BeScience: Afrika i Bjerringbro

TEMA: DNA Sekventering

TITEL: Sekventering af DNA fra organer og celler

Lærervejledning

December 2024

I et samarbejde mellem

novo nordisk fonden

BJERRINGBRO GYMNASIUM

POUL DUE JENSEN GRUNDFOS FOUNDATION

NATURVIDENSKABERNES HUS

© 2024 BeScience: Afrika i Bjerringbro
TEMA: DNA Sekventering
TITEL: Sekventering af DNA fra organer og celler
UDARBEJDET AF: Niels Christian Moth Andersen og Pia Møller Jensen, Bjerringbro Gymnasium.
FINANSIERET AF: Novo Nordisk Fonden

Indholdsfortegnelse

LÆRERVEJLEDNING 4

FIMME 4
BAGGRUND OG CASE 4
DNA i konteksten af sundhed og bæredygtighed 4
Relevansen af at analysere celle- og vævsprøver 5
Sammenhæng til Water Missions arbejde og designprocessen 5
Anbefalet baggrundslæsning 5
OPBYGNING AF FORLØBET 5
Struktur og fordeling: FØR – UNDER – EFTER 5
Bemærk om sekventering og valgfri aktivitet 6
ELEVOPGAVER 6
Produktformater 6
Opgave 1: Identifikation af patogene bakterier i vandprøve 6
Opgave 2: DNA-analyse af vævsprøver fra forskellige miljøer 7
LABORATORIEARBEJDE OG PROTOKOLLER 7
Værktøj 1: Protokol for oprensning af DNA (NucleoSpin DNA RapidLyse – Genomic DNA from organs and cells) 7
Værktøj 2: Loading af DNA til MinION 7
Værktøj 3: Sekventering i MinKnow 7
Værktøj 4: Analyser i EPI2ME 7
Tip til læreren 7
FN'S VERDENSMÅL OG PERSPEKTIVERING 8
Verdensmål 3 – Sundhed og trivsel 8
Verdensmål 6 – Rent vand og sanitet 8
Verdensmål 13 – Klimaindsats 8
Verdensmål 15 – Livet på land 8
OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER OG DIDAKTISKE TIPS 8
Forforståelse og faglige forudsætninger 8
Praktiske udfordringer 9
Differentiering og udvidelse 9

Lærervejledning

FIMME

	2.g / 3.g
Formål	At give eleverne indsigt i, hvordan moderne DNA-sekventering kan anvendes til at analysere DNA fra væv og celler i forbindelse med sundhed, miljø og fødevaresikkerhed. Eleverne lærer at udvinde og sekventere DNA fra biologisk materiale og bruge bioinformatik til at identificere arter, vurdere prøvers kvalitet og undersøge biologisk diversitet i forskellige miljøer.
Indhold	- Introduktion til DNA-sekventering og anvendelser i sundhed og miljø - Praktisk håndtering af vævsprøver og cellemateriale - DNA-ekstraktion vha. NucleoSpin DNA RapidLyse – Genomic DNA from organs and cells - Forberedelse og sekventering med Oxford Nanopore MinION - Bioinformatisk analyse med MinKnow og EPI2ME - Opgave 1: Identifikation af patogene bakterier i vandprøve - Opgave 2: DNA-analyse af vævsprøver fra forskellige miljøer
Metode	- Udtagning af vævsprøver og/eller håndtering af cellemateriale - DNA-ekstraktion i laboratoriet vha. NucleoSpin DNA RapidLyse - Sekventering af DNA med Oxford Nanopore MinION (evt. med simulerede eller forberedte datasæt) - Analyse og identifikation i EPI2ME (fx artsbestemmelse eller patogenpåvisning) - Gruppearbejde med udgangspunkt i en autentisk case - Tværfaglige perspektiver (bioteknologi, sundhedsvidenskab, samfundsforhold, global ulighed)
Materialer	- NucleoSpin DNA RapidLyse Kit (ekstraktion fra væv og celler) - MinION-sekventeringsenhed + flow cells - Pipetter, centrifuger, mikrocentrifugerør - Prøvemateriale: vævsprøver eller cellekulturer - Computere med MinKnow og internetadgang til EPI2ME Elevark: - Identifikation af patogene bakterier i vandprøve - DNA-analyse af vævsprøver fra forskellige miljøer Værktøjer (protokoller og softwareinstruktioner): - Protokol for DNA-ekstraktion fra væv og celler - Protokol for loading af DNA til MinION - Sekventering i MinKnow - Analyse i EPI2ME
Evaluering	- Elevernes evne til at udføre og forklare DNA-ekstraktion og sekventering - Kvaliteten af analyser og tolkninger i EPI2ME - Grad af faglig refleksion og sammenhæng til case om vandprojekter i Afrika - Perspektivering til bæredygtighed, miljøovervågning og verdensmål - Fremlæggelse (skriftlig eller mundtlig) af opgave 1 og/eller 2

