøven (fx indhold af lerpartikler, sand, pH-værdi, organisk materiale) påvirker oprensningen. Når DNA eller RNA er renset op, skal det sekventeres. Der har over de sidste 20 år været flere markante udviklinger i selve sekventerings-teknologien, og i dag (2025) er såkaldt nanopore-sekventering meget brugt.

### DNA-SEKVENTERING

Ved analyse af mikrobiomer fra fx jord bruger man forskellige tilgange til at undersøge det oprensede genmateriale. Metataxonometriske analyse af DNA-sekvenser analyserer specifikke gen-sekvenser i en prøve og kan taksonomisk kortlægge, hvilke organismer der er til stede. Metagenometriske analyse benytter alle DNA-sekvenser og kan kortlægge både hvilke mikroorganismer der er til stede, samt hvilke funktioner de har genetisk potentiale til at udføre. DNA-sekventering kan give indsigt i sammensætningen af mikrobielle samfund og er brugt i utallige sammenhænge, herunder projektet Microflora Danica ved Aalborg Universitet, som du kan læse om senere i denne del.

### RNA-SEKVENTERING

Mens DNA-sekventering kan vise, hvilke bakterier der findes, viser mRNA-sekventering, hvilke gener bakterierne anvender i en given situation, hvilket gør det muligt at studere, hvilke processer der er aktive. Her anvendes metatranskriptomisk analyse af RNA-sekvenser for at undersøge, hvilke gener der er aktive i en given situation. Analysen af RNA-sekvenser (transkriptomet) kan give indsigt i, hvordan bakterier reagerer på miljøændringer, hvilke enzymer de producerer, og hvordan de kommunikerer.

Ved at kombinere analyser af hele mikrobiomets genetiske materiale (metagenometriske analyse) og RNA (metatranskriptomisk analyse) får vi et mere detaljeret billede af de mikrobiologiske funktioner i jorden. Denne viden har stor betydning for sundhedsvidenskab, landbrug og bioteknologi og vil i fremtiden forbedre vores evne til at beskytte biodiversitet og optimere jordbrug.

### REFLEKSIONSØVELSE:

Diskuter i grupper, hvilken sekventeringsmetode I ville bruge for at:

- Undersøge, om en ost indeholder patogene bakterier.
- Undersøge slægtskabet mellem to patogene bakterier fra ost.
- Undersøge, om en patient er smittet med en bestemt bakterie.
- Undersøge, om en bakteriekultur har optimale betingelser.

## Jordkunst

Af Maria Kappel Blegvad (kurator og kunsthistoriker)

I 1960'erne og 1970'ernes USA opstod land art-kunsten, eller på dansk 'jordkunsten' – en kunstform, hvor kunstnere som Robert Smithson, Ana Mendieta, Agnes Denes, Dennis Oppenheim og Walter de Maria arbejdede i krydsfeltet mellem kunst og natur.

Jordkunst er en kunstform, hvor naturen spiller en central rolle som kunstnerisk materiale, eller som en scene for værket, og er i udgangspunktet meget enkel i sin form. Den er skabt af naturmaterialer fra det pågældende sted, dens kunstværker er udført på. Dette betyder, at jordkunstnernes værker typisk er steds-specifikke. Og ofte har de en meget kort levetid, da de ligesom alt andet i naturen forgår over tid. Retningen udsprang oprindeligt fra kunstnernes ønske om at udfordre vores traditionelle forståelse af kunst. Som et kritisk modsvar til fortidens vante forståelse af kunst som noget statisk var deres værker forgængelige, en proces. Deres kunst- og natursyn videreføres på en måde i dag af samtidens kunstnere, der på tilsvarende vis arbejder uden for museet og i andre, mere uvante rammer, hvor de lader kunst og natur flyde sammen.

Relationen mellem menneske og natur blev fremhævet som noget helt særligt i den amerikanske land art, som først senere blev udbredt til Europa. Et berømt eksempel er Robert Smithsons *The Spiral Jetty* – et af det 20. århundredes mest berømte land art-værker fra april 1970. Her omdannede Robert Smithson den nordlige bred af Utahs Great Salt Lake til et monumentalt kunstværk. Værket bestod af en 460 meter lang og 4,6 meter bred spiralformet jordhøj eller mole. Det var et såkaldt jordkunstværk ('earthwork'), bygget af sort basalt, kalkstensklippestykker, saltkrystaller og jord og vand fra området.

Den britiske kunstner Richard Long (f. 1945) var en anden af jordkunstens pionerer. Siden 1967 har han vandret gennem øde egne overalt i verden. På sine ture har han skabt flygtige naturskulpturer, ganglinjer og stencirkler, der over tid forgår og derfor hurtigt forsvinder igen. Værkerne

optræder som en slags tegn på menneskelig tilstedeværelse i naturen. De har dog også fundet deres vej ind på kunstmuseerne, hvor Long bl.a. har udstillet sine stencirkler eller stenkors. I modsætning til hans værker i naturen, som over tid går til grunde, bliver naturen som udstillingsobjekt på museet bevaret, hvilket hans *A Crossing Place* (1983), der blev udstillet på ARoS i 2017, er et godt eksempel på.

Både Robert Smithson og Richard Long var begge kendt for at lave 'jordkunst'. Deres værker blev udsat for naturens kræfter. De forfaldt eller forandrede sig over tid og blev underlagt naturens cyklus og forgængelighed. De stringente rammer mellem kunst og ikke-kunst udfordres således i land art-kunsten. I den forbindelse kan genren opfattes som en radikal videreførelse af minimalismen, der også dyrker de rene linjer og former. Samtidig forbindes den ofte med en institutionskritik af museet, idet kunstnerne bag enten inviterer naturen indenfor i gallerierne, ligesom Richard Long gjorde det, eller omvendt opfører og udstiller kunsten udenfor, langt væk fra institutionen og civilisationen, ligesom Robert Smithson gjorde det. Bag ved land art-kunsten, lå der også i høj grad et ønske fra kunstnernes side om at skabe en mulighed for, at vi som beskuer i vores møde med kunsten i landskabet kunne se på landskabet med nye øjne ud fra et ønske om at genforbinde os med naturen og få os til at forstå, at vi og naturen hører gensidigt sammen som en økosystemisk og holistisk helhed. Særligt i nyere tid, hvor man taler om, at nutidsmennesket er blevet afkoblet naturen på grund af den digitale udvikling, synes en særlig naturlængsel eller et behov for at genforbinde sig med naturen at presse sig på hos flere og flere.



### REFLEKSIONSØVELSE:

**Sæt et ur og skriv i fem minutter, hvor du reflekterer over, hvordan jordkunst som kunstnerisk udtryksform udfordrer beskuerens traditionelle forståelse af kunst. Hvad er det, der gør, at land art ikke kan karakteriseres som traditionel kunst – og hvad er traditionel kunst overhovedet?**

**Skriv hele tiden, skriv i stilhed og gerne i hånden. Ret ikke – gå ikke tilbage i teksten. Forestil dig, at du taler med en anden person, når du skriver.**

1. Richard Long: *A Crossing Place* (1983). Installationsfoto fra ARoS Triennale *The Garden* på ARoS Aarhus Kunstmuseum, 2017 © fotograf Anders Sune Berg/ARoS Aarhus Kunstmuseum.

# Microflora Danica

## – et atlas over mikroorganismene i Danmark

Af Per Halkjær Nielsen (mikrobiolog)

Inden forskningsprojektet Microflora Danica vidste vi meget lidt om, hvor mange og hvilke mikroorganismer der fandtes i Danmark – kun omkring 10.000 bakteriearter var navngivet. Projektet udføres ved Aalborg Universitet fra 2019 til 2025 og har nu kortlagt omkring 150.000 bakteriearter, hvoraf de fleste er nye og ukendte.

Microflora Danica er inspireret af et af verdens største og flotteste botaniske værker, *Flora Danica*, som indeholder billeder og beskrivelser af alle planter i Danmark og de nordiske lande. Attenbindsværket blev udarbejdet mellem 1761 og 1883 efter ønske fra forskellige konger. Idéen var, at udbredelse af viden om planter og urter i vores omgivelser var helt afgørende for samfundets produktion af fødevarer, lægeplanter og tekstiler, altså at udnytte ressourcerne bedst muligt. På samme måde ønsker vi i Microflora Danica at få et overblik over, hvilke mikroorganismer der er i Danmark, da de repræsenterer et enormt potentiale for udnyttelse i bioteknologiske sammenhænge.

Indtil nu har vores viden om, hvilke mikroorganismer der findes omkring os, og hvilke funktioner de kunne have, været meget mangelfuld. Derfor er Microflora Danica startet. I projektet har et team på omkring femogtyve forskere gennemført verdens hidtil største undersøgelse af mikroorganismer (bakterier, archaea og små eukaryoter) i et land ved at indsamle og analysere over 10.000 prøver fra alle habitattyper i Danmark, bl.a. søer, fjorde, forskellige skovtyper, landbrugsjorde, byparker og meget andet. Vi har undersøgt indholdet af bakterier, archaea og små eukaryoter ved at kigge på særlige gener i deres DNA, såkaldte "fingeraftryksgener" (den metataxonometriske analyse beskrevet i afsnittet om DNA-analyser, red.). Inden projektet startede, var det uvist, hvor mange forskellige bakteriearter der findes i Danmark (og i verden). Nogle studier tyder på tusinder, andre millioner og enkelte milliarder. I hele Danmark har vi fundet omkring

150.000 forskellige bakteriearter, hvoraf langt de fleste er nye og aldrig beskrevet før. Det er mindre end forventet og tyder på, at det samlede antal bakteriearter i verden skal tælles i få millioner. Inden vi startede projektet, var der kun ca. 10.000 navngivne bakteriearter, så vi har en stor opgave foran os med at give de mange nye arter navne og senere at forstå deres funktion.

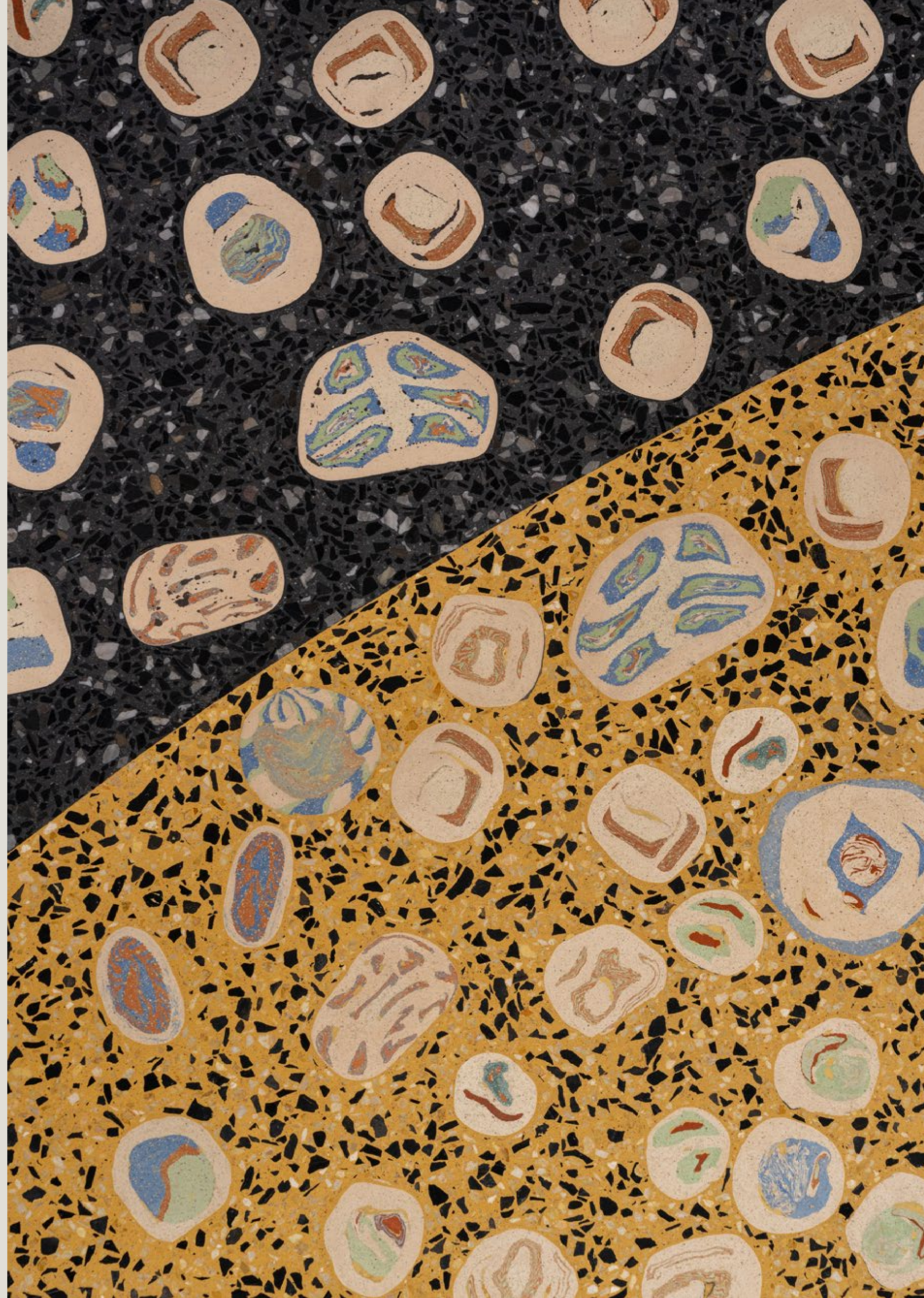
Mange arter er kun til stede i særlige miljøer, fx i moser og særlige skove (indikatorarter), mens andre er mere generelt udbredt. Bakterierne i landbrugsjord er overraskende ens over hele landet og viser, at landbrugsdrift fremmer bestemte arter og hæmmer andre. Vi kan bl.a. bruge disse observationer til at belyse, hvad en sund jord er. Vi kan også gå i dybden og forstå, hvilke bakterier der er ansvarlige for nitrogenomsætningen i landbruget eller udvikling af klimagasser, så man kan følge, om særlige forhold kan få indflydelse på deres aktivitet. Det kræver dog, at vi har adgang til deres genomer (kromosomer), så vi kan undersøge, hvilke gener de har, og hvilken funktion bakterierne sandsynligvis har. Det har vi gjort for et mindre antal prøver, og det er noget, vi vil fokusere på i fremtiden.

