

Børge Styrvold

Mikroplast i undervisning innen bærekraftig utvikling

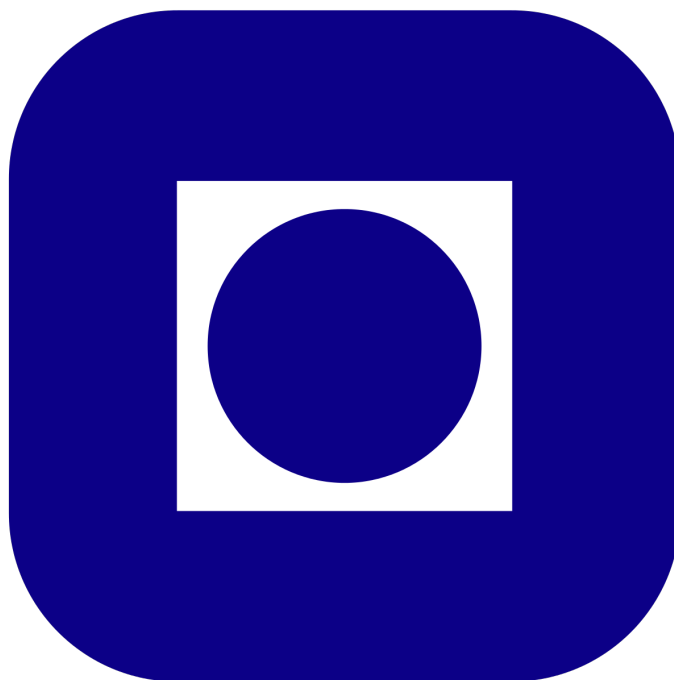
En undersøkelse av hvordan mikroplast i strandsedimenter kan analyseres med en metode som er anvendelig i videregående skole.

Masteroppgave i Lektor i Geografi 8-13 trinn

Veileder: Jorunn Reitan

Medveileder: Jakob Bonnevie Cyvin

Mai 2024



Børge Styrvold

Mikroplast i undervisning innen bærekraftig utvikling

En undersøkelse av hvordan mikroplast i strandsedimenter kan analyseres med en metode som er anvendelig i videregående skole.

Masteroppgave i Lektor i Geografi 8-13 trinn
Veileder: Jorunn Reitan
Medveileder: Jakob Bonnevie Cyvin
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for geografi



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven er en undersøkelse av hvordan mikroplast kan analyseres i strandsedimenter med en metode som kan gi både forskningsanvendelige resultater og som kan benyttes i undervisningssammenheng ved videregående skole.

En stor takk til Instituttet for Geografi, NTNU og Jakob Berg Lofthus som lot meg benytte meg av og undersøke sedimentprøvene samlet inn på Grønland i 2019.

Enda større takk til Jorunn Reitan og Jakob Bonnevie Cyvin, de har vært fantastisk gode veiledere igjennom hele denne perioden med masterskriving. For min del hadde det ikke vært mulig å betale for bedre veiledning en den jeg har mottatt fra dem, og denne oppgaven hadde ikke vært i nærheten av den samme oppgaven uten dem.

Til slutt ønsker jeg å takke familie og venner for entusiasmen og støtten de har gitt meg over årene. Dere vet hvem dere er.

Tusen takk!

Sammendrag

Plast er et relativt nytt og allsidig menneskeskapt materiale, og den årlige produksjonen av plast øker stadig raskere. En stor mengde plast og mikroplastpartikler ender opp i naturen og i havet. Her kan plast være med på å skade det økologiske mangfoldet i naturen, og mikroplastpartikler kan fraktes til de mest isolerte områdene av jordkloden gjennom blant annet vind og havstrømninger. Med fortsatt økt plastproduksjon og bruk i fremtiden, blir plastforurensning og mikroplast i naturen problematisk som kan kobles opp mot FN sine bærekraftsmål og undervisning innen bærekraftig utvikling i skolen. I denne oppgaven ble det undersøkt til hvilken grad en analyse av mikroplast kan gjennomføres på strandsedimenter for å gi forskningsanvendelig data, samtidig som metoden benyttet skulle kunne være anvendelig til undervisning i videregående skole. Valg av metode er dermed tatt med hensyn til hvor gjennomførbare de er i undervisningssammenheng og til hvilken grad elevene får et relevant læringsutbytte av å jobbe med dem i et tverrfaglig undervisningsopplegg. Opplegget gjennomføres i fellesfagene Naturfag, Geografi og Samfunnskunnskap, da disse fagene dekker de økonomiske, samfunnsmessige og miljømessige aspektene av problematikken knyttet til plast og mikroplast. Undervisningsopplegget legger opp til at elevene skal gjennomføre et utforskende feltarbeid, analyserende lab arbeid, og kritisk refleksjon av egne funn, erfaring og tanker i etterkant av arbeidet.

Metodene som ble benyttet inkluderte bulkinnsamling av strandsedimenter, tørking og siling av disse prøvene, før det ble gjennomført tetthetsseparasjon ved flotasjon, vakuumpumpe filtrering, og visuelle sortering og identifikasjon av mikroplastpartikler. Til slutt ble det gjennomført en oksidasjonsreaksjon for å fjerne organisk materiale fra prøvene før en avsluttende Nile-Red undersøkelse. For å undersøke hvor reliable de valgte metodene var, og for å undersøke validiteten av resultatene, ble det gjennomført en undersøkelse av strandsedimenter fra Grønland i denne oppgaven. Dette gir oppgaven et globalt fokus, mens det tilhørende undervisningsopplegget har et mer lokalt fokus. Konsentrasjonen av mikroplastpartikler per kilo sedimenter funnet i denne undersøkelsen var sammenliknbar med tidligere analyser av mikroplast i strandsedimenter fra andre geografiske områder tidligere. Resultatene funnet med den valgte metoden er dermed valide, samtidig som metodene er gjennomførbare i undervisningssammenheng ved videregående skole. Med tanke på at det er undersøkt relativt få prøver, og mengden bakgrunnsforurensning observert i blankprøvene, er det ikke mulig å konkludere hvor reliabel metoden er ut ifra denne oppgaven. Videre

forskning er anbefalt for å undersøke reliabiliteten og validiteten av metoden, samt hvordan undervisningsopplegget fungerer i praksis i skolen. Dersom resultatene fra et slikt forsøk er positive, kan denne typen forskningsprosjekt muligens ha videre interesse for bruk innen mikroplast forskningsmiljøet.

Antall ord: 21157

Abstract

Plastics is a relatively new and versatile man-made material, and the annual production and use of plastics worldwide is still on the rise. Of the produced plastic, a large amount of larger plastic waste and microplastic particles eventually end up as litter in nature and in the oceans. There, plastics can be harmful to the ecological diversity, and microplastics can be spread with the wind and sea currents to even the most remote areas of the Earth. As the production and usage of plastic continue to increase, littering, waste and microplastics in nature have become problem areas that can be linked to the UNs Sustainability Goals and schools' education on sustainable development. In this thesis the degree to which analysis of microplastics in beach sediments can be performed in order to achieve scientifically valuable data, while the methods used still are applicable to use in relation with teaching in High School, have been evaluated. Hence, the methodical choices have been made with how easily they could be used within the context of teaching and education, and in accordance to the knowledge and competence the students gain from an interdisciplinary exercise of this kind. The exercise is meant to be completed within the joint subjects Naturfag, Geografi and Samfunnskunnskap. These subjects highlight the three different dimensions associated with sustainability and, by extension, microplastics: economics, societal and environmental. Such an interdisciplinary exercise aims to let the students perform an exploratory fieldwork in a non-traditional educational setting, analytical research in a lab, and critical reflection of their own discoveries, experiences, and thoughts after completing the analytical research.

The methods used included collecting bulk-samples of beach sediments, drying and sieving of these samples, before they underwent a density separation process by flotation, filtration by vacuum-pump, and a visual sorting and identification of microplastics particles. Thereafter an oxidation reaction was used to remove organic matter from the samples before a Nile-Red fluorescens test was carried out. In order to investigate the reliability of the selected methods included in the exercise, and to research the validity of the results found, an analysis of beach sediments from Greenland was performed. This ensures the thesis highlights the microplastics issue on a global scale, while the interdisciplinary exercise will let the students explore the issue on a local scale. The concentration of microplastic particles found per kilogram sediment was comparable to what other researchers have found in other geographical areas previously, using mostly the same methods. In other words, the results using this method can be said to be valid, while simultaneously being applicable in education. However, due to the fact that only a few samples were analysed, and the large amount of

background contamination observed through blank samples, it isn't possible to conclude the degree of reliability of the methods. Further research is recommended in order to ensure reliability, and in order to investigate how the interdisciplinary exercise works in practice. If the results from further research were positive, this type of citizen research might have an interest to be used for continued research within the microplastics scientific community.

Number of words: 21157

Innhold

1. Introduksjon.....	1
1.1. Bakgrunn og motivasjon	1
1.2. Problemstilling og forskningsspørsmål.....	4
1.3. Forskningsområde	5
2. Teori.....	7
2.1. Hva er plast?.....	7
2.1.1. Klassifisering av plast etter størrelse	9
2.1.2. Degradering av plast over tid	11
2.2. Tidligere forskning.....	12
2.3. Bærekraftig utvikling	14
2.3.1. Bærekraftig utvikling i skolen	14
2.3.2. Bærekraftdidaktikk.....	15
2.3.3. Tverrfaglig undervisning	18
2.4. Dybdelæring og feltarbeid.....	19
2.4.1. Citizen Science	22
2.4.2. Undervisningsopplegg	23
2.5. Metodisk teori.....	25
2.5.1. Del 1: Innsamling og forberedelse av forskningsprøver	25
2.5.2. Del 2: Tetthetsseperasjon og filtrering	27
2.5.3. Del 3: Visualisering og kvantifisering	30
3. Metode.....	33
3.1. Innsamling og preparering av forskningsprøver	33
3.2. Tetthetsseperasjon og filtrering.....	34
3.3. Visualisering og kvantifisering av filtrert mikroplast	36
3.4. Reliabilitet og validitet.....	38
4. Resultater	41
4.1. Observert mikroplast før Nile-Red	41
4.2. Observert mikroplast etter Nile-Red.....	45
4.3. Egne erfaringer fra gjennomføring av metoden	46
5. Diskusjon.....	49
5.1. Hvordan fungerer metodene beskrevet i denne oppgaven til å finne vitenskapelig data som kan benyttes videre i forskning senere?.....	49
5.1.1. Feilkilder og egenvurdering.....	53
5.2. Hvor godt egnet er mikroplast som et tema til å skape engasjement og nysgjerrighet rundt det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling?	55

5.2.1. Hvorfor er de ulike fagene inkludert i det tverrfaglige undervisningsopplegget relevante?	55
5.2.2. Hvor godt egnet er undervisningsopplegget til undervisning innen bærekraftig utvikling?	56
5.2.3. Potensiell utvidelse av undervisningsopplegget	60
5.3. Hvordan fungerer det å kombinere et undervisningsopplegg med et citizen science prosjekt?	62
6. Konklusjon	63
7. Kilder	65
8. Appendiks 1 - Plan for undervisningsopplegg	71

Figurer

Figur 1: Den årlige plastproduksjonen i verden, i henhold til prosentandel ulike industrier står for (Plastic Overshoot Day, 2023)	8
Figur 2: Polymeriseringsprosessen av monomet Etylen til polynomet Polyetylen, adaptert fra (MDI, 2022).....	9
Figur 3: Størrelsesforskjellen mellom en elg og en mus tilsvarer hvor store forskjellene mellom de minste og de største mikroplastpartiklene, som definert i (Frias et al., 2018).....	10
Figur 4: Ulike roller for elever og lærere, opplegg og rammer for dem (Oost et al., 2011).....	21
Figur 5: Dersom CS-prosjekter skal kombineres med undervisning er det flere spørsmål som må besvares, adapter fra (Kloetzer et al., 2021)	22
Figur 6: Oppsettet for vakuumfiltrering, inkludert funnel, base og stopper, klype og sidearms FLASKE. (Foto: Styrvold, 2024)	35
Figur 7: To petriskåler teipet sammen med filtrene plassert midt imellom dem, og koordinatsystem tegnet ovenfor for å forenkle den visuelle inspeksjonen av prøvene med lysmikroskop. (FOTO: Styrvold, 2024).....	36
Figur 8: Bliker benyttes ofte for å illustrere begrepene validitet og reliabilitet, og forskjellen mellom dem (scienceready, 2024).....	38
Figur 9: De ulike partiklene funnet i sedimentprøvene fra Grønland som er blitt vurdert til å være plastpartikler etter visuell inspeksjon. (1) lyse/gjennomsiktige fibre. (2) Røde fibre. (3) Blå/sorte fibre. (4) Brune fragmenter. (5) Hvite filamenter. (6) Røde/mørke fragmenter. (7) Gjennomsiktige pellets. (8) Sorte fragmenter. Partiklene ligger på et filter med mesh-åpning på 104µm. (FOTO: Styrvold, 2024).....	42
Figur 10: Fluorescerende partikler i prøven som et resultat av NR-farging. 1. Røde fibre. 2. Røde filamenter. 3. Blå fibre. 4. gule/gjennomsiktige filamenter. Partiklene ligger på et filter med mesh-åpning på 104µm. (FOTO: Styrvold, 2024).....	45

Tabeller

Tabell 1: De ulike størrelseskategoriene som benyttes i litteraturen om plast, adaptert fra (Frias et al., 2018).....	10
Tabell 2: tidligere funn innen mikroplastforskning på strandsedimenter	13
Tabell 3: Rammeverktøy for planlegging av undervisningsopplegg i tråd med bærekraftdidaktikken, adaptert fra (Sinnes, 2021)	18
Tabell 4: Tabell med kriterier for visuell identifikasjon av plast	37
Tabell 5: Antall ulike partikler observert ved visuell sortering ved mikroskopi	44
Tabell 6: Resultater som et følge av NR	46

1. Introduksjon

1.1. Bakgrunn og motivasjon

I løpet av det siste århundre har menneskelig aktivitet forårsaket irreversible endringer på både jordoverflaten og atmosfæren, fra klimagassutslipp til plastforsøpling. Med hensyn til hvilken grad menneskeheten har påvirket jorda og atmosfæren, har forskere foreslått å kalle den nåværende geografiske perioden for ‘*antropocen*’ (Crutzen & Stoermer, 2021).

Antropocen benyttes for å forklare en geologisk periode hvor mennesker er en geologisk agent med et stort ansvar for endringer på økosystemer, landskap og klima på Jorda (Johnson et al., 2022). I denne geologiske tidsperioden påvirker mennesket utviklingen av planeten på samtlige nivåer: fra den kjemiske sammensetningen av atmosfæren, til størrelse på skog og villmark, havnivået, klimaet generelt, og antall levende arter (Porta, 2021). Den menneskelige påvirkningen på Jorda kan ikke argumenteres mot siden Jorda har beveget seg inn i perioden antropocen, og et av eksemplene på dette er et menneskeskapt, syntetisk materiale: plast.

Plast er et relativt nytt materiale, spesielt med tanke på hvordan det masseproduseres og benyttes i det moderne samfunnet. Materialet skapes gjennom en prosess kjent som polymerisering (Crawford & Quinn, 2016), som forklares nærmere i kapittel 2.1. Produksjonen av plast på kloden har gått opp fra to millioner tonn i året i 1950, til over 350 millioner tonn i året i 2020. Samtidig er det forventet at plastproduksjonen vil stige til over 30 milliarder tonn årlig innen 2050 (Porta, 2021). Det er flere grunner til hvorfor plast er blitt et så viktig materiale som det har blitt: plast er billig, formbart, har lav egenvekt, og er allsidig. Dermed er plast et gunstig materiale å benytte i en rekke industrier og til en mengde ulike formål. Plast benyttes blant annet i bilindustrien til å lage biler med lavere egenvekt, som dermed vil benytte mindre fossilt drivstoff, som igjen vil føre til mindre utslipp av klimagasser. Ellers benyttes plast også til å isolere elektriske kabler og som matemballasje (Nielsen et al., 2020). Et vanlig bruksområde av plast er emballasje, og det benyttes i stor grad engangsbeholdere og engangsbruk innpakning som emballasje (Geyer et al., 2017). Plast er med andre ord en type materiale som kan benyttes på tvers av en mengde ulike industrier og applikasjoner, og det har vært med på å avansere teknologisk utvikling og innovasjon i samfunnet siden 1950. Men, plast er på ingen måte det perfekte materialet for et bærekraftig samfunn.

Bærekraft er et uttrykk som har fått stort fokus i det internasjonale samfunnet. Dette ble spesielt godt understreket av Bruntlandskommissjonen i 1987 (WCED, 1987), som skrev at

mennesker i dagens samfunn skal kunne dekke sine behov uten at det ødelegger for fremtidige generasjoners mulighet til å tilfredsstille sine behov. Dette er reflektert videre i FN sine bærekraftsmål, introdusert i 2015 (FN Generalforsamling, 2015). Til tross for at plast er et økonomisk gunstig materiale, er det ikke bærekraftig slik det benyttes i dagens samfunn. De vanligste typene plast produseres fra fossile hydrokarboner, altså fra hydrokarboner som finnes naturlig i olje, gass og kull. Plast laget fra slike hydrokarboner vil ikke brytes ned biologisk, og plastforsøpling fører dermed til oppimot permanent forurensning av naturmiljø (Geyer et al., 2017). For øyeblikket produserer menneskeheten 350 millioner tonn plastforurensning årlig, men dette tallet er forventet å tredobles innen 2060 dersom nye retningslinjer og regler ikke blir innført (Alves, 2024). Plastforurensning er et globalt problem. Overalt på kloden kan plastforurensningsproblemet bli observert, fra toppen av de høyeste fjellene på jordoverflaten (Napper et al., 2020) til dypt på havbunnen (Woodall et al., 2014). Spesielt problematisk er plastforurensning av havet, ettersom plast i marine miljøer utsettes for vind, bølger og havstrømmer som kan frakte plastforsøpling til øde steder på kloden, som Antarktis (Barnes et al., 2010) og Grønland. Plastprodukter brytes mekanisk ned over tid, noe som fører til at en stor mengde mikroskopiske plastpartikler spres i naturen. Disse mikroskopiske partiklene kalles for mikroplast.

Plastforurensning kan altså finnes stort sett over hele kloden, men hvorfor gjør mikroplast og plastforurensning både medlemmer av forskningsmiljøer og andre samfunnsmedlemmer så bekymret? For det første vil plast avfall på strender og i naturen generelt ha en direkte påvirkning på de kommersielle verdiene et område har med hensyn til turisme, da mindre plastavfall vil øke inntektene fra turisme (Qiang et al., 2020). Utenom rene estetiske og økonomiske problemer tilknyttet plastforurensning vil spesielt mikroplast kunne være skadelig til miljø og økologisk mangfold på kloden. Mikroplastpartikler og større plastprodukter som ender opp i havet kan fungere som transportmidler for små organismer som bakterier og virus, kalt patogener, og disse patogener kan overføres til nye områder hvor de kan være en helsefare til dyr og mennesker (Bowley et al., 2021). Slike patogener kan for eksempel bli konsumert av større dyr, for eksempel blir plastposer ofte forvekslet med mat og spist av dyr, som kan føre til at dyrene sulter, kveles, får infeksjoner eller får redusert deres reproduktive ferdigheter. Store, utrydningstruede skilpadder har flere ganger blitt kvelt etter å ha spist plastposer som var innviklet i tang (Dey et al., 2024). Samtidig som større plastprodukter påvirker større dyr, som skilpadder og sjøfugler, vil mikroplastpartikler være en fysisk trussel for mindre organismer som fisker og muslinger. Mikroplastpartikler, som

også frakter patogener, er påvist å forårsake redusert kroppsvekt, fysiologisk stress og hormonforstyrrelser (Takada et al., 2022). For fremtidige generasjoner vil redusert størrelse og populasjon av fisk, muslinger og andre organismer ikke bare være en trussel til økologisk mangfold i havet, men også mot tilgjengeligheten av sjømat.

Plastforurensning er altså et globalt problem, med konsekvenser for miljø og samfunn på flere nivåer. Det er derfor ikke overaskende at FN i 2015 la frem en rekke ambisiøse bærekraftsmål og tilhørende delmål for hva det globale samfunnet bør forsøke å oppnå innen 2030 for å skape en bærekraftig fremtid. Inkludert i disse målene er blant annet å forhindre og eliminere forurensningen av havet, og å ivareta ressursene og det biologiske mangfoldet (FN Generalforsamling, 2015). I et forsøk på å fremme en slik bærekraftig utvikling og bærekraftig handlingskompetanse i samfunnet, oppfordrer FN land til å aktivt inkludere bærekraftsmålene i læreplaner, lærerutdanning og evaluering av elever i skolen (FN Generalforsamling, 2015). Utdanning er generelt en viktig metode for å fremme et bærekraftig samfunn, og utdanning innen bærekraftig utvikling er ment å gi en langvarig, positiv effekt på samfunnet (Klein, 2020). Dette er reflektert i de nye læreplanene som ble introdusert gjennom fagfornyelsen i Kunnskapsløftet 2020, hvor bærekraftig utvikling ble introdusert som ett av tre tverrfaglige temaer i den overordnede delen av læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2020). I skolen vil det være viktig å fremme en forståelse på tvers av de ulike delene av begrepet bærekraftig utvikling: de økonomiske, samfunnsmessige, og miljømessige aspektene. En slik dybdeforståelse krever at temaet undersøkes og diskuteres i flere ulike skolefag, gjerne gjennom et tverrfaglig samarbeid (Bolstad, 2020). Bærekraftig utvikling handler i stor grad om å undersøke og drøfte rundt kompliserte problemstillinger og temaer.

Ideen med denne oppgaven er at mikroplast og plastforurensning skal kunne benyttes som et virkemiddel for å eksemplifisere hvordan elevene selv kan undersøke og påvise viktigheten av temaet bærekraftig utvikling i sitt eget nærmiljø. Plast i seg selv, med hensyn til konsekvensene presentert ovenfor, fungerer som et eksempel på et globalt miljøproblem, og som kan undersøkes lokalt. Utbredelsen av mikroplast i naturen kan undersøkes med flere ulike metoder. Metodene som er benyttet i denne oppgaven er blant annet tetthetsseparasjon, filtrering, oksidasjon, bulkinnsamling og mikroskopi. Slike metoder kan også benyttes i undervisningssammenhenger for å skape dybdeforståelse og en interesse for vitenskap. Innsamling av prøver, behandling og separasjon av mikroplastpartikler fra sedimenter, samt kvantifisering og identifikasjon av partiklene er mulig å gjennomføre ved de fleste

videregående skoler. Liknende undersøkelser er gjennomført tidligere i sammenheng med såkalte citizen science prosjekter (Oturai et al., 2022), der data som opparbeides kan benyttes til videre forskning. For elevene kan dette være en motiverende faktor, noe som kan bidra til bedre læring og en motivasjon til å studere bærekraftig utvikling og mikroplast (Midtaune et al., 2018).

Et større prosjekt innen bærekraftig utvikling i skolen bør gjennomføres i flere fag for å belyse de ulike aspektene innunder begrepet, og spørsmålet blir dermed om det er mulig å skape et ett undervisningsopplegg rundt mikroplast som er både tverrfaglig godt og fungerer som et eksempel på hva bærekraftig utvikling innebærer i praksis? Målet med denne oppgaven er å utvikle et undervisningsopplegg og en metode som kan benyttes for å undersøke mikroplast i sedimentprøver i undervisningssammenheng ved videregående skole, og at elevene gjennom dette opplegget får et innblikk i problemstillinger relatert til bærekraftig utvikling. Dette innebærer både at metoden er gjennomførbar, og at elevene forstår verdien av å gjennomføre opplegget. Det er også et mål om at elevene gjennom opplegget skal utvikle en interesse for vitenskap og forskning, og det er mulig å gjennomføre et undervisningsopplegg i samarbeid med vitenskapelige miljøer. Som lektorstudent gir denne oppgaven muligheten til å ikke bare undersøke en problemstilling med stadig økende relevans, men også muligheten til å utvikle og skape ett større tverrfaglig undervisningsopplegg. I utviklingen av et slikt tverrfaglig opplegg må det tas høyde for flere ulike aspekter, som blant annet skolens økonomiske og materielle begrensninger, hvilke fag som bør, eller kan, inkluderes i undervisningen, og om det er mulig å oppnå forskningsanvendelige resultater gjennom metoden som utvikles for undervisningsopplegget?

1.2. Problemstilling og forskningsspørsmål

Denne oppgaven har dermed to mål: For det første er det forsøkt å finne og undersøke en metode som gjør det mulig å analysere sedimentprøver og presentere valide og reliable resultater gjennom denne metoden. Dermed vil resultatene fra metoden være mulig å anvende i videre forskning. Det andre målet er at metoden som utvikles skal kunne benyttes i den gjennomsnittlige norske videregående skolen, og være et pedagogisk og bærekraftdidaktisk sterkt, relevant og givende undervisningsopplegg. Begge disse målene er reflektert i oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

Problemstilling: I hvilken grad kan en analyse av mikroplast i strandsedimenter gi data som er anvendelig i forskning, samtidig som metoden benyttet skal være anvendelig til undervisning om bærekraftig utvikling i videregående skole?

Forskningsspørsmål 1: Hvilke fag kan være relevante å inkludere i et tverrfaglig undervisningsopplegg som omhandler analyser og forskning på mikroplast i sedimentprøver, og hvorfor er de respektive fagene relevante?

Forskningsspørsmål 2: Hvilke metoder for analyse av mikroplast i sedimentprøver er realistiske å benytte i skolen, med tanke på økonomi, utstyr og kompetanse hos elever og lærere?

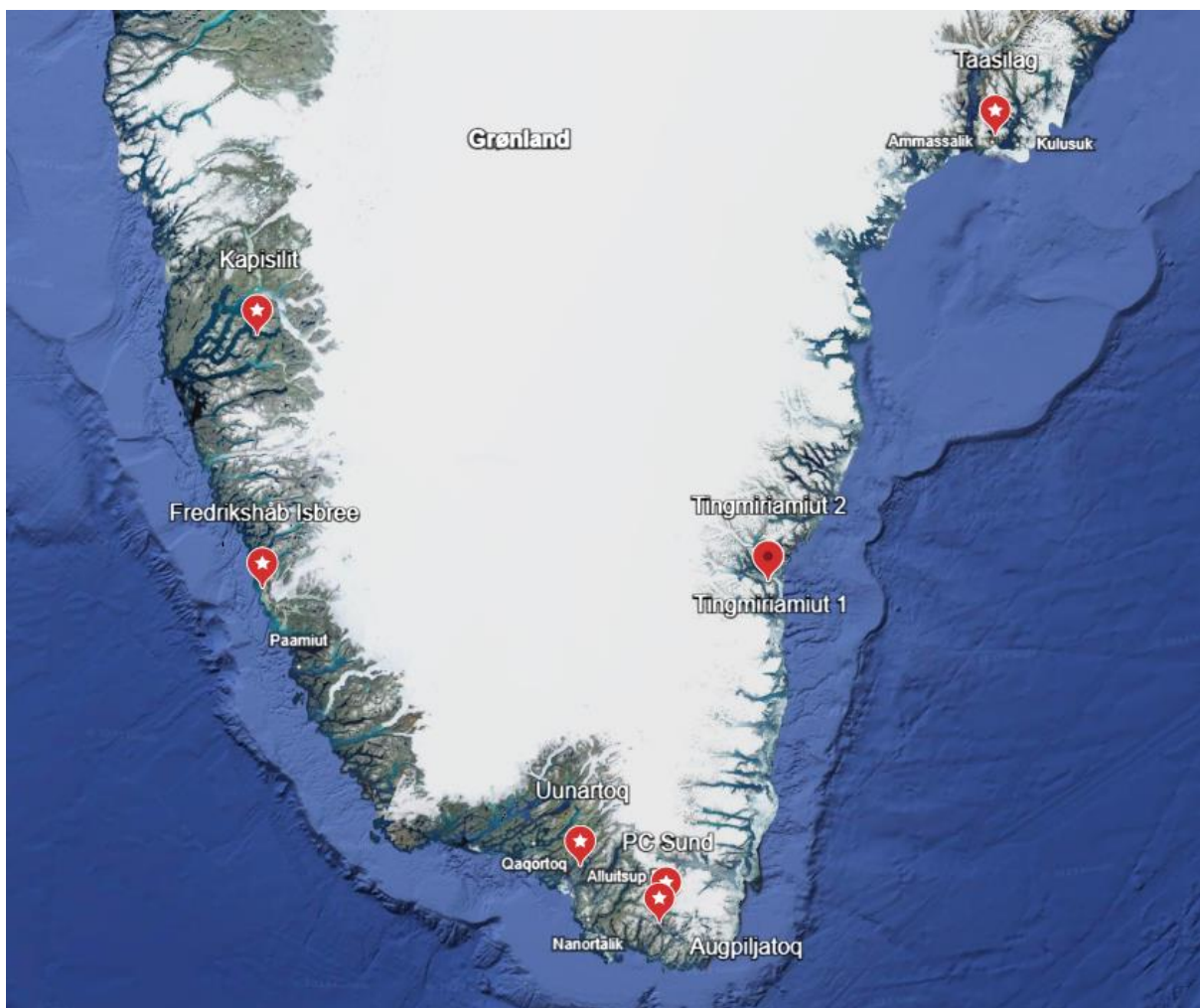
Forskningsspørsmål 3: I hvilken grad er det mulig å utvikle undervisningsopplegg relatert til mikroplast hvor dataene elevene samler inn kan benyttes i videre forskning?