Alle nødvendige materialer findes her: Sekventering af DNA fra organer og celler .

Baggrund og case

DNA i konteksten af sundhed og bæredygtighed

Dette forløb introducerer eleverne til anvendelsen af moderne DNA-sekventering på vævs- og celleprøver. Formålet er at give indsigt i, hvordan genetisk analyse kan bruges til at identificere mikroorganismer, spore sygdomme og vurdere sundhedstilstand i forskellige miljøer.

I stedet for at fokusere på miljø-DNA som ved eDNA-forløbet, arbejder eleverne her med DNA fra biologisk væv og celleprøver – en tilgang der har bred anvendelse i både sundhedssektoren, fødevaresikkerhed og forskning.

Relevansen af at analysere celle- og vævsprøver

Ved at analysere DNA fra væv eller cellekulturer kan man identificere specifikke mikroorganismer, herunder potentielt patogene bakterier, og vurdere forskelle mellem biologiske prøver fra forskellige miljøer. Det giver eleverne mulighed for at arbejde med bioteknologiske teknikker, der har direkte relevans for sygdomsdiagnostik, fødevarekontrol og medicinsk forskning.

Metoden gør det muligt at påvise bakteriel DNA selv i komplekse prøver, og kobler bioteknologi med aktuelle samfundsmæssige og globale udfordringer.

Sammenhæng til Water Missions arbejde og designprocessen

Water Mission arbejder med at sikre adgang til rent vand og sanitære forhold i områder med lav infrastruktur. I denne kontekst spiller mikrobiologisk analyse en vigtig rolle, både i vurderingsfasen (identifikation af sygdomsfremkaldende bakterier) og i implementeringen af løsninger (overvågning og kontrol).

Gennem arbejdet med case og laboratorieaktiviteter får eleverne mulighed for at spejle sig i virkelige anvendelser af teknologien – og arbejde som forskere og teknikere, der skal forstå, tolke og handle på DNA-data.

Anbefalet baggrundslæsning

For lærere og elever med særlig interesse anbefales artiklen "20 år med det humane genom – gennem op- og nedture" af Kristian Sjøgren, bragt i Aktuel Naturvidenskab, Nr. 3, 2024. Artiklen giver et lettilgængeligt og perspektivrigt overblik over udviklingen af DNA-sekventeringsteknologier og deres betydning for forståelsen af genetiske sygdomme og individualiseret medicin.

Til videre perspektivering kan også inddrages artiklen "Genetisk resistens mod infektionssygdomme" af Kurt Buchmann, Per W. Kania, Asma M. Karami og Heidi Mathiessen, bragt i Aktuel Naturvidenskab, Nr. 1, 2021. Den viser, hvordan genetiske analyser anvendes til at identificere sygdomsresistens – en vinkel, der kan inspirere til overførsel af metoder mellem biologi og sundhedsvidenskab.