Microflora Danica har skabt det største artsbestemmende bakteriedatasæt, der nogensinde er lavet. Fremover giver det en unik mulighed for at se, hvorledes mikroorganismene udvikler sig over de kommende år som respons på ændringer, fx i klima og i dyrkningsmetoder i landbruget. Ligesom *Flora Danica* fik stor betydning for vores forståelse af mangfoldigheden af planter i Danmark, så kommer Microflora Danica også til at forandre vores forståelse af jorden, vores mikrober og deres betydning for omsætning af stoffer i naturen. Ligeledes vil det komme i anvendelse inden for bioteknologien, fx ved opdagelse af nye enzymer. Vi er kun lige begyndt på denne udforskning og er meget spændte på de kommende års opdagelser.

### REFLEKSIONSØVELSE:

Overvej, hvordan de opdagelser, der er gjort i Microflora Danica-projektet, kan påvirke vores forståelse af jordens funktioner og biodiversitet.

Hvordan tror du – ud fra det, du har læst – at mikroorganismer bidrager til bioteknologisk produktion i dag? Diskuter i grupper de muligheder, som teksten peger på.





DEL 3

Tvær-  
faglige for-  
bindelser

Majken Overgaard: *Hvorfor arbejder du med at trække forskellige aktører, fagligheder og vidensdomæner ind i din kunstneriske praksis? Hvad er det, du gerne vil give opmærksomhed gennem disse sociale og tværfaglige processer?*

Amalie Smith: Jeg oplever grundlæggende verden som fuld af forbindelser på tværs af de kategorier, vi mennesker har sat op for at forstå den, og jeg har altid fundet mest inspiration og energi

I bakteriernes verden taler man om *horisontal gen-overførsel* – at visse bakterier er i stand til at udveksle gener på tværs af individer og ikke bare vertikalt gennem celledeling. Jeg går meget ind for horisontal overførsel mellem forskellige vidensområder. Ikke nødvendigvis direkte overførsel af fakta og data – jeg er ikke interesseret i at illustrere noget fra naturvidenskaben, men gerne at føre dens tænkemåder, formarbejde, sensibiliteter og indsigter over i andre felter. Jeg tror, vi ville stå et andet sted med klima- og biodiversitetskrisen, hvis vi var i stand til at tænke sammen på tværs af fagvidenskaber, på tværs af teori og praksis, videnskab og levet liv.



i at tænke på tværs. Jeg er ofte gået til naturvidenskaben for at få udvidet og nuanceret min forståelse af verden og til poesien og materialiteten for at få forankret det i det levede og sansede menneskeliv, men det er oftest i sammenkoblingerne, at nye idéer opstår for mig. Jeg nærmer mig et felt bedst fra mange forskellige vinkler samtidig, så jeg breder mig over flere genrer, kunstarter, materialer, medier: film, vævning, animation, installation, lyd, skønlitterære bøger. Jeg inddrager også mange forskellige mennesker i processerne, som håndværkere, elever, forskere, kuratorer, redaktører, skuespillere m.m.

1. Venstre: Fem billedkunstklasser fra Viborg Gymnasium deltog i et keramikforløb i efteråret 2024 og producerede tilsammen 550 ruller i indfarvet ler, der i tværsnittene fortolkede bakterieformer. Foto: Amalie Smith.
2. Et parti brændte ruller. Rullerne blev efterfølgende skåret i skiver og støbt ind i gulvværket. Foto: Sara Mirkhani.
3. I december bidrog bakterieforskerne fra CeMiSt med yderligere 50 ruller, der også blev en del af værket. I alt blev der omformet 1 ton ler og produceret omkring 7000 bakterieformer. Foto: Amalie Smith.

## Tværfaglig videnskabelig og kuratorens rolle

Af Anne Julie Arnfred (kurator og forsker)

Siden 1800-tallet er måden, vi mennesker udvikler viden på, blevet stadig mere opdelt i siloer. Klassiske vidensfelter som naturvidenskab, socialvidenskab, humanistisk forskning har hver deres måde at undersøge, forstå, arbejde med og beskrive ting på. Det er normer, værdier og praksisser, der er udviklet over århundreder, og som definerer et vidensfelt, og hvad der eksisterer inden for denne faglighed. På samme måde findes der normer, værdier og praksisser, der definerer, hvad der inden for en bestemt faglighed anses for at være mere rigtige måder at vide noget på. Disse opdelinger er der kommet utroligt meget viden og indsigt ud af. Men disse opdelinger kan også medføre, at man går glip af den type ny viden og indsigt, der kan opstå i et tværfagligt samarbejde.

Som kurator fokuserer jeg på at være en brobygger, der sætter rammerne for et godt samarbejde på tværs af fagligheder. Det er ikke sikkert, at du er stødt på ordet kurator før – og hvis du har, forbinder du det formentlig mest med én, der laver udstillinger på et museum. Det er nemlig det, som kuratorer startede med at gøre i slutningen af 1800-tallet. Hvis de var på et kunstmuseum, var deres arbejde at passe på museets samling af kunstværker og at udvælge, hvilke værker der skulle udstilles for publikum.

Men dét at kuratere udviklede sig igennem århundrederne. I dag kan en kurator sammenlignes med en historiefortæller, der i stedet for ord bruger kunstværker, genstande, tekster og videnskabelige teorier. Når disse forskellige elementer placeres sammen i et udstillingsrum, opstår der nye fortællinger på tværs af fagområder. En gammel genstand kan pludselig få en ny betydning, når det står ved siden af et maleri, og en videnskabelig teori kan sætte et kunstværk i et helt nyt lys.

Måden, jeg arbejder på i min kuratoriske praksis, kan bidrage til at udfordre

denne opdeling og i stedet skabe mere ligeværdige møder mellem forskellige vidensformer. Det er ofte i mødet med andre fagligheder, at de indgroede forståelser, vi har, bliver synlige og udfordret. Her kan kunstneriske praksisser og kunstværker bidrage med andre perspektiver og måder at arbejde med og forstå fx mikrobiologiske processer på. Gennem kunstens optik og arbejdsprocesser, der har friheden til at blande fiktion og fakta og inddrage flere typer af materialer og erfaringer, fx sansede eller oplevede virkeligheder, kan der, som jeg ser det, ikke blot opstå nye måder at kommunikere kompliceret mikrobiologisk forskning på og til et bredere publikum. I processen med at udvikle værker som fx *Levende jord*, hvor kunstnere, forskere og andre fagligheder arbejder tæt sammen, kan de involverede fagligheder måske også få øje på nye måder at arbejde med for eksempel mikrobiologisk forskning, kunst eller permakultur på.

I modsætning til tidligere tiders kuratorer, der ofte var alene om at bestemme det hele, så er udstillingsproduktion i dag i høj grad et kollektivt arbejde med en lang række af mennesker.



Et centralt spørgsmål i min kuratoriske praksis med at arbejde på tværs af disciplinære siloer er derfor: Hvordan kan man skabe et ligeværdigt samarbejde og viden på tværs af forskellige fagligheder? Her er det ikke nok blot at bringe eksperter fra forskellige områder som kunst, forskning og landbrug sammen – der skal skabes strukturer og processer, der fremmer reel udveksling og samarbejde. En metode, der også kan anvendes i mange andre sammenhænge end i forbindelse med en udstilling.

tager ikke kunne have fundet på eller været i stand til alene.

Dét er målet med mit arbejde som kurator i dag. Ikke kun at formidle viden og kunst til et publikum – men at være en form for fødselshjælper for, at ny viden kan opstå. Jeg er en aktiv deltager og sætter rammerne for vidensskabelse og tværfagligt samarbejde. En metode, der også kan anvendes i mange andre sammenhænge end i forbindelse med en udstilling.



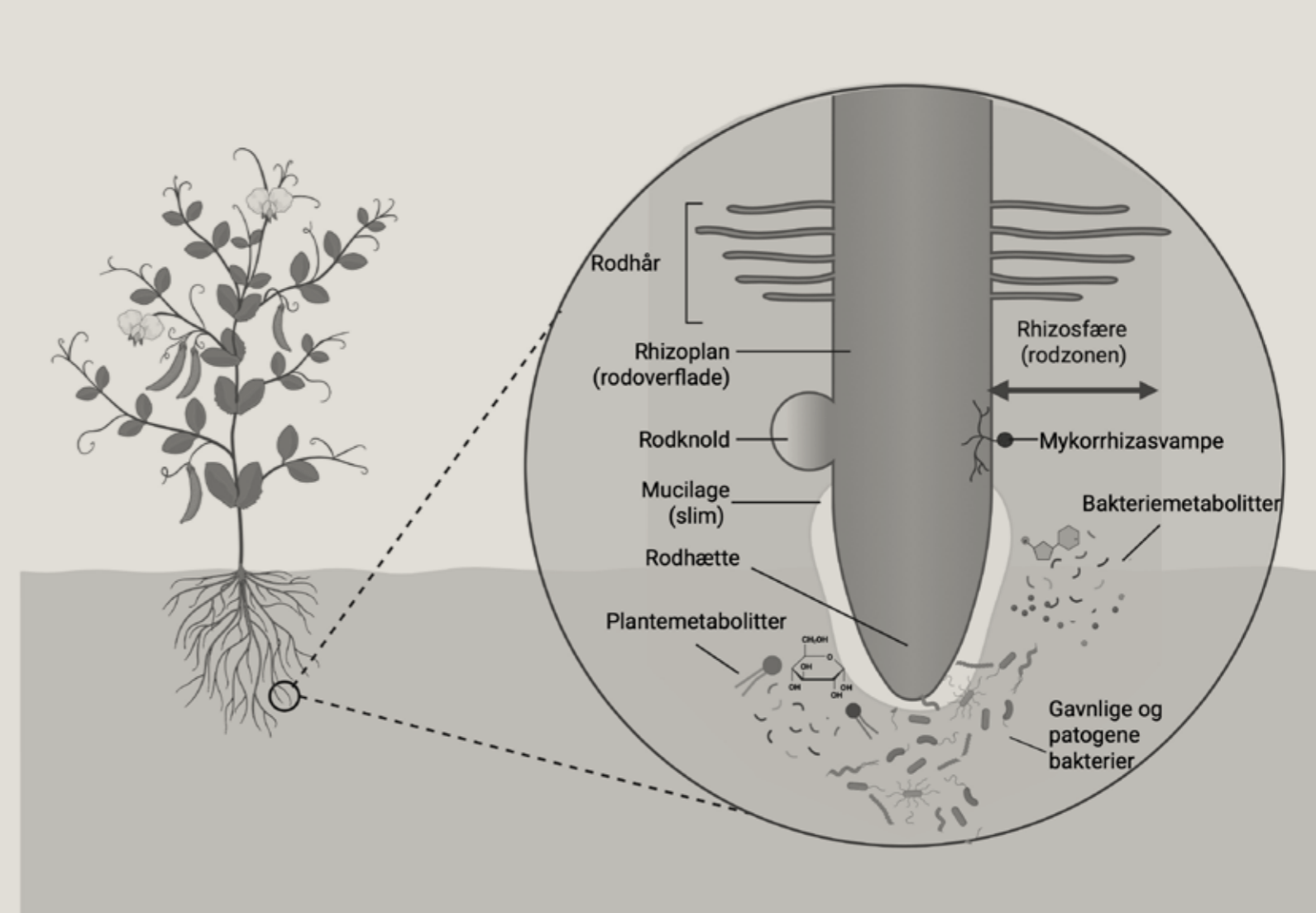
1. Tværfaglig workshop på seminardagen på Viborg Gymnasium, november 2024. Eleverne tegner på fortrykte plakater. Foto: Amalie Smith.
2. Detalje fra elevplakat, som hænger på byggevæggen rundt om biblioteksområdet, mens værket anlægges. Foto: Majken Overgaard.
3. Elevplakat med gengivelse af mikrobiologi set gennem et mikroskop. Foto: Amalie Smith.

#### REFLEKSIONSØVELSE:

‘Faglighed’ handler om at vide noget inden for et fag. ‘Tværfaglighed’ handler om at vide og skabe noget på tværs af fag. Tværfaglighed forbinder forskellige vidensformer – for eksempel naturvidenskab, kunst og landbrug – for at skabe nye måder at forstå og arbejde med verden på.