1.3. Forskningsområde

Prøvene som har blitt undersøkt i denne oppgaven ble samlet inn på Grønland i 2019 av Jakob Berg Lofthus (Bazilchuk, 2019). Siden den gangen har prøvene ligget på NTNU Dragvoll uten en plan for hvordan eller hva prøvene skulle benyttes til. Da jeg begynte å undersøke potensielle forskningsspørsmål for masteroppgaven min fikk jeg høre om disse prøvene, og jeg var umiddelbart interessert i å undersøke disse prøvene og temaet mikroplast. Prøvene var samlet inn fra åtte forskjellige strender fra den sørlige delen av Grønland. De geografiske lokasjonene til de ulike strendene er visst i figur 1. I denne oppgaven er det blitt gjennomført en undersøkelse av åtte prøver fra fem ulike strender, og fokuset har vært på å undersøke kvaliteten og validiteten av metodene.

Å undersøke sedimentprøver fra Grønland kan kanskje virke spesielt for en oppgave som forsøker å skape et undervisningsopplegg for bruk i norsk videregående skole. Ved å undersøke prøver fra Grønland, som er såpass fjernt fra Norge og lite trafikkert av mennesker, kan vi undersøke hvordan mikroplast er mulig å finne overalt på Jorda. Om vi finner mikroplast i strandsedimenter fra Grønland vil dette fungere som en god illustrasjon for hvor utbredt problemer som plastforurensning og mikroplast er globalt, og fremheve viktigheten av et fokus på bærekraftig utvikling. Forsøket gjennomført i denne oppgaven skal være med på å belyse det globale forhold innen tematikken, samtidig kan elevene gjennomføre det tilhørende undervisningsopplegget for å undersøke sine lokale nærmiljøer. Prøvene som er undersøkt i

denne oppgaven var enkle å håndtere, med lite organisk materiale. At prøvene som ble undersøkt var enkle å jobbe med gjør at det kan være enklere for elever å reprodusere forsøket og funnene senere. En annen grunn til å undersøke nettopp prøvene fra Grønland er også at det ikke er funnet noen tidligere undersøkelser av mikroplast i sedimentprøver fra dette området. Mangelen på sammenlignbare undersøkelser fra samme området gir en ekstra spenning rundt resultatene og funnene. Denne oppgaven er også et forsøk på å teste og utvikle ett didaktisk godt undervisningsopplegg som kan benyttes i tverrfaglig undervisning i fremtiden. Dermed er det viktig å prøve og undersøke ulike aspekter av metodiske grep for å gjøre gjennomføringen av undersøkelsen så klar og god som overhodet mulig.



FIGUR 1: BILDE OVER GRØNLAND MED DE GEOGRAFISKE LOKASJONENE STRANDESEDIMENTPRØVENE BLE SAMLET INN FRA I 2019 (GOOGLE EARTH, 2023)

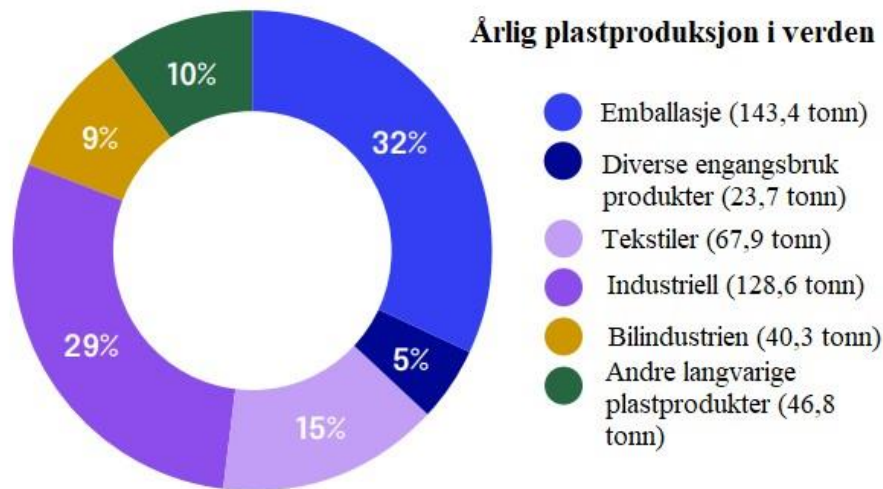
2. Teori

Denne delen av oppgaven vil benyttes til å kartlegge bakgrunnskunnskapen som er nødvendig for å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det vil være nødvendig å belyse Kunnskapsløftet 2020, heretter LK20, og mer fagspesifikke læreplaner for å forstå rollen bærekraftig utvikling og tverrfaglig undervisning har i videregående skole. I tillegg må det utredes nøye rundt teorien som ligger til grunn for metoden som benyttes for å undersøke og analysere mikroplast i marine sedimenter. Teorien gir muligheten til å oppnå en dypere forståelse rundt valgene som blir gjort i oppgaven. Først og fremst er det nødvendig å forstå hva plast er, hvorfor det er et populært materiale, og hvordan det er et problematisk materiale. Videre må det skapes en forståelse rundt hva mikroplast er, og hvordan dette relaterer til temaet bærekraftig utvikling, som har en viktig posisjon både i internasjonal politikk og i den norske skolen. For å kunne fremme læringsglede, interesse for vitenskap og dybdeforståelse beskrives ulike metoder som kan benyttes til å undersøke mikroplast i strandsedimenter grundig, med mål om å finne en metode som kan gi gode og reliable resultater når den benyttes i en undervisningssammenheng.

2.1. Hva er plast?

Plast er en del av en nyere type materiale utviklet i det tjuende århundre: syntetiske polymerer (Worm et al., 2017), men mennesker har benyttet og modifisert naturlige materialer som stein, leire og metaller gjennom årtusener. Det er blitt gjort funn i pyramidene i Egypt hvor det ble benyttet en form for vulkanisering på stoffet mumier ble pakket inn i (Gilbert, 2017). Syntetiske polymerer markerte en stor endring i historien om hvordan mennesker benytter seg av naturlige ressurser. Plast finnes overalt. Det er et billig og allsidig materiale som kan benyttes i en rekke ulike apparater og industrier, fra smarttelefoner til emballasje (PlasticsEurope, 2021). Av verdens plastproduksjon benyttes 32 prosent av denne plasten som emballasje, og fem prosent til benyttes til å lage diverse engangsbruk produkter. Bilindustrien, tekstilindustrien og annen industriell bruk står for 53 prosent av plastproduksjonen årlig, som

visst i figur 2 (Plastic Overshoot Day, 2023). Dette har gjort plast til et svært verdifullt og nyttig materiale for det moderne samfunnet.

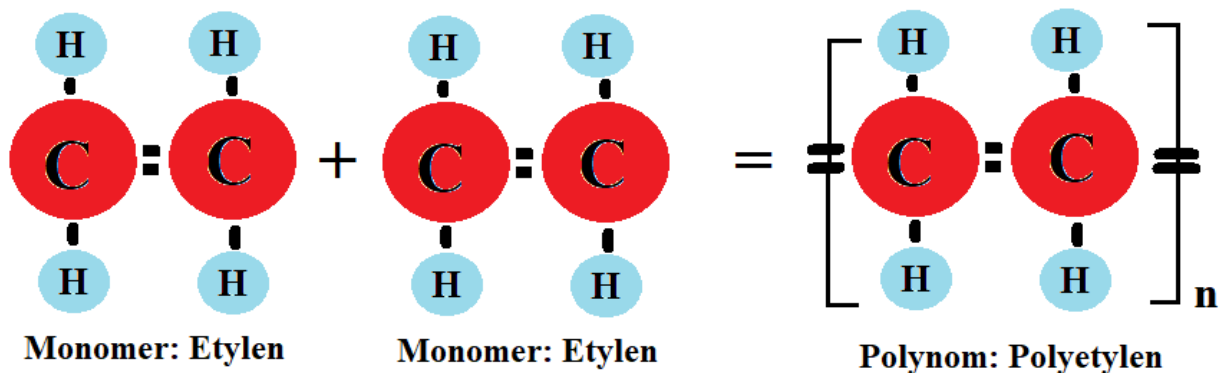


FIGUR 1: DEN ÅRLIGE PLASTPRODUKSJONEN I VERDEN, I HENHOLD TIL PROSENTANDEL ULIKE INDUSTRIER STÅR FOR (PLASTIC OVERSHOOT DAY, 2023)

Det finnes eksempler på organiske polymerer i naturen, cellulose og DNA er gode eksempler på dette. Kjemikere hadde stort sett uten hell forsøkt å forstå egenskapene og strukturen deres frem til begynnelsen av det tjuende århundre. I 1870 klarte John Wesley Hyatt å fremstille kjemisk modifisert cellulose, kalt Celluloid (Mercelis, 2020). Celluloid ble blant annet benyttet til å lage filmen for stumfilmer. Men det skulle likevel ta nesten førti år til før det første kommersielt viktige syntetiske polymere ble oppfunnet. Leo Baekeland oppfant Bakelitt i 1907. Bakelitt påvirket en mengde industrier, fra bilindustrien til elektrisitet og radioindustrien, og materialet bidro til utviklinger og ekspansjoner i en rekke industrier i det som har blitt kalt for den andre industrielle revolusjonen (Mercelis, 2020). Baekeland er også sagt å være den første personen som benyttet seg av begrepet plastikk, fra det greske plastikos, som betyr formbart. I dag er det vanligere å benytte begrepet plast, ikke plastikk. Antall ulike polymerer og generell produksjon av plast har siden 1907 økt betraktelig, og plastindustrien har vært med på å endre store deler av menneskelig materialistisk konsum (Worm et al., 2017).

Polymerer er makromolekyler, store molekyler, satt sammen av flere mindre, individuelle hydrokarbon molekyler kalt monomer. Slike monomer bindes sammen ved en prosess kjent som polymerisering. Et eksempel på polymerisering er når monomeren etylen (C_2H_4) blir polymerisert til polyetylen (PE, $(C_2H_4)_n$) (Crawford & Quinn, 2016), og en illustrasjon av

denne prosessen kan sees i figur 3 nedenfor. Polymeriseringsprosessen foregår under trykk, høy temperatur og ved hjelp av ulike katalysatorer. Det er en prosess hvor monomer kjemiske bindes sammen som enten polymere kjeder eller tre-dimensjonale nettverk (Jenkins et al., 1996).



FIGUR 2: POLYMERISERINGSPROSESSEN AV MONOMET ETYLEN TIL POLYNOMET POLYETYLEN, ADAPTERT FRA (MDI, 2022)

Som nevnt i innledningen fremstilles plast i media, og i en mengde forskning, som et forurensningsproblem, men samtidig har plast på mange måter også vært med på å skape et mer bærekraftig samfunn: plastemballasje beskytter mat og reduserer matsvinn, det har blitt mulig å lage lettere materialer for blant annet bilindustrien, og plast er et ypperlig materiale for blant annet isolering av elektriske kabler (Nielsen et al., 2020). Mangfoldet av polymerer og allsidigheten deres gjør det altså mulig å produsere store mengder ulike plastprodukter som kan bidra til teknologiske fremskritt, energisparing, og flere andre samfunnsfordeler, samtidig som produksjonen er økonomisk svært rimelig (Thompson et al., 2009). Men, plastforsøpling er også blitt et stort, globalt problem. Det er rapportert at opp til to millioner tonn plast ender opp i havet årlig (Ritchie et al., 2023), og flere rapporter viser til isolerte strender dekket av plast. Samtidig florer det med bilder og videoer av fugler, delfiner og andre marine dyr enten innviklet i plast eller omkommet fra å konsumere plast (Nielsen et al., 2020).

2.1.1. Klassifisering av plast etter størrelse

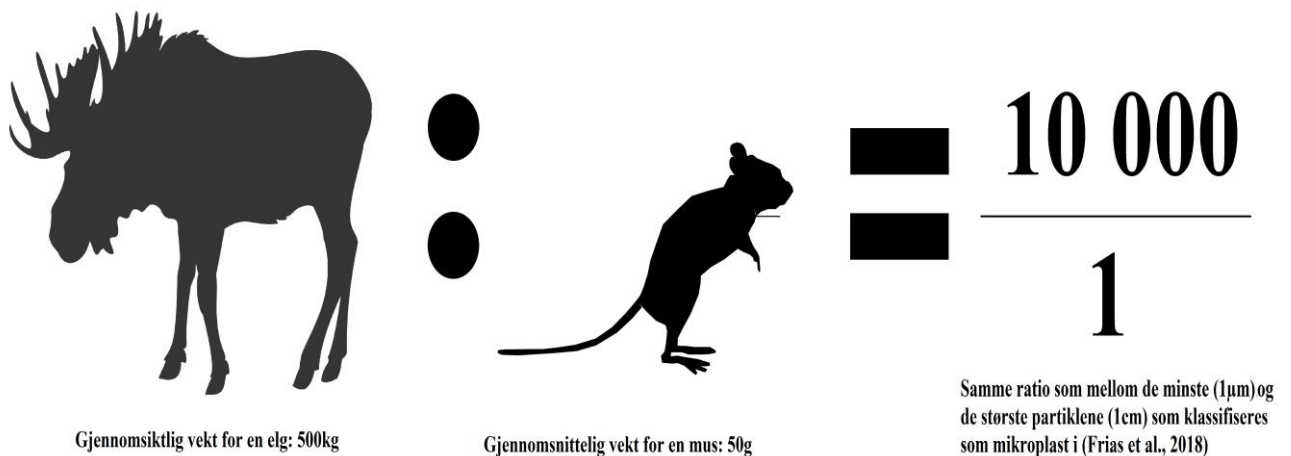
Med en stadig økende global plastproduksjon har det blitt et økt søkelys på plastforurensning innen forskning, og i samfunnet generelt. Plast fremstilles og produseres nå i en mengde ulike størrelser og former. Ettersom ulike typer plast vil ha ulik egenvekt, kan det være tungvint å klassifisere plast etter ulike partiklers volum, og dermed kan det i stedet være fordelaktig å klassifisere plastpartikler etter størrelse. I tabell 1, adaptert fra Frias et al. (2018),

vises de vanligste størrelseskategoriene for marin, menneskeskapt forøpling som skrevet i litteraturen.

TABELL 1: DE ULIKE STØRRELSKATEGORIENE SOM BENYTTES I LITTERATUREN OM PLAST, ADAPTERT FRA (FRIAS ET AL., 2018)

Kategori	Navn	Størrelse
I	Makroplast	>2,5cm
II	Mesoplast	0,5cm - ≤ 2,5cm
III	Store mikroplast	1cm - ≤ 5mm
IV	Små mikroplast	1µm - ≤ 1000µm
V	Nanoplast	1nm - ≤ 1µm

Det er vanskelig å lage en størrelsesklassifisering som gir et realistisk bilde på størrelsesforskjellene innad i de ulike kategoriene. For eksempel inkluderer kategori fire, små mikroplast, partikler mellom 1µm og helt opp til 1000µm. Dette tilsvarer en ratio på 10000:1, og et slikt spenn i størrelse kan sammenliknes med å putte en mus og en elg i den samme størrelseskategorien som visst i figur 4.



FIGUR 3: STØRRELSFORSKJELLEN MELLOM EN ELG OG EN MUS TILSVARER HVOR STORE FORSKJELLENE MELLOM DE MINSTE OG DE STØRSTE MIKROPLASTPARTIKLENE, SOM DEFINERT I (FRIAS ET AL., 2018).

Fra tabell 1, kan en se at mikroplast (både store og små mikroplastpartikler), som er fokuset i denne oppgaven, er definert som plastpartikler fra 1µm og helt opp til og med 5mm (Frias et al., 2018). Samtidig skilles mikroplastpartikler mellom primære og sekundære mikroplastpartikler. Primær mikroplast er små partikler som slippes direkte ut i naturen som både industriavfall og innlandsavfall, mens sekundær mikroplast er et resultat av degradering av større plastpartikler som allerede er til stede i naturen. Degradering kan skje enten ved

fotooksidasjon (UV-stråling), mekaniske endringer (som ved slitasje fra bølger), eller gjennom biologisk degradering gjennom mikroorganismer (Razeghi et al., 2021).

2.1.2. Degradering av plast over tid

Plastmaterialer er generelt motstandsdyktige mot degradering og har lange levetider. Denne levetiden er estimert til å være hundrevis eller tusenvis av år, avhengig av egenskapene til ulike plastpolymere og miljøforholdene omkring dem, i tillegg til hvilke, og mengden ulike kjemikalier tilsatt (PlasticsEurope, 2021). Til tross for lang levetid vil plastpartikler brytes ned og degraderes over tid, gjennom biologiske og/eller abiotiske prosesser (Zhang et al., 2021).

Abiotisk degradering av plast er prosesser hvor enten de kjemiske eller fysiske egenskapene til plastpartikler endres som et resultat av abiotiske faktorer (Zhang et al., 2021). Eksempler på abiotiske faktorer er sollys, temperatur, luft, vann, og mekaniske krefter (som for eksempel bølger). Sollys forårsaker fotooksidasjon (UV-radiasjon), som er ansett som kanskje den viktigste faktoren for å starte degraderingsprosessen av plast (Zhang et al., 2021). Mekanisk degradering vil deretter skje gjennom eksterne mekaniske krefter. Vind og bølger vil forårsake kollisjoner mellom plast og stein, som igjen forårsaker degradering i form av slitasje på plastpartikler. Samtidig kan mekanisk degradering av plast skje i marine miljøer gjennom nedfrysning og påfølgende opptining av polymere (Pal et al., 2018). Effekten ulike eksterne kreftene har på plastpartikler bestemmes av de ulike mekaniske egenskapene til ulike polymere.

Biologisk degradering av plast er degradering som er forårsaket av ulike organismer. Abiotiske degraderingsprosesser kan akselerere biologisk degradering. En slik akselerasjon skyldes brudd og porer i overflaten av polymerne, skapt av ulike organismer. Ulike organismer kan endre og skade overflaten i plast gjennom fysisk biting, tygging og fordøyelsesprosesser, eller gjennom diverse biokjemiske prosesser (Zhang et al., 2021). De vanligste mikroorganismene som forårsaker biologisk degradering av plast er blant annet bakterier, sopp og insekter (Crawford & Quinn, 2016). De fleste mikroplastpartikler i naturen er sekundære partikler fragmentert fra større plastprodukter (Duis & Coors, 2016).

Tiden det tar for hverdagslige engangs plastprodukter å reduseres til halvparten av sin originale masse er estimert å være mellom 5 og 250 år i sedimenter (Chamas et al., 2020), mens i marine miljøer er det estimert at den samme degraderingsprosessen er akselerert, og vil ta mellom 3-4 år og 58 år, avhengig av polymer (Chamas et al., 2020). En slik

degraderingsprosess betyr ikke at halvparten av plasten blir borte, men at halvparten av en plastpartikkel har blitt brutt ned i mindre partikler, og deretter spredd i naturen.

2.2. Tidligere forskning

Mikroplastforskning er et forskningsområde i rask utvikling. Det er vanskelig å sammenlikne ulike studier, ettersom det er en generell mangel på standardiserte metoder og hvordan resultatene fremstilles (Löder & Gerdts, 2015). Et litteratursøk ble benyttet for å undersøke metodene og resultatene fra undersøkelser av strandsedimenter. Det er ikke blitt funnet noen forskningsrapporter av denne typen fra Grønland, hvor prøvene som undersøkes i denne oppgaven kommer fra. Dermed er det ikke mulig å gjøre en direkte sammenlikning med tidligere forskning i det geografiske området som prøvene er samlet inn fra. Data fra noen få relevante forskningsrapporter, fra ulike geografiske områder, er visst i tabell 2. Denne forskningen vil være nyttig for å evaluere reliabiliteten og validiteten på resultatene i denne oppgaven, og data funnet ved bruk av den utviklede metoden. Forskningsrapportene i tabell 2 er ikke valgt utelukkende med hensyn til metodene og funnene som blir presentert, men også for å illustrere den globale utbredelsen av mikroplast og plastforsøpling i marine miljøer. Ettersom det ikke er funnet noen forskningsrapporter fra Grønland er kanskje rapporter som undersøker konsentrasjonen av mikroplastpartikler i strandsedimenter på andre relativt fjerne, øde områder den beste sammenlikningen som kan gjøres mellom dette forsøket og tidligere forskning. I 2024 ble det gjennomført en undersøkelse av flere strender på ulike øyer i øygruppen Asorene i Portugal (Rodrigues et al., 2024), og resultatene fra denne undersøkelsen er inkludert i tabell 2. Samtlige av forskningsrapportene inkludert i tabell 2 vil ha en konsentrasjon av mikroplastpartikler som er positiv både ved subtraksjon og ved addisjon, for eksempel har resultatene fra Alava et al. (2021) en konsentrasjon fra 6,8 til 7,9 mikroplastpartikler per kg. Det hender at forskningsrapporter har negative verdier ved subtraksjon, noe som er tilfelle i Knutsen et al. (2020).

TABELL 2: TIDLIGERE FUNN INNEN MIKROPLASTFORSKNING PÅ STRANDESEDIMENTER

Studieområde	Partikkelstørrelse	Benyttede metoder	Konsentrasjon av mikroplastpartikler (gjennomsnittelig)	Kilde
Canada	500 µm – 5 mm	Bulkinnsamling Varmedestruksjon av organisk materiale Tetthetsseperasjon ved flotasjon (NaCl) Vakuumpumpefiltrering Stereomikroskopi FTIR spektroskopi	7,35 +/- 0,55 partikler/kg	(Alava et al., 2021)
Argentina	<1 mm	Bulkinnsamling Tetthetsseperasjon (NaCl) Filtrering Stereomikroskopi Raman Spektroskopi	1133,3 +/- 811,3 partikler/kg	(Ronda et al., 2023)
Portugal	0,1 – 5 mm	Bulkinnsamling Tetthetsseperasjon (NaCl) Vakuumpumpe filtrering Stereomikroskopi Granulometri	35,9895 +/- 22,8695 partikler/kg	(Rodrigues et al., 2024)
Norge	0,3 – 5 mm	Bulkinnsamling (frivillige deltakere – Citizen Science) Tetthetsseperasjon ved flotasjon (NaCl) Vakuumpumpe filtrering Stereomikroskopi Raman spektroskopi	92 +/- 21 partikler/kg	(Lots et al., 2017)
Marokko	<1 mm	Bulkinnsamling Tetthetsseperasjon ved flotasjon (NaCl) Overflate filtrering Mikroskopi	99,79 +/- 44,19 partikler/kg	(Azaouaj et al., 2024)

2.3. Bærekraftig utvikling

Forskning på utbredelsen og konsekvensene av plastforurensning og mikroplast i naturen har økt i takt med et økt fokus på bærekraftig utvikling både globalt og lokalt. Dette er reflektert i FNs bærekraftsmål som nevnt i innledningen, hvor for eksempel delmål 14.1 setter et mål om å forhindre og betydelig redusere alle former av forurensninger av havet, da spesielt fra landbaserte virksomheter som plastproduksjon og forsøpling (FN Generalforsamling, 2015). I 2015 presenterte FN 17 bærekraftsmål med 169 tilhørende delmål, hvor de fremstiller et ønske om å blant annet utrydde fattigdom og stoppe klimaendringer innen 2030 (FN Generalforsamling, 2015). Dette er store, ambisiøse mål, og de omfavner et bredt spektrum av problemer og temaer i samfunnet som er relevante for hverdagen til mennesker over hele kloden. Gjennom disse målene og delmålene lagt frem av FN, og med inklusjonen av disse bærekraftsmålene i offentlige styringsdokumenter og læreplaner, er det blitt et økt fokus på bærekraftig utvikling. Men hva betyr egentlig begrepet? Bærekraftig utvikling er et begrep som ofte brukes uten at det er klart hva begrepet faktisk innebærer. I rapporten *Vår Felles Framtid*, ofte omtalt som Brundtlandskommissjonen, ble den følgende definisjonen av begrepet presentert: «*bærekraftig utvikling er en utvikling der behovene for dagens mennesker blir tilfredsstilt uten at det ødelegger mulighetene for at framtidige generasjoner får tilfredsstilt sine behov*» (WCED, 1987). Denne definisjonen benyttes ofte, og presiserer at den nåværende generasjonen av mennesker skal kunne få oppfylt sine behov, men ikke på bekostning av behovene fremtidige generasjoner vil ha.

2.3.1. Bærekraftig utvikling i skolen

Da prosessen med å fornye Kunnskapsløftet 2006, den såkalte fagfornyelsen, begynte i Norge i 2015 ble det lagt stor vekt på at skolegangen ikke kun skal utdanne elever til å lykkes som privatpersoner, men de skal også bli en god samfunnsborger og yrkesutøver. Skolen er dermed nødt til å legge til rette for dybdeforståelse både innen individuelle fag og på tvers av fag (NOU 2015:8, 2015). For å fremme en slik dybdeforståelse foreslo Ludvigsen-utvalget at noen kompetanseområder med høy relevans og viktighet for både samfunnet generelt og for arbeidslivet skulle innføres som tverrfaglige temaer. De tre tverrfaglige temaene innført i Kunnskapsløftet 2020, LK20 heretter, er: demokrati og medborgerskap, folkehelse og livsmestring, og bærekraftig utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2020). Det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling er i stor grad basert på definisjonen fra Brundtlandskommissjonen og FNs bærekraftsmål. Dette kommer som et direkte resultat av delmål 4.7 i FNs

bærekraftsmål, hvor FN presenterte og vedtok en målsetning om at alle land skal implementere bærekraftig utvikling som et tema i nasjonale styringsdokumenter, læreplaner, lærerutdanninger og i vurderingen av elever (FN Generalforsamling, 2015).

