

## Masteroppgåve

**NTNU**  
Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap  
Institutt for lærerutdanning

Tom Andre Berstad

# Mixed Reality i Utdanning for Berekraftig Utvikling

Ein litteraturstudie

Masteroppgåve i naturfagdidaktikk

Rettleiar: Jardar Cyvin

Mai 2021



Norwegian University of  
Science and Technology



Tom Andre Berstad

# **Mixed Reality i Utdanning for Berekraftig Utvikling**

Ein litteraturstudie

Masteroppgåve i naturfagdidaktikk  
Rettleiar: Jardar Cyvin  
Mai 2021

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap  
Institutt for lærerutdanning



Norwegian University of  
Science and Technology



# Samandrag

I denne oppgåva utforskast det korleis mixed reality (MR) kan nyttast i utdanning for berekraftig utdanning (UBU), og kva nytta av dette kan vere. For å gjere dette nyttar oppgåva TPACK-rammeverket for å forsøkje å danne eit felles kunnskapsområde, TPCK, mellom desse delane. Dette kunnskapsområdet vert i denne oppgåva kalla "den digitale utflukta". Oppgåva vil så nytte dette kunnskapsområdet til å gjennomføre ei kort analyse av litteratur i lys av denne modellen, og så drøfte desse funna.

I hovudsak finn oppgåva at MR er eit verktøy ein kan nytte for å auke interessa som ein elev har for eit tema, og endre haldningar. Dette bør nyttast i samanheng med teori om korleis ein realiserer den alternative læringsarenaen til sitt fulle potensiale. Dette inneber hovudsakleg at sjølve utflukta kan ha mange former; vere interaktiv eller ein video, så lenge den er *immersive*. Det viktigaste for å danne eit godt grunnlag av den digitale utflukta er at læraren har bygd opp eit godt læringsopplegg rundt. Då er den digitale utflukta eit opplegg som i stor grad kan auke eleven si interesse i, og gje eleven haldning til handling innan berekraftig utvikling.

# Abstract

The purpose of this thesis is to explore how mixed reality (MR) can be used in education for sustainable development (ESD), and what the function of this could be. To accomplish this the TPACK framework is utilised to try and create a unified area of knowledge, TPCK, between these two parts. This thesis dubs this area of knowledge "the digital fieldwork". This area of knowledge will then be utilised to do a short literature study in the light of this model, followed by a discussion of the findings.

The thesis mainly finds that MR is a tool to improve general interest for a field, and to change the attitude of the participants. This should be utilised in conjunction with theory about how to best utilise outdoor learning. This means that the digital fieldwork may have many forms; it may be interactive, or follow a linear video. The most important aspect are the surrounding parts, and that the teacher constructs a controlled scheme around it. The digital fieldwork is thus a tool that can improve students' interest in, and give the students' attitudes for action within sustainable development.

# Føreord

Denne oppgåva vart gjennomført med god hjelp og stønad frå dei rundt meg. Det var viktig å kunne ha eit korps å gå til for å treffast sosialt då det var mogleg. Også godt å ha var mine faste kompanjongar på nett. I tillegg vil eg rette ein ekstra stor takk til rettleiar Jardar Cyvin for god stønad og rettleiing i oppgåva. Utanom det er det stor klisjé, men likevel rett, å takke dei heime. Særleg ei stor takk til sambuaren min som har stilt med kaffi, stønad, og lesehjelp.

Oppgåva er ei kulminering av idear eg har eller har hatt i prosessen ved å nytte mine interesser til å skrive ei oppgåve om nokre tema som eg meiner er utruleg viktig. Eg måtte avgrense min lyst til å skrive uhorveleg mykje om berekraftig utvikling, ettersom eg meiner alle aspekt under det er svært viktig. Til sjuande og sist er det min kreative emne og mine visjonar som set grenser for kva eg kunne ha brukt tid på i oppgåva. Eg sit også att med ei kjensle om at oppgåva kunne vore så mykje meir om eg hadde dedisert meir tid til å arbeide med ho. Likevel, eg er på ingen måte skuffa over ho.

Vel lest.

# Innholdsliste

1 Innleiing.....	1
2 Teori.....	2
2.1 Didaktikken og teknologien - TPACK.....	2
2.2 Utdanning for berekraftig utvikling.....	4
2.2.1 Den alternative læringsarena.....	5
2.2.2 Kva er dei berekraftige utfordringane?.....	6
2.3 Mixed reality.....	9
2.3.1 Ideen om den multisensoriske opplevinga.....	9
2.3.2 Det moderne utstyret for Mixed Reality.....	11
2.3.3 Immersion og Presence.....	14
2.3.4 Embodiment.....	15
2.4 Den digitale utflukta.....	16
3 Forskingsdesign.....	18
3.1 Fire element ved samfunnsforskning.....	18
3.1.1 Posisjonalitet.....	18
3.1.2 Grunngeving for metode og metodologi.....	19
3.1.3 Teoretisk perspektiv og epistemologi.....	19
3.2 Metode.....	20
3.2.1 Dokumentanalyse.....	20
3.2.1.1 Kven er forfattaren?.....	20
3.2.1.2 Kva er innhaldet?.....	21
3.2.1.3 I kva samanheng er teksten produsert?.....	21
3.2.1.4 Framgangsmåte.....	21
3.2.1.5 Dokumentutval.....	21
4 Analyse og forskings spørsmål.....	24
4.1 Korleis kan ein nytte MR i UBU?.....	30
4.2 Kva fordelar kan det liggje i å nytte MR i UBU?.....	31
4.3 Kor viktig er <i>immersion, presence, og embodiment</i> ?.....	33
5 Drøfting.....	35
6 Konklusjon.....	40
6.1 Avgrensingar og feilkjelder.....	41
6.2 Forslag til vidare forskning.....	41
7 Referansar.....	43
8 Vedlegg.....	50
8.1 Vedlegg A – Søkeresultat.....	50
8.2 Vedlegg B – Støttetabell til analyse.....	51
8.3 Vedlegg C – Ordliste.....	53



## Liste over figurar

Figur 1: TPACK-rammeverket, fritt etter Mishra & Koehler (2006).....	3
Figur 2: Dei tre dimensjonane i berekraftig utvikling (FN-sambandet, 2019).....	4
Figur 3: Patentteikninga til Morten Heilig sin <i>Sensorama</i> (Heilig, 1962).....	9
Figur 4: Ivan Sutherland med <i>Sword of Damocles</i> (Van Krevelen, 2007).....	9
Figur 5: <i>VPL DataSuit</i> - eit 80-talsvidunder («VPL Research», 2021).....	10
Figur 6: Google Cardboard (Google VR, 2017).....	11
Figur 7: Oculus Quest (The Wild, u.å.).....	12
Figur 8: Valve Index (Valve Software, u.å.).....	13
Figur 9: Den digitale utflukta i TPACK-modellen.....	17

## Tabelliste

Tabell 1: Ein enkel oversikt over dei fem studiane og Widén (2019) sine tre dimensjonar. Ein utvida versjon kan vitjast på vedlegg B.....	24
---	----

## Forkortingar

Ei lenger og meir utfyllande ordliste kan vitjast i **vedlegg C**.

MR	Mixed reality
AR	Augmented reality
VR	Virtual reality
UBU	Utdanning for berekraftig utvikling
TPACK	<b>T</b> echnology, <b>P</b> ed <b>A</b> gogy, <b>C</b> ontent <b>K</b> nowledge

# 1 Innleiing

Sidan slutten av 1800-talet har ein visst at CO<sub>2</sub> kan fungere som ein drivhusgass (Arrhenius, 1896). Kunnskapen som no står i sentrum av den største trugselen menneskeheita står ovanfor, er gamal. Likevel er for lite gjort. Politikarar har i staden brukt mykje tid og krefter på å politisere ein felles trugsel som det hastar å løyse. Somme politikarar meiner dei allereie gjer noko, somme meiner at dei er for små til å gjere noko, og somme igjen meiner at andre skal gjere noko, eller at ingenting kan eller bør gjerast. Det hjelp heller ikkje at globale aktørar med særlege interesser i olje- og kolnæringa, ei næring som er rota i store delar av dei globale klimagassane, stadig sår tvil i konsekvensane av klimaendringar, ikkje ulikt tobakksindustrien på midten av 1900-talet (Keane, 2020; Supran & Oreskes, 2021).

Dersom ein ikkje handlar på bakgrunn av kunnskapen om at CO<sub>2</sub> er ein potent drivhusgass som over tid har drive temperaturane på jorda oppover, er ein dømd til å radikalt endre livet her for alltid. Brundtland-kommisjonen (1987) la på 80-talet grunnlaget for det ein i dag kallar utdanning for berekraftig utvikling. Dei ynskja seg reduksjonar av CO<sub>2</sub> og at ein skulle ta vare på jorda, og definerte då berekraftig utvikling til utvikling som tilkjem dagens tilhøve utan å øydeleggje for framtidige generasjonar sine tilhøve. Berekraftig utvikling handlar sjølvstøtt om mykje meir enn berre naturen - den involverer også reduksjon av den globale fattigdommen, som Brundtland-kommisjonen peika på ein av dei største drivarane til klimaendringar.