#### Diskuter i grupper:

- Hvilke forskelle og ligheder er der i måden, vi ved ting på i forskellige fag?
- Hvordan har du selv oplevet tværfaglighed i din egen skoletid eller i din hverdag?
- Hvilke udfordringer og muligheder opstår, når mennesker med forskellige baggrunde – og fagligheder – skal arbejde sammen?



## Planter og mikroorganismer – et usynligt samarbejde

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy), Lars Jelsbak (molekylær mikrobiolog), Lone Gram (mikrobiolog)

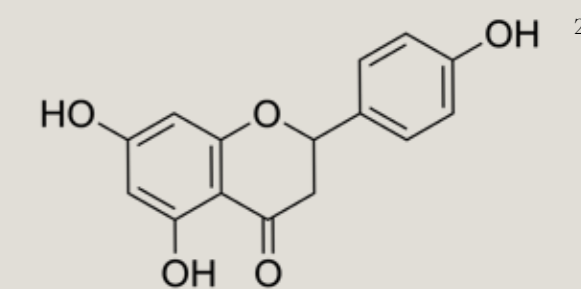
Rodzonen er den jordzone, der omgiver planterødder, og den er hjemsted for en lang række mikroorganismer, der spiller nøgleroller i planters næringsstofoptagelse og sygdomsresistens, men hvordan? I rodzonen udveksler planter og bakterier aktivt både næringsstoffer og signalmolekyler i form af såkaldte metabolitter. Metabolitter er stoffer dannet som følge af metabolisme (stofskifte) i en organisme. Der findes både primære og sekundære metabolitter, der begge spiller en central rolle i samspillet mellem planter og jordens mikroorganismer. Primære metabolitter er stoffer, der er nødvendige for, at en organisme kan leve og formere sig. Sekundære metabolitter er stoffer, der har en rolle i samspillet mellem organismer, fx kommunikation og forsvar.

Vi kender mange af disse stoffer, fordi det har vist sig, at de i høje koncentrationer har et for os mennesker medicinsk potentiale. Antibiotika, anti-kraftmidler og anti-malaria-stoffer er eksempelvis udviklet fra sekundære metabolitter.

#### PLANTEMETABOLITTER

Planter og planterødder udskiller carbon til den omgivende jord i form af sukkermolekyler, fedtsyrer og aminosyrer. Disse primære metabolitter fungerer som føde- og energikilde for bakterier, og den rigelige mængde af næring gør, at rodzonen er særdeles rig på mikrobiologisk liv. Men planterne producerer og udskiller også en række sekundære metabolitter og andre kemiske forbindelser, der påvirker den mikrobiologiske aktivitet i rodzonen. Det estimeres, at planter udskiller mellem 20–40 % af det carbon, de har dannet ved fotosyntese, i rodzonen som primære og sekundære metabolitter. Mængden og sammensætningen af de udskilte molekyler afhænger af plantens art, vækststadium og miljømæssige faktorer. Nogle sekundære metabolitter –

som eksempelvis plantestofferne flavonoider – kan fungere som signalmolekyler, der tiltrækker gavnlige mikroorganismer. Omvendt kan andre sekundære metabolitter have væksthæmmende effekter på jordens mikroorganismer.

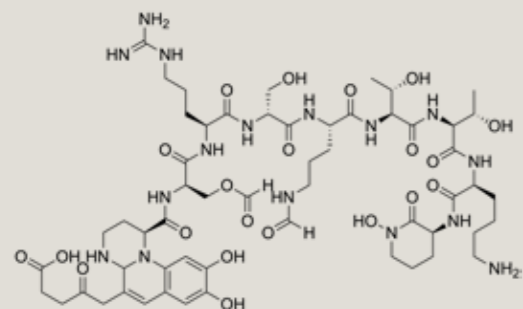


#### BAKTERIERS METABOLITTER

Bakterier udskiller – ligesom planter – en række sekundære metabolitter, og nogle af disse kan stimulere plantevækst, hæmme skadelige mikroorganismer og forbedre næringsoptagelse. Eksempelvis kan visse jordbakterier producere sekundære metabolitter, der virker som plantehormoner, herunder indol-3-eddikesyre (IAA), som stimulerer plantens rodvækst, hvilket gør det lettere for bakterierne at kolonisere rødderne. Produktion af

forskellige stoffer med antibakterielle og antifungale effekter, fx hydrogencyanid (HCN) eller pyrrolnitrin (PRN), der begge er stoffer, bakterier typisk bruger til at fjerne mulige konkurrenter, da konkurrencen om næring er stor i jorden og i rodzonen. Som et sidste eksempel producerer og udskiller langt de fleste mikroorganismer sideroforer, som er specialiserede molekyler, der binder jern meget effektivt.

3.

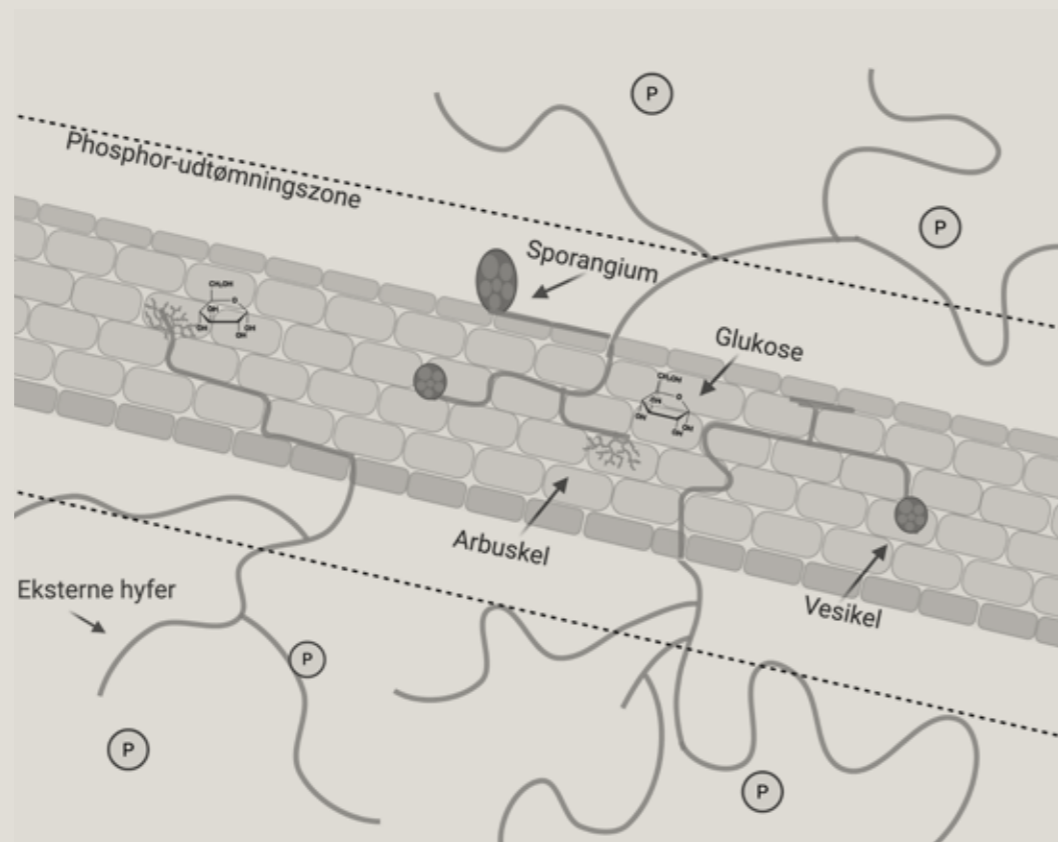


#### UDVEKSLING AF NÆRINGSSTOFFER

Ligesom nitrogen er fosfor et essentielt næringsstof for planterne, men fordi de fleste phosphater er tungtopløselige, bevæger fosfor sig kun langsomt gennem jorden via diffusion. Når planterne optager fosfor fra rødderne, kan koncentrationen omkring roden falde, hvilket skaber en udtømningszone – et område, hvor fosfor hurtigt fjernes, og planterne får svært ved at optage nok næring.

For at løse dette problem indgår omkring 80 % af alle landplanter i symbiose med arbuskulær mykorrhizasvampe, som hjælper dem med at optage næringsstoffer fra jorden. Svampens hyfer strækker sig langt ud i jorden og optager fosfor fra områder uden for udtømningszonen. Fosfor transporteres derefter tilbage til planten gennem svampens hyfer. Svampen får sukker (glukose) fra plantens fotosyntese. Mykorrhizasvampe forbedrer ikke kun planters fosforoptagelse, men øger også deres tørkeresistens ved at udvide rodnettet og optimere vandoptagelsen.

Ikke kun svampe, men også en del bakterier er i stand til at bringe fosfor til planterne. En del bakterier er "fosfat-opløser". Bakterierne opløser de kemiske komplekser, hvori fosfat er bundet, ved at sænke pH-værdien eller kompleksbinde nogle af de stoffer, der ellers vil kompleks-



4.

binde fosfat – det kan være jern eller aluminium. Således kan de ovenfor nævnte sideroforer i nogle tilfælde også medvirke til at frigøre fosfat. Brug af sådanne fosfor-opløsende bakterieblandinger kan være med til at nedbringe brugen af gødning, som vi skal se nærmere på i del 4.

1. Samarbejde mellem planter og bakterier. Grafik: Biotech Academy.
2. Flaconoid - Naringenin
3. Siderofor - Pyoverdin
4. Udveksling af næringsstoffer i og omkring en planterod. Grafik: Biotech Academy.

#### REFLEKSIONSØVELSE:

Overvej, hvordan miljømæssige ændringer (såsom variationer i vandtilgængelighed, temperatur eller jordens pH) kan påvirke udskillelsen af metabolitter i rodzonen.

Hvordan kan disse ændringer påvirke balancen mellem de gavnlige mikroorganismer og dem, der har en negativ indvirkning?

Gennemgå strukturformlerne for metabolitterne. Hvilke af disse kender du fra tidligere, og hvilke lignende forbindelser kan du identificere?



# DEL 4

Et nyt blik  
på jorden  
og  
kunsten

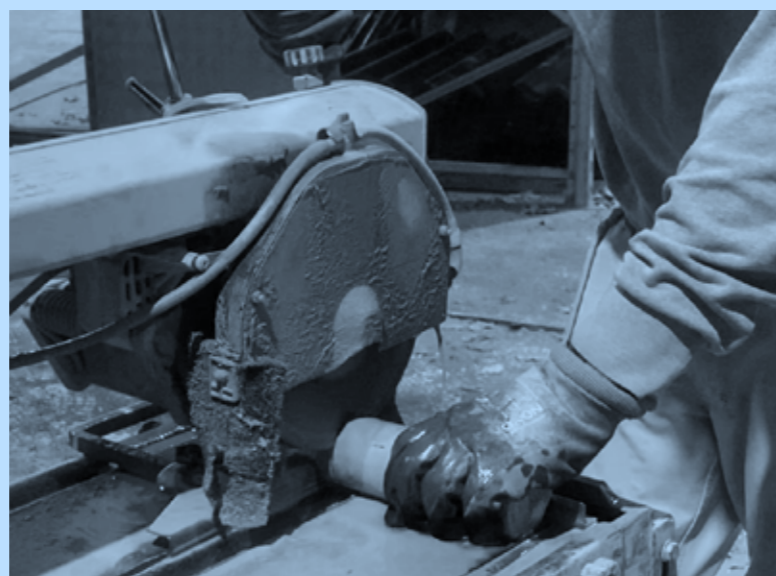
Majken Overgaard: *Hvorfor tror du, at vi lige nu oplever, at mange samtidskunstnere er interesserede i jorden?*

Amalie Smith: Vi lever i en tid, der kalder på nye måder at gøre tingene på. Tidligere har dele af kunsten været opsat på at chokere eller provokere, men provokation er jo overalt i dag, det er den, der får algoritmerne til at snurre, så den strategi føles udpint. Tiden kalder på heling. Det er åbenlyst, at vores forhold til planeten er kørt af sporet, og jordbrug er en af de mest konkrete måder at handle og hele på. Her kan man lave det lokale forhold til planeten om, forvalte jorden bedre, binde carbon i jorden og understøtte biodiversitet – måske endda genskabe nogle af de forbindelser, det moderne liv har skåret over. Vi moderne mennesker mangler praktisk erfaring med jordbrug, men i lige så høj grad mangler vi et sprog og en visuel forståelse for, hvad der foregår, når man arbejder med den moderne verdens underlag: jorden. Der tror jeg, at litteratur, kunst og billedskabelse har en meget væsentlig rolle at spille.

Majken Overgaard: *Hvordan kan det kunstneriske felt påvirke vores forståelser af jord og af klimaet?*

Amalie Smith: Hvis vi skal leve med planeten på en ny og bedre måde, er vi nødt til at kunne se det skønne i det nye naturbegreb. Den vestlige kulturhistorie, vi kender, har opdraget os til at synes, at visse ting er flotte og andre noget rod. Biodiversitet har scoret lavt på den skala, græsplæner og snorlige kornmarker højt. Men vi skal lære at elske det komplekse, uregerlige, sammensatte liv, og vi kan først elske det, hvis vi kan se skønheden i det.