Utdanning er sett på som en av de viktigste metodene for å fremme en bærekraftig utvikling i samfunnet, hvorav ideen er at gjennom utdanning til bærekraftig utvikling i skolen skal gi en positiv effekt på samfunnet i det lange løpet (Klein, 2020). Definisjonen av bærekraftig utvikling er åpen i fagfornyelsen, noe som gjør det mulig for lærere og skoleledere til å selv utvikle og fylle begrepet med innhold i undervisningen gjennom blant annet kreative, tverrfaglige opplegg. Gjennom den overordnede delen av LK20 trekkes spesielt syv ulike aspekter som bidrar til å sette rammer rundt begrepet bærekraftig utvikling (Klein, 2020):

- *Tre ulike dimensjoner av bærekraft: Miljø, samfunn og økonomi*
- *Sammenhenger og samspill mellom menneske og natur*
- *Flerskalaperspektiv, en forståelse på tvers av ulike geografiske nivåer*
- *Årsaker, konsekvenser, løsninger og mulige handlingsalternativer*
- *Medborgerskap og handlingskompetanse på ulike nivåer*
- *Et perspektiv på fortid, fremtid og nåtid*
- *Makt og normkritisk perspektiv*

Spesielt viktig er det at undervisning og diskusjoner rundt bærekraftig utvikling tar høyde for de ulike dimensjonene; miljø, samfunn og økonomi. Bærekraft var lenge assosiert utelukkende med klimaendringer og naturmangfold, noe som førte til at undervisning ofte ble overlatt til de naturfaglige fagene, som naturfag. Men, ettersom flere tusen forskningsartikler har slått fast at klimaendringene er menneskeskapt, er det blitt nødvendig å se på samspillet mellom natur og menneske i en større grad enn tidligere (Klein, 2020). Miljøundervisning har ikke muligheten til å finne svar på spørsmål innen bærekraft som omhandler blant annet fattigdom og ulikheter i levekår, noe som gjør at flere ulike skolefag bør benyttes for å undersøke de økonomiske og samfunnsmessige perspektivene innen bærekraftig utvikling (Klein, 2020). Spørsmålet blir dermed hvordan en best underviser om bærekraftig utvikling?

2.3.2. Bærekraftdidaktikk

Kunnskap om bærekraftig utvikling er viktig for å kunne utdanne elever med gode holdninger til miljø, men kanskje er det enda viktigere at det legges til rette for at elever, og

mennesker generelt, skal forstå hva det betyr å handle bærekraftig (Sinnes, 2020). I skolen vil det dermed ikke være nok at undervisning om bærekraftig utvikling og miljø ender med at elevene har utviklet en forståelse for viktigheten av en sak og drøftet rundt kompleksiteten av problemet. En lærer bør derfor legge til rette for gode diskusjoner, og undervisningen bør ende opp i en konkret handling (Sinnes, 2020). Med innføringen av bærekraftig utvikling som et tverrfaglig tema i skolen i LK20, er det viktig med en helhetlig forståelse av hva bærekraftdidaktikk går ut på, slik at en som lærer kan sørge for at elevene tilegner seg kompetansen til å kunne handle bærekraftig. Bærekraftdidaktikk begrepet kommer fra det engelske uttrykket «*Education for Sustainable Development*», og inneholder tanker rundt undervisningspraksiser i skolen, samt spørsmål rundt undervisningens innhold, metode og begrunnelsen av den (Kvamme & Sæther, 2019). Med andre ord stiller bærekraftdidaktikken spørsmål rundt hva det undervises i innen bærekraftig utvikling, hvordan det undervises, og hvorfor det blir undervist. Innen bærekraftdidaktikk finner vi også en spenning mellom fagdidaktikken og den mer tradisjonelle allmenndidaktikken. Fagdidaktikk vil argumentere for det enkelte fag sin plass i skolen, mens allmenndidaktikken omhandler mer generell undervisningsteori. Ifølge Kvamme og Sæther (2019) har bærekraftdidaktikken som hensikt å finne ut til hvilke grad ulike fag kan spille en rolle i undervisning innen bærekraftig utvikling, og hvordan undervisning om bærekraft generelt fungerer.

Bærekraftdidaktikk kan knyttes opp til en mengde undervisningspraksiser, både på skolen og utenfor skolen, og kan ta for seg forholdet mellom danning og sosialisering. Det trekkes frem fem generelle kjennetegn på undervisning om miljø og bærekraft (Kvamme & Sæther, 2019):

1. *Den normative karakteren til tematikken, som handler om blant annet ulikheter, fattigdom og miljø.*
2. *Tverrfagligheten til tematikken, spesielt knyttet til forholdet mellom natur, menneske og samfunn.*
3. *Aktiv elevdeltakelse i undervisningen gjennom handlinger.*
4. *Uformelle og varierte læringsarenaer, læring kan skje igjennom kulturelle, sosiale eller politiske sammenhenger utenfor skolen.*
5. *Undervisningen har et øye til både globale og lokale forhold.*

Disse fem kjennetegnene trekkes frem av Kvamme og Sæther, og de reflekteres også i Astrid Sinnes sin bok «*Utdanning for bærekraftig utvikling – hva, hvorfor, hvordan?*» (Sinnes, 2021). I denne boken skriver Sinnes om hvordan det killes mellom undervisning for

bærekraftig utvikling, og undervisning *om* bærekraftig utvikling. Undervisning *om* miljø og bærekraft forsøker å hjelpe elevene utvikle en teoretisk kunnskap om temaene som ikke utelukkende tilhører et enkelt fag, men som krever en tverrfaglig forståelse. Samtidig skal undervisning *for* bærekraftig utvikling hjelpe elevene forstå hvordan de kan ha levet en bærekraftig livsstil selv, og hvordan de videre kan være med å bidra til at samfunnet generelt skal bli mer bærekraftig gjennom politiske valg, forbrukerpåvirkning osv. (Sinnes, 2021). Sinnes peker også på viktigheten av undervisning *i* miljø og bærekraft, som handler om undervisning utenfor klasserommet som skal gjøre undervisningen enklere å relatere til den virkelige verden, og som skal skape en dypere forståelse og verdsettelse av naturen ved å benytte nærmiljøet til elevene aktivt i undervisningen (Sinnes, 2021). Elevene skal også oppleve skolen *som* en læringsarena hvor de kan tilegne seg viktige kunnskaper om hvordan en kan leve gode, bærekraftige liv i fremtiden. Bærekraftdidaktikken, og undervisning innen bærekraft og miljø, handler i stor grad om å se sammenhenger i samfunnet, om å kritisk tenkning rundt valgene vi tar, og om å forstå konsekvensene av disse valgene både globalt og lokalt. I Sinnes (2021) presenteres et godt rammeverktøy for planlegging av undervisningsopplegg i tråd med bærekraftdidaktikken, og en adaptert versjon av dette rammeverktøyet er vist nedenfor i tabell 3.

Tabell 3: Rammeverktøy for planlegging av undervisningsopplegg i tråd med bærekraftdidaktikken, adaptert fra (Sinnes, 2021)

Kunnskap/kompetanse for bærekraftig utvikling som utvikles gjennom opplegget	Beskrivelse av hvordan opplegget utvikler disse kunnskapene/kompetansene
Faglig kunnskap (<i>om</i>)	Hvilke relevante faglige kunnskaper tilegner elevene seg for å kunne forstå og leve i en bærekraftig fremtid? Hvor finner vi disse temaene i læreplanen?
Tverrfaglighet (<i>om</i>)	Gir dette undervisningsopplegget en bred forståelse av problemstillingen, og av de natur- og miljøvitenskapelige, økonomiske og sosiale perspektivene på temaet? Hvilke fag støtter opp om undervisningen?
Erfaringer i nærområdet/naturen utenfor klasserommet (<i>i</i>)	Hvordan kan nærområdet eller verden utenfor klasserommet (fra skolen til lokale og globale problemstillinger) brukes som en læringsarena (uteundervisning, media, bedriftsbesøk osv.)? På hvilken måte kan andre aktører trekkes inn i undervisningen?
Kompetanse for bærekraftig utvikling som utvikles (<i>for</i>)	Hvilke bærekraftig utviklings kompetanser utvikler seg gjennom opplegget? (Kreativitet? kritisk tenkning? Samarbeid? Systemtenkning? Tro på fremtiden? Hvordan leve gode liv uten overforbruk? Handlingskompetanse?)
Handlingskompetanse (<i>for</i>)	Hvordan fremmer opplegget elevenes evne til å se løsninger og handle for en mer bærekraftig utvikling?
Undervisning som bærekraftig utvikling	På hvilke måter legger opplegget opp til at elevene lærer bærekraft i praksis (sykling til aktivitet, søppelhåndtering osv.)? og på hvilken måte fremmer opplegget elevdemokrati og aktiv deltakelse?

2.3.3. Tverrfaglig undervisning

De tre tverrfaglige temaene som ble introdusert i LK20 kan tidvis være vanskelig å skille fra hverandre. For eksempel har bærekraftig utvikling sammenheng med personlige forhold (livsmestring), politisk-samfunnsmessige prosesser (demokrati og medborgerskap) og bærekraftig bevaring av både natur og ressurser for fremtidige generasjoner, som beskrevet i

Brundtlandskommissjonen sin definisjon av begrepet (Sinnes & Straume, 2017). Tverrfaglige undervisningsopplegg er ofte engasjerende og kreative, og gir elevene muligheten til å omsette ideer til handlinger. Samtidig vil slike tverrfaglige opplegg tvinge elevene til å undersøke et tema fra flere ulike faglige ståsteder (Bolstad, 2020). Tverrfaglighet kan sees som både en beskrivelse av temaer som inkluderes i flere fag, samt som et pedagogisk verktøy og en annerledes organisering av undervisningen. De tverrfaglige temaene, som bærekraftig utvikling, undersøker store samfunnsutfordringer som ikke kan besvares gjennom kunnskap fra kun ett enkelt vitenskapelig miljø eller ett enkelt skolefag. Det er ingenting i hverken LK20 eller i styringsdokumentene som omfatter LK20 som bestemmer hvordan skolene skal jobbe tverrfaglige, og skolene kan selv utvikle metoder for hvordan de ønsker å jobbe med tverrfaglige temaer (Bolstad, 2020). Plast kan dermed være et problem som kan jobbes med tverrfaglig i undervisning for å skape en dypere forståelse av en håndfast problemstilling innen bærekraftig utvikling.

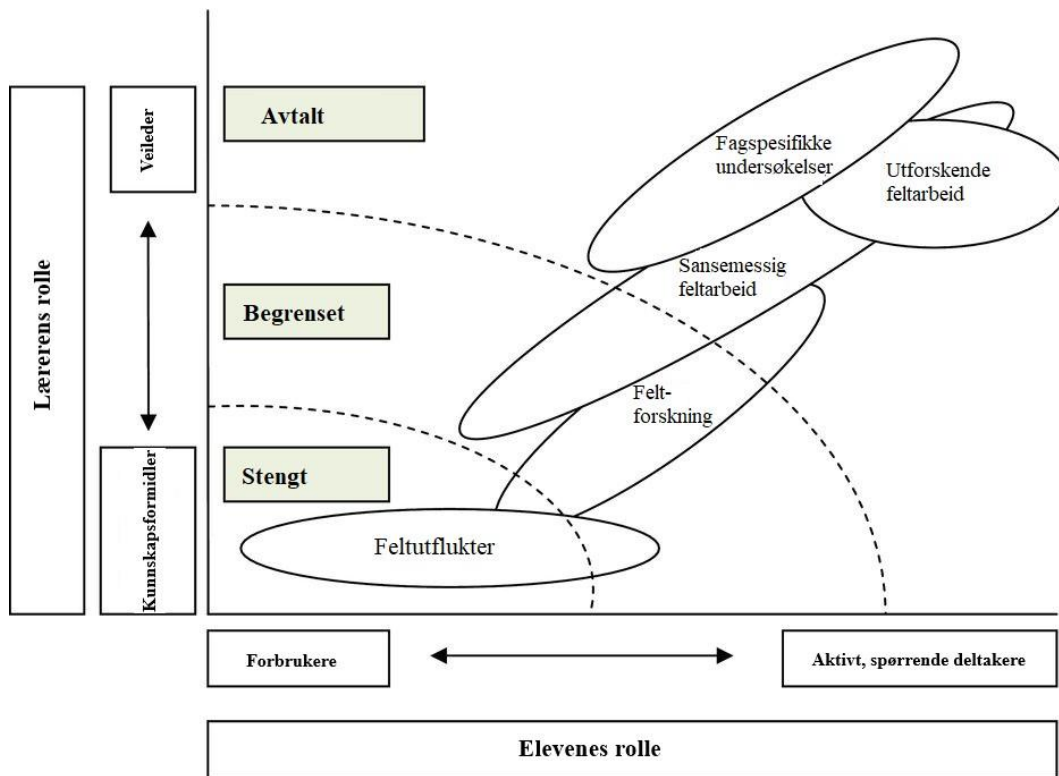
2.4. Dybdelæring og feltarbeid

Læring, inkludert tverrfaglig læring, foregår generelt på ulike nivåer. En grov inndeling skiller mellom to hovedformer for læring: overflatelæring og dybdelæring. Overflatelæring handler her om å kunne kopiere og memorere fakta, begreper og metoder. Gjennom overflatelæring vil det ikke være noen garanti for at elevene faktisk forstår eller utvikler kompetansen til å benytte seg av det de har memorert. Dybdelæring derimot, baserer seg på at elevene skal forstå det de leser, og at de skal kunne anvende, diskutere og evaluere kunnskapen de tilegner seg i ulike situasjoner (Johannessen et al., 2021). For å fremme dybdelæring og forståelse, må elevene ha en interesse for faget/temaet, og undervisningen må samtidig legges opp til å aktivisere elevene for å fremme motivasjon, nysgjerrighet og læringsglede (Entwistle, 2000). I stor grad vil forståelse av et nytt tema skapes ved å trekke frem sammenhenger mellom begreper, erfaringer og prinsipper elevene allerede innehar, slik at de kan benytte disse kunnskapene og ferdighetene til å diskutere og løse nye problemer de blir presentert. Dybdelæring skjer på mange måter, ikke kun gjennom lesing, skriving og lytting. Elever, og andre, kan lære gjennom fysisk aktivitet og handlinger hvor vi benytter sansene og følelsene våre. Det er dermed viktig å involvere elevenes følelser, og utfordre dem for å oppmuntre elevene til å utforske temaet det undervises i (Bolstad, 2020).

Det er ifølge Bolstad (2020) ønskelig å aktivisere elevene til en større grad enn tradisjonell tavleundervisning, slik at det blir enklere for elevene å oppnå dybdelæring. En mulighet er å

benytte feltarbeid. Feltarbeid kan potensielt bidra til kognitiv, affektiv, sosial og fysisk læring (Remmen, 2020), samtidig som det kan fremme motivasjonen for å studere temaet videre (Midtaune et al., 2018). Kognitiv læring er læring som skjer når elever aktivt anvender den teoretiske kunnskapen de besitter til å undersøke ulike og ukjente sammenhenger utenfor klasserommet. Slike undersøkelser kan gi økt motivasjon og en ny innsikt om temaer som kan påvirke elevenes holdninger og verdier, dette er det Remmen (2020) kaller for affektiv læring. Samtidig vil feltarbeid kreve en annen form for kommunikasjon og samarbeid enn hva elevene er vant med fra klasserommet, som fører til at elevene sammen utsettes for sosial læring. Elevene møter også på potensielle fysiske utfordringer utenfor klasserommet, og dette kan være med å bidra til å styrke læringsprosessen og motivasjonen til elevene (Remmen, 2020). Disse læringsformene bygger på hverandre, og kognitiv læring kan for eksempel styrkes gjennom affektiv og sosial læring, og motsatt. Det er dermed viktig å vurdere hvordan feltarbeidet legges opp for å forsikre seg om at elevene får maksimalt læringsutbytte fra opplegget. Remmen (2020) skiller mellom lærerstyrt og elevstyrt undervisning, men skriver at et sted imellom disse finnes det som kalles for utforskende arbeid. Utforskende arbeid lar elevene undersøke og utforske kompliserte problemstillinger, og kan benyttes til å besvare spørsmål knyttet til ulike temaer, som for eksempel mikroplast og bærekraftig utvikling. Elevene får muligheten til å jobbe selvstendig med problemer, noe som gir gode muligheter for dybdelæring (Remmen, 2020).

Feltarbeid i undervisningssammenheng kommer i flere former, og ulike metoder for feltarbeid gir lærer og elever ulike roller i feltarbeidet. Lærerens rolle varierer fra en aktiv kilde som overfører kunnskap til elevene, til en mer passiv, veileder rolle. Samtidig har elevene roller som varierer fra forbrukere, mer passive tilskuere, til aktivt spørrende deltakere i feltarbeidet (Oost et al., 2011). De ulike rollene både elever og lærer spiller ved ulike typer feltarbeid er vist i figur 5.



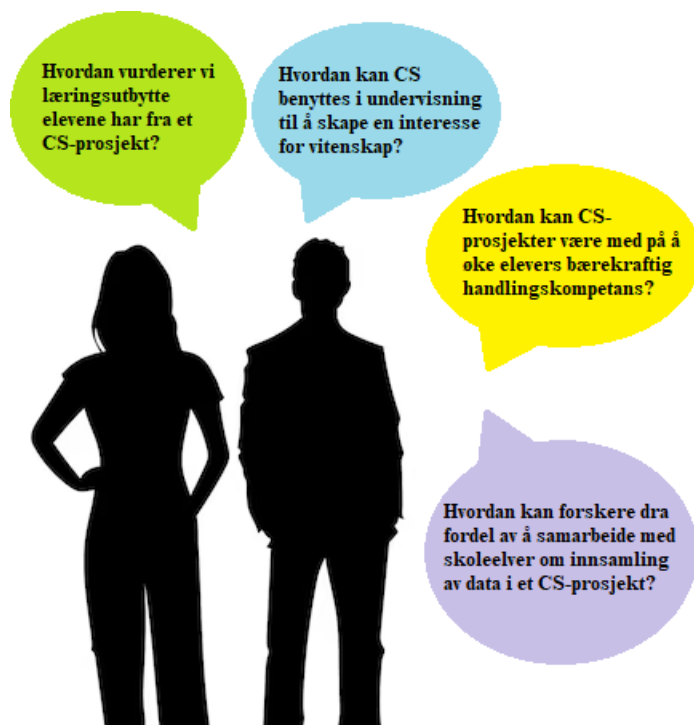
FIGUR 4: ULIKE ROLLER FOR ELEVER OG LÆRERE, OPPLÈGG OG RAMMER FOR DEM (OOST ET AL., 2011)

Rammene for utforskende feltarbeid i undervisningssammenheng, som visst i figur 5, er beskrevet på en skala fra *stengt*, videre til *begrenset*, og til slutt *avtalt*. Her viser *stengt* feltarbeid til lærerstyrt undervisning, et *begrenset* opplegg lar elevene delta mer aktivt innenfor rammene satt av læreren, mens i et *avtalt* opplegg er elevene selv ansvarlige for samtlige deler av opplegget (Oost et al., 2011). Det er forventet at elever vil enklere kunne oppnå større grad av dybdeløring gjennom mer åpne undervisningsopplegg, enten avtalte eller begrensede opplegg, hvor de tar en mer aktiv, spørrende deltaker rolle, da dette fører til bedre kognitiv og affektiv læring (Oost et al., 2011).

Feltarbeid gjennomføres hovedsakelig i tre faser: forberedelser, arbeid utenom klasserommet, og oppsummering. Disse tre fasene henger tett sammen, og det er viktig at hver enkelt av dem gjennomføres på en god og gjennomtenkt måte for å optimalisere læringsutbytte og forståelsen av feltarbeidet og temaet det arbeides med. Det er også mulig å gjennomføre feltarbeid i samarbeid med aktører utenom skolen for å fremme motivasjon til deltakelse, som for eksempel ved å samarbeide med forskere. Forskning gir gode muligheter til læring, spesielt gjennom diskusjoner og analyser i etterkant av et feltarbeid (Santoro & Allard, 2006), og dataen elevene samler inn i feltarbeidet kan også benyttes videre i forskning, i såkalte citizen science prosjekt.

2.4.1. Citizen Science

Citizen science, heretter omtalt som CS, har over lengre tid blitt sett på som et verktøy med stort potensiale for vitenskapelig utdanning og lærdom, og er et voksende forskningsområde (Roche et al., 2020). Den første rapporterte bruken av uttrykket CS var i 1989, hvor Audubon (amerikansk non-profit naturvern organisasjon) involverte 225 av sine medlemmer på tvers av 50 amerikanske stater i et CS-prosjekt for å raskt samle inn regnprøver, testet pH-verdien på prøvene, og rapporterte inn resultatene til Audubon sine hovedkvarterer (Haklay et al., 2021). Historien om hvordan begrepet først ble brukt er generelt en god representasjon på hva CS er: vitenskap som involverer mennesker som ikke er profesjonelt utdannende forskere (Roche et al., 2020). I denne oppgaven, hvor målet er å utvikle en metode som undersøker mikroplast i marine sedimenter i videregående skole og som gir forskningsanvendelig data, er CS veldig relevant. For CS i skole sammenheng, og generelt, er det viktig å utvikle og oppgi klare rammer og forklaringer på hva som skal gjøres i forskningen (Land-Zandstra et al., 2021). Samtidig er det viktig at deltakerne, elevene, får oppfylt de forventningene og læringsbehovene de har, da dette har stor innflytelse på kvaliteten på data som blir opparbeidet (Land-Zandstra et al., 2021). En mengde vanlige spørsmål rundt CS er visst i figur 6, og de reflekterer et økt søkelys på viktigheten av både utdanning og vitenskap innen CS (Kloetzer et al., 2021).



FIGUR 5: DERSOM CS-PROSJEKTER SKAL KOMBINERES MED UNDERVISNING ER DET FLERE SPØRSMÅL SOM MÅ BESVARES, ADAPTER FRA (KLOETZER ET AL., 2021)

Skoler kan fungere som en arena for å fremme deltakelse og interesse for CS prosjekter, hvor lærere er både deltakere og tar initiativ for å motivere til deltakelse (Kloetzer et al., 2021). Det er dessverre slik at elevenes motivasjon for å delta i CS prosjekter kan være begrenset dersom de tvinges til å delta gjennom et undervisningsopplegg. Elevers motivasjon kan forbedres, og en undersøkelse i Storbritannia identifiserte de tre største kildene og temaene som motiverte elevdeltakelse: generell verning av dyrearter, reelle bidrag til vitenskapelig kunnskap, og generell egenverdien av aktiviteten (Geoghegan et al., 2016). I skolen er det også vanskelig for lærere å både aktivt delta i og samtidig legge til rette for et givende CS-prosjekt. Å finne/skape et prosjekt som kan gjennomføres i samsvar med læreplaner og skolens rammeverk krever gode, fleksible lærere og læreplaner. Det må være en balanse mellom både formålet av undervisningen og forskningen for at det skal være gunstig å gjennomføre et prosjekt av denne typen (Kloetzer et al., 2021). Elever som involveres i forskningsprosjekter bør også få muligheten til å delta i forskningsprosessen til en grad som oppfyller prinsippene EU har lagt frem for CS-prosjekter. Forskningen elevene deltar i bør kunne gi genuine vitenskapelige data, og de bør selv få et utbytte av å delta og mulighet til å delta i flere deler av den vitenskapelige prosessen (ECSA, 2015). Dette er noe av grunnen til at det i denne oppgaven legges frem og undersøker en omfattende metode for å ikke bare samle inn sedimentprøver fra lokal miljøet til elevene, men også en videre analytisk metode for undersøkelse av mikroplast i prøvene som elevene aktivt kan gjennomføre i skolen som en del av et CS-prosjekt. Plaststudier er tidligere blitt gjennomført av yngre skolelever (Oturai et al., 2022) som var med å både kvantifisere og analysere små partikler (1 mm – 4,75 mm) fra strender, og resultatene av disse undersøkelsene ga sammenlignbar data med undersøkelser gjennomført av utdannede forskere (Hidalgo-Ruz & Thiel, 2013).

2.4.2. Undervisningsopplegg

I denne oppgaven er det et mål å evaluere en metode som kan benyttes for å analysere mikroplast i sedimentprøver ved den gjennomsnittlige videregående skole, og det er dermed nødvendig å utvikle et tilhørende undervisningsopplegg som kan benyttes av andre, slike at metoden kan testes i praksis. I forskningsspørsmål 1 stilles det spørsmål rundt hvilke fag som kan være relevante å inkludere i et tverrfaglig undervisningsopplegg innen mikroplast. Det er nødvendig å finne fag som tematisk passer sammen og som undervises i samtidig. Fagutvalget velges dermed å begrenses til fag som undervises i ved studiespesialiserende utdanningsprogram i VG1. I valg av fag er det blitt tatt høyde for både den overordnede delen

og kompetansemålene i læreplanene, slik at fagene som ble valgt å inkluderes i det tverrfaglige undervisningsopplegg bygger opp om hverandre og bidrar til dybdelæring ved gjennomføring.

Undervisningsopplegget er tiltenkt å inkludere fellesfagene Geografi, Naturfag og Samfunnsfag. Naturfag er fag som skal være med på å gi elevene naturopplevelser og faglig kompetanse for naturvern, bevare biologisk mangfold og utvikle elevenes bærekraftige handlingskompetanse (Kunnskapsdepartementet, 2019b). I Naturfag skal elevene lære å se sammenhenger mellom natur, teknologi og samfunn, noe som skal forbedre evnen til kritisk tenkning. Dette er reflektert både i fagets sentrale verdier og i læreplanen under tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2019b). Flere kompetansemål i Naturfag kan benyttes for å relatere faget til undervisningsopplegget som utvikles i denne oppgaven. Elevene skal kunne vurdere risikoen av egne forsøk, og de skal vite hvordan de skal håndtere avfallet fra forsøkene deres, samtidig som elevene skal kunne forklare hvordan miljøgifter, som mikroplast og kjemikaliene assosiert med dem, kan akkumuleres i næringskjeder (Kunnskapsdepartementet, 2019b). Samfunnskunnskap bringer inn et annet perspektiv enn natur- og miljøvern til opplegget, da faget skal undersøke samfunnet og ulike nasjonale og globale problemstillinger. Elevene skal kunne se og forstå sammenhenger mellom politikk, økonomi, ressurser og teknologi, og hvordan ulike individuelle valg kan påvirke samfunnet (Kunnskapsdepartementet, 2019c). I kompetansemålene i Samfunnskunnskap skal det utforskes og presenteres dagsaktuelle temaer og debatter, og elevene skal kunne argumentere for egne meninger (Kunnskapsdepartementet, 2019c). Til slutt inkluderes Geografi for å skape en dypere forståelse av forholdet mellom samfunn og natur. Bærekraftig utvikling i geografifaget skal hjelpe elevene forstå konsekvensene av menneskelig aktivitet på jordoverflaten, og de skal gjennom undervisningen skal elevene lære å reflektere rundt ulike problemstillinger innen bærekraftig utvikling fra økonomiske, sosiale og miljømessige perspektiver (Kunnskapsdepartementet, 2019a). Dette er reflektert i kompetansemålene til faget, hvor det står at elevene skal utforske og forstå årsakene for aktuelle miljøkatastrofer, som plastforurening er, og konsekvensene det har for natur, mennesker og samfunn. Elevene skal gjennom feltarbeid undersøke og presentere geografiske forhold (Kunnskapsdepartementet, 2019a).

Det er mulig å bygge videre på dette undervisningsopplegget ved å inkludere fag som Kjemi 2 eller Fysikk 2, da kompetansemålene i disse fagene legger til rette for å gjennomføre ulike metoder for spektroskopisk analyse, som forklares nærmere i kapittel 2.5.3., og

gasskromatografisk separasjon. Disse metodene setter større krav til tilgjengelig utstyr, og krever at elevene kan planlegge og gjennomføre praktiske forsøk, analysere data, og vurdere reliabiliteten og validiteten av funnene deres ((Utdanningsdirektoratet, 2019b);(Utdanningsdirektoratet, 2019a)).

2.5. Metodisk teori

Metodikken som presenteres i denne delen er noe mer omfattende enn metoden som blir benyttet i både metoddelen av denne oppgaven, og hva som er foreslått i det utviklede undervisningsopplegget. Dette gjøres for å skape en forståelse rundt flere mulig valg og metoder som kunne blitt benyttet i gjennomføringen av forsøket eller i et undervisningsopplegg. Her presenteres teori tilknyttet samtlige deler av metoden slik at det senere kan være mulig å videreutvikle og forbedre denne og det tilhørende undervisningsopplegget senere. Teorien som presenteres i dette kapitlet er tett knyttet til metoden presentert i neste kapittel, og begge disse delene er blitt delt inn i tre tilsvarende underkapitler for å gjøre det enkelt å knytte metoden opp mot tilhørende, relevant teori. Dette delkapitlet er delt inn i tre deler: i del 1 tar for seg hvordan sedimentprøvene samles inn, og hvordan prøvene og utstyr behandles på lab for å forberede prøvene før videre undersøkelse. Del 2 omhandler tetthetsseparasjon og filtrering, men i del 3 presenteres metoder for visuell identifikasjon gjennom lysmikroskopi og Nile-Red farging.