Utdanning for berekraftig utvikling handlar om klimaendringar, avfallshandtering, økotenester, utdanning, og økonomi (FN-sambandet, 2019; Sinnes, 2015). Dei tema kan handterast delvis separat, men dei er også sterkt samanfletta. Korleis kan ein hindre at fattige bønder driv med arealkrevjande bråtebruk fordi dei ikkje har råd til gjødsel? Korleis kan ein sikre at alle land i verda kan handtere sitt eige avfall? Korleis kan ein sikre at dei naturlege karbonlagra held fram med å fungere som karbonlager? Det er mange spørsmål knytt til berekraftig utvikling, og den viktigaste jobben ein som undervisarar kan gjere er å interessere elevane, og gje dei kompetanse til å handle.

I norsk skule, og i konseptet utdanning for berekraftig utvikling (UBU), ligg ei tanke om haldningsendring. For å engasjere komande generasjonar i ta vare på naturen er ein nøydd å overtyde dei om at det er naudsynt. Eg meiner at det då er viktig å nytte seg av verktøy som interesserer borna - og som har moglegheit til nettopp å styre haldningar mot å vere del av det grønne skiftet.

Eitt slikt verktøy er *mixed reality* (MR). MR er eit konsept utvikla av Milgram & Kishino (1994) og samlar *virtual reality* (VR) og *augmented reality* (AR) i eit kontinuitetsspekter. I kvar sin ende av spekteret eksisterer den verkelege verda og den virtuelle verda. Elementa i mellom dei "reine" konseptta på kvar ende av kontinuiteten kallast MR. I grove trekk kan ein seie at VR tek utgangspunktet i den virtuelle verda og tar med element frå den verkelege verda, medan AR tek utgangspunkt i den verkelege verda og bringer inn element frå den virtuelle verda. Det er kanskje lett å tru at VR må jo allereie vere den reine, virtuelle verda; men så lenge ein er avgrensa av den verkelege verda gjennom kroppslege funksjonar, så vil ein alltid måtte ha med element frå den verkelege verda.

Målet med bruk av MR-baserte verktøy er å få elevane til å føle at dei er ein annan stad, å gje dei ein slags digital utflukt. Eg vil då presentere eit par stikkord som skal vere med vidare i oppgåva; *immersion*, *presence*, og *embodiment*. Det er ynskjeleg å nytte verktøy som gjev god immersion, både frå eit maskinvare- og programvareaspekt. Dette tyder at verktøyet verker realistisk frå eit objektivt standpunkt. Formålet med immersion er å gje deltakaren ein

kjensle av presence - det å vere ein deltakar i verda som vert presentert. Presence er rekna som den subjektive motparten til immersion (Sanchez-Vives & Slater, 2005; Slater, 2003). Det siste omgrepet som er av interesse er embodiment. Her handlar det om å plassere deltakaren i ein kropp og få deltakaren til å akseptere den som sin eigen. Ein del forskning hintar til at dette er enklare enn ein skulle tru - og at det kan vere ein viktig puslespelbrikke i presence (Kilteni et al., 2012).

Ut i frå dette kan ein danne denne problemstillinga "kva betydning kan mixed reality ha i undervising for berekraftig utvikling, og korleis kan det nyttast til dette?". Som støtte i å svare på denne problemstillinga vil det nyttast nokre forskingsspørsmål:

- Korleis kan ein nytte MR i UBU?
- Kva fordelar kan det liggje i å nytte MR i UBU?
- Kor viktig er konsept som immersion, presence, og embodiment for læring med MR-baserte verktøy?

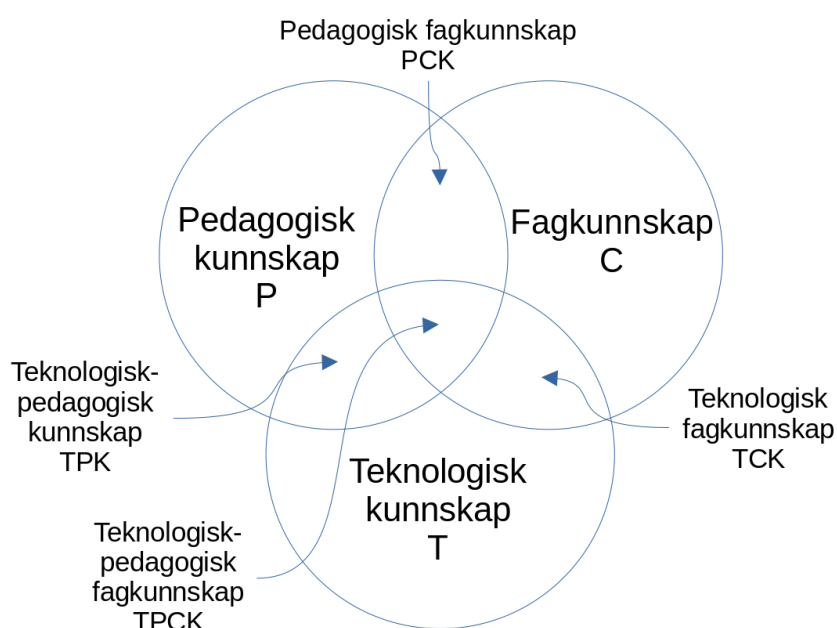
For å undersøke dette kjem dei neste avsnitta til å legge eit teoretisk grunnlag for ein samanfletting av mixed reality og utdanning for berekraftig utvikling. Tanka er å framheve korleis MR kan komplimentere UBU, og å undersøke om det er eit grunnlag for det ein i denne oppgåva ynskjer å kalle den digitale utflukta. For å oppnå det å undersøke desse elementa treng eit rammeverk danna nettopp for å kombinere fagdidaktiske kunnskapsområder med teknologiske kunnskapsområder. Eit slikt rammeverk finn ein i TPACK.

## 2 Teori

### 2.1 Didaktikken og teknologien - TPACK

TPACK (**T**echnology, **P**ed**A**gogy, **C**ontent **K**nowledge) er eit rammeverk som ynskjer å sameine teknologi, pedagogikk og fagkunnskap. Rammeverket, som i stor grad er utvikla av Mishra & Koehler (2006), har som føremål å ruste lærarar til å betre forstå signifikansen av teknologi i utdanning, og å ruste lærarar til å betre nytte dei. I tillegg er føremåle med TPACK å danne eit felles forskingsområde mellom dei tre kunnskapsområda, i same stil som PCK før det. PCK er eit teoretisk rammeverk som vart utvikla for å vise til at det er store samanhengar mellom pedagogikk og fagkunnskap. Fram til då var dette i stor grad sett på som ulike forskningstema (Shulman, 1986). Innan TPACK meiner ein at teknologi er for banebrytande og ustabil til å dekkast av den tradisjonelle PCKen, og det difor er naudsynt med ein omstrukturering og attføring. Det som i stor grad har ført til dette er at teknologien har utvikla seg, og då har den vorte meir kompleks å forstå, i tillegg til at den ikkje er spesifikk til fagkunnskap eller pedagogikk. I tradisjonell PCK har kvart verktøy ei rolle – blyant er til å skrive med, papir er til å skrive på, tavla er til for å vise fram informasjon til elevar. Det er viktig å påpeike at teknologisk kunnskap (TK) også inneheld kunnskap om pre-digital teknologi som blyantar, kritt, o.l. såvel som digital teknologi. Det er særleg dei digitale teknologiane som er komplekse, og dei har sine egne potensial, fordelar og ulemper. Det er difor viktig at læraren har god og brukbar kunnskap om både pedagogikk, fagkunnskap, teknologi, og ikkje minst samspelet mellom dei. Samspelet er det viktigaste innan TPACK, og dei tre elementa setjast då i kontekstar som er viktig å forstå for god undervising.

Når ein set saman teknologi, pedagogikk, og fagkunnskap dukkar det også opp andre kunnskapsområder i kryssinga mellom dei – ikkje berre TPCK. Pedagogisk fagkunnskap (PCK), kunnskapen som Shulman (1986) skildra, er ein av krysskunnskapane. Men det dukkar også opp teknologisk pedagogikk (TPK) og teknologisk fagkunnskap (TCK). TCK inneber ikkje berre kunnskap om korleis verktøy kan representere fagområdet, om også kunnskap om korleis det teknologiske verktøyet kan forandre fagområdet. TPK er kunnskap om eksistens og bruk av digitale verktøy til pedagogiske føremål, både i og utanfor klasseromssituasjonen. TPK inneber også kunnskap om korleis det forandrar læresettinga og pedagogen sjølv. Teknologisk pedagogisk fagkunnskap (TPCK) er ein overordna kunnskap som inneber at læraren har forståing om fagkunnskap, kvar utfordringane ligg (eller ikkje ligg) for elevane, og korleis teknologi kan bidra til å omformulere utfordringane. I dette ligg også kunnskap om kvar enkeltelev og korleis teknologien påverkar epistemologi. Kortfatta er TPCK avgjerande for god utdanning med bruk av teknologi.



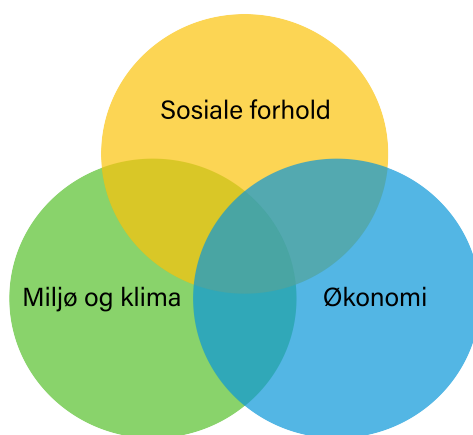
**Figur 1: TPACK-rammeverket, fritt etter Mishra & Koehler (2006)**

Dette dannar soleis eit svært komplekst rammeverk. Mishra & Koehler (2006) meiner at tradisjonell måte å lære vekk bruk av enkeltverktøy gjennom bl.a. *workshops* ikkje er gunstig grunna den store variasjonen i ulike verktøy samt farta på utviklinga. Dei argumenterer for at lærarar treng ei djup forståing av teknologiske verktøy for pedagogikk. Denne forståinga må hjelpe lærarane å vurdere dei digitale verktøya, og integrere verktøy i gode, pedagogiske kontekstar.