1. Keramikrullerne skæres i skiver hos JS Murerfirma i Viborg.
2. Keramikskiverne placeres på gulvet af Amalie Smith og tre assistenter.
3. Gulvet stobes af Råform februar 2025.



1.



2.



3.



1.

## Helende haver og holistisk tænkning

Af Maria Kappel Blegvad (kurator og kunsthistoriker)

I tråd med land art-kunsten er der flere nutidige kunstnere, der arbejder med naturen på en måde, der rækker ud over det æstetiske og ind i et klimaaktivistisk og bæredygtigt perspektiv. Et godt eksempel herpå er den amerikanske kunstner Meg Webster (f. 1944), der igennem hele sin kunstneriske karriere har været optaget af biodiversitet og naturbevarelse. Meg Websters værker er ligesom land art-kunsten skabt af naturens materialer, bl.a. af planter, salt, jord og sand m.m. Mange af hendes steds-specifikke installationer er skabt for at fremme vores forståelse for jordens økosystem. I 2016 præsenterede hun sin store haveinstallation, *Concave Room for Bees* (2016), som oprindeligt blev skabt til Socrates Sculpture Park i New York. Denne blev senere hen vist i Danmark foran Varna Palæet i Aarhus i forbindelse med triennalen *The Garden* i 2017. Meg Websters have rummer et klimaaktivistisk sigte og er

samtidig en skulpturel haveinstallation i en park, der fremhæver kompleksiteten bag planter og insekters økosystemiske samspil.

Meg Websters udendørsinstallation *Concave Room for Bees* er skabt af 300 kubikmeter frugtbar jord med en tæt beplantning af lokale græsarter, blomster og krydderurter. Det er en form for insektvenlig have anlagt og skabt uden brug af Roundup eller andre miljøskadelige kemikalier. Derfor vil man, når man som beskuer bevæger sig rundt i værket, på én gang kunne opleve forskellige botaniske dufte, summende insekter og farverige blomster. Ligesom de fleste biologer anser Meg Webster jord som en betydningsfuld del af et komplekst, livligt og livgivende økosystem, som i samspil understøtter alt jordisk liv. Kunstværket i sig selv er levende i den forstand, at det ligesom alt i naturen udvikler sig i løbet af sin levetid.

På kritisk vis kalder det på politisk handling i lyset af nutidens presserende klimakrise, hvor bestanden af bestøvende insekter verden over falder drastisk. Som kunstner ønsker Meg Webster at vise os, hvordan alting er

forbundet: mennesker, planter, jord, bier og bakterier. De udgør et samarbejdende økosystem, hvor træerne og planterne eksempelvis samarbejder med svampe om at optage næring og med insekter om bestøvning. Med sin udendørs haveinstallation betoner hun, hvordan de forskellige plantearter, svampe og insekter indgår i et organisk samspil, der er essentielt for økosystemets funktion og for menneskets overlevelse. Som et samlet hele understreger hendes værk, hvordan alt liv er forbundet, og hvordan vi skal forstå naturen som et komplekst og gensidigt afhængigt system, der kræver vores opmærksomhed og beskyttelse.



2.

## Hvordan mikroorganismer kan genopbygge jorden

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy), Lars Jelsbak (molekylær mikrobiolog), Lone Gram (mikrobiolog)

Som vi har set, spiller mikroorganismer en helt afgørende rolle i opbygningen af et sundt jord-økosystem, og i dette afsnit skal vi se nærmere på, hvordan vi i forskningen og i landbruget kan benytte os af gavnlige egenskaber ved særlige typer af mikroorganismer til at fiksere nitrogen og til at bekæmpe andre, skadelige mikroorganismer.

### NITROGENFIKSERING

Planter har, som alle andre levende organismer, brug for nitrogen for at kunne vokse og må have det tilført udefra – det er én af grundene til at man i intensivt land- og plantebrug bruger NPK-gødning – N er for nitrogen, P er for fosfor, og K er

for kalium. I dag bruges meget store mængder kunstgødning, fordi jorden er udpint af intensiv dyrkning. Fremstillingen af det nitrogen, der bruges i NPK-gødning, foregår ved hjælp af den såkaldte Haber-Bosch-proces, hvor nitrogen ( $N_2$ ) og hydrogen ( $H_2$ ) reagerer og danner ammoniak. Processen foregår ved højt tryk og høj temperatur og er derfor en meget energikrævende proces, og det estimeres, at Haber-Bosch-processen står for 1-2 % af verdens samlede energiforbrug. Brugen af kunstgødning øger mængden af tilgængeligt nitrogen i jorden, hvilket under oxygenfattige forhold kan fremme produktionen af lattergas ( $N_2O$ ) gennem nitrifikation og denitrifikation. Da lattergas er en potent drivhusgas, bidrager dette til, at landbruget bliver en væsentlig kilde til drivhusgasemissioner.

Nogle bakterier er dog i stand til at fiksere nitrogen fra luften og omdanne det til ammoniak, der som ammonium ( $NH_4^+$ ) nemt kan optages af planter. I modsætning til Haber-Bosch-processen foregår bakteriernes nitrogenfiksering ved meget lavere temperaturer og ved atmosfærisk tryk. Et eksempel er

knoldbakterier, *Rhizobium sp.*, der lever i symbiose med bælglplanter (ærteblomstrede planter) som fx kløver, lupin og bønner. Bakterierne genkender og tiltrækkes af specielle flavonoider, der – som beskrevet i del 3 – produceres og udskilles af planterødderne. Her vil bakterierne inficere plantens rodhår, der er små hårlignende udvækster på røddernes overfladeceller. Bakterierne stimulerer planten til at danne hævede strukturer kaldet rodknolde, som giver bakterierne beskyttelse og næring. Miljøet er samtidig oxygenfattigt, hvilket er nødvendigt for, at processen med nitrogenfiksering kan foregå i bakterien. Planten leverer simple sukkerarter fra fotosyntesen til bakterierne, som de bruger som carbonkilde, mens *Rhizobium* omdanner atmosfærisk nitrogen ( $N_2$ ) til en nitrogenform, som planten kan optage. Når plantens blade eller rødder nedbrydes af mikroorganismer, frigives det bundne nitrogen, så det bliver tilgængeligt for andre planter og indgår i nitrogenkredsløbet.

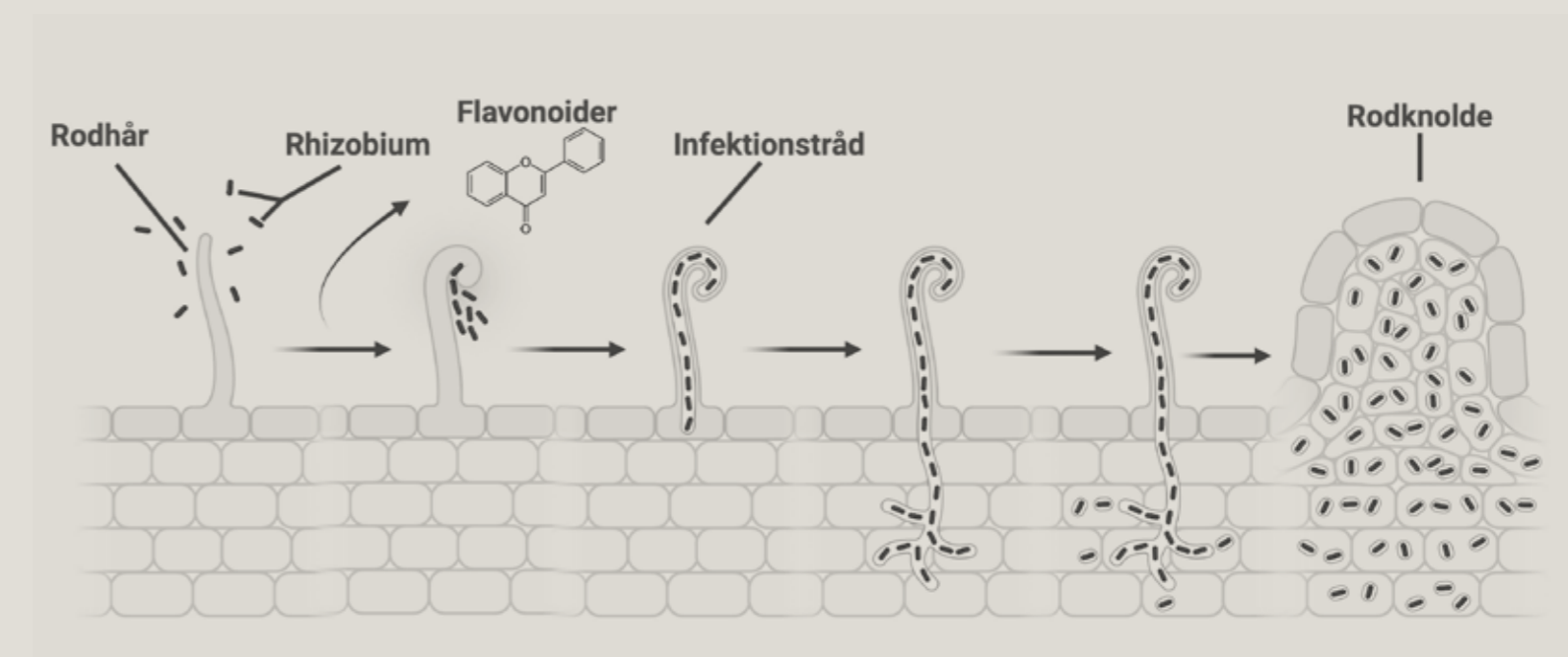
At bælglplanter har denne symbiose med nitrogenfikserende bakterier, udnyttes allerede i jordbrug, hvor man

1. Rodknolddannelse. Grafik: Biotech Academy.

### REFLEKSIONSØVELSE:

Kan du komme i tanker om andre eksempler på kunstværker eller visuelle fænomener – det kan også være film, serier eller reklamer – som forsøger at sætte klima- og bæredygtighed på dagsordenen?

Reflekter over, hvilke strategier eksemplerne anvender for at påvirke vores naturforståelse – fx gennem sansepåvirkninger, oplevelser, ny æstetik, sociale påvirkninger, fremlæggelse af argumenter, nye narrativer eller fakta. Indsaml de eksempler, du finder, i din portfolio, så du efterfølgende kan vise dem til din sidemakker og diskutere, hvilken rolle kunsten kan spille i forhold til klima- og bæredygtighedsproblematikker.



ved sædskifte veksler mellem bælgplanter og andre afgrøder over årene for at sikre tilstrækkelig nitrogenindsatelse til marken.

Der forskes i dag i at finde alternativer til Haber-Bosch-processen, herunder at kunne benytte biologiske nitrogenfikseringsprocesser til andre plantetyper end bælgplanter.

#### BIOKONTROL

Det er efterhånden blevet klart, at der er et kæmpe potentiale i at benytte "nyttige" mikroorganismer og deres biologisk aktive metabolitter som en slags naturlige pesticider og fungicider i bekæmpelsen af plantesygdomme i landbruget. Dette kaldes "biologisk kontrol" eller "biokontrol" og er en lovende teknologi i forhold til at reducere landbrugsproduktionens afhængighed af kemiske pesticider og fungicider og i stedet fremme en mere bæredygtig planteproduktion.

Forskning i biokontrol af plantesygdomme har ofte fokus på bestemte bakterieslægter, der er kendt for at være gode til at kolonisere og etablere

sig på planter (i rodzonen, på plantefrø eller blade) samt til at producere bioaktive metabolitter. Potentielle biokontrolbakterier findes typisk inden for slægterne *Bacillus*, *Pseudomonas* og *Streptomyces*. Der findes en række biokontrolprodukter som er kommercielt tilgængelige, eksempelvis bakterien *Bacillus amyloliquefaciens*, der producerer en række antimikrobielle forbindelser, herunder lipopeptider, der hæmmer væksten af plantesygdomsfremkaldende svampe og bakterier. Eller *Pseudomonas chlororaphis*, der producerer en række svampehæmmende stoffer som eksempelvis *phenaziner*, der kan hæmme væksten af mange frøbårne svampesygdomme i afgrøder korn som hvede, byg, og havre.

Der er et stort fokus på udvikling af nye biokontrolprodukter, herunder produkter som indeholder andre mikroorganismer end netop de kendte arter. Der er stadig mange udfordringer for at få denne teknologi til at være ligeså effektiv som de klassiske kemiske pesticider og fungicider. For eksempel, er det ofte vanskeligt at finde biokontrol-mikroorganismer, som både stabilt og reproducerbart

kan etablere sig i forskellige mark- og plantemiljøer, og samtidig producere og udskille deres bioaktive metabolitter. Andre udfordringer involverer at minimere produktionsudgifterne, samt at øge holdbarheden af biokontrolprodukter.

Både på universiteter samt i biotekindustrien forskes der intenst i at løse disse og andre udfordringer, således at biokontrol kan blive en central strategi i fremtidens landbrug. Ved at anvende mikroorganismer og deres metabolitter som biologisk kontrol kan landbruget reducere kemikalieforbrug, beskytte miljøet og sikre en mere bæredygtig fødevarerproduktion.

#### REFLEKSIONSØVELSE:

Skriv reaktionsskemaet for Haber-Bosch-syntesen.