2.5.1. Del 1: Innsamling og forberedelse av forskningsprøver

Mikroplast er ujevnt fordelt i marine sedimenter, og denne fordelingen påvirkes i stor grad av de ulike egenskapene til plastpartiklene og ulike miljøfaktorer, som vind og havstrømninger. Generelt vil samtlige prøveområder påvirkes av blant annet tidevannsområde, og dette kan for eksempel føre til at noen områder av en strand har en høyere konsentrasjon av mikroplast enn andre områder av den samme stranden. Resultatene fra de innsamlede prøvene vil i stor grad ha en sammenheng med *hvor* prøvene samles inn, og *hvordan* prøvene samles inn.

Sedimentprøver fra strender kan samles inn på hovedsakelig tre ulike måter: bulk, volum-reduert, og selektiv prøveinnsamling. Av disse tre metodene er bulkinnsamling den vanligste og enkleste innsamlings metoden å benytte, da bulkinnsamling er benyttet i samtlige forskningsrapporter i tabell 2. Denne metoden er også gunstig å benytte i sammenheng med et

undervisningsopplegg. Ved bulkinnsamling beholdes hele volumet av prøven uten at volumet av prøven reduseres underveis. Bulkprøver er dermed godt egnet når det ikke er enkelt å visuelt observere mikroplast med det blotte øye, enten fordi partiklene er for små til å sees eller fordi de er tildekket av sediment partikler (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Hvordan bulkprøver blir samlet inn varierer mellom ulike forskningsrapporter, både i hvor mange prøver som samles inn ((Alava et al., 2021);(Ronda et al., 2023)), og volumet av sedimentene som samles inn fra hvert enkelt prøveområde ((Azaaouaj et al., 2024);(Lots et al., 2017)). Samtidig er det ofte nødvendig å behandle bulkprøver i ettertid for å redusere volumet på prøvene. Redusering av volum kan være fornuftig å gjøre i et mer kontrollert miljø i undervisningssammenheng, for eksempel på skolens lab.

Volum-redusert prøveinnsamling, i motsetning til bulkinnsamling, er prøver hvor volumet av prøvene reduseres underveis i innsamlingsprosessen. Når denne metoden benyttes, bevares kun en andel av den innsamlede prøven for videre undersøkelse. For å redusere det innsamlede volumet benyttes vanligvis en metode som siling for marine sedimenter. Både bulk- og volum-reduserte prøver er nødvendig å behandle på lab i etterkant av innsamlingsprosessen. Selektiv innsamling baserer seg derimot på å samle inn gjenstander som er synlig for det blotte øye, ofte i overflaten av sedimenter (Hidalgo-Ruz et al., 2012). Denne metoden er vanskelig å gjennomføre når en undersøker mikroplast, og er lite gunstig for denne oppgaven.

Volumet på de innsamlede bulkprøvene kan reduseres i klasserommet eller på lab ved å benytte siler med ulike filterstørrelser. Ved å benytte siler av ulike størrelser kan bulkprøvene skilles i flere størrelseskategorier, og hver kategori kan individuelt undersøkes for mikroplast. Mange studier og metoder, inkludert denne, benytter en sil med filter fra 1mm ned til 100 μ m (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

I prøver som skal undersøkes på lab bør det også gjennomføres en visuell sortering og separasjonsprosess. En forsiktig visuell sortering blir gjort for å fjerne organisk materiale som skjell, dyrerester og tørkede alger der det er mulig, og diverse andre gjenstander som metall, glass og liknende. Denne typen sortering og separasjon kan gjøres med det blotte øye, eller ved hjelp av et mikroskop (Hidalgo-Ruz et al., 2012). I tillegg bør prøvene tørkes for å forbedre prøveresultatene. Hvor lang tid det tar å tørke prøvene varierer ut ifra hvor fuktig prøvene er, og hvilket volum prøvene har. Det er mye omdiskutert ved hvilken temperatur tørking bør gjennomføres. For eksempel anbefaler Sa'adu og Farsang (2023) å gjennomføre tørkingen ved en temperatur lik eller mindre enn 40°C, for å unngå å skade eller endre

plastpartiklene i prosessen. Det er ikke uvanlig å benytte høyere temperaturer enn 40°C, samtidig er det også mulig å la prøvene tørke ved romtemperatur. Ved romtemperatur tar naturligvis tørkingsprosessen lengre tid enn ved høyere temperaturer, men i skolesammenhenger er romtemperatur potensielt det enkleste alternativet å benytte.

2.5.2. Del 2: Tetthetsseperasjon og filtrering

Det utvikles stadig nye metoder for å separere plastpartikler fra sedimentpartikler. To eksempler på slike metoder er elektrostatisk separasjon (Felsing et al., 2018) og magnetisk ekstraksjon ved å benytte nanopartikler av jern (Fe) for å magnetisere plast (Grbic et al., 2019). Samtidig er en vanligere metode å benytte tetthetsseperasjon ved flotasjon. Tetthetsseperasjon benytter saltløsninger med høy tetthet til å skille ut plastpartikler fra sedimentene (Cutroneo et al., 2021). Saltløsninger med høyere relativ egenvekt enn tettheten til plastpartiklene vil kunne skille dem fra sedimentene. Ved tetthetsseperasjon vil plastpartiklene med lavere tetthet enn saltløsningen flyte til toppen, mens de tettere sedimentene synker til bunnen. Deretter skilles mikroplasten fra saltløsningen gjennom filtrering, og de ulike mikroplastpartiklene kan dermed analyseres og karakteriseres. Tettheten for ulike typer polymere varierer, men de fleste typene plast har en tetthet mellom 0,85g/cm³ (polypropylen, PP) og 2,3g/cm³ (polyester, PES) (Tian et al., 2023). Det er dermed fordelaktig å benytte en saltløsning med en så høy relativ egenvekt som mulig ved tetthetsseperasjon, ettersom en saltløsning med høy tetthet vil kunne skille ut flere typer polymere fra sedimentprøver.

Perioden sedimentene er anbefalt å la stå uforstyrret mens sedimentene synker til bunnen av prøven varierer i ulike studier fra ti minutter til over natten (Miller et al., 2017). Nguyen (Nguyen et al., 2019) anbefaler å la prøven stå uforstyrret i to timer for å la plastpartiklene stige og andre partikler synke. Nguyen et al. (2019) skriver at det i teorien skal det være mulig å utvinne omtrent alle plastpartikler ved bruk av flotasjonsmetoden, men i realiteten kan det være noe mer utfordrende. For å undersøke hvor godt flotasjonsmetoden fungerer til å utvinne mikroplastpartikler fra sedimentprøver kan det tilsettes en kjent konsentrasjon og type mikroplastpartikler. En slik tilsetning kalles for *spiking*, og kan ifølge Claessens et al. (2011) benyttes som en irretsettende faktor for å beregne konsentrasjonen av mikroplastpartikler i sedimentprøvene som undersøkes.

Når flotasjonsmetoden benyttes, bør sedimentene og saltløsningen blandes godt sammen før prøven blir satt til å senke i to timer. Pagter et al. (2018) benytter et verktøy av rustfritt stål

for å blande sedimentene med saltløsningen. Et verktøy av rustfritt stål benyttes da det hverken vil bli ødelagt av saltløsningen (utsatt for korrosjon), eller forurenses prøven med plastpartikler. Etter to timer bør sedimentene ha lagt seg i bunnen av begerglasset, og saltløsningen må overføres til en separat beholder. Ved denne overføringen er det viktig å forsikre seg om at mikroplastpartikler og andre partikler ikke fester seg til veggene av begerglasset. Dermed bør kantene av begerglasset enten skylles med destillert vann eller gås over med pipette. Samtidig bør det gjennomføres en test av flotasjonsmetoden. Dette kan gjøres ved å benytte blank-prøver. Blankprøver er gjennomføring av metoden uten at sedimenter tilsettes, for å undersøke mikroplast forurensning gjennom luften, og for å deretter justere resultatene fra sedimentprøvene med hensyn til funnene i blankprøvene (Rodrigues et al., 2024).

Hvilket salt bør benyttes for å lage en løsning med høy tetthet?

Det er ønskelig å benytte en saltløsning med så høy egenvekt som mulig, ettersom det vil gjøre det mulig å skille ut plastpartikler med høyere egenvekt. Samtidig skal saltløsningen benyttes i undervisningssammenheng, og det må dermed tas høyde for mer enn bare saltløsningens egenvekt i valget. Pris, tilgjengelighet og hvor skadelig de ulike saltene som kan benyttes er for mennesker og naturen må tas stilling til i valget av salt. Cutroneo et al. (2021) gjennomførte i 2021 en review studie som undersøkte hvilke salter som oftest ble benytte i forskningsrapporter innen tetthetsseparasjon. Denne review studien fant at natriumklorid (NaCl) var det vanligste saltet å benytte seg av (Cutroneo et al., 2021). NaCl er et billig, lett tilgjengelig salt som er enkelt å håndtere både før og etter bruk. En saltløsning av NaCl vil kunne ha en tetthet på $1,2\text{g/cm}^3$. Alternativer til NaCl inkluderer saltløsninger med saltene NaI eller ZnCl_2 , som kan ha en tetthet over $1,8\text{g/cm}^3$. Men, som Cutroneo et al. (2021) skriver, disse saltene kan være opptil 70 ganger dyrere enn NaCl, og de er definert som skadelige materialer for marine miljøer. Dette betyr at de må behandles med mer omhu, da både ved resirkulering eller som avfall. NaI er også ett kjemikalie som kan forårsake skader på organer ved langvarig eller gjentatt eksponering (EHCA-database, 2024). NaCl er også salttypen som ble benyttet i samtlige av forskningsrapportene lagt frem i tabell 2.

Filtrering

For å få gjennomført filtreringsprosessen hurtig og effektivt, er det vanlig å benytte et vakuumpumpe oppsett (Razeghi et al., 2021). Plastpartiklene skilles fra saltløsningen på et filter, og i denne gjennomføringen ble et Spectra/Mesh® Woven filters av rustfritt stål med hullstørrelse på 104µm benyttet. Et filter med denne hullstørrelsen benyttes da det vil gi gode muligheter til å gi reliable resultater.

Oksidasjon

Mange sedimentprøver vil inneholde organiske elementer, og det er mulig å fjerne disse elementene. Det er generelt ønskelig å fjerne disse elementene, ettersom de kan være kilder til potensiell falsk data. For å fjerne organiske elementer fra prøvene kan det benyttes en kjemisk nedbrytingsmetode som oksidasjon (Radford et al., 2021). Det finnes flere ulike syrer og baser som kan være aktuelle å benytte for denne prosessen, blant dem er syren hydroperoksid (H_2O_2) og basen kaliumhydroksid (KOH). Samtidig har det også vært forsøkt å benytte en mengde ulike kombinasjoner, konsentrasjoner og forsøksforhold (temperatur, tidsintervall, katalysator, etc.) i ulike forskningsartikler, basert på typen organisk materiale som skal fjernes. Sterke syrer/baser og høye temperaturer kan akselerere nedbrytningsprosessen, men samtidig kan dette skade/ødelegge noen polymereer, og dermed gi falske negative resultater (Nguyen et al., 2019).

En teknikk som ofte benyttes for å fjerne organisk materiale fra sedimentprøver er oksidasjon med H_2O_2 . Denne svake syren forårsaker en oksiderende reaksjon med organisk materiale, og kan brukes med eller uten tilsetning av Fenton reagens (Fe^{2+}) som en katalysator (Nguyen et al., 2019). Hurley et al. (2018) anbefaler å begrense temperaturen til omtrent 50°C for å unngå å skade polymereer, og at oksidasjonsreaksjonen får pågå over tolv timer ved 50°C. Hvor lang tid oksidasjonsreaksjonen tar avhenger av det organiske materiale som skal fjernes og konsentrasjonen av H_2O_2 , så tolv timer er ikke nødvendigvis riktig antall timer for å fullføre reaksjonen.

2.5.3. Del 3: Visualisering og kvantifisering

For å kunne finne kvantifiserbare resultater, er det behov for en måte å kunne identifisere de ulike plastpartiklene som er funnet gjennom flotasjon- og filtreringsprosessen. For å identifisere spesifikke polymere er det mulig å benyttes flere ulike verktøy og metoder. Kjemiske egenskaper og fysiske egenskaper, inkludert farge og type, benyttes til å identifisere og skille mellom ulike polymer (Frias et al., 2018). De fysiske egenskapene kan observeres og identifiseres delvis/tidvis med det blotte øye, men det er vanlig å benytte mikroskopi og/eller spektroskopi i forskningssammenhenger.

De vanligste størrelses kategoriene for marin antropocen forsøpling er oppgitt i tabell 1, i kapittel 2.1.1. Fra denne tabellen er den oppgitte minsteverdien for mikroplast 1µm. I følge Frias et al. (2018) finnes det hovedsakelig åtte typer plast: pellets, fragmenter, fibre, film, tau og filamenter, mikroperler, svamper/skum, og gummi. Av disse blir mikroperler og gummi sjeldent observert i marine sedimentprøver, ettersom de er vanskelig å identifisere med spektroskopi (Frias et al., 2018). Samtidig er gummi fra bildekk den største kilden til mikroplast i Norge (Klima- og miljødepartementet, 2021). I tillegg til type plastpartikkel, er farge et viktig kriterium i mikroplastforskning, ettersom farge kan gi en indikasjon på om partikkelen er av naturlig eller unaturlig opprinnelse. Dette er spesielt tilfelle i lokale prosjekter hvor identifiserbare faktorer for geografisk innflytelse eller påvirkning på lokale marine miljøer og arter undersøkes (Frias et al., 2018). Men, farge kan være et noe kontroversielt kriterium for identifisering av plast, ettersom en partikkels farge kan endres over tid når det er utsatt for UV-stråling fra sola (Zhao et al., 2022). Farge kan også være et problematisk kriterium ettersom det er vanskelig å skille sorte, brune, hvite og klare/gjennomsiktige plastpartikler fra lignende organiske partikler i prøvene (Song et al., 2015).

For å gjøre visuell identifisering enklere er det lurt å benytte lysmikroskopi. Et lysmikroskop er relativt billig og lett å bruke, og elever kan raskt lære hvordan de skal kunne identifisere mikroplastpartikler. Lysmikroskopi identifiserer ikke hvilke type polymer de ulike observerte partiklene er, og kan dermed ikke sies at denne metoden validerer mistenkte mikroplastpartikler. Det vil ofte være en bias for de større, tydelig fargede partiklene i observasjoner gjennom lysmikroskop, ettersom de er enklere å identifisere (Song et al., 2015). Funnene med lysmikroskopi kan forbedres ved å benytte Nile-Red eller andre fluorescens fargestoff.

Nile-Red fluorescens farging

Ettersom mange plastlignende partikler i sedimentprøver er av både ukjent opphav og type kan det være vanskelig å identifisere hver enkelt partikkel ved mikroskopi eller spektroskopi (Shim et al., 2016). NR kan derfor være et nyttig verktøy for å finne skjulte partikler, samtidig som det ikke hindrer fremtidig gjennomføringen av ulike spektroskopimetoder. For å visualisere mikroplastpartikler under et fluorescensmikroskop, et mikroskop med en UV-lyskilde, blir det benyttet kjemiske upolare stoffer, kalt lipofile fargestoffer. Et slikt lipofilt stoff er Nile Red, 9-diethylamino-5H-benzo[α]phenoxazine-5-one, som heretter vil omtales kun som NR. NR er et fluorescerende fargestoff som kan benyttes til å farge syntetiske polymereer. Tydelig grønn fluorescens kan observeres for blant annet plasttypene polyetylen (PE), polypropylen (PP), og polystyren (EPS) partikler ved bruk av NR (Shim et al., 2016). I etterkant av NR-farging må de fargede prøvene undersøkes under et mikroskop sammen med en UV-lyskilde, noe som vil forårsake fluorescens av de fargede plastpartiklene (Tamminga et al., 2017). Fluorescensen bestemmes av frekvensen på bølglengden fra UV-lyskilden, og fargene kan variere fra blå til grønn, og fra rød til gul (Maes et al., 2017).

Dersom NR skal gjennomføres må prøvene som skal undersøkes ha undergått en oksidasjonsreaksjon, ettersom naturlig organisk materiale gjør det vanskelig å gjennomføre NR. Naturlig organisk materiale vil kunne forårsake falske positive resultater fra prøvene (Shim et al., 2016). Forskning på mikroplast som har benyttet seg av NR rapporterer ikke alltid fargen på mikroplastpartikler som blir funnet, men ifølge Stanton et al. (2019) var opptil 95% av partiklene hvor fargen blir rapportert enten hvite eller fargeløs.

En kombinasjon av NR, fluorescens mikroskopi og en spektroskopi metode vil gi gode muligheter for å oppdage de fleste plastpartiklene i en sedimentprøve. Det er tvilsomt om spektroskopi er relevant og mulig å gjennomføre i sammenheng med et undervisningsopplegg med tanke på utstyr og kostnader assosiert med metoden, men NR og fluorescens mikroskopi kan være mulig å gjennomføre.

Dersom det er mulig å benytte spektroskopiteknikker i etterkant av visuell identifikasjon, vil dette være med på å videre undersøke validiteten på de visuelle observasjonene. Metoder for å gjennomføre kjemisk sammensetningsanalyser finner ofte færre antall partikler enn hva som blir funnet gjennom visuell identifikasjon (Silva et al., 2018). Utstyret som trengs for å gjøre denne typen analyser er mest sannsynlig ikke tilgjengelig ved de fleste videregående skoler, men de nevnes kort her for å informere om neste skritt i forskningsprosessen. Vanligvis benyttes en av to ikke-destruktive metoder for å undersøke partiklers kjemiske

sammensetning: Raman spektroskopi eller FTIR (Fourier transform infrared). Disse metodene benyttes for å validere observerte partikler med størrelse fra 50µm opp til 1mm, og for å identifisere hvilken type polymere de er (Silva et al., 2018). Begge metodene belyser prøvene med en spesiell type lys fra en spesifikk lyskilde, hvor FTIR benytter infrarødt lys og Raman benytter en laser med lysspektrum tilnærmet ultrafiolett lys, noe som resulterer i et spekter med informasjon om partiklene. Av de to er FTIR den mest kostnads- og tidseffektive metoden (Song et al., 2015), men Raman kan benytte en mengde ulike bølglengder, noe som betyr at metoden kan produsere bilder med flere ulike oppløsninger (Huppertsberg & Knepper, 2018). Begge metodene følges ofte opp med en metode som heter GC-MS (gas kromatografisk separasjon) (Song et al., 2015), men denne metoden vil ikke forklares noe nærmere her.

Kvantifikasjon av mikroplast

Metoden som utvikles og foreslås i denne oppgaven er som det fremgår av problemstillingen, tiltenkt å kunne bli benyttet i undervisning ved videregående skole. Det er dermed ønskelig å utvikle en metode som ikke krever ekstremt komplisert eller dyrt utstyr. Kvantifikasjon av mikroplastpartikler vil dermed i stor grad gjennomføres ved visuell identifikasjon gjennom et mikroskop og ved manuell telling. Resultatene av forskningen vil dermed i stor grad påvirkes av individuelle ferdigheter til å telle, og evnen til å visuelt skille mellom plastpartikler og andre gjenværende elementer i prøvene etter flotasjon, filtrering og oksidasjon. NR kan benyttes for å gjøre det enklere å identifisere plastpartikler, men da er det viktig at prøvene ikke inneholder organisk materiale. Som nevnt tidligere, om prøven inneholder organisk materiale vil det være vanskelig for selv erfarne forskere å skille mellom syntetiske materialer og polymereer. Löder og Gerdts (2015) fant at feilprosenten for identifikasjon av plastpartikler var mellom 20% og 70%. Dersom mikroskopet er koblet opp til en datamaskin er det anbefalt å ta bilder av hver enkelt prøve for å gjøre det enklere å telle plastpartikler, enten manuelt eller ved bruk av programvarer designet for bildeanalyse.

3. Metode

Metode kapitlet bygger videre på den metodiske teorien presentert i kapittel 2.4. I dette kapitlet presenteres konkret hva som ble gjort i dette prosjektet trinnvis, samt hva slags utstyr (og kjemikalier) som benyttes i hvert skritt. Tredelingen som ble benyttet i kapittel 2.4. er også benyttet i dette kapitlet, slik at det skal være så enkelt som mulig å knytte de ulike metodetrinnene til tilsvarende bakgrunns teori. Kapitlet er skrevet stegvis hvordan forsøket i denne oppgaven er blitt gjennomført, slik at det enkelt skal være repeterbart og reproduserbart. På samme måte som kapittel 2.4 presenterte teorien bak de ulike konseptene i metoden, forklarer metode kapittel hvordan disse ulike stegene ble gjennomført i praksis. Dette inkluderte hvordan sedimentprøvene ble samlet inn, hvordan prøvene og utstyr ble behandlet på lab for å forberede dem, og hvordan selve tetthetsseparasjon, filtrering, og den visuelle identifikasjon gjennom både lysmikroskopi og Nile-Red farging ble gjennomført.

3.1. Innsamling og preparering av forskningsprøver

Prøvene ble samlet inn i bulkprøver, altså ble ikke prøvevolumet redusert i feltet. Bulkprøvene som ble samlet inn av Jakob Berg Lofthus (Bazilchuk, 2019) ble samlet inn ved å grave opp det øverste laget av strandsediment. Disse oppgravde sedimentene ble lagret i ett glass med lokk, her ble ett syltetøyglass benyttet. Lokket på glassene var laget av plast, og dermed var det nødvendig å legge aluminiumsfolie mellom glasset og lokket før det ble skrudd på.

Etter bulkprøven ble samlet inn i feltet ble den tatt med inn på lab, hvor den skulle behandles og forberedes før videre undersøkelse. Volumet på bulkprøvene ble redusert, og den vektreduserte prøven fikk deretter tid til å tørke. Volumreduksjon ble gjort ved å sile prøven gjennom en sil med hullstørrelse på 1000 μm . Etter siling var det kun partikler med mindre enn 1 mm igjen i sedimentprøven som skulle undersøkes videre etter tørking. Det er mulig å benytte flere siler med ulike hullstørrelser for å undersøke ulike størrelsesspektrum av sedimentprøven. Før volumet av bulkprøvene reduseres var det viktig å forsikre seg om at prøvene var tørre. Dette er viktig, ettersom forsøk på siling av våte prøver kunne ført til at en mengde partikler enten henger sammen og blir for store til å passere gjennom silen, eller at de fester seg til silen. Det var også viktig at prøvene var tørre for at det skal være mulig å veie prøvenes egenvekt. I dette forsøket ble en varmeovn benyttet for å akselerer tørkeprosessen. Varmeovn er trygt å bruke, det er ikke noen risiko for at prøvene blir svidd, brent eller ødelagt underveis i tørkeprosessen. Prøvene sto inne i tørkeskapet i to timer før volumet ble redusert i

gjennomføringen av dette forsøket. Det hadde også vært mulig å la prøvene lufttørke over flere dager dersom tørkeskap ikke hadde vært tilgjengelig.

For å undersøke om flotasjonsmetoden fungerte ble det tilsatt plast partikler i to av prøvene etter siling, ettersom det ikke ble observert plast med det nakne øye i de originale prøvene. En slik tilsetning av plast kalles for spiking, og spiking brukes for å undersøke om metoden fungerer, og hvor godt den fungerer. Spikeprøvene var fra forskjellige strender og er navngitt: UU-02 Spike A og PCS-17 Spike C. Plastpartiklene som ble tilsatt til de to spikeprøvene ble telt og veid, slik at det skulle være mulig å vurdere hvor effektivt den utformede flotasjonsmetoden var til å utvinne plastpartikler fra sedimentprøver. I tillegg ble metoden gjennomført i sin helhet på tre blank prøver for å undersøke kvaliteten av metoden. Blank prøver, som beskrevet i delkapittel 2.4, betyr å gjennomføre hele metoden uten å tilsette sedimenter eller partikler av noen slag, altså blir samtlige skritt i gjennomført som forklart i kapittel 3.2., med prøver som kun inneholder NaCl løsning. Funnene i blankprøvene blir benyttet til å validere funnene i sedimentprøvene fra Grønland.

3.2. Tetthetsseperasjon og filtrering

Dersom det ikke er blitt gjort tidligere, er det mulig å forberede saltløsningen som skal benyttes for tetthetsseperasjonen mens prøvene tørker. Vanlig husholdning salt (NaCl) ble benyttet i denne oppgaven. 200g salt per liter vann blir tilsatt under oppkoking for å oppnå en saltløsning med tetthet på $1,2 \text{ g/cm}^3$. Under oppkoking foregikk det en omrøring. Her ble det benyttet automatisk omrøring ved hjelp av magnetrører, men det kunne blitt gjennomført en manuell omrøring ved behov. Tålmodighet var viktig ved oppkoking og forberedelsen av saltløsningen, ettersom det tok lengere tid enn forventet å løse opp alt det tilsatte saltet i vannet. Da alt av saltet var løst opp i vannet ble det overført til glassflasker der det ble oppbevart frem til det skulle brukes for tetthetsseperasjonen.

Da de volumreduerte prøvene hadde tørket og NaCl-løsningen var ferdig forberedt, ble det gjennomført en tetthetsseperasjon ved flotasjon. Flotasjon ble gjennomført ved å fylle et begerglass med saltløsningen, før sedimentprøven deretter ble tilsatt til det samme begerglasset. I etterkant av tilsetningen av sedimentprøven ble sedimentene og saltløsningen rørt godt sammen i to minutter. Under denne omrøringen kunne partikler feste seg til begerglassveggene, og det ble nødvendig å benytte en pipette til å skylle ned veggene med saltløsning for å forsikre seg om at en ikke mistet mikroplastpartikler. Prøvene ble deretter stående uforstyrret i to timer, slik at sedimentene fikk tid til å synke til bunns, og

mikroplastpartiklene kunne flyte til toppen av saltløsningen. Etter to timer ble saltløsningen overført til et nytt begerglass uten sedimentene i bunnen. Dersom det fortsatt var sediment i det nye begerglasset etter overføringen mellom glassene, ble prøvene gitt en ny time til å stå uforstyrret, slik at sedimentene fikk sunket til bunnen av det nye begerglasset.

Etter fullført tetthetsseparasjon ved flotasjon, ble mikroplastpartiklene separert fra saltløsningen. For å gjøre dette ble det benyttet vakuumpumpe filtrering. Oppsettet for vakuumfiltreringen lignet oppsettet beskrevet i Schlawinsky (Schlawinsky et al., 2022), men noe annerledes utstyr ble benyttet. Det ble benyttet utstyr av glass, som visst i figur 7. Når vakuumfiltrering ble gjennomført var det viktig å ikke benytte for høyt lufttrykk, da dette kunne skadet glass utstyret som ble benyttet. Maksimalt lufttrykk benyttet i dette forsøket var 400 mBar, men dette er ikke en fastsatt begrensning. Da utstyret var satt opp og vakuumpumpen ble skrudd på, gikk det raskt å filtrere vekk hele saltløsningen. Underveis i filtreringen måtte en være påpasselig med å tømme kolben under filteret regelmessig, slik at væske ikke nådde opp til luftinntaket. Da hele begerglasset var tømt, og innholdet hadde blitt kjørt gjennom filteret, måtte veggene bli skylt. Dette ble gjort for å forsikre at ingen partikler ble værende igjen andre steder enn på filteret. Filteret ble deretter fjernet med pinsett og plassert i en petriskål av glass med tilhørende lokk, og markert med navn.