I denne oppgåva ynskjer ein å danne eit område innan den teknologisk-pedagogiske fagkunnskapa. Det teknologiske kunnskapsområdet omhandlar mixed reality, og ein kan argumentere for at UBU allereie er eit sameint kunnskapsområde for PCK, pedagogisk fagkunnskap innan berekraftig utvikling. Korleis desse kunnskapsområda kan sameinast med TPACK skal eg kome attende til.

## 2.2 Utdanning for berekraftig utvikling

Etter opplæringslova § 1-1 heiter det at "Elevane og lærlingane skal lære å tenkje kritisk og handle etisk og miljøbevisst. Dei skal ha medansvar og rett til medverknad" (Opplæringslova, 1998, par. 1–1). Skulen er soleis plikta å lære om miljømedvit. Utdanning for berekraftig utvikling (UBU) er eit tema som forsøkjer å dekke denne delen av lova samt fagområdet berekraftig utvikling. Eitt fylgje av dette er at UBU er eit svært breitt tema. Berekraftig utvikling vert ofte definert til å tilfredsstillе dagens tilhøve utan å øydeleggje for framtidige generasjonar sine tilhøve (Brundtland et al., 1987). Denne basisen avgrensar temaet noko, men ein sit stadig att med spørsmål om kva som trengst for å oppretthalde dagens tilhøve, og kva dei eigentleg er. Sinnes (2015, s. 24–31) meiner det er to hovudperspektiv på berekraftig utvikling, eit djupøkologisk og eit teknologisk. I det djupøkologiske perspektivet meiner ein at eigenverdien i naturen står i sentrum, og at ekte berekraft krev gjennomgripande styring og ein reduksjon i den økonomiske veksten. I det teknologiske perspektivet meiner ein at menneskja er ein naturforvaltar, og at berekraft kan vere oppnåeleg med ny teknologi og at økonomisk vekst er ynskja. I den overordna delen på læreplanen etter 2020, LK20, er berekraftig utvikling definert som ein forståing av samanhengar mellom sosiale, økonomiske og miljømessige førehald. Elevane skal forstå at måten menneskjer lev på og nyttar ressursar har konsekvensar lokalt, regionalt og globalt (Kunnskapsdepartementet, 2020). LK20 viser også til eit teknologisk perspektiv på berekraftig utvikling; "teknologiutvikling kan bidra til å løse problem, men også skape nye". Dette underbyggjer temaet som eitt vidt, men samansett kunnskapsområde.



**Figur 2: Dei tre dimensjonane i berekraftig utvikling (FN-sambandet, 2019).**

Etter 2012 var berekraftig utvikling eit tema som skulle gjennomsyre alle fag for å skape ein gjennomgåande heilskap. Fokuset på berekraft skulle vere både lokalt og globalt (Kunnskapsdepartementet, 2012). Dette har heldt fram i dagens læreplan, LK20, der berekraftig utvikling er eit tverrfagleg tema. Etter læreplanen skal elevane utvikle dugleik til å handle etisk og miljømedviten; dei skal forstå at handlingane til kvar einskildperson har konsekvensar. Berekraftig utvikling i læreplanen, og i faglitteraturen, rommar fleire tema enn denne oppgåva skal ta føre seg. Blant dei er miljø og klima, fattigdom, fordeling av ressursar,

konflikt, helse, likestilling, og demokrati og utdanning. Dei Sameinte Nasjonane (SN) deler dette inn i tre hovudområder ein må arbeide på som dei meiner er ein føresetnad for å skape berekraftig utvikling i verda; klima og miljø, økonomi, og sosiale førehald (FN-sambandet, 2019). Det er utvilsamt ein sterk samanheng mellom desse tema – men denne oppgåva ynskjer i hovudsak å fokusere på miljø og klima. Sinnes (2015, s. 32–51) peiker også på at undervisinga må baserast på fagleg oppdatert kunnskap om klima og berekraft, at temaet må vere tverrfagleg, ha fokus på kompetansar og forståing av system, framtid og handling, og at skulen må vere ein arena for berekraftig levesett. Det har vore retta kritikkar mot å utdanne elevar *for* berekraftig utvikling framfor å lære elevar å ta eigne val (Jickling, 1992; Jickling & Wals, 2008). Desse kritikkane må ikkje avfeiast, men skulen i Noreg har som mål å påverke tenkjemåte og setje elevar i stand til å tenkje framtidsretta (Kunnskapsdepartementet, 2012). Ein av dei viktige tinga skulen er nøydd å påverke elevane til er å ta større stilling til dagens bruk og kast samfunn (Gadotti, 2008). Det ideelle er å ta vare på produkt så lenge som mogleg, og då også fokusere på å reparere dei når dei vert øydelagd framfor å berre kjøpe nye. Dette kallar ein sirkulær økonomi. Dette er til skilnad frå den noverande dominante lineære økonomien der ein vinn ut råmaterialar, lagar produkt, og kastar produkt. I den sirkulære økonomien er fokuset på å vinne ut og kaste så lite som mogleg, og å bruke om og resirkulere så mykje som mogleg i tillegg til å bruke produkt så lenge som mogleg (Kjørstad, 2018; Stahel, 2016). Dette skildrast som ein av puslespelbrikkene for å løyse utfordringar knytt til berekraftig utvikling. I dag er det ein blanda økonomi mellom den lineære og sirkulære, men framleis er det for mange i vestlege land som kjøper for mykje nytt og kastar for mykje brukbart.

### 2.2.1 Den alternative læringsarena

Frå pedagogisk hald kan det verke som at UBU fylgjer ein konstruktivistisk læreteori. Kunnskap dannast mellom eleven og det læraren ynskjer å formidle. Utforskande læring står sterkt. Målet med denne læringa er at eleven sjølv "oppdagar" kunnskapen og dannar eit eigarskap til den som gjev læring som varar, *dersom* det er gjort riktig (Kahn & O'Rourke, 2005; Knain & Kolstø, 2019; Ødegaard, 2016). Ein viktig del av utforskande læring er uteskulen. Det ein ynskjer då i UBU er å fjerne skiljet mellom skulen og verda rundt eleven har rundt seg. Dette gjerast gjerne i UBU gjennom uteskulen, eller den alternative læringsarenaen. Målet er å danne ein situert læringskontekst der ein forsøker å gjere opplæringsssituasjonen så nær som mogleg til ein framtidig brukssituasjon. Dette aukar overføringsverdien som kunnskapen får og hjelp elevar å nytte den i nye kontekstar (Anderson et al., 1996). Mykje av den tradisjonelle uteskulen dreier seg i stor grad om å lære seg å kjenne og bruke naturen rundt oss. Men utflukter, til dømes til lokale verksemder eller museum o.l., er likefullt ein læringskontekst utanfor skulen som kan likne ein framtidig brukssituasjon. Elevar sjølve rapporterer at utflukter til andre stader gjev betre læring og trivsel (Sælemyr & Bjørndal, 2019). Likevel er det ikkje berre å gå ut; der er viktige føresetnadar som ligg til grunn for at uteskule skal vere effektivt.

Remmen & Frøyland (2014, 2017) legg fram fire tilrådingar for effektiv uteskule; felten må vere innan gangavstand, aktivitetane bør vere utforskningsbasert, det bør vere ein aktivitet med mange moglegheiter framfor mange aktivitetar med få moglegheiter, og det må vere oppfylgning. Gangavstanden har fleire funksjonar; den tillet hyppig bruk av felten, slik at det ikkje vert ein spenningsfaktor knytt til sjeldenheita av å gå ut. Den er også viktig for effektivt byte mellom uteskulen og klasserommet, der det ofte er lettare å formidle informasjon til elevane. Ein siste faktor er at det tek mindre tid og pengar – to ressursar som ikkje finnast i

store mengder i skulen. Dei utforskingbaserte aktivitetane som elevane får må vere nøye gjennomtenkt – det er eit oppdrag dei får som må halde høg kvalitet. Arbeidet bør vere realistisk, men gjerne fiktivt, slik at ein plasserer elevane i ein situert læringskonstekst. Remmen & Frøyland (2017) meiner det ligg fire kriterium til grunn for gode læringsoppdrag:

- Oppdraget må kome frå ein ekstern oppdragsgjevar, fiktiv eller ikkje.
- Oppdraget bør likne på reelle problemstillingar som ein naturvitar kunne arbeidd med.
- Oppdraget må krevje at eleven nyttar kunnskap og ferdigheiter i naturfag.
- Oppdraget må oppfordre elevane til å ta val som dei grunnleggj.

Dersom elevane ikkje tidlegare vore utsett for utforskande læring eller opne oppdrag, til dømes om dei berre har brukt oppskriftseksperiment, har dei eit lågare utbytte av den alternative arenaen og den naturlege utforskinga som kjem med den (Dillon et al., 2006).