Skriv reaktionsskemaet for bakteriers nitrogenfiksering, hvor de bruger NADH som reduktionsmiddel.

Overvej, hvordan nitrogenfiksering kan foregå under naturligt forekommende miljøforhold (ved lav temperatur og atmosfærisk tryk), når Haber-Bosch-syntesen kræver så ekstreme betingelser?

Tænk over, hvordan man kan bruge genetiske metoder, dvs. DNA- og RNA-analyser (som er beskrevet i del 2), til at undersøge, om en biokontrolmikroorganisme kan kolonisere planterødder og samtidig udtrykke de gener, der er nødvendige for produktion af biokontrolmetabolitter?





# DEL 5

# Nye praksisser

Majken Overgaard: *Tror du, at kunsten ændrer sig pga. klimakrisen?*

Amalie Smith: Vi står foran en massiv omlægning af alle dele af samfundet, og jeg tror helt sikkert, at kunsten kommer til at ændre karakter og selvforståelse. Det modernistiske værkbegreb med kunstværker, som frit kan flyttes rundt og ses i ens hvide kuber rundtomkring i verden, har været under pres længe, men jeg tror, at det går langt videre end det. Konteksten, processen, materialeforbruget og den sociale udveksling vil i langt højere grad blive tænkt ind i fremtidens kunstværker, både som benspænd og som kreative parametre.

Majken Overgaard: *Hvordan tror du Levende jord ville se ud, hvis du var blevet bedt om at lave et lignende værk for fem år siden eller om fem år?*

Amalie Smith: Jeg er ret sikker på, at dette værk ikke ville være blevet, som det er, hverken fem år før eller fem år senere. Tingene flytter sig virkelig hurtigt nu, særligt inden for byggeriet. Måske er værket symptomatisk for en overgangsperiode, vi lever i, og kommer til at stå som en tidskapsel for denne tid. Om fem år vil jeg fx gætte på, at kunstfonde i Danmark har nogle klimakrav til værkproduktion, som dette værk muligvis ikke kan honorere. Terrazzo-håndværket er fra gammel tid en genbrugsteknik – man bruger de mindste skærver fra marmor- og stenbrud, støber dem ind i cement og polerer det op. Men gulvet krævede et nyt undergulv i en særlig beton, og dermed har materialeforbruget og også CO<sub>2</sub>-aftrykket været højt. Det er noget af det, jeg stadig spekulerer på – kan man retfærdiggøre kunstværker med højt CO<sub>2</sub>-aftryk, hvis de har en lang levetid og opleves af mange mennesker?



1.



2.



3.

1. Plantedag april 2025. Jordbrugskonsulent Hanne Gundersen holder oplæg om regenerativ dyrkning på Viborg Gymnasium. Foto: Amalie Smith.
2. Den underjordiske have designes og plantes i samarbejde med Hanne Gundersen og 4 biologi-, biotek- og kemihold fra Viborg Gymnasium april 2025. Foto: Amalie Smith.
3. Der brygges og sies kompost-te i haven, imens der plantes. Foto: Amalie Smith.

## Biodesign og samtidskunst

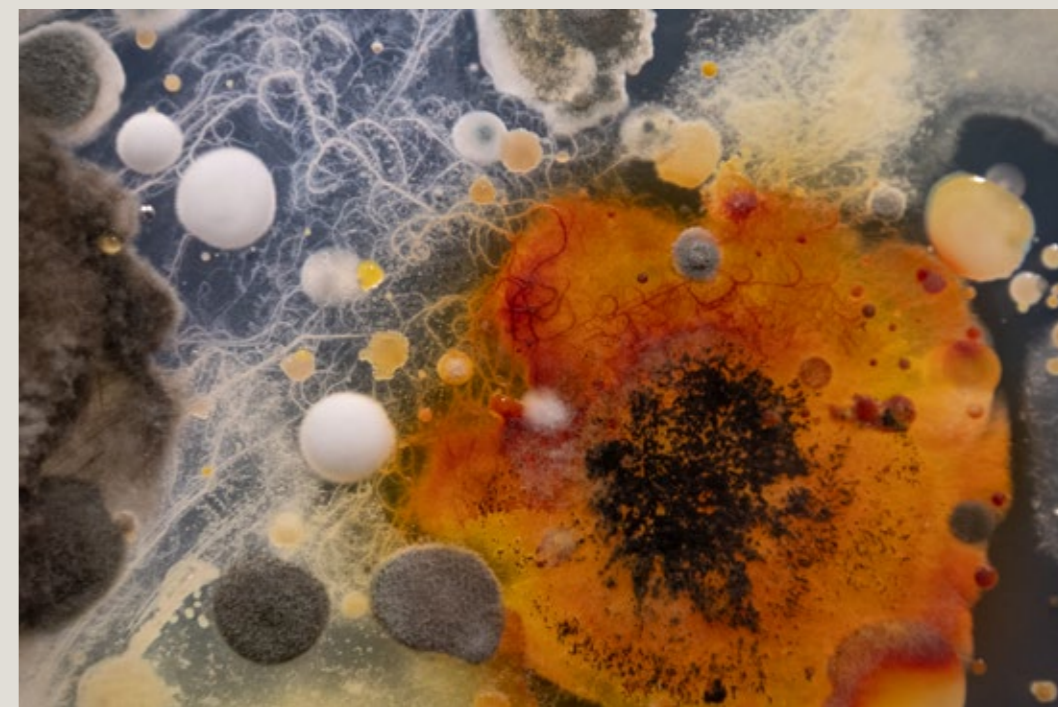
Af Maria Kappel Blegvad (kurator og kunsthistoriker)

Klimakrisen har gjort det nødvendigt at revidere vores syn på vækst og forbrug, da vores planet er under pres. Vækstparadigmet, der har domineret i årtier, har haft store omkostninger i form af ødelæggelse af økosystemer og øget mental stress blandt mennesker. Seks af de ni planetære grænser, herunder klimaforandringer, forurening af havene, tab af biodiversitet, arealanvendelse, forbrug af ferskvand, nedbrydning af ozonlaget, syntetiske kemikalier, partikelforening i luften og udledning af fosfor og nitrogen, er allerede overskredet.

Vores forbrug vokser massivt år efter år, i takt med at vi bliver flere og flere, havene fyldes med plastik, og insektbestanden samt antallet af vilde dyr falder og falder. Fjerner man bakterier fra planetens overflade, vil alt liv uddø. Samarbejde med bakterier er derfor afgørende, både for dyr, svampe, og planter. Dette kalder på en dyb ændring af vores adfærd og forståelse af forholdet mellem menneske og natur. I denne kontekst kan samtidskunst, som er inspireret af biodesign, være et vigtigt redskab til at undersøge og udfordre, hvordan vi kan arbejde med naturen på en mere bæredygtig måde.

Kunstnerens rolle handler nemlig ikke kun om at skærpe vores blik for æstetisk skønhed, men også om at skærpe vores blik for, hvordan livet rummer skønhed og mening på andre måder, fx på et bæredygtigt og mikrobiologisk plan, som det er tilfældet i denne sammenhæng, hvor blikket for 'altings forbundethed' skærpes på ny.

Den dansk-australske kunstnerduo Ting Bojesen bestående af Rhoda Ting (f. 1985, AUS) og Mikkel Dahlin Bojesen (f. 1988, DK) er gode eksempler på dette. Som kunstnere er de nemlig optaget af krydsfeltet mellem kunst og biologi, ernæring, moderne robotteknologi, partikelfysik og filosofi m.m. I forbindelse med deres udstilling *Entangled Encounters*, som blev vist i 2020, omdannede de fx en gigantisk kombucha-svamp til et kunstværk og indkapslede og udstillede også levende svampe- og bakteriekulturer i kæmpe petriskåle.



1.

Værkerne af Ting Bojesen opfordrer os til at opgive vores stærkt begrænsede natursyn, hvor mennesket længe har haft en form for særstatus i økosystemet, og i stedet erkende, at vi er en blandt flere arter i ét stort økosystemisk kredsløb. Deres værker understreger, hvordan alt liv er forbundet, fra de mindste mikroorganismer til de store økologiske systemer, mennesket også er en del af. Ved at bringe biologiske processer ind i kunsten hjælper Ting Bojesen os med at forstå naturen som et levende, dynamisk netværk af relationer, som vi skal beskytte og samarbejde med. Generelt i de to kunstneres skulpturer og installationer mødes mos, svampe, bakterier, blomster, kombucha og andre organiske materialer med mere industrielt bearbejdede og syntetiske materialer, der i deres grundbestanddele alle kommer fra naturen. I sammenblandingen af de organiske og industrielle materialer udfordrer de vores opfattelse af, hvad der er "naturligt" og "kunstigt".

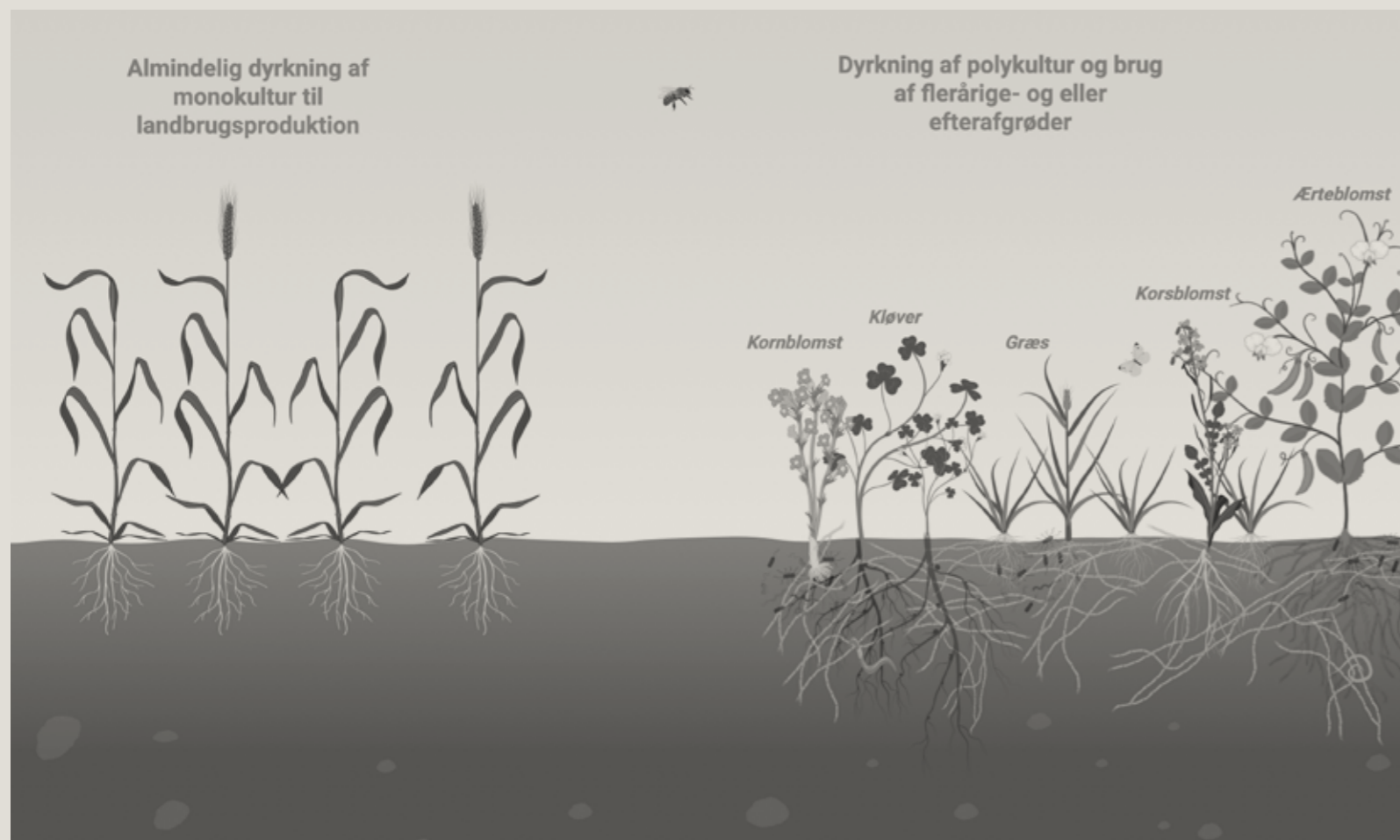
Både historisk og i nutidens kunst er naturen et tilbagevendende og vigtigt tema. Kunstnere som Robert Smithson, Richard Long, Meg Webster og Ting Bojesen bruger naturen som materiale og inspiration til at formidle vigtige budskaber om biodiversitet, økologi og den presserende klimakrise. Gennem deres værker opfordrer de os til at se naturen og vores forhold til den på en ny måde, som et komplekst og sammenhængende system, hvor alt liv er forbundet. Dette understreger vigtigheden af, at vi forbinder os med naturen og forstår vores rolle i den, hvis vi skal kunne sikre en bæredygtig fremtid for både mennesker og planeten.

1. Ting Bojesen, *Constellations*, 2025. Mikrober dyrket fra jordprover og Novonosis-væskeskulturer. Foto: Rhoda Ting & Mikkel Bojesen.