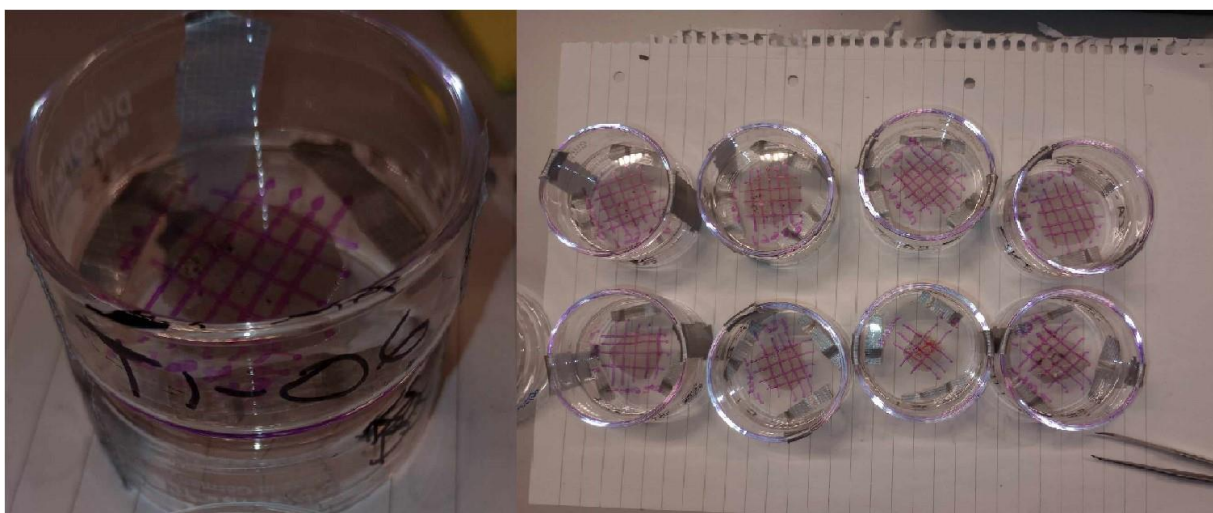
FIGUR 6: OPPSETTET FOR VAKUUMFILTRERING, INKLUDERT FUNNEL, BASE OG STOPPER, KLYPE OG SIDEARMS FLASKE. (FOTO: STYRVOLD, 2024)

Om filteret etter filtreringen inneholdt en merkbar mengde organisk materiale, noe som fort er sannsynlig dersom norske prøver undersøkes, må det gjennomføres en oksidasjon for å fjerne organisk materiale. I dette forsøket ble en slik oksidasjon gjennomført for en av sedimentprøvene, KA-03. Filteret blir lagt i ett begerglass som ble fylt med nok H_2O_2 til å dekke filteret. Beggerglasset ble deretter dekket over med aluminiumsfolie med hull i, og det ble satt inne i et større begerglass med aluminiumsfolie over dette større glasset også. Dette ble gjort ettersom oksidasjonsprosessen er en eksoterm reaksjon, noe som betyr at reaksjon 'koker' vekk organisk materiale. En slik 'kokende' reaksjon med en syre som H_2O_2 bør

gjennomføres med omhu, og det bør bli gjennomført i et avtrekksskap. Oksidasjonsreaksjonen ble gitt god tid til å gjøre seg ferdig. I dette forsøket ble filteret stående i H_2O_2 i tre dager. Etter at oksidasjonsreaksjonen er gjennomført ble H_2O_2 løsningen filtrert vekk ved vakuumfiltrering. Dersom oksidasjon ble nødvendig var det viktig å veie det tørkede filteret både før og etter prosessen, slik at det kan dokumenteres endringer i massen. I dette forsøket ble det gjennomført oksidasjon av en prøve, og endringene i massen av denne prøven er visst i delkapittel 4.2.

3.3. Visualisering og kvantifisering av filtrert mikroplast

For å visualisere og kvantifisere mikroplastpartikler fra filtreringen ble det benyttet et mikroskop. Dette mikroskopet var koblet opp til en datamaskin med programmet NIS-Elements D, som gjør det mulig å ta bilder av observerte partikler. Disse partiklene ble deretter vurdert om de var mikroplastpartikler eller ikke. For at det skulle være mulig å lokalisere partiklene på nytt etter bildene var tatt ble det nødvendig å finne et system som gjorde det enkelt å navngi og finne tilbake til hver individuell partikkel på hvert individuelt bilde. Løsningen ble å teipe sammen to petriskåler som visst i figur 8. På oversiden av glasset ble det tegnet ett koordinatsystem som ble benyttet til å navngi hvert enkelt bilde, som også kan sees i figur 8. Denne oppbevaringsmetoden var også gunstig da konstruksjonen var mulig å demontere uten å forstyrre filteret som lå mellom petriskålene. En slik demontering var nødvendig å gjøre før Nile-Red undersøkelser senere.



FIGUR 7: TO PETRISKÅLER TEIPET SAMMEN MED FILTRENE Plassert MIDT IMELLOM DEM, OG KOORDINATSYSTEM TEGNET OVENFOR FOR Å FORENKLE DEN VISUELLE INSPEKSJONEN AV PRØVENE MED LYSMIKROSKOP. (FOTO: STYRVOLD, 2024)

Når det er blitt identifisert potensielle mikroplastpartikler var det nødvendig å gjøre en vurdering om disse partiklene var plast eller ikke. En slik vurderingen ble gjort gjennom et vurderingssystem fylt med ulike kriterier som måtte oppfylles for å kunne kalle en partikkel for plastpartikkel. Tabellen med kriteriene er vist i tabell 4. For at en partikkel skulle bli klassifisert som en plastpartikkel måtte den tilegnes minimum 2,5 poeng fra tabell 4. I denne kvantifiseringsprosessen ble plast typene beskrevet i Frias et al. (2018), benyttet som en veiledende beskrivelse for kvalitativ sjekk av ulike typer plast.

Tabell 4: Tabell med kriterier for visuell identifikasjon av plast

Kriteria for visuell klassifisering av plast	Poeng
Farge (unaturlig, f.eks. rødt eller flere farger sammensmeltet)	1p
Homogen-fiber	1p
Reaksjon i kontakt med varme/ "Hot Needle Test"	1p
Skarpe kanter	1p
Kvalitativ (ser det ut som plast? Hvilken type eventuelt)	0,5p

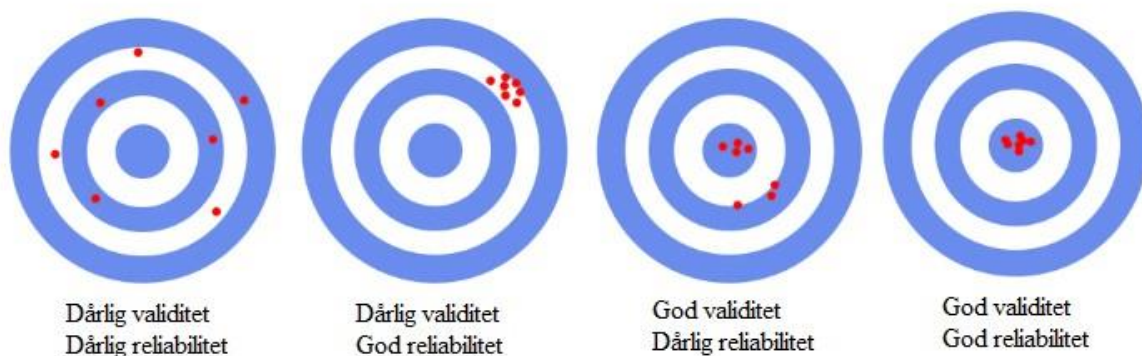
Farge, og hvorfor dette er et noe omstridt kriterium er nevnt i teorien, men kort oppsummert kunne farge være vanskelig å bedømme om er naturlig eller unaturlig i det geografiske området prøvene er samlet inn fra. Dersom partiklene var *homogene*, altså om partiklene hadde den samme fargen og jevn tykkelse langs hele lengden sin, passerte den kriteriet homogen-fiber (Lusher et al., 2020). En *varm nål* ble forsøkt å benytte for å undersøke om partikler var av plast, ettersom plastpartikler ville smeltet i kontakt med en rødguldene nål (Campbell et al., 2017). Overflaten av mikroplastpartikler, spesielt fragmenter, kan kjennes igjen ved *skarp kanter* fra brudd (Tanaka & Takada, 2016). Til slutt ble det tildelt kun et halvt poeng dersom partiklene *kvalitativt* så ut til å være plast, enten ved det blotte øye eller gjennom mikroskop. Det ble kun gitt et halvt poeng på dette siste kriteriet, ettersom det er mer skjønnsbasert, og vil i større grad være utsatt for forskerens bias. Om en partikkel ble vurdert til å være plast ut ifra kriteriene i tabell 4, ble de telt opp og antall av denne typen partikler i de ulike prøvene ble notert.

Selv om det var mulig å utvinne resultater med kun ett mikroskop og intuitive kvantifisering, var det gunstig å benytte mer avanserte metoder for å sikre seg gode, reliable resultater. Det ble derfor gjennomført Nile-Red som oppfølgingsmetode. NR ble dryppet på

filtrene frem til de var dekket av NR, og deretter ble de tildekkede filtrene lagt uforstyrret i mørket i 30 minutter før de ble undersøkt. Alt arbeid med NR ble gjennomført i mørket, i dette forsøket ble dette arbeidet gjort på kveldstid. Skoler vil ofte ha persienner eller andre løsninger, slik at rommet kan bli mørkt nok på dagtid til å benytte NR. Det ble benyttet NightSea utstyr, og det ble valgt å benytte UV-lys med bølgelengde 360-380nm (eksitasjon), 415nm (emisjon). Etter 30 minutter i mørket ble hvert enkelt av filtrene undersøkt under fluorescensmikroskop. Antall og type fluorescens partikler ble telt, dokumentert og tatt bilder av.

3.4. Reliabilitet og validitet

Metoder som benyttes og utvikles for forskning må være reproducerbare og repeterbare, og de må kunne gi pålitelige og gode resultater (Phillips & Johns, 2012). For at forskning skal kunne være reproducerbar må det være mulig for en uavhengig forsker å benytte en samme dataen og metodene til å produsere de samme resultatene. Dette krever at data og koder er tilgjengelig, og at det er tydelig forklart hvordan dataen er blitt samlet inn. Repeterbar forskning er forskning hvor ny data samles inn, men det benyttes like eller liknende metoder for å produsere tilnærmet like resultater (Kedron et al., 2021).



FIGUR 8: BLINKER BENYTTES OFTE FOR Å ILLUSTRERE BEGREPENE VALIDITET OG RELIABILITET, OG FORSKJELLEN MELLOM DEM (SCIENCEREADY, 2024)

Konseptene reliabilitet og validitet er viktige for å skape pålitelige og troverdige metoder og resultater. Ofte illustreres disse konseptene med blinker, som visst i figur 9 ovenfor. En generell regel innen forskning er at forskning ikke skal være misvisende. Reliabilitet er et begrep som beskriver hvor godt en metode eller datainnsamling kan reproduceres eller

repeteres, og hvor sannsynlig det er å produsere liknende resultater som den originale forskningen ved ulike omstendigheter (Roberts & Priest, 2006). Med andre ord, hvor reliable er metodene, datainnsamlingen og resultatene gjort i forsøket om de skulle bli reproduisert? Vil andre forskere finne frem til de samme resultatene dersom de benytter seg av de samme metodene som ble brukt i denne oppgaven? God reliabilitet, om blinkmetaforen illustrert i figur 9 benyttes, vil være at hvert enkelt skudd har god gruppering og gir liknende resultat.

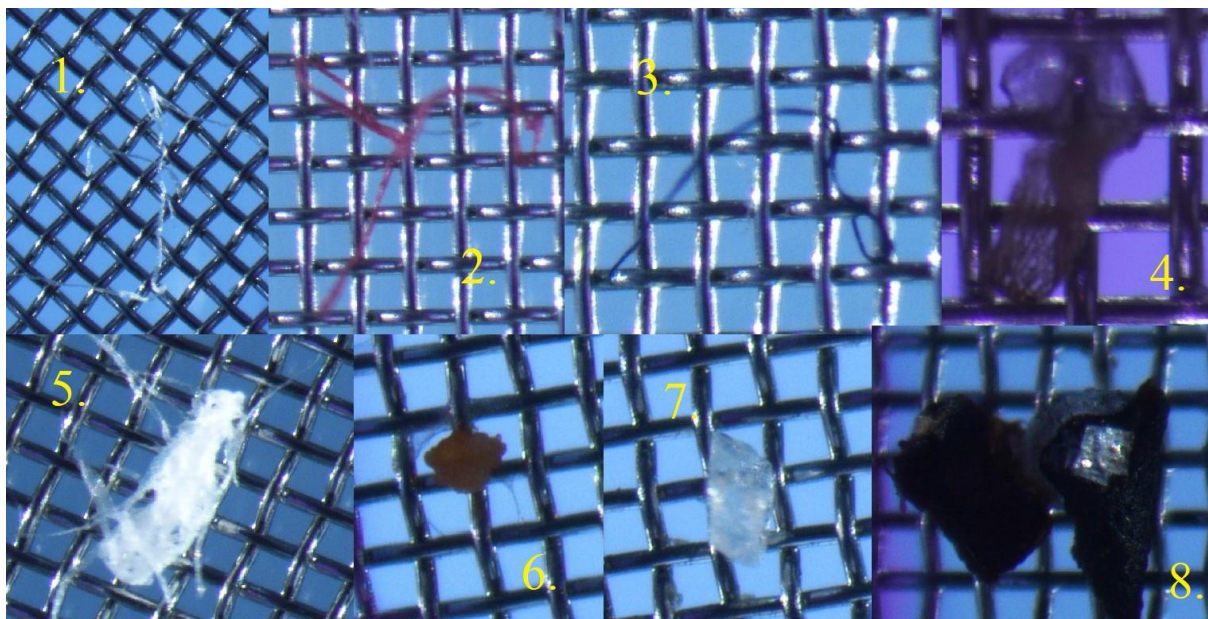
Validitet er et mer skjønnsbasert begrep. Dersom figur 9 og den tilhørende blinkmetaforen benyttes nok en gang, er validitet et spørsmål om skuddene treffer midten av blinken. Med andre ord, resultatene er valide dersom de finner svaret på forskningsspørsmålet som det jobbes med. Påliteligheten til en studie baserer seg på både ekstern og intern validitet. Ekstern validitet beskriver hvor generaliserbare resultatene fra forskningen er, og hvordan resultatene kan sammenliknes med andre forskningsrapporter om samme tema og/eller samme geografiske lokasjon (Findley et al., 2021). En grundig og god gjennomgang av relevant bakgrunns teori vil gi en metode forbedret ekstern validitet. Intern validitet handler om feil i egen forskning, og hvordan ulike feilkilder rapporteres og omtales. Den interne validiteten av forskningen er en beskrivelse av forholdet mellom årsak og virkning. Ulike feilkilder som kan ha forekommet i forskningsprosessen som forårsaker intern validitetsfeil inkluderer valgfeil, systematisk feil i metode (f.eks. gjentatt og konsekvent feil utførelse av en metode på lab), observasjonsfeil (f.eks. observasjon av falsk positiv/negativ data) (Phillips & Johns, 2012), eller menneskelige feil (Slack & Draugalis, 2001).

4. Resultater

I dette kapitlet presenteres dataene fra gjennomføringen av den utviklede metoden for å analysere sedimentprøvene fra Grønland. Dataen, og metoden i lys av resultatene, diskuteres videre i diskusjonsdelen av oppgaven, mens dette kapitlet utelukkende presenterer selve resultatene. For å gjøre gjennomgangen av resultatene så ryddig som mulig gjøres den i to deler, resultater før NR test og etter NR test. For begge disse delene beskrives de ulike partiklene som er vurdert som relevante plastpartikler funnet i prøvene. Det er også gjennomført en oksidasjonsprosess i en av prøvene, og resultatene av dette vil beskrives. Resultatene beskrives i detalj for å gi innsikt i hvordan forskningen kan gjennomføres i praksis med elever, samtidig som det gjør det mulig å diskutere metoden og oppgaven i sin helhet med hensyn til oppgavens problemstilling. Resultatene presentert i dette kapitlet vil bli diskutert videre i delkapittel 5.1.

4.1. Observert mikroplast før Nile-Red

Kriteriene presentert i tabell 3 benyttes for å visuelt klassifisere en partikkel som plast. Antall observerte partikler av hver av de ulike partiklene er ført opp i tabell 4 nedenfor. De ulike partikkeltypene har blitt gitt navn ut ifra de visuelle observasjonene, men navnet er ikke nødvendigvis enstemmig med hvilke typer partikler det faktisk er. Navnet som er gitt til partiklene i resultatene er ment som veiledende navn for å gjøre resultat delen mer oversiktlig. Samtlige typer observerte partikler er illustrert i figur 10, bildene er tatt med et NIKON SMZ1270 mikroskop og det tilhørende dataprogrammet NIS-Elements D, forstørret 22,5 ganger, med unntak av partikkel nummer 4, som er forstørret 120 ganger.



FIGUR 9: DE ULIKE PARTIKLENE FUNNET I SEDIMENTPRØVENE FRA GRØNLAND SOM ER BLITT VURDERT TIL Å VÆRE PLASTPARTIKLER ETTER VISUELL INSPEKSJON. (1) LYSE/GJENNOMSIKTIGE FIBRE. (2) RØDE FIBRE. (3) BLÅ/SORTE FIBRE. (4) BRUNE FRAGMENTER. (5) HVITE FILAMENTER. (6) RØDE/MØRKE FRAGMENTER. (7) GJENNOMSIKTIGE PELLETS. (8) SORTE FRAGMENTER. PARTIKLENE LIGGER PÅ ET FILTER MED MESH-ÅPNING PÅ 104µM. (FOTO: STYRVOLD, 2024)

(1) Lyse/gjennomsiktig fibre:

De vanligste fibre observert i prøvene var lyse/gjennomsiktige fibre. Denne typen fibre var til stede i samtlige prøver, inkludert blank prøvene. Partiklene er *homogene*, de har samme farge hele veien og de har jevn tykkelse langs hele lengden av partikkelen. På filtrene ble disse fibre observert både isolert og tvinnnet sammen med hverandre. Kantene på partiklene ser ut til å være *skarpe*, men det er vanskelig å bedømme dette på tynne fibre med begrenset mulighet for forstørrelse. Den gjennomsiktige/lyse *fargen* er fra litteraturen vanlig for plastpartikler. Rent *kvalitativt* ser det ut som at disse partiklene er plast. Dermed tilsvarende dette er en type plastpartikkel, ettersom den tildeles 3,5p fra tabell 4. Varm nål kriteriet ble ikke benyttet, og grunnen til dette er diskutert i delkapittel 5.1.

(2) Røde fibre:

De røde fibre observert i prøvene minner i stor grad om de lyse/gjennomsiktige fibre ovenfor. Fibrene er *homogene*, med *skarpe kanter*, og en *farge* som er unaturlig i relasjon til det geografiske området Grønland. Disse røde fibre var ikke observert i alle prøvene, og det var ingen av dem i noen av de tre blankprøvene. Dette betyr at vi med sikkerhet kan konkludere med at disse røde fibre stammer fra Grønland. Men, denne fiber typen var ikke til stede i prøven som det ble gjennomført en oksidasjonsreaksjon på, KA-03. Også disse fibre antas rent *kvalitativt* å være plast, da de gis 3,5p fra tabell 4.

(3) Blå/sorte fibre:

Disse fibrene er sammenliknbare med både de røde og de lyse/gjennomsiktige fibre. De er *homogene* i både farge og i tykkelse, men samtidig er det noe vanskeligere å bedømme om *fargen* er naturlig eller ikke. Kantene på disse fibrene virker til å være mer avrundede, og de er observert i samtlige prøver, med unntak av i PCS-02 men inkludert blankprøvene. Fra tabell 4 tilegnes de blå/sorte fibrene 2,5p, og klassifiserer dermed som plastpartikler.

(4) Brune fragmenter:

Brune fragmentene ble observert i fire av seks prøver fra Grønland, og ikke i noen av blankprøvene. Dermed kan det med sikkerhet si at disse partiklene stammer fra Grønland, som med den røde fiberen. Samtidig er heller ikke denne partikkelen til stede i den oksiderte prøven KA-03, noe som tyder på at de er blitt borte gjennom oksidasjon. Prøven har en brunfarge som kan finnes i naturen. Det er en *homogen* partikkel, med jevn tykkelse langs hele prøven og en farge. Langs kantene av partiklene ser det ut til å være *skarpe kanter*. Fra tabell 4 tilegnes disse fragmentene 2,5p.

(5) Hvite filamenter:

Flere hvite partikler med tynne fibre i og rundt seg ble observert i samtlige av prøvene fra Grønland, og ikke i noen av blankprøvene. Disse partiklene er *homogene* i fargen, men tykkelsen varierte noe langs partiklene. Denne variasjonen kan komme fra en mengde brudd og utstikkende fibre med samme farge, da den har *skarpe kanter*. Partikkelen ser *kvalitativt* ut som plast, og partikkelen tilegnes dermed 2,5p fra tabell 4.

(6) Røde/mørke fragmenter:

Det var vanskelig å ta et bilde med lysmikroskopet som reflekterte denne partikkeltypen på samme måte som den ble observert gjennom mikroskopet. Partiklene hadde *skarpe kanter*, og en unaturlig rød *farge* med tanke på det geografiske området prøven er hentet fra. Samtidig varierte de i størrelse og tykkelse på langs av prøven, og kan dermed ikke kalles *homogene* i den forstand. De røde/mørke fragmentene tilegnes fremdeles 2,5p fra tabell 4, og klassifiseres dermed som plast.

(7) Gjennomsiktige pellets:

Denne partikkeltypen er sammenliknbar med de hvite filamentene, men de er isolert fra fibre og har en mer gjennomsiktig farge. Pelletene har en *homogen* farge og tykkelse langs

hele partikkelen, i tillegg til *skarpe kanter*. Rent *kvalitativt* ser dette ut som plast, og partikkelen tilegnes 3,5p fra tabell 4.

(8) Sorte fragmenter:

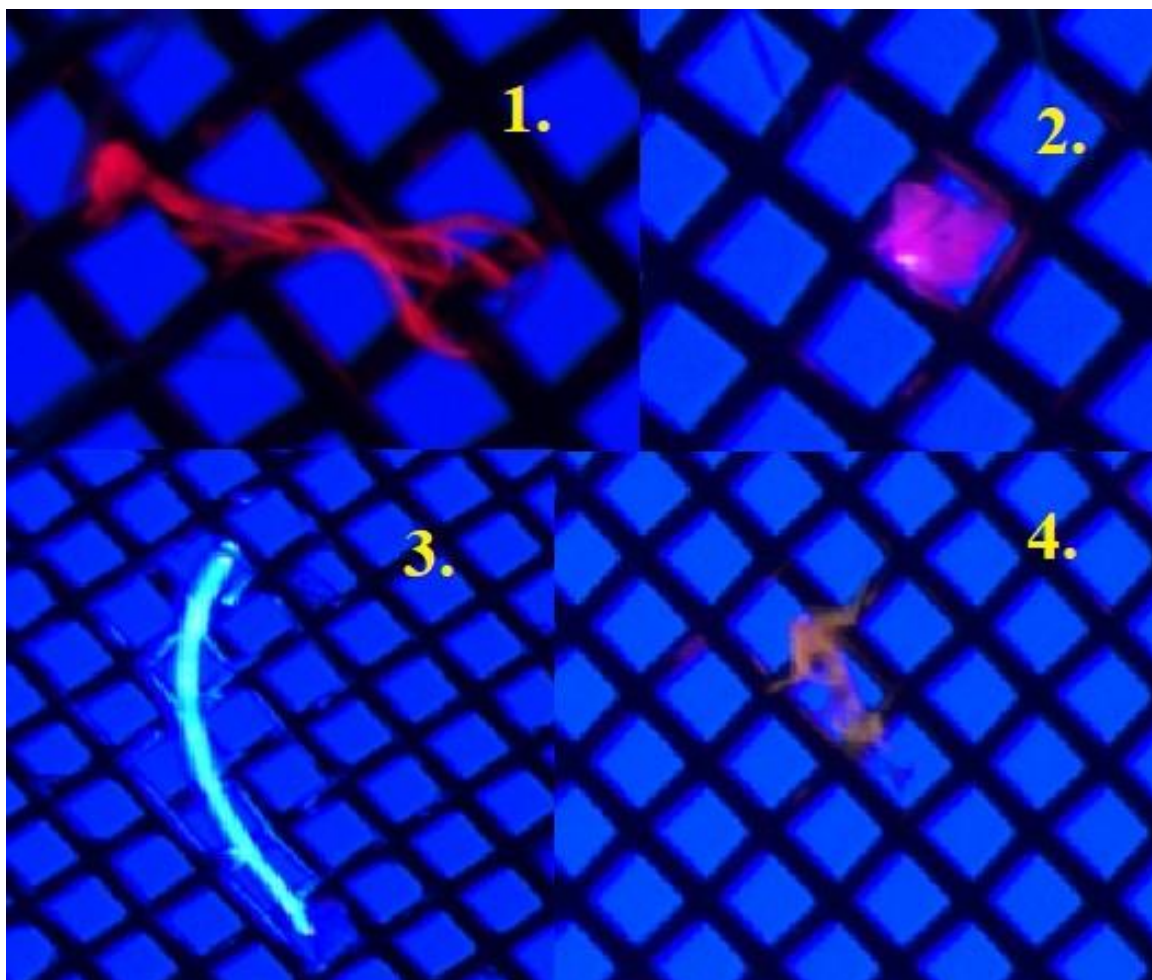
Denne typen fragmenter ble kun observert i prøvene fra TI-stranden. Den mørke *fargen*, i samspill med *skarpe kanter* og en *homogen* tykkelse langs partikkelen tilsvarer 3,5p fra tabell 4.

TABELL 5: ANTALL ULIKE PARTIKLER OBSERVERT VED VISUELL SORTERING VED MIKROSKOPI

	Hvit/gjennomsiktig fiber	Rød fiber	Blå/sort fiber	Brunt fragment	Hvitt/gjennomsiktig filament/tau	Rød/mørkt fragment	Gjennomsiktige pellets	Sorte fragmenter
FR-06	37	4	2	-	3	3	-	-
FR-15	50	3	6	2	1	-	-	-
KA-03 OKS	20	-	3	-	3	9	2	-
PCS-02	74	2	5	3	30	-	12	-
TI-06	23	1	12	18	1	5	6	4
TI-07	10	-	-	3	2	7	4	2
Blank A	47	-	2	-	-	-	-	-
Blank B	22	-	2	-	-	-	-	-
Blank C	13	-	1	-	-	-	-	-

Prøve KA-03 ble som nevnt utsatt for en oksidasjonsreaksjon for å fjerne det organiske materialet i prøven. Totalt ble en masse på 0,003g fjernet gjennom oksidasjon, noe som tilsvarer 60% av partiklene på filteret. Med andre ord ble 3 av 5 partikler fjernet gjennom oksidasjon, noe som viser viktigheten av å gjennomføre oksidasjon i prøver hvor det er nødvendig.

4.2. Observert mikroplast etter Nile-Red



FIGUR 10: FLUORESCERENDE PARTIKLER I PRØVEN SOM ET RESULTAT AV NR-FARGING. 1. RØDE FIBRE. 2. RØDE FILAMENTER. 3. BLÅ FIBRE. 4. GULE/GJENNOMSIKTIGE FILAMENTER. PARTIKLENE LIGGER PÅ ET FILTER MED MESH-ÅPNING PÅ 104µM. (FOTO: STYRVOLD, 2024)

Etter NR farging ble det observert fire ulike typer partikler, som illustrert i figur 10. Et justert antall av hver av partiklene i de ulike prøvene er visst i tabell 5. Justeringen er gjort ved å trekke fra hvor mange av hver type partikkel var gjennomsnittlig funnet i blankprøvene. For eksempel var det i snitt tre røde fluorescerende fibre i blank prøvene, og dermed er det trukket fra 3 slike fibre fra hver av prøvene hvor denne partikkelen ble observert i. De røde og de blå/hvite fluorescerende fibre ble observert såpass mye i blankprøvene at disse typene partikler ikke er tatt med når antall mikroplastpartikler per kg sedimenter er beregnet for tabell 6. Observasjonene etter NR farging viser at plastpartiklene som her er navngitt røde filamenter (2. i figur 10) og gule/gjennomsiktige filamenter (4. i figur 10) kan påvises ved å bruke metoden utviklet for denne oppgaven.