Opbygning af forløbet

Forløbet består af praktiske laboratorieaktiviteter og analyserende opgaver, der tilsammen giver eleverne erfaring med hele workflowet fra prøvetagning til bioinformatisk tolkning af DNA-sekvensdata. Eleverne arbejder med DNA-ekstraktion fra biologisk væv og sekventerer prøverne med Oxford Nanopores MinION-platform. Opgaverne fokuserer på identifikation af patogene bakterier og karakterisering af DNA fra vævsprøver i forskellige miljøer.

Det anbefales, at eleverne arbejder i mindre grupper, og at aktiviteterne kombineres med faglig opsamling og refleksion. Forløbet kan gennemføres over ca. 8–10 lektioner og er fleksibelt tilrettelagt med forberedelse og efterarbejde på skolen, mens den eksperimentelle del foregår på en besøgsdag i Forsyningslandsbyen ved BeScience: Afrika i Bjerringbro.

Struktur og fordeling: FØR – UNDER – EFTER

Fase	Aktivitet	Estimeret tid
FØR	Introduktion til DNA, sekventering og casen om patogener og sundhed	1 lektion
	Gennemgang af faglige forudsætninger (cellestrukturer, genetik, bakterier mv.)	1–2 lektioner
	Introduktion til opgaver og udpegning af fokusspørgsmål	1 lektion
	Forberedelse og evt. udformning af hypoteser	0,5 lektion
UNDER	Velkomst og introduktion til Forsyningslandsbyen og dagens forløb	0,5 lektion
	Energiworkshop: Planlægning af energiforbrug med solceller og PowerStation	0,5 lektion
	Gennemgang af sikkerhed og korrekt håndtering af vævsprøver	0,5 lektion

Fase	Aktivitet	Estimeret tid
	DNA-ekstraktion med NucleoSpin DNA RapidLyse	1,5–2 lektioner
	Loading og sekventering på MinION-platform	1 lektion (2 timer)
	Dataanalyse med MinKnow og EPI2ME	1–1,5 lektioner
	Opsamling og faglig dialog om resultater og sundhedsrelevans	0,5 lektion
EFTER	Arbejde med opgave 1 og/eller 2 (se afsnittet "Elevopgaver")	1–2 lektioner
	Perspektivering til sundhed, overvågning og bioetik	1 lektion
	Fremlæggelse eller aflevering	0,5–1 lektion

Bemærk om sekventering og valgfri aktivitet

Sekventeringen i MinKnow skal minimum køre i 2 timer. I denne periode anbefales det, at eleverne enten:

- Arbejder videre med deres sekvensdata, forbereder opgaverne eller læser de anbefalede artikler fra Aktuel Naturvidenskab, eller
- Arbejder med en anden aktivitet fra et andet tema i BeScience-programmet (fx pumper, solceller, kulturforståelse)

Valget afhænger af lærernes ønsker og elevernes forudsætninger. Se fx siden Dagsprogram hvor der er forslag til hvordan forskellige aktiviteter kan kobles sammen til en meningsfyldt dag ved BeScience: Afrika i Bjerringbro.

Elevopgaver

Som en del af forløbet arbejder eleverne med en eller begge af de to tilknyttede opgaver. Opgaverne bygger videre på elevernes egne data og observationer og har til formål at fremme refleksion, faglig anvendelse og perspektivering i relation til casen.

Læreren vælger, om hele klassen arbejder med samme opgave, eller om grupperne fordeler sig mellem de to.

Opgaveark findes under Elevark > Opgaver på denne side Sekventering af DNA fra organer og celler.

Produktformater

Opgaverne lægger op til forskellige måder at dokumentere og formidle arbejdet på. Læreren vælger ét eller flere produktformater, som eleverne arbejder hen imod. Mulige formater inkluderer fx faglig rapport, labjournal, video, podcast eller visuel præsentation. Det anbefales at vælge et produktformat, der både giver mulighed for faglig refleksion og er realistisk inden for den afsatte tid.

Opgave 1: Identifikation af patogene bakterier i vandprøve

I denne opgave arbejder eleverne med at analysere DNA-sekvenser fra en vandprøve med henblik på at identificere potentielt patogene bakterier.