Oppfylginga som må til for effektiv uteskule bør ha to former – oppfylgning av lærar, verbalt eller skriftleg, samt oppfylgingsarbeid. Oppfylgingsarbeidet bør føre til at elevane dannar eit form for produkt, og krevje at elevar tar val og dannar meiningar som er basert på data dei finn under utforskinga før dei lager sluttproduktet (Remmen & Frøyland, 2015). Dette er utruleg viktig i gruppearbeid der dei ulike gruppemedlemene vil ha ulike meiningar og utgangspunkt. Difor kan det vere viktig læraren bruker alternativ læringsarena med omhug, og har eit godt øvrig opplegg som kan støtte dette. Også viktig å ha i hug som lærar, meiner Dillon et al. (2006) at sjølv om elevane *hugsar* utflukta betre enn ein tradisjonell time, er det ikkje sikkert den faktisk bidrog til meir læring. Uteskule med stort læringsutbytte bør difor vere gjennomplanlagd og ha god oppfylgning frå lærar.

## 2.2.2 Kva er dei berekraftige utfordringane?

Utdanning for berekraftig utdanning er eit kunnskapsområde som har sprunge ut av naudsynet ein har for å formidle kunnskap for å formilde nokre av vår tids største krisar, i tillegg til å betre livssituasjonen til millionvis av menneskjer. Dette gjer berekraftig utvikling til eit stort område som inneheld både humanitære og økologiske aspekt for handtering av krisar. Det er viktig å vere klar over både som lærar, politikar, samfunnsborgar, og framtidige samfunnsborgar at å gjere åtak på berekraftkrisane ikkje er kostlause. Men dei kostnadene og det arbeidet som samfunnet legg ned no vil kraftig redusere konsekvensane og kostnadane som dei neste generasjonane vil måtte leve med. Klimaendringar spesielt har vorte eit område der det verkeleg hastar å gjere noko. Di lengre ein venter, di større vert prisen (Watkiss et al., 2005). Likevel har fleire aktørar, truleg motivert av kortsiktige økonomiske vinstar, sådd tvil i forskning som nesten universalt seier at noko må gjerast med den varmande planeten så snart som råd (Carlton et al., 2015; Oreskes, 2004, 2018). Det er difor vår plikt som lærarar og kunnskapsformidlarar å formidle klare budskap om utfordringane og potensielle løysingar til elevar, familieane deira, og politikarar. Sidan berekraftig utvikling er eit samansett tema av fleire hovudområder er det vanskeleg å peike på spesifikke element som særskild viktig å ta fram for å formidle.

Til dømes er det ein stor samanheng mellom tap av skogar, tap av biologisk mangfald, og auka CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Denne samanhengen er delvis ein konsekvens av dei største trugslane mot biologisk mangfald, arealendringar og tap av habitat, deriblant skogar (Wilson, 1989). Skogar er ein utruleg viktig, og naturleg måte å binde CO<sub>2</sub>. Skogane trekk CO<sub>2</sub> ut av atmosfæren og lagrar det over tid. Arealendringane har igjen ofte ein samanheng med dårlege

sosioøkonomiske tilhøve som menneskjer har i dei områda der avskoging er eit stort problem. Til dømes i regnskogane (Kissinger et al., 2012). Dårlige sosioøkonomiske tilhøve er ein av drivkreftene som bidreg til skade på skogar og då på det biologiske mangfaldet, og bidreg til klimaendringane indirekte. Avskoginga skjer ofte gjennom bråtebruk, der ein brenn skogen for å gjødsle grunnen. Mykje av oska som fungerer som gjødsel hamnar ikkje i jorda, og det totale næringsinnhaldet på arealet er endra i lang tid (Juo & Manu, 1996; Styger et al., 2007). I tidsperioden 2010-2019 var det så mykje menneskeleg aktivitet knytt til brenning eller hogst av skog i den brasilianske Amazonasregnskogen at det vart sloppe ut meir CO<sub>2</sub> enn den kunne absorbere frå atmosfæren (Qin et al., 2021). Landbruka som overtek arealet der den mangfaldige skogen stod bruker i tillegg få artar, gjerne artar som det er etterspurnad etter i industriland, og kan verte sett på som biologiske ørkenar som husar lite biologisk mangfald (Koh & Wilcove, 2008). Attføring og planting av ny skog er rekna som ein av dei måtane ein kan motverke klimaforandringar (Locatelli et al., 2015). Det er då viktig at denne skogen høyrer til i området den vert planta, slik at den bidreg til å ta vare på det biologiske mangfaldet. Men det er ikkje berre landbruk som trugar det biologiske mangfaldet. Oppdeling av habitat gjennom fragmentering påverkar fauna på ein destruktiv måte. Habitatfragmentering kan skje gjennom utbygging av infrastruktur som vegar og straumliner, samt utbygging av t.d. vindkraftverk (Andrews, 1990; Krauss et al., 2010).

Å ikkje ta vare på det biologiske mangfaldet kan forsterke konsekvensane av klimaendringane. Klimaendringar er den aller største av utfordringane som verda står ovanfor – det er den mest aktive trugselen til biologisk mangfald og dagens liv på planeten (Pachauri et al., 2014). Klimaendringar har alltid skjedd på planeten – anten det er snakk om naturkatastrofar som har vore utanforbi nokon levande art si makt, solsyklusar, jordsyklusar, eller ei sol som aukar i styrke (Huybers & Curry, 2006; Petit et al., 1999). Dersom klimaendringar alltid har skjedd, kvifor er det så mykje snakk om det i dag?

I kjernen av klimaendringar ligg drivhusgassar, ein samling med gassar – blant anna H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> og metangass. Når sola sine stråler treff jordflata og reflekterast ut att til verdsrommet, vert noko av den reflekterte strålinga absorbert av drivhusgassane. Dette dannar ein reaksjon der molekyla til drivhusgassane dannar infraraud stråling, varmestråling, som varmar opp planeten (Arrhenius, 1896). Utan drivhuseffekten hadde planeten våre kald og livlaus. Over dei siste par milliardar åra har det vore ein viktig balansegang i mengda drivhusgassar i atmosfæren for å kunne oppretthalde liv. Menneskeleg aktivitet står i dag for ein auke av CO<sub>2</sub> i atmosfæren, frå omlag 280 ppm til dagens 415 ppm (US Department of Commerce, u.å.). Dette er ikkje eit rekordhøgt nivå med CO<sub>2</sub> på jorda, men endringane har skjedd ekstremt fort etter den industrielle revolusjon.

Oppvarminga av planeten fører også til at havnivået vil auke, og allereie har auka noko (Nerem et al., 2018). Dette er eit stort problem for dei store mengdene med folk med fast bustad langs kysten verda over. Auka havnivå vil også føre til at viktige ferskvasskjelder under havnivået, særleg for atollar og øyar, og viktige elver nær havet vert meir forureina av saltvatn (Bhuiyan & Dutta, 2012; Hauer et al., 2020; Rotzoll & Fletcher, 2013; Wada et al., 2012). Dette kan medføre store folkevandringar frå desse områda i framtida.

Ein konsekvens av klimaendringar som også påverkar havet er havforsuring. Havforsuring skjer når konsentrasjonen av karbondioksid i havet aukar, og dette fører til at det oppstår ein reversibel reaksjon mellom vatn og CO<sub>2</sub> som dannar kolsyre (Lauvset, 2021). Havforsuringa har ein særleg konsekvens på plankton og korallar, som er viktige artar i det biologiske mangfaldet i havet (Gattuso & Hansson, 2017). Vanskar i havet sine økosystem vil vidare påverke havet sin evne til å ta opp CO<sub>2</sub>, og då forverre klimaendringane.



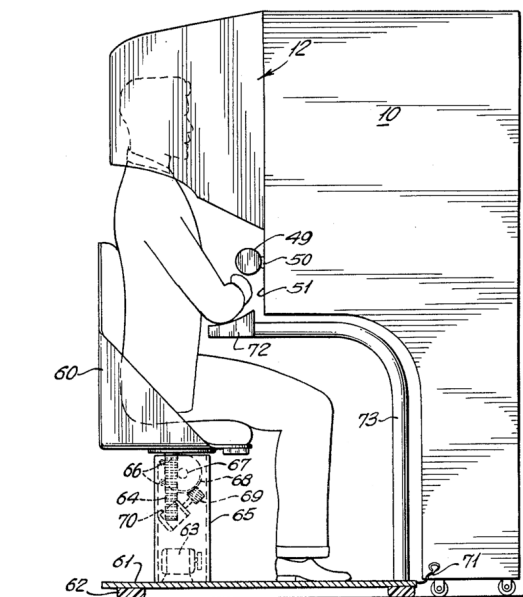
Også ein stor trugsel mot berekraftig utvikling og biologisk mangfald er forureining. Forureining skjer i stor grad som eit fylgje av utslepp av avfall frå blant anna produksjon av nyttegjenstandar til menneskjer. Tungmetall, syrer nytta i produksjon, utslepp av mikropartiklar i lufta, og kjemiske stoffar nytta i landbruk er alle dømer på forureining som trugar biologisk mangfald og menneskeliv (Brunekreef & Holgate, 2002; Clark et al., 1989; Duruibe et al., 2007; Ritter, 1990). Forureining er også eit tema som råkar fattige i ein mykje større grad enn rike. Blant anna vert elektrisk avfall frakta til land i Afrika for handtering av folk som treng pengar (Akese & Little, 2018). Dette skapar store helseproblem for menneskjer og dyr i området der dei arbeider med utvinning av metall frå avfallet (Srigboh et al., 2016). Dette er berre eit døme på korleis forureining er ein meir samansett utfordring for berekraftig utvikling enn at det berre handlar om nokre ugunstige stoffar. Dette sementerer berekraftig utvikling som eit kompleks, samansett fagområde med problemstillingar som har store innverknadar på sosioøkonomiske utfordringar samt utfordringar innan klima og miljø.