Tabell 6: Resultater som et følge av NR

	Røde fibre	Røde filamenter	Blå/hvite fibre	Gule/gjennomsiktige filamenter	Masse (g)	Mikroplast – partikler per kilo sedimenter
FR-06	10	-	-	1	148,23	74,21
FR-15	7	1	7	2	132,48	113,22
KA-03	15	1	-	-	78,84	202,94
OXS						
PCS-02	2	-	7	3	47,68	251,68
TI-06	-	7	-	1	153,23	52,21
TI-07	1	1	-	-	85,60	23,36
Blank	3	1	5	-	-	-
Gj.snitt.						

Det er funnet en gjennomsnittlig konsentrasjon av mikroplastpartikler per kilo sedimenter på 119,60 +/- 132,08 partikler/kg. Dette antallet mikroplastpartikler funnet per kilo sediment i prøvene fra Grønland, som visst i tabell 6, er sammenliknbart med funnene gjort i andre forskningsrapporter. Fra tabell 2 fant for eksempel Lots et al. (2017) og Azaaouaj et al. (2024) et liknende antall partikler per kilo sedimenter. Undersøkelsen gjennomført i Asorene i Portugal av Rodrigues et al. (2024) ble gjennomført i et geografisk område med menneskelig aktivitet sammenliknbart med Grønland, og der ble det funnet færre mikroplastpartikler per kilo sedimenter enn hva som ble funnet i denne undersøkelsen.

4.3. Egne erfaringer fra gjennomføring av metoden

I dette forsøket ble tidligere innsamlede prøver undersøkt, og det ble dermed ikke gjennomført noen bulkinnsamling for denne oppgaven. Prøvene som ble undersøkt inneholdt lite organisk materiale og hadde relativt fine sandkorn som var lette å behandle og jobbe med. Siling, tørking og veiing av prøvene var uproblematisk og effektivt med utstyret tilgjengelig. Tetthetsseparasjonen ved flotasjon fungerte, da det ble bekreftet funn av mikroplastpartikler i samtlige prøver gjennom Nile-Red farging. Validiteten og reaktiviteten av metoden er fortsatt mulig å diskutere videre, noe som gjøres i kapittel 5.1.2. Oksidasjon, filtrering og NR ble gjennomført uten problemer, og de var enkle og praktisk gode metoder å benytte seg av. Det samme gjelder for gjennomføringen oppkoking av saltløsning med NaCl og

flotasjonsmetoden, men det er tilknyttet et krav om tålmodighet til gjennomføringen av disse to prosessene. I oppkokingen av saltløsningen for eksempel, var jeg i gjennomføringen av dette forsøket litt utålmodig, og saltløsningen burde blitt kokt enda litt lenger for å forsikre seg om at alt saltet ble løst opp. Kriteriet for å undersøke plast med varm nål fra tabell 3 ble heller ikke benyttet, ettersom det var vanskelig å treffe mikroplastpartikler med nålen før den ble avkjølt, dette diskuteres nærmere i delkapittel 5.1. Metodene som ble benyttet var i min mening enkle, intuitive og givende, og de produserte noe som kan virke som valide resultater. Jeg tror jeg hadde hatt stor glede av å undersøke prøver jeg selv hadde samlet inn. Spikeprøvene ble ikke benyttet til en stor nok grad, og jeg burde hatt en bedre forståelse rundt hvordan jeg kunne benyttet dem før jeg begynte å benytte meg av dem.

5. Diskusjon

I dette kapitlet vil det diskuteres rundt problemstillingen og forskningsspørsmålene som skrevet i delkapittel 1.2. Det undersøkes i hvilken grad en analyse av mikroplast i strandsedimenter kan gi data som er anvendelig i forskning samtidig som metoden som benyttes skal være anvendelig ved undervisning i videregående skole. Denne oppgaven har undersøkt sedimentprøver fra strender på Grønland. For mange kan dette virke merkelig, og lite relevant til undervisning for elever ved en norsk videregående skole. Men, prøvene undersøkt i denne oppgaven, sammen med litteraturen og forskningsrapportene presentert i tabell 2 (Alava et al., 2021);(Azaaouaj et al., 2024);(Lots et al., 2017);(Rodrigues et al., 2024);(Ronda et al., 2023), kan være med på å gi et globalt perspektiv på mikroplast og bærekraftig utvikling. I de ulike delkapitlene innen diskusjonen vil oppgavens forskningsspørsmål besvares. Dette inkluderer å undersøke relevante fag å inkludere i et tverrfaglig undervisningsopplegg (forskningsspørsmål 1), hvilke metoder som er egnet for å analysere mikroplast i sedimentprøver som er realistiske å kunne benytte seg av i skolesammenheng (forskningsspørsmål 2) og til hvilken grad dataen elevene samler inn kan benyttes i videre forskning (forskningsspørsmål 3). I diskusjonen vil metodene benyttet og resultatene funnet i denne oppgaven diskuteres først. Deretter vil det tilhørende undervisningsopplegget undersøkes og dets innhold diskuteres, før det til slutt tas stilling til hvordan dette undervisningsopplegget fungerer i samspill med et potensielt Citizen Science prosjekt.

5.1. Hvordan fungerer metodene beskrevet i denne oppgaven til å finne vitenskapelig data som kan benyttes videre i forskning senere?

Metoden benyttet i dette forsøket er vurdert og valgt ut ifra tidligere forskning gjennomført innen forskningsfeltet mikroplast, gjennom anbefalinger fra veileder(e), og gjennom egne vurderinger av hvordan ulike deler av metode best kan gjennomføres i undervisningssammenheng. Som beskrevet i **forskningsspørsmål 3** var det ønskelig å utvikle et undervisningsopplegg hvor dataen som ble samlet inn skulle kunne bli benyttet i videre forskning. Dette betydde samtidig at metodene som skulle inkluderes og benyttes for å analysere sedimenter og finne data for videre forskning måtte kunne gjennomføres med utstyr som det er realistisk å finne ved den gjennomsnittlige videregående skole, som beskrevet i **forskningsspørsmål 2**.

Noen av de ulike trinnene beskrevet i metoden er ganske standardisert, som hvordan prøver vanligvis samles inn, mens andre deler kunne blitt gjennomført på flere måter. Men selv de relativt standardiserte metodene følger ikke en metodisk oppskrift trinn for trinn i ulike forsøk gjennomført innen analyse av mikroplast. For de noe mer kompliserte delene av metoden, som blant annet filtrering, fluorescens mikroskopi, og oksidasjon, er det ikke bare små variasjoner i litteraturen om hvordan hver enkelt metode bør gjennomføres, men også på hvilken metode som blir benyttet. For eksempel ble mer nyutviklede metoder som elektrostatisk separasjon (Felsing et al., 2018) og magnetisk ekstraksjon (Grbic et al., 2019) nevnt som alternativer til den valgte tetthetsseparasjon metoden flotasjon i delkapittel 2.5.2. Disse metodene er nyere, og dermed mindre omtalt i litteraturen, de krever dyrere, mer avansert utstyr, og det er generelt en høyere terskel for å benytte seg av dem. Flotasjon derimot er enklere for en lærer å sette seg inn, for elevene å forstå, og det er mer sannsynlig at skoler har utstyret som trengs for å gjennomføre tetthetsseparasjon ved flotasjon. Dette kommer tydelig frem både i egne erfaringer, som beskrevet i 4.3, og i Nguyen et al. (2019) hvor metoden beskrives detaljert, både hvordan den skal gjennomføres, og hvordan utstyret og materialene som benyttes i flotasjonen fungerer.

Flotasjonsmetoden krever kun begerglass, de innsamlede og behandlede sedimentprøvene, og en saltløsning. Når det kommer til valg av salt er dette blitt forklart tidligere i oppgaven, og i skolesammenhenger er det naturlig å benytte seg av en NaCl-løsning. NaCl er både det billigste og det enkleste saltet og håndtere i skolesammenheng. Det er ikke skadelig for miljøet eller for mennesker (Cutroneo et al., 2021), selv om det absolutt ikke er anbefalt å drikke NaCl-løsningen som blir forberedt for dette forsøket. Etter bruk vil NaCl-løsningen ganske enkelt kunne skylles ut i vasken, mens andre salter som NaI, ZnBr₂ og ZnCl₂ bør resirkuleres for senere bruk ettersom de er mye dyrere enn hva NaCl er, og de er også skadelige for mennesker og miljø (EHCA-database, 2024). Det eneste hensynet som må tas når NaCl-løsninger benyttes er at det kan føre til korrosjon i kontakt med stål og andre metaller som ikke er rustfrie. Dermed er det fordelaktig å benytte verktøy enten av glass eller rustfritt stål under oppkoking, røring og generell behandling av saltløsningen. Når løsningen skylles ut i vasken, må vasken skylles godt med rent vann fra springen, slik at vasken ikke utsettes for korrosjon. Både oppkokingen av saltløsningen, flotasjonsprosessen og eventuell gjennomføring av oksidasjon bør gjennomføres i avtrekkskap der det er mulig. Dette gjør selvfølgelig at det må tas en vurdering på gruppesammensetning og gruppestørrelser når metoden skal benyttes i sammenheng med et undervisningsopplegg. Gruppene må settes

sammen slik at det er plass til å lagre og jobbe med prøvene for hele klassen, dermed vil antall avtrekksskap og antall elever i klassen sette en begrensning på antall prøver som kan undersøkes. Hver gruppe bør undersøke minst fem prøver for å forsikre seg om at resultatene er reliable.

Videre er filtreringsprosessen ganske rett frem. Ett enkelt vakuum-pumpe oppsett benyttes for å gjennomføre filtreringen, og generelt har videregående skoler utstyret som trengs for å benytte denne metoden. Det er fremdeles verdt å notere at filtrene som benyttes, i denne oppgaven var det Spectra/Mesh® Woven filter, med en diameter på 55mm og en filterdiameter på 104µm, er dyre. Det er dermed lurt å lage/finne et verktøy som kan brukes til å klippe filtrene til en passende størrelse for forsøket for elevene. I gjennomføringen av denne oppgaven ble filtrene klippet og tilpasset med saks, noe som fungerte uten at det ga filtre med perfekt størrelse og fasong. Det må vurderes hvilken størrelse filterdiameter på silen som skal benyttes til å redusere volumet av den innsamlede bulkprøven skal være. I dette forsøket ble det benyttet en sil med filterdiameter på 1000µm, men dette er ikke en øvre eller nedre grense. Generelt vil filterdiameter av silen som benyttes bestemmes av det gjenværende målte massen av prøven etter siling. Ideelt sett bør prøvenes masse etter siling være mellom 50g til 150g, da dette bør være en håndterbar mengde sedimenter å gjennomføre tetthetsseparasjon ved flotasjon på med hensyn til lab, utstyr og tilknyttede kostnader. Det er, som nevnt i teorien, viktig at sedimentprøvene er fullstendig tørre før det forsøkes å redusere volumet deres. Om prøvene ikke er tørre kan sediment- og plastpartikler klumpe seg sammen eller sette seg fast i silen, og dataen fra undersøkelsen kan dermed potensielt gi falske negative data. Etter at prøvene er volumredusert og eventuelle mikroplastpartikler er skilt ut gjennom flotasjon og filtrering, er det nødvendig å vurdere om prøvene enda inneholder organisk materiale. Ettersom elevene skal undersøke norske prøver er det høyst sannsynlig at dette er tilfelle, og en slik oksidasjon var også nødvendig å gjøre med prøvene fra Tingmiarmiut strendene, strender på østsiden av Grønland som visst i figur 1, i dette forsøkt. Gjennomføring av en oksidasjonsreaksjon vil være relevant for kompetansemål innen Naturfag, som visst i appendiks 1. Spesielt oksidasjonsprosessen bør gjennomføres i avtrekksskap, da det skjer en eksoterm reaksjon forårsaket av den svake syren H_2O_2 . Å fjerne organisk materiale er også viktig før det benyttes NR og fluorescens mikroskopi, da organisk materiale vil kunne gi falsk positiv data her (Nguyen et al., 2019).

Fra gjennomføringen av forsøket er det funnet åtte ulike typer partikler som er vurdert som plastpartikler etter visuell sortering i lysmikroskop. Av disse åtte partikkeltypene er det to

stykker vi også finner partikler av i alle de tre blankprøvene, nemlig hvite/gjennomsiktig fibre og blå/sorte fibre. Dette kan sees i tabell 5. Det er spesielt funnet mange hvite/gjennomsiktige fibre i blankprøvene, og det er tydelig at denne partikkeltypen er en forurensning av sedimentprøvene. I henhold til funnene i Rodrigues et al. (2024), bør det dermed sees bort ifra disse partiklene. Det kan også sees bort ifra de blå/sorte partiklene, da de også er observert i samtlige av blank prøvene. Forklaringen på hvordan disse partiklene har forurenset prøvene er ikke sikkert, men jeg mistenker at de stammer fra klærne som ble brukt på lab. De hvite/gjennomsiktige partiklene kan stamme fra de hvite ulltrøyene som ble benyttet samtlige dager på lab, og de blå/sorte fibre kan på samme måte stamme fra buksene som ble brukt. Å oppdage slike feilkilder som bakgrunnsforurensning er nettopp hvorfor det gjennomføres blankprøver.

Poengskalaen i tabell 4 endte opp med å ha en kategori som ikke ble benyttet til å undersøke om partiklene var plast eller ikke. Det viste seg å være vanskelig å benytte varme som et kriterium. Nålen som ble varmet opp for undersøkelsen endte opp med å bli avkjølt før den gjorde kontakt med de små partiklene, og det var vanskelig å i det hele tatt treffe partiklene.

Bildene som ble tatt med lysmikroskopet ble enkle å identifisere og navngi takket være hvordan beholderne ble satt sammen og koordinatsystemet (som visst tidligere i figur 8), men filtrene lå løst inne imellom petriskålene. Dermed ville filtrene skifte posisjon dersom petriskålene ble flyttet på med litt lite omhu, og det er også mulig at noen partikler kan ha falt av filteret som et resultat av dette. Det er dermed viktig å være forsiktig når en flytter på petriskålene.

Det er funnet varierende konsentrasjon av mikroplastpartikler per kilo sedimenter i de ulike prøvene. Det er ikke gjennomført nok tester av sedimentprøver fra det samme geografiske området til å bekrefte reliabiliteten på resultatene oppgitt i tabell 6, det er ikke blitt gjennomført noe liknende forskning i området tidligere, og det er dermed ikke noe geografisk relevant data som kan benyttes til å direkte sammenlikne funnene i denne oppgaven med. I undersøkelsen som ble gjennomført på de avsidesliggende øygruppene Azorene i Portugal av Rodrigues et al. (2024) ble det funnet en vesentlig lavere gjennomsnittlig konsentrasjon av mikroplastpartikler per kilo sedimenter sammenliknet med hva som ble funnet i dette forsøket. Funnene fra andre geografisk isolerte områder kan være med på å gi en pekepinn til validiteten til resultatene funnet i denne oppgaven, men det må tas høyde for ulike faktorer som kan være med å påvirke konsentrasjonen av mikroplast funnet i de ulike geografiske

områdene. I Lots et al. (2017) ble prøvene undersøkt samlet inn i sammenheng med et CS-prosjekt, og dataen fra denne undersøkelsen er dermed interessant å sammenlikne funnene i dette prosjektet med. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av mikroplastpartikler per kilo sedimenter i denne oppgaven, 119,60 +/- 132,08 partikler/kg, høyere enn 4 av de 5 forskningsrapportene inkludert i tabell 2, hvor kun funnene i Ronda et al. (2023) er høyere. Prøvene undersøkt i Ronda et al. (2023) er fra strender utenfor Buenos Aires, og de er dermed ekstremt utsatt for menneskelig aktivitet. Dermed benyttes denne forskningsrapporten til å illustrere at til tross for at det ble funnet en høyere konsentrasjon i denne undersøkelsen enn for eksempel i Alava et al. (2021) eller Rodrigues et al. (2024), er det mange områder med vesentlig høyere konsentrasjoner av mikroplast i andre geografiske områder.

Det er mulig å argumentere for at dette er en svakhet med oppgaven, og at det gjør det vanskeligere å bedømme kvaliteten på den utviklede metoden for å utvinne mikroplast fra marine sedimenter. Samtidig beviser metoden at tetthetsseparasjon ved flotasjon fungerer, at antall partikler som vurderes til å være plast ved visuell sortering er langt høyere enn antallet plastpartikler påvist ved NR-farging, og den illustrer hvordan mikroplast er mulig å finne selv i de mer isolerte og øde delene av jordkloden. Dersom blinkmetaforen fra figur 9 benyttes i sammenheng med resultatene, kan det sies at validiteten av metoden er god, men reliabiliteten er dårligere. Den dårlige reliabiliteten kommer av at det er blitt undersøkt for få sedimentprøver fra de ulike strendene. Reliabiliteten kunne dermed blitt forbedret ved å gjennomføre videre analyse og undersøkelse av flere prøver fra de geografiske lokasjonene strandsedimentene i denne oppgaven er hentet fra, da dette vil gi mer relevant geografisk data å sammenlikne resultatene med. Spikeprøver kunne også blitt benyttet i en større grad for å forbedre reliabiliteten til resultatene presentert i tabell 6. Spikeprøver kan fungere som en korrigerende faktor for å mer presist beregne konsentrasjonen av mikroplastpartikler i sedimentprøver (Claessens et al., 2011), og som nevnt i 4.3 kunne spikeprøver blitt benyttet til større grad i dette forsøket. Mikroplastpartiklene som ble tilsatt i spikeprøvene var vanskelig å identifisere i etterkant av flotasjon og filtrering, og dermed kunne de ikke aktivt benyttes for å validere metoden eller for å justere funnene i forsøket.

5.1.1. Feilkilder og egenvurdering

Fra egen erfaring er det flere mulige fallgruver og feilkilder som må unngås i arbeidet på lab med den utviklede metoden, og det er kanskje spesielt viktig å fremheve dem slik at lærere og elever som skal gjennomføre dette forsøket har kjennskap til hva som kan skje dersom det

gjøres feil underveis i prosessen. For eksempel er det viktig å dekke til begerglassene med aluminiumsfolie når flotasjonsprosessen pågår. Dersom begerglasset ikke tildekkes kan insekter som bananfluer lande i saltløsningen, og det blir dermed nødvendig å gjennomføre oksidasjon av prøven for å fjerne denne organiske forurensningen. I tillegg kan saltløsningen fordampe og krystallisere seg langs toppkanten av begerglasset om det ikke tildekkes av aluminiumsfolie. Underveis i flotasjonsprosessen er det også lurt å undersøke at ikke sedimentpartikler blir flytende i overflaten av saltløsningen. Skulle noen partikler ikke synke kan det benyttes en dråpe Zalo til å bryte overflatespenningen i saltløsningen. Fra spike prøvene var det også tydelig å se at noen av de tilsatte plasttypene ikke fløt opp til overflaten etter at saltløsningen ble overført fra et begerglass til et annet. Det ble observert grums i bunnen av beholderne med saltløsningen, og det ble fundert på om det skyltes organisk materiale, men mest sannsynlig var det et resultat av at saltløsningen ikke hadde kokt lenge nok til å fullstendig løse opp alt saltet.

Spektroskopimetodene Raman og FTIR er ikke gjennomført i undersøkelsen av metoden, og kromatografi metoden GC-MS er heller ikke blitt gjennomført, til tross for at de omtales grundig i teoridelen av oppgaven. Disse metodene, spesielt de to spektroskopi metodene, gir en forståelse for de potensielt neste stegene i forskningsprosessen, og de kan relateres direkte til kompetansemål innen kjemi og fysikk fagene ((Utdanningsdirektoratet, 2019b);(Utdanningsdirektoratet, 2019a)). Samtidig er metodene ikke benyttet både på grunn av mangel på utstyr ved instituttet for Geografi, hvor undersøkelsene ble gjennomført, og en innsnevring av oppgaven. Dersom disse metodene skulle blitt gjennomført ville det vært helt nødvendig og vektlegge den metodiske delen av oppgaven kraftigere, og problemstillingen og oppgavens generelle karakter hadde måtte blitt endret på som et resultat. Det var mer givende å relatere mikroplast til undervisning og bærekraftdidaktikk enn å drive med avanserte og krevende metoder. Det hadde vært interessant å ha testet disse metodene dersom det hadde vært aktuelt å utvikle et tilsvarende undervisningsopplegg innen programfagene Kjemi og/eller Fysikk, men jeg er ikke sikker på om den videregående skoler generelt har tilgang til utstyret som trengs for å gjennomføre disse metodene, til tross for at de spesifikt nevnes i kompetansemålene til de respektive fagene ((Utdanningsdirektoratet, 2019a);(Utdanningsdirektoratet, 2019b)).

OPPSUMERING AV 5.1?

5.2. Hvor godt egnet er mikroplast som et tema til å skape engasjement og nysgjerrighet rundt det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling?

Metodene benyttet skal være anvendelige i undervisning i videregående skole, og et slikt arbeid bør gjennomføres tverrfaglig i fag med relevante kompetansemål. I dette delkapittelet diskuteres det nærmere rundt valgene av fag inkludert i opplegget og hvorfor de ulike fagene er egnet i det tverrfaglige undervisningsopplegget oppgaven utvikler, som beskrevet i **forskningsspørsmål 1**. Samtidig diskuteres metodene benyttet i opplegget og de didaktiske rammene som er brukt for å utvikle et lærerikt opplegg, som også skal kunne gi forskningsanvendelig data i henhold til **forskningsspørsmål 2**.

5.2.1. Hvorfor er de ulike fagene inkludert i det tverrfaglige undervisningsopplegget relevante?

Opplegget som er laget i denne oppgaven er et tverrfaglig undervisningsopplegg som benytter seg av temaet mikroplast for å belyse et globalt problem innen det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling. Som beskrevet i teoridelen av oppgaven er bærekraftig utvikling ett av tre tverrfaglige temaer som ble introdusert i LK20 (Kunnskapsdepartementet, 2020). Innen temaet bærekraftig utvikling, som beskrevet i overordnet del av læreplanen, skal elevene lære seg å ta bærekraftige valg (Klein, 2020). Bærekraftige valg vil inkludere valg om reisevaner, om forbruksvaner, og om politiske valg (Sinnes, 2021). Selve målet med undervisning innen bærekraftig utvikling vil være å skape en fremtidig generasjon som er kapable til å handle bærekraftig, og som kan være med å bidra til å finne løsninger som tillater dem selv og fremtidig generasjoner å leve et liv hvor de får oppfylt sine behov. Så hvordan knyttes mikroplast opp mot bærekraftig utvikling? I FNs bærekraftsmål er det lagt frem 17 bærekraftsmål og en mengde delmål tilhørende hvert av disse målene (FN Generalforsamling, 2015). Av disse 17 målene kan flere knyttes direkte opp mot temaet mikroplast, og til undervisning om temaet i skolen. Dette gjelder spesielt to delmål som ble presentert i delkapittel 2.3 og 2.3.1. I delmål 4.7, legger FN frem og vedtar et mål om at bærekraftig utvikling skal inkluderes i nasjonale styringsdokument og læreplaner, og i delmål 14.1, hvor ambisjonen om å forhindre og redusere forurensningen av havet legges frem (FN Generalforsamling, 2015).

Naturfag er faget som historisk sett assosieres med klima og natur (Klein, 2020), og det er dermed et naturlig valg å inkludere i et tverrfaglig undervisningsopplegg av denne typen. Elevene skal ifølge kompetansemålene kunne gjennomføre egne forsøk, samt vurdere hvordan de skal håndtere avfall fra disse forsøkene på en ansvarlig måte (Kunnskapsdepartementet, 2019b). I dette opplegget er riktignok avfallshåndtering beskrevet og begrunnet, men elevene vil fortsatt måtte vite hvordan de håndterer både saltløsningen og H₂O₂ etter bruk. Samtidig kan funnene de gjør i prøvene deres påvise mikroplast, og elevene vil deretter måtte kunne gjøre en vurdering på hvordan funnene deres kan påvirke miljø og helse, både for mennesker, dyr og natur.

Geografi er et fag som skal skape en forståelse for hvordan samfunnet og naturen fungerer i samspill med hverandre. Elevene skal kunne forstå konsekvensene av menneskelig aktivitet på jordoverflaten (Kunnskapsdepartementet, 2019a), og utbredelsen av mikroplastpartikler er definitivt et skremmende eksempel på dette. Faget kan sterkt relateres til FNs bærekraftsmål, da spesielt delmål 14.1 i denne oppgaven, og setter søkelys på både globale og lokale forhold. Dette er reflektert i kjerneelementene av faget som beskrevet i læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2019a), hvor det står skrevet elevene skal kunne utforske og være aktivt skapende i deres nærmiljø for å utvikle en geografisk forståelse, og de skal kunne vurdere bærekraft på ulike geografiske nivåer.

Faget samfunnskunnskap vil kunne fungere som limet mellom de tre ulike aspektene av bærekraft (miljø, samfunn, og økonomi) (Klein, 2020), og som videre assosieres med plastforsøpling og plastproduksjon. I samfunnskunnskap gir kompetansemålene rom til å utforske og presentere dagsaktuelle temaer og debatter, samtidig som det skal drøftes rundt økonomisk vekst og levestandarder og livskvalitet både på et globalt og et bærekraftig perspektiv (Kunnskapsdepartementet, 2019c). Faget skal fremme aktive samfunnsmedborgere, og skape en forståelse rundt kompliserte sammenhenger mellom politikk, miljø, økonomi, ressurser og teknologi (Kunnskapsdepartementet, 2019c).

5.2.2. Hvor godt egnet er undervisningsopplegget til undervisning innen bærekraftig utvikling?

I appendiks 1 presenteres det tilhørende undervisningsopplegget til denne oppgaven. Dette undervisningsopplegget er et tverrfaglig opplegg i fellesfagene Naturfag, Geografi og Samfunnskunnskap i det første året av videregående undervisning ved studiespesialiserende retning (VG1). De ulike relevante kompetansemålene som er relevante til de opplegget fra

fagene er oppgitt i appendiks 1 i sin helhet. Det er også lagt inn et forslag om en potensiell utvidelse av undervisningsopplegget til å inkludere programfagene Fysikk 2 og Kjemi 2 ved det tredje året av studiespesialiserende studie (VG3). Undervisningsopplegget gjennomføres i tre faser: forberedelser, gjennomføring, og avsluttende diskusjoner og refleksjoner. Innholdet og de teoretiske begrunnelsene for de ulike fasene diskuteres nærmere i dette delkapittelet. Undervisningsopplegget er utviklet med hensyn til de syv aspektene som setter rammer rundt bærekraftsbegrepet i LK20 (Klein, 2020), de fem kjennetegnene på undervisning om bærekraft og miljø (Kvamme & Sæther, 2019), og rammeverktøyet i tabell 3, tilpasset fra Astrid Sinnes sin bok «*Utdanning for bærekraftig utvikling – hva, hvorfor, hvordan?*» (Sinnes, 2021). Disse teoriene danner selve grunnmuren for hvordan undervisning innen bærekraftig utvikling bør gjennomføres, og for hvilke mål som bør settes til undervisningen.