Formålet er at undersøge, hvordan DNA-teknologi kan anvendes til at overvåge og vurdere sundhedsrisici i miljøer med begrænset adgang til rent drikkevand – og hvordan denne viden kan bidrage til løsninger i globale sundhedsprojekter.

Opgaven lægger op til tværfaglige perspektiver på folkesundhed, mikrobiologi og internationalt udviklingsarbejde.

Opgave 2: DNA-analyse af vævsprøver fra forskellige miljøer

Her skal eleverne sammenligne DNA-profiler fra forskellige biologiske vævsprøver – fx fra fisk eller insekter – med henblik på at identificere artsvariation eller sundhedstilstand.

Formålet er at give indsigt i, hvordan biologisk materiale kan anvendes til miljøovervågning, fødevaresikkerhed eller økologisk tilstandsrapportering.

Opgaven giver mulighed for perspektivering til bioteknologiens anvendelser i fødevareproduktion, dyrevelfærd eller biodiversitet.

Laboratoriearbejde og protokoller

Forløbet inkluderer fire centrale laboratorie- og analyseværktøjer, der guider eleverne gennem hele workflowet – fra vævsprøve til bioinformatisk analyse. Værktøjerne er opbygget som elevvejledninger, som klassen arbejder med under besøget.

Materialerne findes under Elevark > Værktøjer på denne side Sekventering af DNA fra organer og celler.

Værktøj 1: Protokol for oprensning af DNA (NucleoSpin DNA RapidLyse – Genomic DNA from organs and cells)

Denne vejledning guider eleverne gennem oprensning og ekstraktion af DNA fra biologisk væv – fx fisk, insekter eller andet egnet materiale. Værktøjet introducerer korrekt håndtering af vævsprøver, pipettering, centrifugering og brug af lysis-buffere, og det fremhæver betydningen af renhed og kvalitet i DNA-prøver.

Værktøj 2: Loading af DNA til MinION

Her klargøres flow cell og sekventeringsmix. Eleverne lærer at forberede en prøve til sekventering, anvende pipetter med præcision og følge Oxford Nanopores protokol. Værktøjet fokuserer på tekniske færdigheder og forståelse for, hvordan DNA-sekventering foregår i praksis.

Værktøj 3: Sekventering i MinKnow

Denne vejledning introducerer MinKnow-softwaren og giver eleverne mulighed for at følge sekventeringen i realtid. De lærer at starte et run, kontrollere flow cellens kvalitet og følge dataoutput – samt forstå, hvordan sekvenseringsdata opstår og gemmes.

Værktøj 4: Analyser i EPI2ME

Efter sekventeringen analyseres DNA-data i EPI2ME-platformen. Her identificerer eleverne arter eller bakterier på baggrund af deres DNA-profiler. Værktøjet træner eleverne i klassifikation, tolkning af biologiske data og forståelse for, hvordan bioinformatik kan bruges i praksis – fx i sygdomsopsporing, miljøovervågning eller fødevaresikkerhed.

Tip til læreren

Eleverne arbejder i fem grupper – én per hytte i Forsyningslandsbyen. Hver gruppe anbefales at organisere sig i delgrupper på 2–3 elever, så alle får praktisk erfaring ved stationerne. Der er to sæt udstyr per hytte, og de store arbejdsborde gør det muligt at gennemføre flere aktiviteter parallelt.

Læreren kan med fordel indlægge korte fælles opsamlinger mellem værktøjerne for at støtte elevernes forståelse af workflowet, skabe sammenhæng til casen og fremme refleksion over den bioteknologiske proces.

FN's Verdensmål og perspektivering

Dette undervisningsforløb er tæt knyttet til FN's Verdensmål – både i det konkrete laboratoriearbejde og i den mere overordnede refleksion over bæredygtig udvikling og globale udfordringer.