### REFLEKSIONSØVELSE:

Sæt et ur og skriv i fem minutter ud fra spørgsmålet: **Hvordan kan du forbinde dig til de fysiske ting, du allerede har i dit liv? Dit tøj, dine møbler eller din yndlingskop? Måske gør du det allerede ubevidst? Kan du fx arbejde med reparation, redesign og i det hele taget et forandret blik på, hvad der er skønt?**

**Skriv hele tiden, skriv i stilhed og gerne i hånden. Ret ikke - gå ikke tilbage i teksten. Forestil dig, at du taler med en anden person, når du skriver.**



1. Monokultur og polykultur. Grafik: Biotech Academy.

## Regenerativt landbrug

Af Karen Lundager Jensen (Biotech Academy)

Parallelt med udviklingen af det konventionelle landbrug har tanken om at dyrke jorden mere bæredygtigt og skånsomt taget form. Man har blandt andet arbejdet med økologi, permakultur og regenerativt landbrug. Sidstnævnte har som målsætning ikke bare at opretholde en balance, men at genopbygge (regenerere) jordens mikroliv og humusindhold. I dette afsnit skal vi se nærmere på de vigtigste regenerative principper.

### BEGRÆNS DEN HÅRDE JORDBEARBEJDNING

I det konventionelle landbrug pløjer man markerne for at forberede såning og skabe jævne rækker af afgrøder. Hyppig og dybdegående jordbearbejdning nedbryder imidlertid jordens struktur, forstyrrer mikroorganismene i jorden og accelererer mineralisering og frigivelse af CO<sub>2</sub> til atmosfæren. Jorden får desuden sværere ved at

holde på vand og næringsstoffer. I regenerativt landbrug benytter man sig af minimal jordbearbejdning og direkte såning (hvor frø sås direkte i jorden uden forudgående pløjning), hvilket bevarer jordstrukturen, forbedrer vand- og oxygenforhold og skaber et gunstigt habitat for jordens mikroorganismer.

### BEVAR LEVENDE RØDDER ÅRET RUNDT

I naturlige økosystemer er jorden næsten altid dækket af planter eller organiske rester, hvilket beskytter mod erosion, næringsstofudvaskning og udtørring. Når landbrugsjord efterlades bar efter høst, øges risikoen for disse processer, samtidig med at CO<sub>2</sub> frigives fra nedbrydning af organisk materiale. Dette kan til dels imødegås ved brug af efterafgrøder – midlertidige planter, der dyrkes mellem hovedafgrødernes sæsoner – for at opretholde et beskyttende dække året rundt. Da mange mikroorganismer lever i tæt symbiose med planterødder, bevares deres nicher, når jorden ikke barlægges. Flerårige afgrøder eller kontinuerlige efterafgrøder sikrer levende

1.

rødder, hvilket stabiliserer jordstrukturen og øger jordens indhold af organisk materiale. Dette organiske stof fungerer som både fødekilde og habitat for jordens mikroorganismer og forbedrer samtidig tilgængeligheden af næringsstoffer for planternes rødder. Her udnyttes også, at de mikrobiologiske processer kan medvirke til at begrænse klimaeffekterne, fx ved at udnytte nitrogenfikserende bakterier og methanotrofe bakterier.

### SKAB POLYKULTUR FREM FOR MONOKULTUR

Dyrkning af forskellige afgrøder frem for monokultur kan medvirke til større variation i jordens mikrohabitat, fordi forskellige planters rødder skaber levesteder for forskelligartet mikroliv. Diversitet i rodstruktur sigter mod at løsne jorden i dybden og skaber større resiliens over for tørke og oversvømmelser.

Som tidligere beskrevet er forskere derudover i fuld gang med at undersøge og kortlægge både sammensætning og funktion af mikrobiomer i landbrugsjord via sekventerings-

metoder. Disse metoder er særligt velegnede til at dokumentere, hvordan forskellige dyrkningsmetoder, afgrøder og andre landbrugspraksisser påvirker jordens mikrobiologiske processer. Samtidig giver de værdifuld viden om, hvordan plantegavnlig mikrobiomer er opbygget. Forhåbningen er, at denne viden i fremtiden kan bruges til at udvikle mere bæredygtige måder at dyrke jorden på.

### TILDELING AF KOMPOST OG KOMPOSTTE

Andre regenerative metoder handler om opformering af gavnlige bakterie- og svampekulturer gennem kompost og tildeling af kompost-te, hvilket vi skal se nærmere på i den følgende tekst.

## Kompost-te til jordforbedring

Af Hanne Gundersen (regenerativ jordbrugskonsulent)

Plante-jord-mikroorganisme-systemet er som beskrevet meget komplekst, der er så meget, vi ikke ved, og den viden, vi har, stammer historisk set fra undersøgelser i laboratoriemiljøer, hvor mange mikroorganismer ikke trives. Meget af det liv, vi har i jorden, kan kun trives der, fordi det er afhængigt af høj biodiversitet og meget specifikke miljøer. Derfor er det ret svært at undersøge, hvordan systemet spiller sammen i praksis.

Det er dog tydeligt, at i den måde, vi dyrker det meste af vores mad på – hvor vi tilfører menneskeskabte næringsstoffer og kemiske midler, der har til formål at slå skadevoldende svampe, ukrudt og insekter ihjel – der rammer vi også de gavnlige mikroorganismer. Og afgrøderne bliver til "curlingplanter", der knap kan stå oprejst selv, og som er modtagelige for alverdens utøj.

Kompost-te er en væske, man selv kan brygge, og som fungerer som et biologisk boost til jorden og planterne, da den indeholder en høj koncentration af mikroorganismer og organiske forbindelser, der kan forbedre jordens struktur og frugtbarhed og skabe bedre vækstbetingelser for planter.

I en kompost-te-brygning opformerer man gavnligt mikroliv. Det gøres ved at opslæmme kompost i vand, tilsættes foder og rigelige mængder af luft for at undgå anaerobe (förrådne) forhold og dernæst lade mikroorganismene formere sig de næste par dage. Teen skal bruges straks efter brygning.

En del af teens mikroorganismer går formodentlig til, når de lander på jorden – fordi miljøet er så anderledes end det, de kommer fra. Men det kompost-te bidrager med, er i lige så høj grad alle de stoffer, der er dannet af mikroorganismer: sekundære metabolitter, enzymer, aminosyrer, proteiner, organiske syrer med mere – og alle de mikronæringsstoffer, der er indgået i komposten, men som er frigivet, fordi de under brygningen kommer en tur igennem det mikrobielle system.

Mikroorganismene vil opformere sig under brygningen, men bryggetiden påvirker sammensætningen af mikroorganismene. Typisk vil det være sådan, at jo længere man brygger, jo flere mikroorganismer vil opformere sig, mens biodiversiteten vil blive mindre. Hvis ikke ekstrakten har så meget svampevækst i starten, skal der gerne være spirende sporer i gang efter 48 timer.

Til sidst i opgavedelen af nærværende materiale findes en opskrift på kompost-te, der giver mulighed for at eksperimentere med at skabe et sundt og frugtbart jordmiljø, der understøtter planters vækst og modstandskraft – en værdifuld praksis til både bæredygtigt landbrug og havearbejde.



# OPGAVER

Dette afsnit rummer en række opgaver, der bygger bro mellem læsning og praksis. Formålet er at aktivere den viden og de perspektiver, du har mødt i de foregående tekster, gennem kreative, sanselige og analytiske øvelser. Opgaverne er inddelt, så de spejler kapitlerne i materialet, hvilket gør det let at koble teori og praksis direkte. Det er angivet, om øvelserne er primært til billedkunst (BK) eller naturvidenskab (N), men mange af dem kan med fordel løses i samarbejde på tværs af fagene. Brug opgaverne til at udforske, fordybe og udfordre det, du har læst – med både hoved og hænder.

# Del 1

## DEN UNDERJORDISKE HAVE (N)

‘Den underjordiske have’ blev anlagt i biblioteksgårdhaven på Viborg Gymnasium i foråret 2025 i samarbejde med fire biologihold og under vejledning af jordbrugskonsulent Hanne Gundersen efter regenerative principper. Haven blev anlagt med udgangspunkt i følgende tekst:

“I ‘Den underjordiske have’ nærer vi samarbejdet mellem planter og mikroorganismer. Her er det overjordiske udtryk underordnet alt det, der foregår under jorden, og vi vælger planter og plejer dem med henblik på at få jordens mikroorganismer til at trives. Selvom de mikroskopiske samarbejdspartnere ikke er synlige for øjet, er de ikke desto mindre virkelige - og vigtige. Men hvordan kan vi mærke samarbejdet? Og hvordan kan vi nære det?”

Følgende planter blev udvalgt til udplantningen, som foregik i slutningen af april:

### TRÆER/BUSKE

- Sibirisk ærtetræ 1 stk.
- Hasselbusk 3 stk.

### HØJE STAUDER

- Asparges 9 stk.
- Kulsukker ‘Bocking 14’ 5 stk.
- Sødskærm 10 stk.
- Kvan 2 stk.
- Rabarber 8 stk.
- Bronzefennikel frøplanter 8 potter
- Hosta, div. sorter 13 stk.
- Daglilje 6 stk.

## MELLEM STAUDER

- Pibeløg 10 stk.
- Strandkål 8 stk.
- Smalbladet klokke 10 stk.
- Merian 15 stk.
- Hestemynte 10 stk.
- Alm. salvie 10 stk.
- Moskuskatost 6 stk.
- Rødnervet syre 8 stk.
- Havesyre 10 stk.
- Lodden løvefod 12 stk.
- Alm. purløg 10 stk.

### BUNDDÆKKE

- Ramslæg 12 stk.
- Skovjordbær 10 stk.
- Hornviol, div. sorter 15 stk.
- Blodkløver (frø)
- Kællingetand (frø)
- Vinterportulak (frø)
- Liden skjaller (frø)

### ØVELSE

Fordel planterne imellem jer. Print et billede af planten i farver. Lav et stamkort for hver af planterne og undersøg deres egenskaber og evner til at forbedre mikrolivet i jorden.

1. Reflektér i grupper over, hvorfor netop disse planter er valgt, og hvordan de spiller sammen med hinanden?
2. Reflektér over, hvad man i øvrigt kan gøre for at forbedre mikrolivet i jorden?

## JORDKUNST (BK)

Undersøg, hvordan relationen mellem menneske og natur iscenesættes i følgende værker, som du kan finde fotos af på nettet. Søg fx på følgende værkstitler:

- Michael Heizer, ‘City’ (1970-2022)
- Ana Mendieta, ‘Silueta Series’ (1973-1980)
- Agnes Denes, ‘Wheatfield – A Confrontation’ (1982)
- Dennis Oppenheim, ‘Wishing The Mountains Madness’ (1977/2016)
- Walter de Maria, ‘The Lightning Field’ (1977)
- Ingvar Cronhammar, ‘Elia’ (2001)
- Laura Hjort, ‘Lily Pad’ (2024)
- Rikke Luther, ‘Mud in the Earth System’ (2023)

# Del 2



Del fra Flora Danica-stel, slut-1700-tallet.  
Foto: Anne Vibeke Leth, Nationalmuseet,  
Danmark

## ET NYT STEL TIL KRONPRINSEN (BK)

I 1700-tallet bestilte det danske kongehus Flora Danica-stellet, efter sigende som en gave til den russiske kejserinde Katarina den Store. Arbejdet med stellet begyndte i 1790 og stod endeligt færdigt med i alt 1802 forskellige håndformede og håndmalede dele i 1803 - med mulighed for at invitere 100 gæster til at spise af stellet. Stellet rummer illustrationer af 3240 forskellige vækster, der er gengivet i skalaen 1:1.

Forestil jer, at kronprins Christian har bestilt et nyt stel: et Microflora Danica-stel, med det formål at sætte fokus på mikrofloraen i jorden. Hvordan skal Microflora Danica-stellet se ud?

1. Vælg sammen i klassen, hvordan I vil afgrænse jeres fælles Microflora Danica-stel - skal det være jordbakterier, svampe, mikroliv eller en blanding? Skal det tage udgangspunkt i fotos hentet fra standard lysmikroskopi, fra SEM-fotografi, TEM-fotografi eller en blanding?
2. Vælg inden for den aftalte ramme den art, du vil have med på dit eget stel.
3. Gå i den lokale genbrugsforretning og find forskellige hvide steldele eller

medbring aflagte steldele hjemmefra. Brug nu det eksisterende stel som udgangspunkt for at skabe et redesignet stel med illustrationer af mikroflora.

4. Illustration og tegning: Med udgangspunkt i papir, blyant og tusch og fotos af mikroflora skal du komme med forslag til illustrationer af mikroflora, som vil kunne fungere på dit stel. Arbejd med farver, kompositioner og lys/skygge, og udvælg steldele, som du vil illustrere på. Hvis du arbejder med at illustrere på tallerkener og fade, kan du med fordel klippe dem ud i den størrelse, du forestiller dig, de skal være. Hvis du arbejder med skåle, kopper og andet mere tredimensionelt, kan du tegne formen på papiret fra forskellige vinkler.
5. Når alle på holdet har illustreret forskellige dele af mikrofloraen, kan I dække et bord med jeres steldele og undersøge, hvor mange af de forskellige mikrofloraer, I faktisk fik med, og hvordan de forskellige illustrationer spiller bedst sammen med hinanden i en borddækning. Tal sammen om, hvad det kunne betyde for jeres forståelse af jord at bruge stel med jordens mikroflora på i jeres hverdag.