Forberedelsene for gjennomføring av det tverrfaglige opplegget skal være med på å skape en forståelse blant elevene på hvordan og hvorfor et undervisningsopplegg av denne typen gjennomføres, hvilke mål som tilhører undervisningsopplegget, samtidig som det ideelt sett bør være med å fremme et ønske om å delta og lære. For å få til dette må en lærer ha god kontroll på hva som skal gjøres, og hvordan opplegget skal presenteres for å skape interesse. Læreren må dermed ha god kjennskap til de ulike delene av metoden og temaet mikroplast, og det vil være fordelaktig å ha gjort seg godt kjent med innholdet i både teori- og metodekapitelene i denne oppgaven. Læreren bør generelt kunne videreformidle denne kunnskapen til elevene, men enda viktigere i dette opplegget er det at læreren kan veilede og besvare spørsmål, da opplegget er utforskende feltarbeid av typen feltforskning fra figur 5 (Oost et al., 2011). Undervisningsopplegget er av typen Oost et al. (2011) beskriver som et **begrenset** opplegg, hvor læreren skal både være en kunnskapsformidler og en veileder, mens elevene selv er både aktivt, spørrende deltakere og tilhørere. Dermed må læreren forsikre seg om at elevene innledningsvis har en forståelse av verdien knyttet til tematikken og rammene for undervisningsopplegget. I forberedelsene bør det dermed presenteres de ulike dimensjonene innen bærekraftig utvikling, og hvordan både samfunnsmessige, økonomiske og miljømessige hensyn må vurderes i enhver diskusjon innen bærekraftig utvikling (Kvamme & Sæther, 2019). Det legges stor vekt på de *tre ulike dimensjonene av bærekraft*, som beskrevet i delkapittel 2.3.1., i Klein (2020) sine syv aspekter av begrepet bærekraftig utvikling. Disse dimensjonene er reflektert i valget om hvilke fag som inkluderes i undervisningsopplegget, og disse fagene undersøker også aspektet rundt *sammenhenger og samspill mellom menneske og*

natur. En slik tverrfaglig forståelse av sammenhengene mellom mennesket og natur er også å finne i (2019) sine kjennetegn til undervisning om bærekraftig utvikling. Det vil være viktig å poengtere og fremme disse sammenhengene innledningsvis i undervisningsopplegget.

Samtidig bør forberedelsene benyttes til å kartlegge elevenes verdier, tanker og holdninger tilknyttet bærekraftig utvikling. Dette kan gjøres gjennom åpne og kreative diskusjoner rundt bruk-og-kast vaner, resirkulering, plastforurensning og andre relevante problemstillinger. I forberedelsene er det med andre ord ønskelig å kartlegge det Sinnes (2021) kaller for hvordan vi lærer *om* bærekraftig utvikling. Hvordan skal opplegget være med på å skape en bredere forståelse rundt bærekraft og mikroplast? Hvilke fag og faglig kunnskap er best egnet for å skape en slik dybdeforståelse? Valgene av fag ble diskutert i 5.2.1. For å skape en bredere forståelse, en dybdeforståelse, rundt problematikken kan elevene i forberedelsene i fellesskap skape et tankekart hvor de knytter kompetanse de allerede besitter opp mot begrepet bærekraftig utvikling først, og deretter opp mot begrepet mikroplast. Elevene skal gjennom opplegget lære *om* hvordan mikroplast og plastforurensning fra lokale utslipp distribueres globalt gjennom havsstrømninger og vind, og om de ulike aspektene knyttet til kompliserte problemstillinger som plastforurensning. Plast har hatt en viktig rolle innen teknologisk og økonomisk utvikling (Nielsen et al., 2020), og gjennom bærekraftsundervisningen skal elevene lære *om* både fordelene og ulempene knyttet til denne type kompliserte problemstillinger. Metoder som tankekart, og liknende metoder, tillater elevene å legge frem kunnskapen de besitter, snakke om den og se sammenhenger er med på å fremme det Remmen (2020) kaller for kognitiv og sosial læring. Disse tankekartene kan benyttes som verktøy i de avsluttende diskusjonen senere. Videre bør gruppesammensetningen for undervisningsopplegget presenteres. Her anbefales det 4-5 elever per gruppe, men dette må vurderes ut ifra den enkelte skole, lærer og elevs behov ved gjennomføring. Ettersom elevene skal drive et utforskende feltarbeid på egenhånd, med læreren tilgjengelig som en ressurs, er det viktig at gruppene settes sammen for å fostre god kommunikasjon, samarbeid, og et trygt og godt læringsmiljø innad i gruppen, derav oppstår det Remmen (2020) omtaler som sosial læring. For en lærer med god kjennskap til elevgruppen er det lurt å nøye vurdere gruppesammensetningen på forhånd, slik at undervisningsopplegget blir givende for samtlige deltakere. Ettersom elevene skal samle inn prøvene, forberede dem før tetthetsseparasjon, og analysere dem etter filtrering vil det være mulig for elever med ulike kompetansenivå og forutsetninger å delta aktivt (Kvam, 2021).

I gjennomføringen av feltarbeidet og labarbeidet vil elevene gjennomføre en rekke ulike metoder, og læreren må ha god kontroll på disse for å kunne besvare spørsmål rundt hvordan og hvorfor de ulike metodene gjennomføres. Ved å benytte det Oost et al. (2011) beskriver som et begrenset, utforskende feltarbeid, skal elevene få muligheten til å benytte kunnskapen de besitter på tvers av fag (Johannessen et al., 2021) og gjennom ulike former for læring (Remmen, 2020). Elevene skal gjennomføre en selvstendig bulkinnsamling av sedimentprøver, hvor de gjennomgår en fysisk læringsprosess i nærmiljøet deres utenfor klasserommet, i henhold til rammeverktøyet til Sinnes (2021) som visst i tabell 3. Remmen (2020) nevner fysisk læring som en fire former for læring, hvor de andre tre er kognitiv, affektiv og sosial læring. Disse læringsformene bygger på hverandre og forsterker hverandre, og det er dermed ønskelig at et tverrfaglig undervisningsopplegg forsøker å legge til rette for alle fire formene av læring. Dette sentimentet er også reflektert i Bolstad (2020), som skriver at dybdelæring skjer på flere måter enn kun tradisjonell skriving, lesing og lytting. Ved å la elevene jobbe selvstendig i grupper, vil de kunne lære med og av hverandre gjennom både sosial og fysisk læring, og de vil måtte benytte seg av kunnskap og kompetanse de besitter fra før for å lære kognitivt. Ideen bak å gjennomføre et undervisningsopplegg hvor elevene i stor grad gjennomfører et selvstendig arbeid fra start til slutt, er at elevene skal skape et eierskap til forskningsprosessen og arbeidet, som kan være med å øke motivasjonen for videre arbeid (Midtaune et al., 2018). Fra egne erfaringer skal det være godt mulig å la elevene jobbe selvstendig med metoden som beskrevet i denne oppgaven. Så lenge læreren er påpasselig, oppmerksom og selv godt nok kjent med metoden, er det ingen grunn til at elevene ikke skal kunne klare å gjennomføre samtlige deler av opplegget på egenhånd, med noe lærerveiledning og en tydelig instruks de kan følge til hjelp. Det var givende å jobbe med sedimentprøvene på lab, spesielt med hensyn til resultatene, som tilsier at metoden kan se ut til å finne valid data. Selvstendig arbeid på lab fremmer aktiv deltakelse blant elevene, og elevene vil få muligheten til å uttale seg om opplegget i den avsluttende diskusjonen og refleksjonen. Dette blir omtalt som undervisning som bærekraftig utvikling av Sinnes (2021) i tabell 3. Undervisning som bærekraftig utvikling på denne måten lar elevene *aktivt delta i undervisningen*, og det tas i bruk *uformelle og varierte læringsarenaer*, som er to av kjennetegnene for god undervisning innen bærekraft ifølge (2019).

I den avsluttende diskusjonen og refleksjonen av undervisningsopplegget bør det legges opp til undervisning *for* bærekraftig utvikling, som beskrevet i Sinnes (2021) og visst i tabell 3.

Elevene skal i gjennomføringen av opplegget ha blitt utfordret til å tenke kritisk, til å samarbeide med hverandre, og til å være løsningsorienterte. I den avsluttende diskusjonen vil undervisning *for* bærekraftig utvikling gå ut på å kartlegge elevenes evne til å se løsninger og handlingsalternativer knyttet til kompliserte problemstillinger innen bærekraftig utvikling. Her bør dataene de ulike elevgruppene finner sammenliknes med resten av dataen funnet og data fra andre forskningsrapporter, som Lots et al. (2017) i tabell 2, for å undersøke validiteten og reliabiliteten av resultatene. Deretter bør elevene kunne reflektere og diskutere rundt hva de har lært, og hvordan de har opplevd det tverrfaglige undervisningsopplegget de har jobbet med. Tankekartet, eller et liknende produkt som ble laget innledningsvis i opplegget, bør her tas opp igjen for å bygge videre på det med hensyn til erfaringene og tankene elevene har tilervrevet seg i løpet av undervisningsopplegget. Elevene bør bli gitt god tid til å diskutere både opplegget og tematikken, og de bør vurdere og diskutere konsekvenser og handlingsalternativer de kan tenke seg frem til innen tematikken. Som nevnt i delkapittel 2.5.3, er bildekk og biltrafikk den største kilden til mikroplastforurensning i Norge (Klima- og miljødepartementet, 2021), og det kan for eksempel stilles spørsmål til ulike endringer i vaner og holdninger som kan være med å minimere disse utslippene med hensyn til data elevene finner i gjennomføringen av dette opplegget. Læreren bør utfordre elevenes tanker og holdninger i den avsluttende diskusjonen, gjerne ved å gjennomføre en debatt innen tematikken som tar høyde for samtlige dimensjoner innenfor bærekraft – miljø, samfunn og økonomi. Elevene kan gis roller for å gjennomføre en slik debatt. Rollene kan inkludere forskere, miljøaktivister, politikere, konsumere, selskaper og industrier, og en ordstyrer. Læreren kan fungere som ordstyrer.

5.2.3. Potensiell utvidelse av undervisningsopplegget

Undervisningsopplegget som beskrevet i appendiks 1 inneholder forslag til hvordan spektroskopiske metoder som Raman og FTIR, samt den gass-kromatografiske metoden GC-MS, kan innlemmes som en utvidelse av undervisningsopplegget. Disse metodene foreslås som en utvidelse av opplegget på grunn av vanskelighetsgraden og utfordringene (med hensyn til økonomi og utstyr) tilknyttet til dem, og med hensyn til fagkombinasjon og kompetansemål som kan knyttes til dem. Kompetansemålene i programfagene Kjemi 2 og Fysikk 2 ved VG3 passer bedre til å gjennomføre de mer kompliserte delene av metoden, som spektroskopi og gasskromatografi. Samtidig er samtlige fag som kunne blitt inkludert i en slik utvidet del av undervisningsopplegget programfag, og det vil ikke nødvendigvis være slik at

samtlig e elever i deltar i disse fagene, ei heller er det slik at elevene nødvendigvis er i samme klasse i alle fagene dersom de har alle fagene. Dermed blir det vanskeligere å organisere opplegget, og spesielt blir det vanskelig å sørge for at alle elevene blir inkludert i hele prosessen med sine egne innsamlede prøver. Som nevnt tidligere er det absolutt fordelaktig at elevene undersøkelser prøver de selv har samlet inn, slik at de skaper eierskap til prøvene, prosessen og de tilhørende resultatene (Midtaune et al., 2018).

Potensielt kunne det blitt utviklet et eget opplegg ved VG3, hvor fagene Geofag, Kjemi og Fysikk inkluderes, men det er ikke nødvendigvis slik at samtlig e av disse fagene tilbys ved alle videregående skoler. Dersom for eksempel Geofag ikke tilbys ved skolen kan et slikt utvidet tverrfaglig e undervisningsopplegget være mellom kun Fysikk og Kjemi, og det kan være mulig å la elevene fortsette å jobbe med innsamlede prøver og data fra undervisningsopplegget planlagt for VG1. Her kan også elevene som gjennomførte den originale forskningen bli med VG3 elevene på lab for å observere spektroskopi og gasskromatografi. Kjemi 2 har et eget kompetansemål som beskriver hvordan elevene skal kunne redegjøre for prinsippene for kromatografi og hvordan det brukes til å separere og analysere stoffblandinger (Utdanningsdirektoratet, 2019b). I fysikk 2 skal elevene kunne planlegge og gjennomføre forsøk, og deretter analysere og vurdere validiteten og reliabiliteten til funnene (Utdanningsdirektoratet, 2019a). Dersom VG3 elever fortsetter å jobbe med prøver og data innsamlet og funnet av VG1 elever gjennom undervisningsopplegget kan det skape samarbeid ikke bare på tvers av fag, men også på tvers av trinn. Dette kan være med på å utfordre elevene til å kommunisere og samarbeide ikke bare på tvers av sosiale, kulturelle og økonomiske bakgrunner, men også med elever på et annet alderstrinn. Her legges det også et ansvar på de eldre elevene til å ta ansvar for at de yngre samarbeidspartnerne deres føler seg hørt og sett. VG3 elevene vil ta rollen som lærere, og de kan tilegne seg verdifull sosial- og danningskompetanse som kan benyttes når de senere skal ut i arbeidslivet. Her vil VG3 elevene ta en rolle som både kunnskapsformidlere til de yngre elevene, og som aktivt spørrende deltakere i en fagspesifikk undersøkelse, som visst i figur 5 (Oost et al., 2011).

Ideen om å gjennomføre et undervisningsopplegg som inkluderer elever ved VG1 og VG3 er spennende. Samtidig kan et slikt opplegg sette et høyere kompetansekra v for aktiv deltakelse, noe som kan virke avskrekkende for elevene, og det må gjøres et forsøk på hvordan et slikt opplegg eventuelt fungerer i praksis. Videre er det ingen garanti at skolene har utstyret som trengs for å gjennomføre spektroskopi og gasskromatografi metodene som er

omtalt i teoridelen av denne oppgaven, og dette må tas høyde for vurderingen for hvor relevant den utvidede delen av undervisningsopplegget faktisk er.

5.3. Hvordan fungerer det å kombinere et undervisningsopplegg med et citizen science prosjekt?

Citizen Science er forskning hvor mennesker som ikke er profesjonelt utdannede forskere, deltar i et forskningsprosjekt (Roche et al., 2020). Generelt vil forskning gi gode muligheter til læring, og i teorien skal dette undervisningsopplegget være godt egnet som et CS-prosjekt, ettersom elevene får mulighet til å delta i flere trinn av forskningen, og de får muligheten til å komme frem til genuin vitenskapelig data (ECSA, 2015). Det vil riktignok være avhengig av at forskere har en egeninteresse for å samle inn data i samarbeid med et undervisningsopplegg i videregående skole. Dermed må det tas initiativ enten fra lærer eller forsker for å sette sammen et slikt samarbeid. Det er noe uvisst om data fra opplegget egner seg for eventuelle CS-prosjekter. Det vil i hvert fall være nødvendig å loggføre klesplagg, og undersøke bakgrunnsforurensning med blankprøver igjennom hele forskningsprosessen (Rodrigues et al., 2024), med hensyn til erfaringene fra egen gjennomføring av metoden.

Læringsutbytte for elevene for elevene er i stor grad den samme uansett om opplegget gjennomføres som et CS-forskningsprosjekt eller ikke. Men, det kan være en ekstra motivasjon for elevene å jobbe godt og strukturert med innsamlingen og analysen av prøven dersom data de opparbeider skal benyttes videre i et forskningsprosjekt. CS-prosjekter kan være med å skape en ekstra motivasjon og et ønske om å delta blant noen elever som interesserer seg for temaet det forskes på (Geoghegan et al., 2016), samtidig kan andre elever potensielt føle at det har den motsatte effekten. Det kan derfor være en god ide å gi elevene muligheten til at data de finner benyttes i videre forskning dersom de selv samtykker til det. På denne måten vil CS-prosjektet virke motiverende for noen, samtidig som det ikke er avskrekkende for andre. Et samtykkeskjema for de som ønsker å delta bør fylles ut før feltarbeidet og analysen begynner, slik at det ikke kommer som en overraskelse underveis i prosessen. Elevene får på denne måten også valget om de ønsker å delta eller ikke, slik at ingen føler at de må delta under tvang, som igjen kan negativt påvirke motivasjon til deltakelse.

6. Konklusjon

Denne oppgaven ønsket å undersøke i hvilken grad en analyse av mikroplast i strandsedimenter kan gi data som er anvendelig i forskning, samtidig som metoden skulle være anvendelig til undervisning i videregående skole. Metodene som er beskrevet og benyttet i denne oppgaven er forankret i litteraturen, og det kan forventes at de kan produseres valide data ved å benytte dem. Blant annet er bulkinnsamling, siling for å redusere volum av prøvene, oksidasjonsreaksjon med H_2O_2 , og NR-farging relativt standardiserte metoder. For vakuumbfiltreringen var det noe mer tilpasset med hensyn til utstyr benyttet, men vakuumbfiltrering er vanlig å benytte i sammenheng med tetthetsseparasjon ved flotasjon. Gjennom metoden er det påvist funn av to typer mikroplastpartikler i sedimentprøvene fra Grønland, henholdsvis partiklene som i figur 10 ble gitt navnet røde filamenter (2) og gule/gjennomsiktige filamenter (4). Metoden er valid, men reliabiliteten blir svak på grunn av mye bakgrunnsforurensning og få undersøkte sedimentprøver fra de ulike geografiske lokasjonene. Blankprøver bør gjennomføres samtidig som analysen av prøvene for å kartlegge hvilke partikler som stammer fra bakgrunnsforurensning og hvilke som originalt stammer fra sedimentprøven som faktisk undersøkes. Konsentrasjonen av mikroplastpartikler i sedimentprøvene er sammenliknbare med funn gjort i andre forskningsrapporter i andre geografiske områder, og data fra gjennomføringen kan dermed hevdes å være anvendelig for videre forskning. Samtidig er alle de ulike trinnene av metoden valgt og evaluert til å kunne gjennomføres i den videregående skole, med unntak av spektroskopiske og gasskromatografiske metoder innunder en eventuell videreutvikling av det utviklede undervisningsopplegget. Dermed bør metoden være anvendelig i skolen, og det neste steget i videre forskning ville vært å forsøke å gjennomføre det tverrfaglige opplegget med en eller flere skoleklasser for å videre undersøke validiteten og reliabiliteten av metoden og data tilegnet ved å benytte seg av den, samt hvilken kompetanse elevene sitter igjen med i etterkant av et slikt prosjekt.

Fagene som er valgt å inkluderes i det utviklede tverrfaglige undervisningsopplegget som omhandler analyser og forskning på mikroplast i sedimentprøver er Naturfag, Geografi og Samfunnskunnskap. Disse tre fagene er valgt da de sammen gir god innsikt i de tre ulike dimensjonene av bærekraftig utvikling, nemlig miljø, samfunn og økonomi. Et tverrfaglig opplegg som inkluderer disse tre fagene kan kombineres godt for å fremheve sammenhenger mellom ulike aspekter og argumenter innen kompliserte temaer, og legger i stor grad til rette

for dybdelæring. Læreplanene til de respektive fagene passer godt sammen, da både kompetansemålene og den overordnede delen av læreplanene.

Metodene som benyttes for analyse av mikroplast er realistiske å benytte i skolen med tanke på økonomi, utstyr og kompetanse hos både lærer og elever. De fleste videregående skoler bør ha det nødvendige utstyret for å gjennomføre opplegget opp til og med visuell identifikasjon i mikroskop. Det eneste unntaket er potensielt filtre med en tilstrekkelig hulldiameter, og disse kan være dyre å kjøpe inn. Videre er det ikke sikkert at skoler har utstyr nødvendig for å gjennomføre NR-farging. For gjennomføringen av opplegget generelt er det nødvendig for en lærer å sette seg godt inn i temaet og metoden som beskrevet i denne oppgaven og i referansene, slik at de kan være tilgjengelige som gode, kunnskapsrike veiledere underveis i elevenes utforskende arbeid. Elevene får i stor grad jobbe selvstendig med oppgaven, og de må gruppevis sørge for at de er kjent med hva som skal gjøres og hvordan de skal jobbe med de ulike delene av oppgaven.

I henhold til hvilke grad undervisningsopplegget utviklet for denne oppgaven og dets resulterende data kan benyttes for videre forskning innen mikroplast er uvisst, ettersom opplegget ikke er blitt testet i praksis med en skoleklasse. Data funnet i gjennomføringen av denne oppgaven tilsier at det kan være interesse for å gjennomføre det utviklede undervisningsopplegget og metoden i sammenheng med forskning og Citizen Science prosjekter, men det er nødvendig at både forskningsmiljøet og skolen har en gjensidig interesse og verdi av et slikt samarbeid.

7. Kilder

- Alava, J. J., Kazmiruk, T. N., Douglas, T., Schuerholz, G., Heath, B., Flemming, S. A., Bendell, L., & Drever, M. C. (2021). Occurrence and size distribution of microplastics in mudflat sediments of the Cowichan-Koksilah Estuary, Canada: A baseline for plastic particles contamination in an anthropogenic-influenced estuary. *Marine Pollution Bulletin*, *173*, 113033. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113033>
- Alves, B. (2024). *Plastic waste worldwide - statistics & facts*. Retrieved 14.04.2024 from <https://www.statista.com/topics/5401/global-plastic-waste/#topicOverview>
- Azaaouaj, S., Nachite, D., Anfuso, G., & Er-Ramy, N. (2024). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of the eastern Moroccan Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*, *200*, 116144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116144>
- Barnes, D. K. A., Walters, A., & Gonçalves, L. (2010). Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research*, *70*(2), 250-252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.05.006>
- Bazilchuk, N. (2019). *Sporet mikroplastens reise i Arktis*. NTNU. Retrieved 16.04.2024 from <https://www.forskning.no/gronland-havet-klima/sporet-mikroplastens-reise-i-arktis/1604099>
- Bolstad, B. (2020). *Dybdeløring og tverrfagliggheit* Pedlex.
- Bowley, J., Baker-Austin, C., Porter, A., Hartnell, R., & Lewis, C. (2021). Oceanic Hitchhikers – Assessing Pathogen Risks from Marine Microplastic. *Trends in Microbiology*, *29*(2), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.06.011>
- Campbell, S. H., Williamson, P. R., & Hall, B. D. (2017). Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek. *FACETS*, *2*, 395-409. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0008>
- Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., Scott, S. L., & Suh, S. (2020). Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, *8*(9), 3494-3511. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06635>
- Claessens, M., Meester, S. D., Landuyt, L. V., Clerck, K. D., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, *62*(10), 2199-2204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2016). *Microplastic Pollutants*. Elsevier Science. <https://books.google.no/books?id=5dzACwAAQBAJ>
- Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2021). The 'Anthropocene' (2000). In S. Benner, G. Lax, P. J. Crutzen, U. Pöschl, J. Lelieveld, & H. G. Brauch (Eds.), *Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History* (pp. 19-21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82202-6_2
- Cutroneo, L., Reboa, A., Geneselli, I., & Capello, M. (2021). Considerations on salts used for density separation in the extraction of microplastics from sediments. *Marine Pollution Bulletin*, *166*, 112216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112216>
- Dey, S., Veerendra, G. T. N., Babu, P. S. S. A., Manoj, A. V. P., & Nagarjuna, K. (2024). Degradation of Plastics Waste and Its Effects on Biological Ecosystems: A Scientific Analysis and Comprehensive Review. *Biomedical Materials & Devices*, *2*(1), 70-112. <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00085-w>
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, *28*(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>
- ECSA. (2015). Ten Principles of Citizen Science. <https://doi.org/http://doi.org/10.17605/OSF.IO/XPR2N>
- EHCA-database. (2024). *European Chemicals Agency Website*. Retrieved 19.01.2024 from <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals>
- Entwistle, N. (2000). Promoting deep learning through teaching and assessment: Conceptual frameworks and educational contexts.
- Felsing, S., Kochleus, C., Buchinger, S., Brennholt, N., Stock, F., & Reifferscheid, G. (2018). A new approach in separating microplastics from environmental samples based on their electrostatic behavior. *Environmental Pollution*, *234*, 20-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.013>
- Findley, M. G., Kikuta, K., & Denly, M. (2021). External Validity. *Annual Review of Political Science*, *24*(1), 365-393. <https://doi.org/10.1146/annurev-polisci-041719-102556>
- FN Generalforsamling. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/89/pdf/n1529189.pdf?token=Ilo4WHtW0IRI8anGp3&fe=true>

- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., Viñas, L., Gago, J., Antunes, J., Bessa, F., Sobral, P., Goruppi, A., Tirelli, V., Pedrotti, M. L., Suaria, G., Aliani, S., Lopes, C., Raimundo, J., Caetano, M., & Gerdt, G. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. *JPI-Oceans BASEMAN Project, Deliverable 4.2*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25607/OBP-723>
- Geoghegan, H., Dyke, A., Pateman, R. M., & West, S. E. (2016). *Understanding motivations for citizen science* UKEOF, University of Reading, Stockholm Environment Institute
(University of York) og University of the West of England. <https://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/MotivationsforCSREPORTFINALMay2016.pdf>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/doi:10.1126/sciadv.1700782>
- Gilbert, M. (2017). Chapter 1 - Plastics Materials: Introduction and Historical Development. In M. Gilbert (Ed.), *Brydson's Plastics Materials (Eighth Edition)* (pp. 1-18). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35824-8.00001-3>
- Google Earth. (2023). "Kart over de åtte strendene Berg Lofthus samlet inn sedimentprøver fra, hentet ut 04.02.2023". <https://earth.google.com/web/@64.57694356,-45.57259917,3173.86508287a,2626088.3851397d,30y,360h,0t,0r/data=OgMKATA>
- Grbic, J., Nguyen, B., Guo, E., You, J. B., Sinton, D., & Rochman, C. M. (2019). Magnetic Extraction of Microplastics from Environmental Samples. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(2), 68-72. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.8b00671>
- Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., & Vohland, K. (2021). What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 13-33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Hidalgo-Ruz, V., & Thiel, M. (2013). Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*, 87-88, 12-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.02.015>
- Huppertsberg, S., & Knepper, T. P. (2018). Instrumental analysis of microplastics—benefits and challenges. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410(25), 6343-6352. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1210-8>
- Hurley, R. R., Lusher, A. L., Olsen, M., & Nizzetto, L. (2018). Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices. *Environmental Science & Technology*, 52(13), 7409-7417. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01517>
- Jenkins, A. D., Kratochvíl, P., Stepto, R. F. T., & Suter, U. W. (1996). Glossary of basic terms in polymer science (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and Applied Chemistry*, 68(12), 2287-2311. <https://doi.org/doi:10.1351/pac199668122287>
- Johannessen, M. R., Solem, B. A. A., & Bøe, T. (2021). Dybdeløring, tverrfaglighet og samskaping – en prosessuell studie av samarbeid mellom IT- og tjenestedesignstudenter. *No. 4 (2021): UDIT Norsk konferanse for utdanning og didaktikk i IT-fagene*. <https://www.ntnu.no/ojs/index.php/nikt/article/view/5567>
- Johnson, A., Hebdon, C., Burow, P., Chatti, D., & Dove, M. (2022). Anthropocene. In: Oxford University Press.
- Kedron, P., Frazier, A. E., Trgovac, A. B., Nelson, T., & Fotheringham, A. S. (2021). Reproducibility and Replicability in Geographical Analysis. *Geographical Analysis*, 53(1), 135-147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gean.12221>
- Klein, J. (2020). *Bærekraftig utvikling i skolen*. Pedlex.
- Klima- og miljødepartementet. (2021). *Marin forsøpling og mikroplast: Plastforurensning*. regjeringen.no Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/innsiktsartikler-forurensning/marin-forsopling-og-mikroplast/id2339872/>
- Kloetzer, L., Lorke, J., Roche, J., Golumbic, Y., Winter, S., & Jøgeva, A. (2021). Learning in Citizen Science. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 283-308). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_15
- Knutsen, H., Cyvin, J. B., Totland, C., Lilleeng, Ø., Wade, E. J., Castro, V., Pettersen, A., Laugesen, J., Møskeland, T., & Arp, H. P. H. (2020). Microplastic accumulation by tube-dwelling, suspension feeding polychaetes