Verdensmål 3 – Sundhed og trivsel

Gennem arbejdet med DNA fra vævs- og vandprøver får eleverne indsigt i, hvordan genetiske analyser kan bruges til at identificere sygdomsfremkaldende mikroorganismer og vurdere smittespredning. Forløbet viser, hvordan molekylærbiologi kan bidrage til overvågning, forebyggelse og håndtering af sundhedsproblemer – både i lokale og globale sammenhænge.

Verdensmål 6 – Rent vand og sanitet

I opgaven med bakterier i vandprøver undersøger eleverne, hvordan DNA-sekventering kan anvendes til at analysere vandkvalitet og identificere patogene bakterier. Forløbet giver dermed et konkret eksempel på, hvordan naturvidenskab kan støtte arbejdet for adgang til sikkert drikkevand og bedre sanitære forhold.

Verdensmål 13 – Klimaindsats

Klimaændringer påvirker både spredning af sygdomme og kvaliteten af vand og jord. Gennem analyse af mikroorganismer fra forskellige miljøer får eleverne indsigt i, hvordan temperatur, nedbør og forurening kan ændre de biologiske forhold i økosystemer – og hvilke konsekvenser det kan få for sundhed og biodiversitet.

Verdensmål 15 – Livet på land

Når eleverne undersøger mikrobiel diversitet i vævs- og miljøprøver, får de kendskab til metoder, der bruges til at overvåge biodiversitet og miljøsundhed. Forløbet understøtter forståelsen af, hvordan DNA-teknologi kan bruges til at bevare økosystemer, beskytte truede arter og fremme bæredygtig forvaltning af naturressourcer.

Forløbet giver dermed ikke blot tekniske færdigheder og faglig viden, men inviterer også eleverne til at reflektere over, hvordan naturvidenskab og teknologi kan bidrage til løsningen af globale samfundsproblemer – og hvilken rolle de selv kan spille i en bæredygtig fremtid.

Opmærksomhedspunkter og didaktiske tips

Dette afsnit samler centrale overvejelser i forbindelse med planlægning og gennemførelse af forløbet. Her får du både et overblik over faglige forudsætninger hos eleverne, praktiske udfordringer og idéer til, hvordan du kan differentiere eller udvide undervisningen afhængigt af klassens niveau og interesser..

Forforståelse og faglige forudsætninger

Forløbet er målrettet elever med Bioteknologi A, og det forudsættes, at eleverne har en grundlæggende forståelse af:

- DNA's opbygning og funktion
- Genetisk variation og mikroorganismer
- Oprensning og ekstraktionsteknikker
- Sekventering og bioinformatik på introduceret niveau

Det anbefales, at forløbet kobles til et tidligere undervisningsforløb om molekylærbiologiske metoder og anvendelse af DNA-teknologi i forskning og samfund.

Praktiske udfordringer

Der kan forekomme lavt DNA-udbytte, især ved vævsprøver med lav cellemængde eller begrænset kvalitet. Det er en god idé, at grupperne arbejder med mere end én prøve eller har adgang til reserveprøver for at sikre, at der opnås et brugbart datasæt.

Flow cells til MinION-platformen er følsomme og kræver præcis pipettering. Det anbefales, at læreren eller en teknisk underviser klargør flow cell sammen med eleverne og gennemgår kritiske trin som loading. En kort fælles introduktion kan øge elevernes selvsikkerhed og minimere fejl. Hvis eleverne har øvet pipettering hjemmefra, er det en stor fordel.

Differentiering og udvidelse

Forløbet lægger op til differentiering på flere niveauer:

- Nogle grupper kan gå i dybden med tolkning af sekvensdata og klassificering af mikroorganismer
- Andre kan fokusere på anvendelsesorienterede perspektiver, fx sundhedsforebyggelse eller fødevarehygiejne
- Der kan inddrages offentlige datasæt eller tidligere elevresultater til sammenligning eller træning i bioinformatik

Forløbet kan også anvendes tværfagligt, fx i diskussioner om teknologiens rolle i samfundet, etik og global sundhed. Det egner sig desuden som afsæt for SRP-/SOP-projekter med fokus på DNA-teknologi, bæredygtighed og samfundsperspektiver.