Dette er berre nokon av utfordringane menneskja har framføre seg; eit utval. Dei er døme på nokon av dei viktigaste utfordringane, men dannar ikkje eit heilskapleg og fullt bilete for grunnlaget bak berekraftig utvikling. SN har vidare delt berekraftig utvikling opp i 17 berekraftmål, der det er stort fokus på fattigdom og utdanning (FN-sambandet, 2019). Desse samanhenga og alle punkta i berekraftmåla er vanskeleg å leggje fram heilskapleg om ein skal vere kortfatta og presis. Men eit punkt skil seg likevel ut; for å få til berekraftig utvikling er ein nøydd til å stogge klimaendringar.

## 2.3 Mixed reality

### 2.3.1 Ideen om den multisensoriske opplevinga

Mixed reality samlar konsept AR og VR under ein nøkkelterminologi som passar inn på røynd-virtualitet kontinuiteten (Milgram & Kishino, 1994). Konseptet om VR er truleg noko eldre enn dei øvrige mixed reality aspekta, og vert då hovudfokuset i denne historiske delen. Blant dei fyrste moderne oppfinninga med ein skjerm som for alvor forsøkte å engasjere fleire sansar hjå menneskjer kom frå den amerikanske regissøren Morton Heilig. Heilig utvikla det han kalla for sensoramaet – ein einmannskino der ein såg ein kortfilm med lukt, vibrasjonar, stereolyd og vind (Heilig, 1962). Heilig meinte at eksisterande kommunikasjon gjennom språk, bilete og film var ikkje adekvat. Han trengde eit immersive format – eit format som kunne nytte fleire sansar og forsøkje å plassere sjåaren i filmen. Medviten tar inn informasjon frå mange sansar, og derfor kunne kunst aldri verte for realistisk (Biocca et al., 1995). Heilig sitt *Sensorama* var diverre ingen suksess – Heilig fokuserte på "feil" sansar, biletet var fortsatt monoskopisk. Difor utvikla Heilig også *Telesphere*. *Telesphere* liknar svært mykje på dei moderne *head-mount display* (HMD) VR-brillene. *Telesphere* hadde derimot ingen måte å reagere på rørsle, og var meint som ein stereoskopisk skjerm med stereolyd. Heilig var optimistisk og meinte også at dette apparatet skulle ha lukt- og vindfunksjonar (Heilig, 1960). Også denne oppfinninga var ein kommersiell flopp (Biocca et al., 1995). Sjølv om kunnskapen moglegvis ikkje var like konkret på dette feltet som den er i dag, kan ein trygt seie at det Heilig i sine eksperimentelle filmformat ynskja å gje sjåaren ein kjensle av presence; å faktisk vere med i filmen.



**Figur 3: Patentteikninga til Morten Heilig sin *Sensorama* (Heilig, 1962)**



**Figur 4: Ivan Sutherland med *Sword of Damocles* (Van Krevelen, 2007)**

Det neste store innan VR var å lage system som responderte til brukarens rørsle. Særleg rotasjon av hovudet var eit aspekt som vart rekna som essensielt i ein autentisk VR-oppleving. Det fyrste systemet med eit HMD og moglegheit for å respondere til rørsle av hovudet var *Sword of Damocles* (SoD) utvikla av MIT-forskarar med Ivan Sutherland i bresjen i 1968. SoD sine skjermar var gjennomsiktige, slik at du såg røynda bak biletet. Soleis var det var ikkje

reindyrka VR, men heller Augmented Reality (AR) briller. AR skil seg frå VR på den måten at AR tar utgangspunktet i den eksisterande verda og legg bileter over den. AR som teknologi er sidestilt med VR, men i eit HMD er dei i stor grad lik – bortsett frå at VR dannar eit komplett bilete, medan AR legg over. I 1968 var nok ikkje dette tatt med i berekninga. Datamaskina som styrte SoD var uansett for svak til å kunne teikne ein heil røynd rundt brukaren. I staden kunne SoD teikne trådrammer av enkle rom og 3D-strukturar på skjermen til brukaren. Sutherland forstod til slutt at han var mykje framføre si tid – framstillingsteknologien for grafikk var for simpel for eit slikt prosjekt. Arbeidet hans var likevel utruleg viktig og danna eit fundament, både teknisk og ideologisk, til vidare utvikling og konseptualisering av VR (McLellan, 1996).



**Figur 5: VPL DataSuit - eit 80-talsvidunder («VPL Research», 2021)**

Det skulle ta ei stund før VR igjen vart fokuset for forskning. På 80-talet vart det gjort store gjennombrøt innan menneskje-maskin-interaksjon. Menneske-maskin-interaksjon, på engelsk kalla HCI, human-computer interaction, handlar i stor grad om å forske på ulike måtar mennesket samhandlar med, og ynskjer å samhandla med, datamaskinar. Dette omhandlar korleis informasjon er presentert til mennesket, men også kva metodar mennesket kan respondere til informasjonen. HCI er eit heilt fagfelt der forskinga også har vore veldig viktig for korleis ein i dag samhandlar med alle dei digitale systema (Myers, 1998). Denne forskinga har til gjengjeld vore svært viktig for utviklinga av VR-system. NASA hadde store gjennombrøt innan VR på 80-talet; systemet hadde HCI som sitt hovudfokus og skulle egna menneskelege sansar. Systemet dei utvikla inkluderte eit HMD, mikrofon, tredimensjonal lyd, og hanskar. Kort

sagt eit komplett multimodalt system. Formålet med systemet var som ein arbeidsstasjon, i hovudsak rekna på arbeidsoppgåver i verdsrommet. NASA sleit likevel med ein skjerm som berre viste gråtonar med ein låg biletrate (Fisher et al., 1988). *VPL Research* var også ein stor aktør innan VR-utstyr til forskning, og produserte blant anna drakter til heile kroppen. Andre tekniske og kostnadmessige grunnar låg nok også til grunn for at tiårsskiftet 80/90-talet heller ikkje skulle kome den store VR-revolusjonen. VR til massane måtte ein vente over to tiår til. I mellomtida vart mykje forskning utført på MR-system som utvilsamt gjorde den noverande generasjonen med MR-utstyr og kompetanse mogleg. Likevel er det viktig å påpeike at utstyret som vart nytta til VR frå og med 90-talet og fram til Oculus Rift kom i 2013 har vore meir eller mindre identisk til dagens utstyr i kvalitet av sanseintrykk og omfang. Det som forandra seg i 2013 er pris og tilgjenge. Tidlegare kosta VR-utstyr til bruk i forskning tilsvarande fleire hundre tusen kroner, og før 2000-talet ofte oppimot millionar av kroner (Slater, 2018).

### 2.3.2 Det moderne utstyret for Mixed Reality



**Figur 6: Google Cardboard (Google VR, 2017)**

I dag har ein fleire typar VR-briller som har ulike krav til eksternt utstyr. Dei mest interessante og talrike kan delast opp i tre kategoriar. Cardboard, frittståande VR-briller, og VR-briller som krev ekstern prosessering. Cardboard er ein form for VR-briller utvikla av Google og lansert i 2014. Tanken var at kven som helst med ein eigna smarttelefon kunne få oppleve VR til ein billig penge. Google selde fyrst ikkje sine eigne Cardboard, men la ut oppskrifta fritt tilgjengeleg. Slik kunne kven som helst lage ein sjølv med litt papp, borrelås, billige linser, ein gummistrikk, og ein magnet. Interaksjon med verktøyet var noko avgrensa; den var avhengig av gyroskopet i telefonen for rotasjon i alle retningar, og magneten fungerte som ein knapp ved hjelp av Hall-sensoren i telefonen. Cardboard støttar også kontrollar av ulike slag som kan koplast til telefonen via Bluetooth (Powell et al., 2016). Ein kan også kjøpe ferdige sett med Cardboard anten i papp for å montere sjølv, eller "ferdigmonterte" i plast. Somme av desse kom også med enkle knappkontrollar som koplast til telefonen med Bluetooth. Eit steg vidare frå Cardboard er Samsung Gear VR. Gear VR treng fortsatt ein telefon – spesifikt ein Samsung Galaxy telefon – men har fleire moglegheiter for navigasjon og kontroll. Blant anna ein kontroll med styreflate på. Mobilbasert VR er ikkje lenger veldig relevant, diverre. Google har redusert si støtte til Cardboard, og Samsung gav seg med Gear VR i 2019 (Robertson, 2019).

Eksisterande produkt vil halde fram med å fungere, og det er ingenting som stoppar kven som helst til å utvikle program rekna på telefonbasert VR.