- from the sediment surface: A case study from the Norwegian Continental Shelf. *Marine Environmental Research*, 161, 105073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105073>
- Kunnskapsdepartementet. (2019a). *Læreplan i geografi (GEO01-02)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/geo01-02>
- Kunnskapsdepartementet. (2019b). *Læreplan i naturfag (NAT01-04)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/nat01-04>
- Kunnskapsdepartementet. (2019c). *Læreplan i samfunnskunnskap fellesfag VG1/VG2 (SAK01-01)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/sak01-01>
- Kunnskapsdepartementet. (2020). *Overordnet del - Tverrfaglige temaer*. Fastsatt som forskrift ved kongelig resolusjon. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/tverrfaglige-temaer/>
- Kvam, V. (2021). Fellesskolens historie. In J. Heldal & L. Wittek (Eds.), *Pedagogikk - En grunnbok* (pp. 346-367). Cappelen Damm akademisk.
- Kvamme, O. A., & Sæther, E. (2019). Bærekraftdidaktikk - spenninger og sammenhenger. In *Bærekraftdidaktikk*. Fagbokforlaget.
- Land-Zandstra, A., Agnello, G., & Gültekin, Y. S. (2021). Participants in Citizen Science. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science* (pp. 243-259). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_13
- Lots, F. A. E., Behrens, P., Vijver, M. G., Horton, A. A., & Bosker, T. (2017). A large-scale investigation of microplastic contamination: Abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1), 219-226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.057>
- Lusher, A. L., Bråte, I. L. N., Munno, K., Hurley, R. R., & Welden, N. A. (2020). Is It or Isn't It: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization. *Applied Spectroscopy*, 74(9), 1139-1153. <https://doi.org/10.1177/0003702820930733>
- Löder, M. G. J., & Gerdt, G. (2015). Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics—A Critical Appraisal. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 201-227). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_8
- Maes, T., Jessop, R., Wellner, N., Haupt, K., & Mayes, A. G. (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7(1), 44501. <https://doi.org/10.1038/srep44501>
- MDI. (2022). *What Is the Difference Between Polyethylene and Polypropylene?* MDI. Retrieved 25.03.2024 from <https://www.mdi.org/blog/post/what-is-the-difference-between-polyethylene-and-polypropylene/>
- Mercelis, J. (2020). *Beyond Bakelite: Leo Baekeland and the Business of Science and Invention*. MIT Press. <https://books.google.no/books?id=9ZnSDwAAQBAJ>
- Midtaune, K., Cyvin, J. B., Panek, J., & Rød, J. K. (2018). Feltbasert undervisning. *Uniped*, 41(4), 452-468. <https://doi.org/10.18261/issn.1893-8981-2018-04-07>
- Miller, M. E., Kroon, F. J., & Motti, C. A. (2017). Recovering microplastics from marine samples: A review of current practices. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1), 6-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>
- Napper, I. E., Davies, B. F. R., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H. J., Mayewski, P. A., Miner, K. R., Potocki, M., Elmore, A. C., Gajurel, A. P., & Thompson, R. C. (2020). Reaching New Heights in Plastic Pollution—Preliminary Findings of Microplastics on Mount Everest. *One Earth*, 3(5), 621-630. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.10.020>
- Nguyen, B., Claveau-Mallet, D., Hernandez, L. M., Xu, E. G., Farner, J. M., & Tufenkji, N. (2019). Separation and Analysis of Microplastics and Nanoplastics in Complex Environmental Samples. *Accounts of Chemical Research*, 52(4), 858-866. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00602>
- Nielsen, T. D., Hasselbalch, J., Holmberg, K., & Stripple, J. (2020). Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle. *WIREs Energy and Environment*, 9(1), e360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wene.360>
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole - Fornyelse av fag og kompetanser*. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/?ch=1>
- Oost, K., De Vries, B., & Van der Schee, J. A. (2011). Enquiry-driven fieldwork as a rich and powerful teaching strategy – school practices in secondary geography education in the Netherlands. *International*

- Research in Geographical and Environmental Education*, 20(4), 309-325.
<https://doi.org/10.1080/10382046.2011.619808>
- Oturai, N. G., Pahl, S., & Syberg, K. (2022). How can we test plastic pollution perceptions and behavior? A feasibility study with Danish children participating in “the Mass Experiment”. *Science of The Total Environment*, 806, 150914. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150914>
- Pagter, E., Frias, J., & Nash, R. (2018). Microplastics in Galway Bay: A comparison of sampling and separation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 932-940.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.013>
- Pal, P., Pandey, J. P., & Sen, G. (2018). Chapter 5 - Synthesis and Application as Programmable Water Soluble Adhesive of Polyacrylamide Grafted Gum Tragacanth (GT-g-PAM). In V. K. Thakur (Ed.), *Biopolymer Grafting* (pp. 153-203). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810462-0.00005-3>
- Phillips, R., & Johns, J. (2012). *Fieldwork for Human Geography*. SAGE Publications.
<https://books.google.no/books?id=aFnI8EDNvHoC>
- PlasticsEurope. (2021). *Plastics - The Facts 2021. An Analysis of European Latest Plastics Production, Demand and Waste Data*. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>
- Plastic Overshoot Day. (2023). *Plastic Overshoot Day 2023 report*. L. EA - Environmental Action, Switzerland.
https://plasticovershoot.earth/wp-content/uploads/2023/06/EA_POD_report_2023-V3.pdf#:~:text=It%20is%20anticipated%20that%20in%202023%2C%20plastic%20waste,we%20acknowledge%20the%20importance%20of%20transparency%20and%20disclosure.
- Porta, R. (2021). Anthropocene, the plastic age and future perspectives. *FEBS Open Bio*, 11(4), 948-953.
<https://doi.org/10.1002/2211-5463.13122>
- Qiang, M., Shen, M., & Xie, H. (2020). Loss of tourism revenue induced by coastal environmental pollution: a length-of-stay perspective. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(4), 550-567.
<https://doi.org/10.1080/09669582.2019.1684931>
- Radford, F., Zapata-Restrepo, L. M., Horton, A. A., Hudson, M. D., Shaw, P. J., & Williams, I. D. (2021). Developing a systematic method for extraction of microplastics in soils [10.1039/D0AY02086A]. *Analytical Methods*, 13(14), 1695-1705. <https://doi.org/10.1039/D0AY02086A>
- Razeghi, N., Hamidian, A. H., Wu, C., Zhang, Y., & Yang, M. (2021). Microplastic sampling techniques in freshwaters and sediments: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(6), 4225-4252.
<https://doi.org/10.1007/s10311-021-01227-6>
- Remmen, K. B. (2020). Geografi i videregående skole i Fagfornyelsen: Forslag til et rammeverk for feltarbeid som fremmer dybdel ring. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 74(2), 105-110. <https://doi.org/10.1080/00291951.2020.1749124>
- Ritchie, H., Samborska, V., & Roser, M. (2023). *Plastic Pollution*. Our World in Data. Retrieved 16.01.2024 from <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>
- Roberts, P., & Priest, H. (2006). Reliability and validity in research [Article]. *Nursing Standard*, 20, 41+.
<https://link.gale.com/apps/doc/A149022548/HRCA?u=anon~1748237b&sid=googleScholar&xid=b92a49fe>
- Roche, J., Bell, L., Galv o, C., Golumbic, Y. N., Kloetzer, L., Knobens, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P., & Winter, S. (2020). Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities [Conceptual Analysis]. *Frontiers in Sociology*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- Rodrigues, C., Rodríguez, Y., Frias, J., Carri o, R., Sobral, P., Antunes, J., Duncan, E. M., & Pham, C. K. (2024). Microplastics in beach sediments of the Azores archipelago, NE Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116243>
- Ronda, A. C., Menéndez, M. C., Tombesi, N., Álvarez, M., Tomba, J. P., Silva, L. I., & Arias, A. H. (2023). Microplastic levels on sandy beaches: Are the effects of tourism and coastal recreation really important? *Chemosphere*, 316, 137842.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137842>
- Sa’adu, I., & Farsang, A. (2023). Plastic contamination in agricultural soils: a review. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00720-9>
- Santoro, N., & Allard, A. (2006). Creating spaces for pedagogy: Research as learning. *The Australian Educational Researcher*, 33(1), 41-54. <https://doi.org/10.1007/BF03246280>
- Schlawinsky, M., Santana, M. F. M., Motti, C. A., Martins, A. B., Thomas-Hall, P., Miller, M. E., Lefèvre, C., & Kroon, F. J. (2022). Improved microplastic processing from complex biological samples using a

- customized vacuum filtration apparatus. *Limnology and Oceanography: Methods*, 20(9), 553-567. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/lom3.10504>
- scienceready. (2024, 16.04.2024). Validity, Accuracy and Reliability Explained with Examples. <https://scienceready.com.au/pages/validity-accuracy-and-reliability>
- Shim, W. J., Song, Y. K., Hong, S. H., & Jang, M. (2016). Identification and quantification of microplastics using Nile Red staining. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1), 469-476. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.049>
- Silva, A. B., Bastos, A. S., Justino, C. I. L., da Costa, J. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. A. P. (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. *Analytica Chimica Acta*, 1017, 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.02.043>
- Sinnes, A. T. (2020). *Action, takk!* Gyldendal.
- Sinnes, A. T. (2021). *Utdanning for bærekraftig utvikling - hva, hvorfor og hvordan?* (Vol. 2. utgave). Universitetsforlaget.
- Sinnes, A. T., & Straume, I. S. (2017). Bærekraftig utvikling, tverrfaglighet og dybdelæring: fra big ideas til store spørsmål. *Acta Didactica Norge*, 11(3), 22. <https://doi.org/https://doi.org/10.5617/adno.4698>
- Slack, M. K., & Draugalis, J. R., Jr. (2001). Establishing the internal and external validity of experimental studies. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 58(22), 2173-2181. <https://doi.org/10.1093/ajhp/58.22.2173>
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1), 202-209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.015>
- Stanton, T., Johnson, M., Nathanail, P., Gomes, R. L., Needham, T., & Burson, A. (2019). Exploring the Efficacy of Nile Red in Microplastic Quantification: A Costaining Approach. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(10), 606-611. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00499>
- Takada, H., Koro, M., & Kwan, C. S. (2022). Marine Plastic Pollution: Chemical Aspects and Possible Solutions. In T. Nakajima, K. Nakamura, K. Nohara, & A. Kondoh (Eds.), *Overcoming Environmental Risks to Achieve Sustainable Development Goals: Lessons from the Japanese Experience* (pp. 83-92). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6249-2_10
- Tamminga, M., Hengstmann, E., & Fischer, E. K. (2017). Nile Red Staining as a Subsidiary Method for Microplastic Quantification: A Comparison of Three Solvents and Factors Influencing Application Reliability. *SDRP Journal of Earth Sciences & Environmental Studies*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25177/JES.2.2.1>
- Tanaka, K., & Takada, H. (2016). Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal waters. *Scientific Reports*, 6(1), 34351. <https://doi.org/10.1038/srep34351>
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973-1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- Tian, W., Song, P., Zhang, H., Duan, X., Wei, Y., Wang, H., & Wang, S. (2023). Microplastic materials in the environment: Problem and strategical solutions. *Progress in Materials Science*, 132, 101035. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2022.101035>
- Utdanningsdirektoratet. (2019a). *Læreplan i fysikk (FYS01-02)*. Fastsett som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/fys01-02>
- Utdanningsdirektoratet. (2019b). *Læreplan i kjemi (KJE01-02)*. Fastsett som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Retrieved from <https://www.udir.no/lk20/kje01-02>
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development : "Our common future"*. New York: UN Retrieved from <https://digitallibrary.un.org/record/139811#record-files-collapse-header>
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317. <https://doi.org/doi:10.1098/rsos.140317>
- Worm, B., Lotze, H. K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. (2017). Plastic as a Persistent Marine Pollutant. *Annual Review of Environment and Resources*, 42(1), 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700>
- Zhang, K., Hamidian, A. H., Tubić, A., Zhang, Y., Fang, J. K. H., Wu, C., & Lam, P. K. S. (2021). Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. *Environmental Pollution*, 274, 116554. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>

Zhao, X., Wang, J., Yee Leung, K. M., & Wu, F. (2022). Color: An Important but Overlooked Factor for Plastic Photoaging and Microplastic Formation. *Environmental Science & Technology*, 56(13), 9161-9163. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02402>

8. Appendiks 1 - Plan for undervisningsopplegg

Dette dokumentet skal bidra til å strukturere og planlegge tverrfaglig undervisning for analyse av mikroplast i sedimenter, og fungere som bakgrunnsinformasjon for lærere som ønsker å benytte seg av undervisningsopplegget utviklet gjennom denne oppgaven. Fagene som er inkludert i dette opplegget er: samfunnskunnskap, naturfag og geografi, i tillegg er fysikk 2 og kjemi 2 mulig å implementere som en ekstra utvidelse.

1) Mål

a) Kompetansemål i de ulike fagene som kan knyttes opp mot undervisningsopplegget:

Geografi (Kunnskapsdepartementet, 2019a):

- reflektere over sin egen ressursbruk og ressursbruken i Norge i et globalt og bærekraftig perspektiv
- utforske og gjøre rede for årsakene til en aktuell natur- eller miljøkatastrofe og konsekvenser for mennesker, samfunn og natur
- gjennomføre et feltarbeid for å undersøke og presentere geografiske forhold

Naturfag (Kunnskapsdepartementet, 2019b):

- risikovurdere egne forsøk og håndtere avfallet fra disse på en forsvarlig måte
- utforske egenskaper og reaksjoner til noen organiske og uorganiske karbonforbindelser, gi eksempler på anvendelser og gjøre rede for karbonets betydning for livet på jorda
- gjøre rede for hvordan noen miljøgifter kan akkumuleres i næringskjeder, og vurdere tiltak for å ta vare på helse og miljø
- gjøre rede for hvordan klimaendringer påvirker evolusjon, utbredelse av arter og biologisk mangfold

Samfunnskunnskap (Kunnskapsdepartementet, 2019c):

- utforske og presentere dagsaktuelle temaer eller debatter ved å bruke samfunnsfaglige metoder, kilder og digitale ressurser, og argumentere for egne og andres meninger og verdier
- drøfte hvordan personlig økonomi, kommersiell påvirkning og forbruk påvirker enkeltpersoner, grupper og samfunnet
- utforske en utfordring eller en konflikt på lokalt, nasjonalt eller globalt nivå og drøfte hvordan utfordringen eller konflikten påvirker forskjellige grupper
- drøfte sammenhengen mellom økonomisk vekst, levestandard og livskvalitet i et globalt og bærekraftig perspektiv

Kjemi 2 (Utdanningsdirektoratet, 2019b):

- planlegge og gjennomføre forsøk, drøfte metode og tiltak for å redusere risiko og vurdere usikkerhet og feilkilder i egne og andres forsøk

- gjøre rede for prinsipper for kromatografi og bruke kromatografi for å separere og analysere organiske stoffblandinger

Fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2019a):

- vurdere ulike påstander og argumenter om energi og klima i samfunnsaktuelle problemsstillinger
- planlegge og gjennomføre forsøk, analysere data og trekke konklusjoner

b) Hva er læringsmålene for undervisningsopplegget?

Utvikle en dybdeforståelse for de ulike aspektene innen det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling.

Belys en komplisert, global problemstilling i skolens nærområde, og reflekter rundt ulike årsaker, konsekvenser, og potensielle løsninger for problemet både i nåtiden og fremtiden.

Elevene bør gjennom opplegget få muligheten til å reflektere rundt hvordan deres handlinger påvirker verden rundt dem, både på et lokalt og et globalt nivå, og de bør få muligheten til å utvikle en bærekraftig handlingskompetanse for å begrense den negative menneskelige påvirkningen på kloden.

2) Sammenheng

- a) Hvordan knyttes opplegget opp mot den overordnede delen av læreplanen? Og hvordan bidrar de valgte fagene til å fremme dybdelæring?

Fagene som er valgt jobber alle med bærekraftig utvikling og de vil være med på å undersøke tematikken fra flere ulike vinklinger. Det vil være mulig for elevene å benytte kompetanse og tankene de allerede besitter aktivt igjennom hele gjennomføringen av opplegget, fra introduksjonen til den avsluttende debatten.

3) Elevforutsetninger og andre ramme faktorer

- a) Hvordan kan undervisningsopplegget tilpasses til de ulike forutsetningene og ressursene tilgjengelig ved ulike skoler, samt til de ulike elevene som skal delta?

Opplegget kan gjennomføres ved de fleste skoler, da metodene presentert i denne oppgaven benytter for det meste utstyr som er vanlig å ha tilgjengelig ved en videregående skole. Gruppeinndeling for gjennomføring vil også kunne være med på å inkludere og aktivisere elever av ulike kompetansenivå. Jeg anbefaler grupper på 4-5 elever. Denne gruppestørrelsen gir rom for diskusjoner og læring på ulike måter (affektiv, kognitiv, etc.). Opplegget er tidkrevende, ettersom flere deler av metoden (oksidasjon, tetthetsseparasjon) krever at prøvene står uforstyrret over lengre tid (2 timer til flere dager).

- b) Hvilke fysiske og tekniske forutsetninger settes til opplegget?

En lærer er nødt til å ta seg tid til å gjøre seg godt kjent med innholdet av denne oppgaven og de ulike metodene og fallgruvne assosiert med det. Det må deles inn i grupper med tanke på tilgjengelig utstyr og

klassesammensetning. Det bør lages et hefte med trinnvis gjennomgang av hva som skal gjøre slik at elevene kan i størst mulig grad jobbe selvstendig. Det må bli kjøpt inn filtre som kan benyttes til filtrering. Læreren må selv ha lyst til å gjennomføre opplegget, da elevene vil motiveres av lærerens entusiasme i starten av opplegget.

4) Læreporsess

Hvilke metoder, rekkefølgen på dem, og hvorfor de gjennomføres er oppgitt i tabellen nedenfor. Dette er et forslag til et opplegg, og det er mulig å gjøre endringer ved behov/ønske:

Metode	Hva skal du (som lærer) gjøre?	Hva skal elevene gjøre?	Hvorfor?
Forberedelser	<p>Fordelt over to skoletimer:</p> <p>Time 1: Presentere begrepet bærekraftig utvikling, og de tre ulike dimensjonene innen begrepet (økonomi, samfunn og natur). Forsøk å kartlegg elevenes forståelse av de ulike aspektene av temaet, og led en åpen og kreativ diskusjon. Diskuter bruk-og-kast vaner, resirkulering, plastforurensning og andre relevante problemstillinger.</p> <p>Time 2: Presenter oppgaven og metodene som skal benyttes i feltarbeidet. Elevene bør deles inn i grupper og gjøre seg kjent med planene for gjennomføring av metoden. Læreren må dermed ha en fremdriftsplan på hva som skal gjøres, hvordan det skal gjøres, og når det skal gjøres.</p>	<p>Time 1: Elevene er forventet å aktivt delta i diskusjonen rundt begrepet bærekraftig utvikling, og det er ønskelig at elevene får presentere egne meninger, erfaringer og kunnskap rundt temaet.</p> <p>Time 2: I denne timen bør elevene, sammen med lærer, gjøre seg kjent med hvordan, hvor, og når feltarbeidet skal gjennomføres. Elevene bør stille spørsmål til opplegget slik at de forstår hvorfor det gjennomføres.</p>	<p>Time 1: Dybdelæring krever at elevene skal få muligheten til å knytte kunnskap og kompetanse de allerede besitter opp mot nye temaer og problemer. Gjennom en aktiv og utforskende diskusjon i klasserommet er det ønskelig å undersøke elevenes verdier og tanker før gjennomføring av opplegget, samt å potensielt skape en større egeninteresse for forsøket som skal gjennomføres.</p> <p>Time 2: Elevene bør få frihet til å jobbe selvstendig med metoden i stor grad. Det er dermed viktig at de forberedes på hva de skal gjøre, hvordan de skal gjøre det, og hvorfor de gjør det. Samtidig skal det skapes en forståelse av hvordan dette opplegget henger sammen med temaet bærekraftig utvikling.</p>
Bulkinnsamling	Læreren skal på forhånd gjort seg selv og elevene kjent med hvordan metoden gjennomføres, og hvilket utstyr som skal benyttes i de respektive delene av metoden. Under selve	Elevene skal ut av klasserommet for å samle inn sedimentprøver fra nærmiljøet deres. Elevene tar med seg skjeer eller andre metallverktøy å grave med, glassbeholdere med lokk, og	Elevene samler inn bulkprøvene fra sitt eget nærmiljø. Dette gjøres for å aktivisere, engasjere og motivere elevene til videre arbeid med oppgaven. Å benytte varierte undervisningsrom utenfor

	<p>gjennomføringen skal læreren fungere som en veileder og rådgiver, men skal ikke ha en aktiv rolle i gjennomføringen. Dermed må læreren være til stede og kapabel til å hjelpe elevene ved behov, og generelt holde oversikt over hvordan elevene jobber. Denne rollen vil læreren ha gjennom hele metoden, frem til og med en eventuell gass-kromatografisk undersøkelse. Læreren er ansvarlig for hva som blir gjort, og for at elevene har utstyret de trenger tilgjengelig.</p>	<p>aluminiumsfolie ut i felt for å samle inn bulkprøver. Det benyttes et område elevene er kjent med fra før, slik at det ikke er nødvendig med noe ekstensiv gjennomgang av området med kart på forhånd ved ekskursjonen.</p>	<p>klasserommet kan være med på å fremme dybdelæring, og et utforskende feltarbeid gjør det mulig for elevene å lære på flere måter, fra kognitiv til sosial og fysisk læring.</p>
Forberedelse av sedimentprøver	<p>Se bulkinnsamling over</p>	<p>Elevene tar med prøvene de samlet inn i forrige trinn inn i klasserommet eller til lab på skolen. Her skal de forberede sedimentprøvene deres for videre undersøkelse. Dette involverer å sile prøvene slik at volumet av prøven og størrelsen på sedimentkornene er i en håndterbar størrelse. Deretter må prøven tørke, enten i varmeovn eller i lufttemperatur over lengre tid.</p>	<p>Elevene skal selv gjøre de forberedende skrittene nødvendig for å gjøre prøvene klare for videre undersøkelse. Om siling og tørking ikke gjøres vil dette kunne være en potensiell feilkilde. Dersom det siles før sedimentprøvene er tørre kan partikler feste seg til silen, og dette kan føre til falske negative data.</p>
Tetthetsseparasjon ved flotasjon	<p>Læreren bør på forhånd ha forberedt en saltløsning. Det vil si at NaCl, vanlig bordsalt, må kokes opp under omrøring i vann. Omtrent 200g salt per liter vann kreves for å oppnå en tetthet på $1,2\text{g/cm}^3$.</p>	<p>Elevene gjennomfører en tetthetsseparasjon ved flotasjon. Sedimentene tilsettes i en saltløsning, og det røres godt om i to minutter med et verktøy av rustfritt stål. Etter at sedimentene har stått uforstyrret i to timer for å synke kan saltløsningen overføres til et nytt begerglass, mens sedimentene blir liggende i</p>	<p>Tetthetsseparasjon gjennomføres for å skille eventuelle mikroplastpartikler fra sedimentpartiklene.</p>

		det gamle glasset.	
Filtrering	Læreren må forsikre seg om at vakuumpumpen og øvrig utstyr nødvendig for å gjennomføre filtrering fungerer som det skal. Det er også fordelaktig om læreren selv klipper ut filtre i riktig størrelse, for å best mulig utnytte de dyre filtrene.	Elevene gjennomfører filtrering med vakuumpumpe frem til hele saltløsningen fra tetthetsseparasjonen er kjørt gjennom filteret.	Gjennom filtrering vil mikroplastpartiklene og andre mikropartikler separeres fra saltløsningen.
Oksidasjon (ved behov)	Dersom oksidasjon er nødvendig, dette kan læreren være med på å vurdere ved behov, bør læreren forsikre seg om at elevene vet hvordan de jobber med kjemikalet hydroperoksid, H ₂ O ₂ .	Elevene gjennomfører en oksidasjonreduksjon med syren H ₂ O ₂ . Filteret legges forsiktig i et begerglass, og tildekket med syren. Reaksjonen må deretter få stå og gå til den er ferdig. Etter oksidasjonsreaksjonen er ferdig må syren filtreres vekk.	Oksidasjon gjennomføres dersom filtrene har organisk materiale på seg. Organisk materiale må fjernes, da de vil kunne gi falsk positiv data senere.
Visuell analyse ved mikroskopi	Se bulkinnsamling over	Elevene benytter mikroskop til å visuelt sortere og telle antall partikler som de mener kan klassifiseres som mikroplast.	Skaper en oversikt over antatt antall mikroplastpartikler i prøvene før videre undersøkelser.
Nile-Red	Se bulkinnsamling over	Elevene drypper NR over filtrene og lar dem hvile i mørket i 30 minutter. Deretter skal prøvene undersøkes med mikroskop under UV-lys, og fluorescerende partikler sorteres og telles opp.	Gir et mer korrekt estimat av antall mikroplastpartikler i prøvene enn vanlig visuell analyse vil. Resultatene fra NR benyttes i den avsluttende diskusjonen.
Potensielle skritt ved utvidet undervisningsopplegg (Kjemi + Fysikk)			
Spektroskopi	Læreren må ha god oversikt over om skolen har utstyret for å gjennomføre denne delen, samt hvordan utstyret eventuelt benyttes.	Elevene gjennomfører en spektroskopisk analyse av filtrene med mikroplast i etterkant av NR, for å identifisere spesifikke typer plast og antall av hver av de ulike typene plast i prøven.	Spektroskopi gir informasjon om hvilke plasttyper som er i prøven, og antall av dem. Resultatene er bedre enn ved NR eller annen former for visuell identifikasjon, og gjennomføres ofte i etterkant av NR i forskning.

Gass-kromatografi	Læreren må ha god oversikt over om skolen har utstyret for å gjennomføre denne delen, samt hvordan utstyret eventuelt benyttes.	Elevene benytter denne destruktive metoden for å validere og forbedre funnene sine.	Denne metoden gir god data, men må gjennomføres i etterkant av alle andre undersøkelser, da det er en destruktiv metode (ødelegger prøvene).
Avsluttende diskusjon	Den avsluttende diskusjonen må fungere som en oppsummering av hva som er blitt gjort, resultatene elevene har kommet frem til (antall mikroplastpartikler per kilo sediment), og elevenes læringsutbytte. Læreren bør dermed ta god tid til å kartlegge resultatene, slike at de kan sammenliknes med relevant litteratur (som for eksempel litteraturen visst i tabell 2 i denne oppgaven).	Elevene skal reflektere rundt opplegget og diskutere hvordan/om deres sin på bærekraftig utvikling har endret seg gjennom opplegget. Videre skal elevene gjøre seg kjent med det globale aspektet av mikroplastforurensning, og drøfte rundt ulike konsekvenser og handlingsalternativer med tanke på temaet.	De avsluttende diskusjonene er viktig for å knytte metoden opp mot annen kunnskap elevene besitter og knytte røde tråder mellom ulike kompetanse. Oppsummeringen er viktig for å fremme dybdelæring.

5) Vurdering

a) Hvordan kan en vurdere hva elevene har lært i løpet av undervisningsopplegget?

Det er mulig å sammenlikne refleksjonene og tankene elevene kommer med fra innledningen og avslutningen av oppgaven. Underveis i prosessen kan læreren observere hvordan elevene jobber, kommuniserer og samarbeider innen gruppene. Elevenes refleksjoner og evne til å kritisk vurdere egne resultater vil være den beste målestokken for lærdom. Det er mulig å gjennomføre både summativ vurdering, vurdering i slutten av undervisningsopplegget, og formativ vurdering, underveisvurdering. Konkrete mulige metoder for vurdering inkluderer å skrive en forskningsrapport, gjennomføre en vitenskapelig konferanse eller symposium, eller gjennomføre en debatt mellom ulike aktører innen mikroplast og bærekraftig utvikling. En slik vurderingsmetode passer godt å gjennomføre i etterkant av undervisningsopplegget i sammenheng med de vitenskapelige metodene og mulige CS-prosjekter. Videre kan med-elev vurdering benyttes for å la elevene aktivt delta.