Et jordrespirometer er typisk en akrylcylinder med en diameter på 9,5 cm og med et reservoir til absorptionsvæske. Foto: Kim Bruun.

## MÅLING AF JORDRESPIRATION (N)

Jordrespiration er et resultat af mineraliseringen af organisk materiale, hvor organiske forbindelser oxideres til carbondioxid og vand, samtidig med at oxygen optages af aerobe mikroorganismer. Denne proces spiller en væsentlig rolle i carbonkredsløbet og bidrager til balancen mellem organisk stof i jorden og CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Jo rigere jorden er på organisk materiale, og jo gunstigere forholdene er, såsom temperatur og fugtighed, desto højere er mikroorganismernes aktivitet og dermed også jordens respiration. Derfor fungerer jordrespiration som en indikator for jordens biologiske aktivitet og koncentration af organisk stof. Imidlertid er høj koncentration af organisk stof i jorden også tegn på højt næringsindhold, der ofte betyder lav biodiversitet.

## ØVELSE

I denne øvelse skal vi kvantificere jordens respiration ved at måle den mængde carbondioxid (CO<sub>2</sub>), der afgives pr. kvadratmeter pr. time. Dette gøres ved hjælp af et jordrespirometer, hvor en basisk væske neutraliserer CO<sub>2</sub> fra jorden. Ved at analysere den kemiske ændring i væsken med titrering kan jordens respirationsrate beregnes.

Du skal sætte en lukket klokke ned over et stykke jord og med en væske, der absorberer det afgivne CO<sub>2</sub>. Ved at måle det jordareal, som klokken dækker, den tid, der er absorberet CO<sub>2</sub> i, samt mængden af absorberet CO<sub>2</sub> kan jordrespirationen beregnes:

$$R = V_{\text{CO}_2} / (A \cdot t)$$

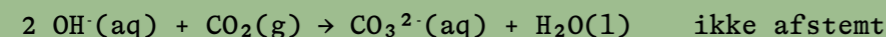
R: jordrespirationen (målt i mL/(m<sup>2</sup>·time))

V<sub>CO<sub>2</sub></sub>: volumen af absorberet CO<sub>2</sub> (målt i mL)

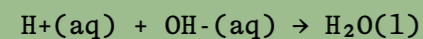
A: arealet af jordrespirometeret (målt i m<sup>2</sup>)

t: forsøgstiden (målt i timer)

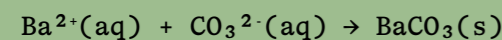
Den absorberende væske er en 0,1 M hydroxidionopløsning:



Jo mere CO<sub>2</sub> der absorberes, jo færre hydroxidioner er der tilbage ved målingens afslutning. Den resterende mængde bestemmes ved at titrere absorptionsvæsken med 0,020 M saltsyre:



For at sikre, at reaktionen ikke løber baglæns, bundfældes carbonat først med bariumioner:



Med de mængder, du bruger i denne fremgangsmåde, kan du beregne V<sub>CO<sub>2</sub></sub> på følgende forsimplede måde:

$$V_{\text{CO}_2} = V_{\text{HCl, kontr.}} - V_{\text{HCl, prøve}}$$

V<sub>HCl, kontr.</sub> er volumen saltsyre til titrering af absorptionsopløsning, der ikke har været i jordrespirometeret (målt i mL)

V<sub>HCl, prøve</sub> er volumen saltsyre til titrering af absorptionsopløsning, der har været i jordrespirometeret (målt i mL)

→

## MATERIALER

- Jordrespirometer
- 100 mL konisk kolbe
- Burette
- 10 mL mikropipette
- 0,1 M NaOH(aq)
- 0,020 M HCl(aq)
- Mættet BaCl<sub>2</sub>(aq)
- Indikator, fx BTB

## FREMANGSMÅDE I FELTEN

1. Udvælg et skyggefuldt og homogent plantesamfund. I et område på størrelse med respirometeret klippes planterne af i jordhøjde.
2. Placér jordrespirometeret på jorden og skru det ned, til hele randen er omtrent en centimeter under jordoverfladen. Ideelt skal respirometeret stå uforstyrret i mindst en time med proppen af.
3. Fyld 10,0 mL absorptionsvæske (NaOH(aq)) i reservoiret og sæt prop på. Notér klokkeslæt.
4. Efter ca. 2-24 timer, afhængigt af årstiden, demonteres opstillingen. Notér klokkeslæt.

## FREMANGSMÅDE I LABORATORIET

5. Buretten fyldes til 0-stregen med saltsyreopløsningen. Vær omhyggelig med at undgå luftbobler i slangen og hanen på buretten.
6. Afmål 2,40 mL ubrugt absorptionsvæske i en konisk kolbe og tilsæt 2 dråber indikatoropløsning. Evt. tilsættes lidt vand, så det er mere bekvemt at slynge indholdet rundt.
7. Tilsæt saltsyre i små portioner, til den pink farve netop forsvinder. Aflæs det forbrugte volumen saltsyre (V<sub>HCl, kontr.</sub>).
8. Gentag til du får stabile resultater.
9. Titrer også 2,40 mL af den brugte absorptionsvæske behandlet på samme måde som prøve (V<sub>HCl, prøve</sub>), men her skal du også tilsætte 10 dråber mættet bariumchloridopløsning.

## DISKUSSION

1. Beregn V<sub>CO<sub>2</sub></sub> og R.
2. I Danmark giver fotosyntesen mulighed for en årlig gennemsnitlig R på ca. 60 mL/(m<sup>2</sup>·time). Hvordan passer det med dine tal, når du tænker over datoen, du målte R, og med plantesamfundets frodighed?
3. Sammenlign gerne resultatet med din beregning af naturkvalitetsscore og måling af glødetab.
4. Diskutér fejlkilder.
5. Formlen V<sub>CO<sub>2</sub></sub> = V<sub>HCl, kontr.</sub> - V<sub>HCl, prøve</sub> forklares, hvis du tør. Der indgår 5 faktorer, som på magisk vis ophæver hinanden.

# Del 3

## TVÆRFAGLIGE UNDERSØGELSER (BK, N)

Undersøge, eksperimentere, udforske. Det er ord, som kunstneriske og naturvidenskabelige fag har til fælles, når de skal beskrive deres fags metoder. Måske er det derfor, at det kan være frugtbart at få kunst og naturvidenskab til at arbejde sammen?

Vi kender til naturvidenskabelige undersøgelser, men hvad er egentlig en kunstnerisk undersøgelse? Et bud er den metode, der kaldes for Arts-Based Research (ABR), og som bruges på universiteter som modstykke til mere traditionelle kvalitative og kvantitative undersøgelsesmetoder.

I ABR flyttes fokus fra produkt til proces. Hvor man traditionelt ville fokusere på kunsten og kunstværket, altså produktet, så fokuserer man i den kunstneriske undersøgelse på selve det at udforske, eksperimentere og undersøge noget kunstnerisk - altså processen. I kunstneriske undersøgelser forholder man sig aldrig kun passivt og distanceret til det, man undersøger, men også aktivt og kreativt medskabende. Man bruger sig selv aktivt og får en relation til det, man undersøger. Man stiller spørgsmål, der interesserer sig for sprækkerne eller det anderledes i svarene. Og man benytter sig af kunstneriske metoder og udtryksmidler som sanselighed og æstetik for at opnå nye erkendelser.

Kort opsummeret er ABR altså en måde at undersøge verden på. I de kunstneriske undersøgelser, eksperimenter og udforskninger er der en frihed, kreativitet og leg, som kan åbne for helt nye eller anderledes tanker, muligheder og løsninger. Man kan sige, at kunstnerisk undersøgelse eller forskning tilføjer noget uberegneligt til den mere logiske og målrettede naturvidenskabelige metode. De tankemæssige spring, der opstår, når man arbejder kunstnerisk, kan åbne en undersøgelse for helt nye muligheder, som man aldrig ville have fundet på, hvis man holdt sig til en mere kontrolleret og velkendt proces.

## OPGAVER

1. I klassen: Forklar, hvordan ABR adskiller sig fra traditionelle researchmetoder.
2. Gruppearbejde: Tag fat på begrebet jordens fødenet, som I kan læse om i del 1, og undersøg det ud fra de tre forskellige researchmetoder: Gruppe 1 skal gå kvalitativt til værks. Gruppe 2 skal gå kvantitativt til værks. Gruppe 3 skal gå arts-based til værks. Sammenlign jeres resultater ved at lægge dem ved siden af hinanden på gulvet. Hvad har I fundet ud af?

# Del 4

## ÆSTETIK OG NATUR (BK)

Kunst som undersøgelser af natur er ikke noget nyt. Tænk bare på, hvordan kongernes haver i såvel renæssancen som barokken og nyklassicismen demonstrerede, hvordan mennesket stod over naturen. Eller tænk på, hvordan danske guldalderkunstnere gennem 1800-tallet var optaget af at skildre det særligt danske landskab. Alt sammen er eksempler på naturundersøgelser.

Som følge af vor tids store naturkriser, herunder biodiversitetskrisen og klimakrisen, er vores forhold til naturen igen under forandring. Hvor vi før i tiden opfattede den kontrollerede natur som skøn, er vi i dag i højere grad optaget af at forbinde os med naturen og se os selv som en del af den. Her leder blandt andet samtidskunsten os på vej til et forandret blik. Men hvordan kan vi beskrive forskelle og ligheder mellem den klassiske kunsts naturforståelse og samtidskunstens?

## OPGAVE

Diskuter forskelle og ligheder i måden, kunstnere før 1900-tallet og kunstnerne i dag skildrer og undersøger naturen og landskabet på. Kom både ind på de motiviske forskelle og ligheder og på de materialer, kunstnerne bruger til at udtrykke sig med. Overvej ligeledes, hvorvidt værkerne kommunikerer deres budskaber konkret (denotativt) eller abstrakt (konnotativt). I jeres diskussion kan I tage udgangspunkt i værkerne herunder.

P.C. Skovgaard: 'Udsigt over havet fra Møens Klint', 1850	vs	Meg Webster: 'Concave Room for bees', 2016
Anton Kieldrup: 'En grusgrav ved jysk fjord', 1853	vs	Amalie Smith: 'Levende jord', 2025
Peter Ilsted: 'Hvid Champignon', 1913	vs	Ting Bojesen: 'Relationscape', 2017-20
Claude Monet: 'Champ de coquelicots, environs de Giverny', 1885	vs	Tony Matelli: '671', 2023

# Del 5



Kompost-teen bobler natten over i gårdhaven på Viborg Gymnasium april 2025. Foto: Amalie Smith

## EKSPERIMENTER MED KOMPOST-TE (N)

I dette eksperiment fremstiller I jeres egen kompost-ekstrakt og dernæst kompost-te og undersøger dens mikroorganismer og dens effekt på plantevækst.

### MATERIALER

- 1 liter god kompost: Den ideelle kompost er mørk, skovbundsduftende, let fugtig. Komposten må ikke lugte af råd eller ammoniak - dette indikerer anaerobe forhold, som bør undgås.
- En netpose (fx en vaskepose): Hullerne i posen er mindst 0,5 mm, så mikroorganismerne kan komme ud, mens større kompoststykker holdes tilbage.
- To store spande eller baljer på mindst 20 liter (en til at brygge i og en til at si brygget over i).
- Håndlunkent vand.
- En akvarieluftpumpe med slanger. En tommelfingerregel lyder: mindst 0,5 liter luft pr. minut pr. liter vand. Hvis pumpen giver 540 liter luft i timen, kan den derfor trække et bryg på op til 18 liter.
- Foder (valgfrít): Det er muligt at bruge en smule foder for at styrke væksten af bestemte mikroorganismer. Brug kun en lille mængde - fx:
  - En håndfuld græs pr. 10 liter vand (mad til protozoer).
  - En håndfuld havregryn til 10 liter vand (mad til svampe).
  - 3 mL huminsyre pr. liter vand (mad til svampe).
  - 1 teske tangmel pr. 25 liter vand (mad til bakterier).
- En si, det kunne fx være en nylonstrømpe eller et ostelærred.
- En tryksprøjte, kalkkost eller vandkanne til at påføre kompost-te direkte på planter og jord.

#### 1. Fremstil kompostekstrakt

Lav først et kompostekstrakt: Put komposten i netposen og luk lynlåsen. Fyld spanden eller baljen med håndlunkent vand og massér posen under vand, til komposten er gennemblødt og løst. I har nu lavet et kompost-ekstrakt, som kan bruges direkte (spring til punkt 4) eller brygges videre til en kompost-te.

#### 2. Fremstil kompost-te

Tilsæt nu luft til det kompostberigede vand, mens I lader netposen være

i spanden. Brug en luftpumpe, og før luftslangen ned til bunden af spanden. Bind gerne et lod fast til luftslangen, så den leder luftbobler ud i bunden af spanden. Tilsæt valgfrít foder.

#### 3. Undersøg bryggeprocessen

Lad kompost-teen brygge med pumpen tændt i 1-2 døgn. Undersøg væsken flere gange med mikroskop for at holde øje med, hvilke typer mikroorganismer der udvikler sig og hvornår. Tag fx en prøve, før du sætter pumpen til, halvvejs i brygningen, og når teen er færdig. Hvad er forskellen? Diskutér jeres resultater, og reflektér over, hvorfor det forholder sig sådan.