Ein vidareutvikling ein har sett dei siste åra innan VR er utstyr som fungerer frittstående. Det vil seie at dei krev korkje ein smarttelefon eller ein datamaskin til å drive dei. VR-brillene fungerer for seg sjølv med eige utstyr. I grunn er dei ikkje noko særleg kraftigare enn smarttelefonen. Prisen og den utbeta programvara, samt skikkelege handkontrollar med sporing av dei har derimot gjort dei føretrekte til den gamle Cardboard-løysinga. I tillegg opnast telefonen til vanleg bruk medan ein nyttar utstyret. Per i dag er det Oculus Quest som er dei ledande VR-brillene på dette feltet. Med Oculus Quest har ein to handkontrollar som vert spora med *inside-out-tracking*, det vil seie at brillene har eksterne kamera som sporar posisjonen til handkontrollane. Posisjonen på kroppen din vert også spora med kameraa som er på brillene (Pruett, 2019). Denne forma for sporing er noko mindre nøyaktig enn den eksterne sporinga som HTC Vive eller Valve Index nyttar, og har ein tendens til å drive bli meir unøyaktig over tid. Quest har også ein fordel ved at dei kan koplast til ein datamaskin med ein USB-kabel og nyttast som meir tradisjonelle VR-briller. Det er denne forma for VR som det ser ut til kjem til å erstatte Cardboard, ettersom heile eininga har ein kostnad som er lågare enn mobiltelefonar pluss ein høgkvalitets Cardboard-variant. Ein fordel med denne varianten er at skuleeigar slepp å vurderer om elevane bør stille med eigen smarttelefon til Cardboard.



**Figur 7: Oculus Quest** (The Wild, u.å.)

Briller som krev ekstern prosessering må koplast til anten ein datamaskin eller til eit Sony PlayStation 4 eller 5 (kun PlayStation VR, òg kalla PSVR). Desse gjev den høgaste kvaliteten, både på skjermesida og på prosesseringssida. Ettersom desse brillene ofte er rekna for å fungere med allereie svært dyre datamaskiner, med unntak av PSVR, er ikkje produsentane av desse brillene redd for å fokusere på dyre teknologiar som gjer at dei fort kan koste like mykje som datamaskina som driv dei. Dette medfører at innkjøpsprisen er svært høg. Dette bidreg til at ein del aspekt ved brillene kan vere klart betre enn Cardboard og frittstående einingar. Høgare lukkarfrekvens aukar opplevinga av bileteflyt. Høgare oppløysing gjer at kvart bilete er klårare og skarpare. Ekstern sporing bidreg til at sporing av brillene, personen, og kontrollane er betra til eit teknisk betre nivå enn *inside-out-tracking* er per i dag. Ikkje alle briller av denne typen nyttar ekstern sporing, ettersom det aukar kostnaden ein god del, og krev at ein har minimum to fastmonterte basestasjonar i spelområdet sitt. Valve Index og HTC Vive er døme på VR-briller som krev ein datamaskin og nyttar ekstern sporing, medan Oculus Rift S nyttar intern sporing. Dei sistnemnte brillene kostar omlag halvparten av dei to fyrste setta. Billigare briller eksisterer, men er ofte vanskeleg å få tak i, eller har svakheiter som desse ikkje har. Ein

klar fordel med den eksterne sporinga er at handkontrollane fortsatt vert spora om du flytter deg, eller snur hovudet vekk frå dei. Denne forma for VR er det ikkje realistisk at skulen kjøper inn eit heilt klassesett. Det er ikkje utenkeleg at skular kan kjøpe inn eit par slike, men det låge tilgjenge vil gjere dei vanskeleg å nytte i undervising.



**Figur 8: Valve Index** (Valve Software, u.å.)

Utstyret til AR er noko meir sprikande enn til VR. Der VR i hovudsak fokuserer på å inneslutta heile synsvinkelen til brukaren, har AR eit opnare og meir variert utgangspunkt. Hovudmonterte skjermar til AR eksisterer også, blant dei største initiativa til dette er Microsoft med HoloLens (Garon et al., 2016). Eitt av måla til Microsoft er å opne opp for at ein brukar skal kunne arbeide fysisk med objekt og samstundes kunne framkalle planteikningar og liknande på skjermen. Også eit velkjent forsøk på å bringe AR til massane til daglegdags bruk var Google Glass, smartbriller som kunne vise blant anna meldingar på ei lita skjerm framføre auga. Meir konvensjonell AR, den som truleg er mest aktuell i skulesamanheng, er å bruke mobiltelefonen, kameraet på den, og prosessoren til å vise eit bilete av det du har framføre deg med virtuelle objekt plassert over. Denne metoden kan vere alt i frå eit nytteprodukt som vegvisar eller å plassere objekt i eit rom, til å spele spel som Pokemon Go. Ein annan metode for AR, som også er like funksjonell, er bruk av projektorar og digitale bilete som lar seg manipulere gjennom interaksjon. Dette er ein metode som i stor grad kan vere upraktisk for ein skule, ettersom den truleg er kostbar og truleg krev personale som kan bruke og kalibrere utstyret. Fordelen er at når projektorane er skrudd av kan rommet nyttast til andre ting, så slik sett er det ein relativt arealvenleg metode.

Virtual reality og augmented reality sameksisterer på eit kontinuum der VR i hovudsak startar med den virtuelle verda og tar i bruk element av røynda som midlar til å involvere personen i det virtuelle. Dette spekteret kallar ein mixed reality (MR) (Milgram et al., 1995; Milgram & Kishino, 1994). AR tar derimot utgangspunkt i den verkelege verda og legg over virtuelle element (Van Krevelen & Poelman, 2010). Men menneskja er likevel avgrensa av røynda. Fysiske avgrensingar som leidningar, veggjar, underlaget og til og med kroppen vår gjer at ein fullt digital verd med dagens utstyr ikkje er mogleg. Dagens teknologi prøver å átvara mot bl.a. veggjar ved visuelle påminningar at du er nær ein vegg (Bray & Coulter, 2020). Den reine digitale verda som Milgram og Kishino konseptualiserte vil kanskje aldri vere mogleg. Dette vil krevje ein vanvittig kontroll over sansane i kroppen. Det har vore mogleg å haptisk simulere taktile sansar, og ein kan meir eller mindre danne eit spekter med luktar som kan "lure" luktesansen (Burdea, 1999; Flavián et al., 2021). Likevel manglar viktige puslespelbrikker for å danne ein komplett digital verd rundt ein brukar. Uansett kor mange ytre sansar ein tek kontroll over, er det nærast umogleg for ein å effektivt påverke dei indre sansane som t.d.

svolt eller smerte (Skarbez et al., 2021). Mennesket vil alltid vere avgrensa av det fysiske på ein eller annan måte, med mindre det ein gong i framtida vert mogleg å kople hjernen direkte opp i det digitale. Men det er ein diskusjon for ein heilt annan gong.

Ein mogleg kritikk til bruk av MR er at hovudmonterte skjermar er det kan framkalle reisesjuka. Reisesjuka oppstår når det er ulikskapar mellom den visuelle opplevinga og den kinestetiske opplevinga. Dette kallast ein visuell-vestibulær konflikt (Akiduki et al., 2003). Dette oppstår i stor grad når kameraet og den virtuelle kroppen rører seg utan at deltakaren fysisk rører seg. Det kan og sjå ut til at reisesjuka råkar kvinner i ein større grad enn menn, moglegvis grunna ulik positur (Munafo et al., 2017). Tiltak som å redusere forseinkinga mellom kroppsrørsle og skjermrørsle, og å auke bildeflyten reduserer reisesjuka. Reisesjuka kan resultere i kvalme og ein kjenner seg generelt dårleg. Det finnast anekdotiske prov på at ein bør stoppe med ein gong ein kjenner reisesjuka, elles kan ein vere dårleg i opptil 24 timar (McGuire, 2016). Epilepsi er også noko ein lærar er nøydd til å vere var på – elevar som har høgt sannsyn for epileptiske anfall bør truleg ikkje nytte HMD (Epilepsy Society, 2019). Epilepsi er ganske individuelt, så det kan vere mogleg for enkelte individ å nytte HMD problemlaust. Problem knytt til reisesjuka og epilepsi er sjølvstøtt ikkje ynskja i ein skulesetting, der eleven potensielt er nøydd å vere på skulen etter økta med bruk av MR, og kome seg heim att frå skulen etter skuledagen.

### 2.3.3 Immersion og Presence

*Immersion* og *presence* er ord knytt til mixed reality. Immersion som omgrep eksisterer også ved dei tradisjonelle todimensjonale spela. Her har omgrepet ein annleis definisjon enn det denne oppgåva kjem til å presentere; i dei tradisjonelle spela argumenterer ein for at immersion handlar om kor altoppslukande opplevinga er – når du er *immersed* verker tida i verda rundt deg å gå snøggare, den ekte verda forsvinn, og du kjenner deg engasjert i den digitale verda (Jennett et al., 2008). Dette er som sagt ikkje dei definisjonane denne oppgåva kjem til å nytte frå eit MR-perspektiv, men det er viktig å vere klar over at det finnast andre definisjonar av same ord, som nyttast litt annleis.

Omgrepa immersion og presence er forsøk på å kvantifisere og forklare kor realistisk eit system er og kor mykje deltakarene kjenner seg involvert i systemet. Dei to omgrepa vert brukt mykje om einannan, men er distinkt frå kvarandre. Immersion handlar spesifikt om kor realistisk og involvert verda er frå eit reint teknisk perspektiv. Det snakkast då og om mengda sanseintrykk som ein inkluderer i opplevinga. Slater (2018) meiner immersion ikkje er binært. Det vil seie at ein ikkje berre har immersion og ikkje-immersion, men heller fleire gradar av immersion. Slater (2018) skil mellom høg grad og låg grad av immersion som nokre hovudkategoriar, der høgare grader bruker fleire sansar for å påverke deltakaren sin oppfatning av verda.