#### 4. Anvend kompost-ekstrakt eller kompost-te

Både kompost-ekstrakt og kompost-te skal anvendes med det samme og må ikke bruges, hvis væsken lugter af forrådnelse. Si væsken gennem et klæde for at fjerne de største partikler. Brug en sprøjte, kalkkost eller vandkande med spreder til at påføre den direkte på planternes blade og stængler. Eventuelle rester fordeles med en vandkande ved rødderne.

#### 5. Undersøg virkningen

Opdel et plantebed i to områder - ét behandlet med kompost-te eller kompost-ekstrakt og ét ubehandlet. De to bede skal beplantes ens og have samme lysforhold.

Observer forskelle i vækst, bladfarve og modstandskraft mod sygdomme.

Diskutér jeres resultater, og reflektér over, om og hvordan kompost-ekstrakt og kompost-te kan bidrage til bæredygtig jorddyrkning og plantevækst.

#### MÅL SUKKERINDHOLDET I BLADSAFT (N)

I denne opgave skal I måle sukkerindholdet i bladsaft fra to ens bede - det ene har fået tildelt kompost-te (se opskrift på s. 63), det andet har fået vand.

I skal bruge:

- Et refraktometer, fx Disella Refraktometer Brix 0-32%
- En hvidløgspreser
- To bede med ens beplantning, hvoraf:
  - Bed A har fået tildelt kompost-te
  - Bed B har fået samme mængde vand

(Seneste tildeling i begge bede skal have været for mindst to timer siden.)

Vælg fra bed A og bed B en plante af samme art med samme størrelse og vækstbetingelser. Pluk bladprøver nok til at fylde hvidløgspreseren.

Pres saften fra prøve A, og brug refraktometeret til at måle sukkerindholdet i den.

Vask dernæst hvidløgspreseren.

Gentag med prøve B.

Diskuter forskellen på de to prøver, og kom med mulige bud på forklaringer.

#### DILEMMAER (BK, N)

I denne øvelse skal I i grupper tale om de dilemmaer, der kan opstå, når vores natur- og kunstsyn er under forandring. Når I har været alle dilemmaerne igennem, kan I diskutere jeres svar og overvejelser med hinanden i klassen.

Dilemma 1: Hvad er natur? Er mennesker og natur modsætninger?

Dilemma 2: Hvilken natur synes I er skønnest - den vilde eller den kultiverede natur?

Dilemma 3: Har natur en skønhed i sig selv, eller opstår æstetik først gennem kunst og videnskab?

Dilemma 4: Skal vi allesammen ændre vores kunst- og kunstsyn?

Dilemma 5: Bør vi betragte teknologisk skabt eller modificeret natur som en del af fremtidens økosystem, eller skal vi forsøge at holde det ude af naturen?

Dilemma 6: Kan man retfærdiggøre kunstværker med højt CO<sub>2</sub>-aftryk, hvis de har en lang levetid og opleves af mange mennesker?

Hvilke andre dilemmaer oplever I, når I tænker på mulige fremtider med jord, natur og kunst?

#### KOMPOST-TE MOD SALTSTRESS? (N)

I skal undersøge, om jordbakterier fra kompost-te kan fremme plantevækst i jord med et så højt saltindhold, at plantevæksten normalt vil være hæmmet.

#### MATERIALER

- Kompost-te
- 80 karsefrø (eller anden plante, der spirer og vokser hurtigt)
- Petriskåle, 9 cm og/eller karsebakker
- Vat
- 1 mL mikropipette m. spids
- 800 mM NaCl(aq)
- Vægt
- Lineal
- Pincet

#### PLANLÆG

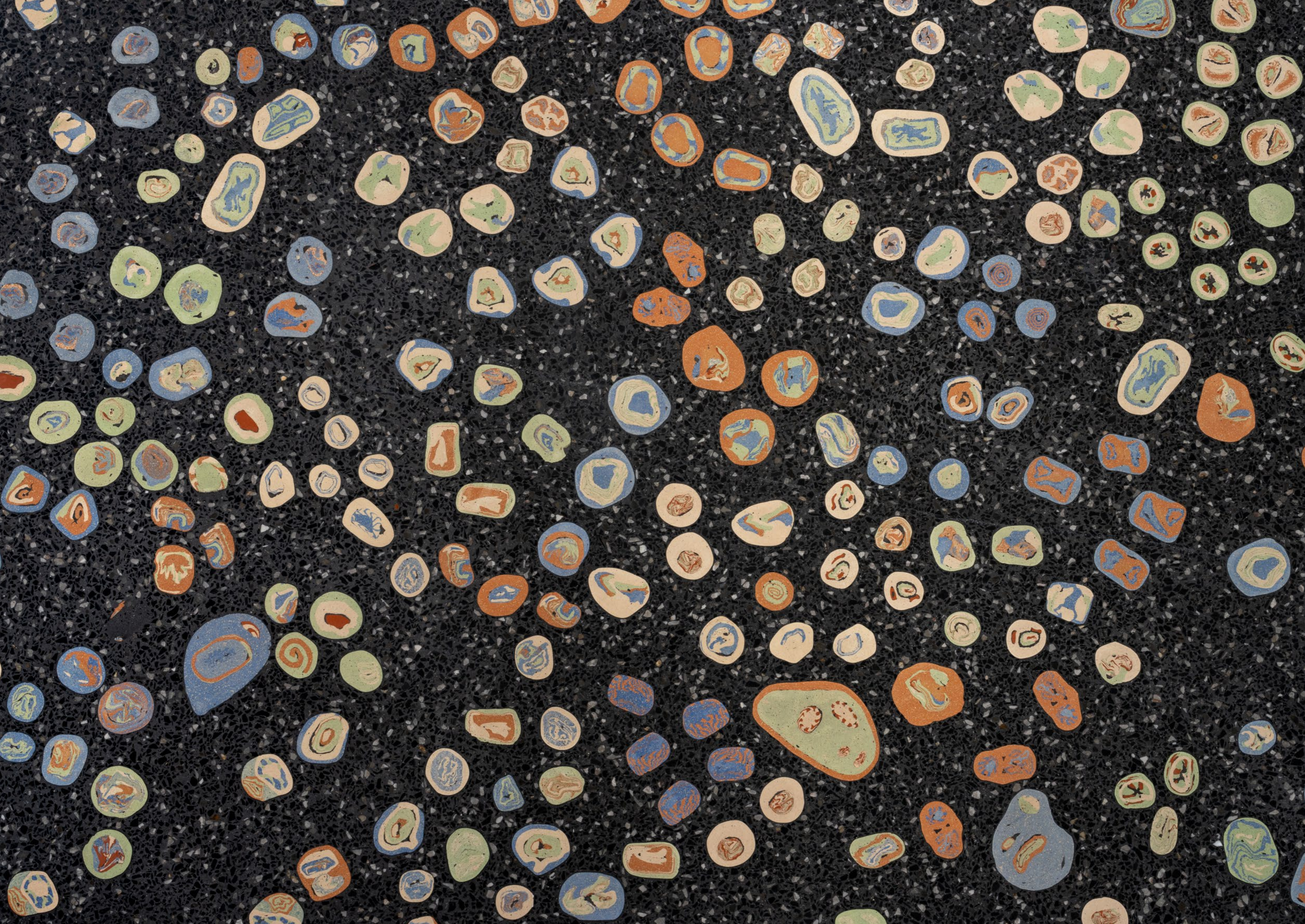
1. Find ud af, hvordan du vil lave en saltopløsning på 800 mM NaCl.
2. Planlæg to måleserier ved bl.a. at finde ud af, hvordan du vil fortynde saltopløsningen.
  - I serie 1 varierer du koncentrationen af salt, så den er 25 mM, 50 mM, 100 mM ... op til 800 mM.
  - I serie 2 udvælger du et par af koncentrationerne fra serie 1 og undersøger, om 50 % kompost-te kan hjælpe planterne med at tåle saltstress.
3. Fornuftige mængder er 1,5 g vat til petriskåle på 9 cm. Hvis du bruger karsebakker, må du måle, hvor meget mængderne skal skaleres op.
4. 1,5 g vat passer med 10 mL væske, så det er vådt, men ikke sejler i vand.
5. 20 frø pr. petriskål er passende.

#### FREMANGSMÅDE

1. Bryg kompost-te
2. Spred vat fladt ud i petriskåle.
3. Vand dem, som du har planlagt, så karsefrøene, og læg låg på.
4. Stil dem ved stuetemperatur og lyst, men ikke i direkte sollys.
5. Optæl antal spirer efter 2-3 dage.
6. Hvis du vil måle andre parametre, er det bedst at arbejde i karsebakker og tjekke, at de stadig er fugtige efter 3-4 dage. Hvis de er ved at tørre ud, gives de lidt almindelig vand.
7. Efter 7-10 dage måles plantelængde (højde), friskmasse (vægt), og antallet af blade tælles. Observer visuelle tegn på stress (fx gulfarvning eller hæmmet vækst).

#### DISKUSSION

1. Afbild data med relevant databehandling.
2. Hvordan påvirker saltindholdet planternes vækst?
3. Hvordan påvirker kompost-teen planternes vækst?
4. Hjælper mikroorganismene i kompost-teen planterne med at klare saltstress?
5. Omregn saltkoncentrationen til enheden promille. Hvordan er vores saltvand i forhold til havvand?
6. Hvordan vil du bestemme, hvilke mikroorganismer der er til stede i kompost-teen?
7. Hvad kunne være mikroorganismernes mekanisme(r) til at afhjælpe saltstress (fx produktion af metabolitter, der virker som plantehormoner, produktion af molekyler, der kan "binde" NaCl ioner e.l.)?
8. Hvad kunne være næste skridt, hvis man vil bruge denne metode i plantebrug?
9. Hvorfor bruger vi ikke renkulturer af bakterier for at få bedre variabelkontrol?







## LEVENDE JORD

Undervisningsmaterialet er udarbejdet i 2024-25 i forbindelse med udviklingen af kunstværket 'Levende jord' på Viborg Gymnasium.

Redigeret af Amalie Smith og Majken Overgaard  
Grafisk design af Hanna Bergman  
Skrifttype Romie af Margot Lévêque og HAL  
Timezone Mono af HAL typefaces  
Trykt i 2025 hos Specialtrykkeriet Arco, Viborg



Miljømærket for ansvarligt skovbrug

Tekster, fotos og grafik må ikke gengives uden tilladelse fra rettighedshaverne.

Fotos er krediteret enkeltvis, undtagen farvebilleder af værket 'Levende jord', som alle er taget af David Stjernholm april 2025.

## OPGAVER OG REFLEKSIONSØVELSER

'Den underjordiske have' er udarbejdet af Amalie Smith.

'Jordkunst', 'Et nyt stel til kronprinsen', 'Æstetik og natur' og 'Dilemmaer' er udarbejdet af Line Højgaard Porse.

'Tværfaglige undersøgelser' er udarbejdet af Line Højgaard Porse og Bonnie Bay Andersen, lektor i billedkunst på Aarhus Statsgymnasium.

'Måling af jordrespiration' er udarbejdet af Kim Bruun, venligst stillet til rådighed af 'NF i HF' og Gymnasieforlaget. Ny indledning af Karen Lundager Jensen.

'Mål sukkerindholdet i bladsaft' og 'Eksperimenter med kompost-te' er udarbejdet af Hanne Gundersen og Amalie Smith.

'Kompost-te mod saltstress?' er udarbejdet af Lars Jelsbak og Kim Bruun.

Refleksionsøvelserne i materialet er udviklet og redigeret af Karen Lundager Jensen, Line Højgaard Porse, Kim Bruun, Majken Overgaard og Amalie Smith.

## TAK TIL

Den praktiske udførelse af det samlede kunstværk 'Levende jord' har involveret mange aktører, som hermed takkes for deres store indsats, herunder Rebecca Chong, som har stået for produktionsledelse af gulvanlægget, og Majken Overgaard, som har stået for produktionsledelse af formidling og undervisningsmateriale. Tak til Hanna Bergman for at udvikle projektets grafiske udtryk. Tak til Clara Toksvig og Sara Mirkhani for keramisk assistance og praktisk hjælp i udformningen af gulvets mikroliv, til Simon Emil Weber fra Råform for materialesparing og udførelse af terrazzogulvet, og til Hanne Gundersen fra Jordkontakt for plantevejledning og praktisk hjælp til haveanlægget.

Tak til alle involverede lærere fra Viborg Gymnasium, herunder særligt Line Højgaard Porse og Kim Bruun, samt alle involverede elever på seminardagen, i billedkunstforløbet og i udviklingen af haven. Tak til rektor Lene Klemensen Gade og pedel Erik Lund Hansen.

Tak til projektets samarbejdspartnere Biotech Academy, CeMiSt og Microflora Danica.

Tak til Ny Carlsbergfondet og Viborg Gymnasium for at muliggøre projektet.

Levend<sup>ee</sup><sub>eee</sub>  
jord

er doneret af Ny Carlsbergfondet

**NY  
CARLSBERG  
FONDET**

NEW CARLSBERG FOUNDATION