Presence, derimot, omhandlar kor involverande og ekte verda kjennast frå deltakaren sitt perspektiv (Berkman & Akan, 2019). Presence kan då reknast som den menneskelege responsen til immersion, og det er eit omgrep som prøver å skildre kjensla av å faktisk vere i den virtuelle verda (Slater, 2003). Her kritiserer Slater (2018) forskarar for å nytte omgrepet for uforsiktig; presence er ein sansebasert illusjon av å vere i den digitale verda, og er ikkje avhengig av ein kognitiv tru om at verda er ekte. Det vil sei, hjernen oppfattar sanseintrykka og handsamar dei allereie før deltakaren har innsett at dei ikkje er ekte.

Det er mogleg at betre presence vil kunne føre til ei auke kjensle av eigarskap og involvering i verda (Sanchez-Vives & Slater, 2005). Dei tekniske avgrensingane for ein heilskapleg virtuell

verd minkar årleg, men det er stadig ein del kompromiss ein må inngå for å maksimere immersion med den teknologien ein har i dag. For å oppnå presence er det eit minimum av krav til immersion der ein må ha vid synsvinkel – verda må omfamne store delar av synet ditt, ein krev eit stereoskopisk bilete – att kvart auge får eit litt ulikt bilete, og at biletet fylgjer rørsla til hovudet (Bowman & McMahan, 2007). Der immersion og presence i VR i stor grad handlar om korleis du vert plassert i den virtuelle verda, ser det ut til at immersion og presence i AR-system handlar meir om korleis den virtuelle verda vert plassert i røynda. Dei krava ein set til VR gjeld på same vis. Biletet på AR-skjermen er nøydd å fylgje rørsla av den, og det krev at AR-systemet har eit overblikk over posisjon og rotasjon i slik grad at biletet som vert presentert er konsekvent, også om ein snur seg heilt rundt.

### 2.3.4 Embodiment

*Embodiment* omhandlar korleis ein kan "lure" ein deltakar til å oppfatte kroppen dei blir plassert i som deira eigen (Kilteni et al., 2012). Ein kan ikkje, med dagens teknologi, ta vekk deltakarens kropp frå likninga. I staden assosierer ein deltakaren sin kropp med den virtuelle kroppen. Dette kan oppnåast ved å korrekt plassere deltakarens kamera i kroppen (*self-location*), gje deltakaren kontroll over kroppen (*agency*), og gje deltakaren stimuli når den virtuelle kroppen vert manipulert (*body ownership*). Det interessante her er at alle desse krava ikkje treng å vere oppnådd, eller kan vere delvis oppnådd til ulike gradar for å danne ein kjensle av embodiment (Kilteni et al., 2012). Ein har sett at ein kan manipulere ganske mange element av kroppen og likevel lure hjernen til å ta eigarskap av den kroppen som vert representert i den virtuelle verda. Dette kan også gjerast med andlet i virtuelle spegl (Sforza et al., 2010). Desse effektane opptreir også utan den grafiske oppløysinga ein har i dag. Også interessant er at det i mange tilfelle ikkje spelar så stor rolle korleis kroppen du får i den virtuelle verda ser ut, i alle fall så lenge kroppen har ein humanoid fasong (Christou & Michael, 2014). I somme tilfelle har ein også vist at deltakarar også oppnår embodiment sjølv om kroppen har umenneskelege attributt, som til dømes ein hale (Steptoe et al., 2013).

Peck et al. (2013) viste at ved å plassere ein kvithuda person i ein kropp med ein annan hudfarge kan ein redusere rasebasert bias hjå deltakaren. Dette viser at embodiment har ein kraftfull effekt på hjernen, og det er mogleg at til og med ein mild kjensle av embodiment kan vere nok til å auke interessa til deltakaren, og kanskje til og med læringsutbytte, ettersom deltakaren får eigenskap til sin virtuelle kropp og då truleg er meir investert i den virtuelle verda. Dette var noko av det Lindgren et al. (2016) viste i si studie. Deira resultat viste at kroppsleg interaksjon med mixed reality fagstoff gav ei auka forståing for det naturvitskapelege stoffet dei samhandla med. Dette gav også ein positiv haldning til vitskapeleg kunnskap.



## 2.4 Den digitale utflukta

I dette underkapittelet kjem oppgåva til å syntetisere dei ulike delane som fram til no er blitt skildra, til eit samla teoretisk materiale om bruk av MR i UBU. Målet som naturfaglærer er å danne ei engasjerande undervising der elevane er oppmuntra til å utforske sjølve. Dette er det mogleg at MR er eit godt grunnlag for. Det er særskilde krav til kunnskapar som ein lærar må ha når ein går laus på ein plattform som MR. Læraren må ha kunnskap om plattformen, MR, den pedagogiske samhandlinga med MR, korleis fagstoffet representerast i MR, og korleis alle desse delene påverkar kvarandre. I all hovudsak verker det som at MR kan fungere som eit supplement til utflukter og uteskule, sjølv om deltakaren fysisk er til stades på skulen. MR/AR let ein oppleve element fråskild menneskja i tid og rom og med meir innleving enn filmframvising og tradisjonelle spel (Christou, 2010).

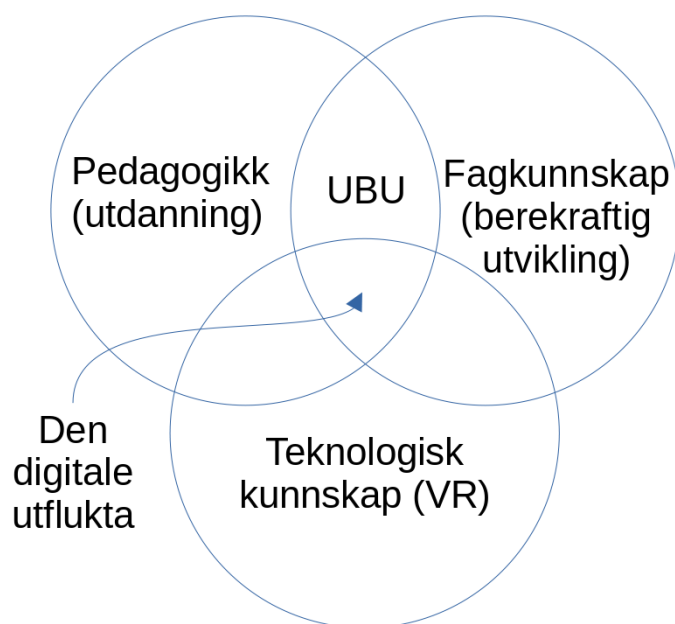
Med hjelp av TPACK-modellen og det teoretiske materialet om MR og UBU kjem oppgåva til å danne ein samanfatning som kan hjelpe oppgåva å analysere og drøfte studiar som tar føre seg MR og UBU. Sinnes (2015) skildrar pedagogiske arbeidsmåtar for å undervise for berekraftig utvikling, deriblant utforskande arbeid og alternative læringsarenaer. UBU inneheld også fagkunnskap om dei problema menneskja står ovanfor, som t.d. klimaendringar og biologisk mangfald. Dette lei meg til ei slutning om at UBU er ein PCK – eit kunnskapsområde som eksisterer gjennom pedagogikk og fagkunnskap.

Dette kan byggjast vidare på med den teknologiske kunnskapen om MR. MR let menneskja observere element i omverda, som ein normalt sett ikkje vil kunne observere grunna avgrensingar i tid og/eller rom. TCK – teknologisk fagkunnskap handlar ikkje berre om kunnskap om korleis ein kan representere fagkunnskapen for elevane, men og korleis dette påverkar arbeid i naturforskning. Innan matte, til dømes, kan ein vise til korleis geometriske kalkulatorar som Geogebra har revolusjonert korleis ein framstiller matematikk til elevar, men også korleis forskarar bruker dei same programma i deira forskingsarbeid. Til ei viss grad kan dette vere mogleg med MR og UBU. Til dømes har ein innan MR omgrep som *presence* og *embodiment* som prøver å skildre korleis ein i MR opplev det ein ser og korleis ein opplev sin eigen kropp. I MR kan ein representere deltakaren som objektet – som ein plante, ein korall, eitt dyr, eller ein heilt annan person. Det er mogleg at MR i stor grad kan påverke korleis ein representerer det ein forskar på, både i forskingsprosessen og som representasjon for lekmenn og i skulen.

Når det kjem til MR og pedagogikk, teknologisk-pedagogisk kunnskap, handlar det om å identifisere måtar MR og pedagogikk påverkar kvarandre. I stor grad handlar det her om korleis MR kan fungere som ein form for motivasjonsagent for læring. Noko av hypotesa er at MR i seg sjølv har kapasitet til å fungere som ein alternativ læringsarena. Dette inneber at MR kan motivere elevar på same måte som den alternative læringsarenaen, og at den digitale utflukta aukar trivsel og læring (Sælemyr & Bjørndal, 2019).

TPCK veks fram som ein konsekvens av kombinasjonane mellom kunnskap om fag, pedagogikk og teknologi. TPACK som resultat av UBU og MR inneber også ein forståing om at det er mogleg at MR-verktøy kan påverke UBU og omvendt. Dette handlar i stor grad om at eksistensen av MR-verktøy vil kunne endre korleis UBU vert lærd i skulen. Kanskje er ein på utflukt meir – men ein del av utfluktene er digitale framfor fysiske? UBU påverkar også korleis ein lærar nyttar MR-verktøy. Samhandlinga mellom UBU og MR har i alle fall påverka korleis lærarar vurderer å nytte MR-verktøy, og også kva program utviklarar vurderer å utvikle. TPACK går lenger enn å forstå MR og UBU som enkeltkomponentar i samspel (Mishra & Koehler, 2006). Kunnskap om MR og UBU i samspel er kunnskap om den digitale utflukta. I den digitale utflukta tek ein det ein veit om den analoge utflukta, elevar meiner dei hugsar den lenger,

kjenner auka trivsel (Sælemyr & Bjørndal, 2019), og læringa har ein større overføringsverdi (Anderson et al., 1996). Dette kombinerast med programvare som anten er spesialtilpassa, eller som til ein ei viss grad kan tilpassast av læraren, for å framvise fagkunnskapen som ligg i UBU i ei virtuell verd.



**Figur 9: Den digitale utflukta i TPACK-modellen**

Eit par føresetnader til den digitale utflukta basert på framlagt teori er at den må imøtekomme krav til ope læringsoppdrag og utforskande læring, der den digitale utflukta er ein del av av eit større og kalkulert opplegg. Den ideelle digitale utflukta bør truleg vere interaktiv og involverer at elevane kan utforske sine omgjevnadar og bruke data dei finn i utforskinga til å løyse ein realistisk problemstilling med ein fiktiv eller ekte ekstern oppdragsgjevar. Det er på bakgrunn av desse data at elevane arbeider vidare og dannar produkt. Då får arbeidet eitt meningsfullt mål framfor å vere meningslaust (Remmen & Frøyland, 2014, 2017).

Og det er her oppgåva kjem til å utforske meir om samspelet mellom UBU og MR. Ut i frå den teorien som immersion, presence og embodiment skulle ein tru at det er viktig å jobbe inn desse konseptane i eit MR-basert verktøy. Arbeidshypotesen er at immersion er ein føresetnad for presence, og presence er ein føresetnad for at deltakaren aukar sin interesse eller kunnskap for UBU i gjennom MR. Embodiment kan vere ein teknikk som vidare kan brukast til å auke fokus på somme aspekt av UBU. Til dømes kan ein plasserast i kroppen på eitt menneskje eller dyr som får sitt nærmiljø øydelagd av klimaendringar eller andre UBU-relaterte problem. Embodiment er også grunnlaget, meiner eg, for eit godt interaktivt program. Dette verker nokolunde intuitivt, ettersom å utføre handlingar utan ein kropp truleg vil vere destruktivt for presence. Og det er nettopp det forskarar har funne (Schuemie et al., 2001). Difor kan det vere viktig å representere ein kropp av eit slag i VR.

Innan AR der ein t.d. nyttar ein mobiltelefon som skjerm kan immersion handle om kvaliteten på dei virtuelle elementa i den verkelege verda, og presence handlar om korleis deltakaren tolkar og kan samhandla med desse elementa. Embodiment som konsept vert noko endra for AR. Embodiment kan truleg vere heile prosessen å plassere dei virtuelle objekta på logiske og faste plasser i den verkelege verda; til og med når ein snur seg sjølv og mobilen rundt.

Frå dette vil oppgåva greie ut om desse forskingsspørsmåla:

- Korleis kan MR nyttast til læring i utdanning for berekraftig utvikling?
- Kva fordelar kan det liggje i å nytte MR til utdanning for berekraftig utvikling?
- Kor viktig er konsept som *immersion*, *presence*, og *embodiment* for læring med MR-baserte verktøy?

## 3 Forskingsdesign

### 3.1 Fire element ved samfunnsforskning

I denne oppgåva ynskjer kjem metoden dokumentanalyse til å bli nytta. Men dokumentanalyse står ikkje berre for seg sjølv. Det er ein del av det å gjere forskning, og har soleis tradisjonar, metodologiar og kunnskapssyn knytt til sin utføring. Desse elementa rundt metoden er eit stillas av kunnskap som støttar opp om metoden. Crotty (1998) omtalar fire element for forskingsmetoden. *Metode*, *metodologi*, *teoretisk perspektiv*, og *epistemologi*. Kortfatta er metode den spesifikke teknikken ein nyttar for å tileigne seg og analysere data, metodologi er ei samling strategiar og prosessar som ligg bak valet av metode for å danne eit datagrunnlag, teoretisk perspektiv involverer vår filosofiske ståstad som dannar grunnlaget for prosessen, og epistemologi er teori om korleis menneskjer konstruerer eller dannar kunnskap, også kalla kunnskapsteori. Desse fire elementa dannar eit hierarki der epistemologi er overordna, og informerer alt nedover til metode. Men når ein byggjer opp forskingsdesign startar ein gjerne den andre enda; med metoden for så å gå oppover i hierarkiet til epistemologien. Før desse elementa vert presentert vil oppgåva skildre noko om posisjonalitet.

#### 3.1.1 Posisjonalitet

Posisjonalitet er ein måte å deklare forskaren sin ståstad på sosiale og politiske spørsmål som kan knyttast til oppgåva. Rammeverk for posisjonalitet kjem i stor grad frå den feministiske, postmodernistisk tankeretninga, og handlar i stor grad om at vår individualitet som forskarar er umogleg å undergrave. Den vil alltid kunne gje forskinga ein bias. Å deklare posisjonalitet kan soleis vere eit verktøy både for lesar og forskaren sjølv. For lesar sin del legg forskar fram potensielle bias. For forskaren sin del handlar det om å forstå sine egne bias for å kunne jobbe med dei, eller rundt dei (Kovach, 2010). Mine interesser for naturvitskap har gjort meg noko skeptisk til element i rammeverket, men eg vedkjenn at me er alle individ med ulik bagasje, som vil påverke kva me forskar på og korleis me forskar på det. Dette trur eg er viktigast i samfunnsforskning, men naturvitskap er heller ikkje immun mot desse biasane.

Det som informerer mine val til å gjere den forskinga er i stor grad grunna mi interesse for spel som eit medium. Spel har ein interaktivitet og eit involverande aspekt som ikkje eksisterte i filmar eller bøker. Som lærar er det eit mål å prøve å integrere interaktive medium i undervisinga. Mixed reality ser ut som ein logisk utvikling av det interaktive mediet som spel er ein del av. Dette gav meg difor interessa til å utforske korleis dette kan nyttast i utdanning. Vidare er eg svært interessert i naturvitskap, og meiner det er viktig å ta forskning på alvor. Når storparten av forskarane i verda ropar varsku i kor om klimaendringar, då må noko gjerast. Likevel ser det ut til at for lite vert gjort. *Money talks*, og pengar har snakka med politikarane.

Dette har for meg danna ein interesse for UBU, utdanning for berekraftig utvikling. Eit kunnskapsområde som omfattar nettopp klimaendringar, i tillegg til andre delar av berekraft og biosfæren som kan vere jamstilte med klimaendringar i grad av viktighet. Med MR og UBU ynskjer eg å auke interessa til elevane i desse problema, og gje dei verktøy til å jobbe for endring. Det er likevel mogleg at det er viktig å vere forsiktig for å ikkje skape for mykje emosjon i førehald til kunnskap – dette er eit med mange kritikarar som ventar på at ein roper "ulv ulv" slik at dei kan påstå at klimaendringar berre er feil.

### 3.1.2 Grunngeving for metode og metodologi

Til denne studia skal det bli nytta dokumentanalyse. Dette er då ei kvalitativ oppgåve. Metodevalet gjerast av eit par grunnar. Den fyrste er at oppgåva ynskjer å undersøke korleis ein kan nytte MR i utdanning. Dette *kunne* ha vore gjort gjennom kasusstudiar og observasjonar av elevar i arbeid, men dette vert fort stort og det vert mange eksperiment å gjere. Ei dokumentanalyse gjer det mogleg å undersøke korleis andre forskarar har nytta MR i skulen, og tolke det. Dette gjev denne oppgåva eit breiare spelerom. For det andre gjev det rom for å diskutere teorien rundt MR og UBU, og kome med eigne innspel som basert på denne teorien som kanskje ikkje dukkar opp i artiklane ein finn. Sist men ikkje minst har det også vore store usikkerheiter rundt fysiske eksperiment grunna COVID-19. Dette gjer at eit forsøk som normalt sett er noko uhygienisk der fleire elevar må dele på HMD som dei skal ha på seg, sveitte med, og puste på vert til eit lite mareritt. Det er sjølvstapt grep ein kan ta, som å bytte sveitteband og desinfisere mellom kvar person som nyttar det, men dette tærer på ustyret.

Handlingsplanen for å undersøke dette har bestått av å finne teori om UBU og VR, og å danne ein felles syntese – den digitale utflukta. Så for å finne datamateriale å analysere er det naudsynt å gjere eit dokumentutval. Dokumentanalyse er noko unik i den forstand av at ein ikkje gjer *datainnsamling*, men *datautval*. Ein del inspirasjon vart teke frå andre litteraturstudiar gjort på fagfeltet om VR i utdanning.

### 3.1.3 Teoretisk perspektiv og epistemologi

Teoretisk perspektiv er den filosofiske ståstaden som står bak metodologien som er vald. I dette tilfellet er *antipositivisme* eit logisk teoretisk perspektiv å velje. I antipositivisme ligg eit sentralt dogme om at samfunnsforskning ikkje kan utførast på same måte i naturvitenskapen. Det ligg ein annan epistemologi til grunn. Medan ein i naturvitenskap kan snakke om *det som er*, er ein i epistemologien til samfunnsvitenskapen interessert i å undersøke *korleis ein veit det som er* (Crotty, 1998). Epistemologien ein då nyttar i naturvitenskap kallast ofte for ein ontologi, og er då sidestilt med epistemologi. Antipositivisme er ikkje utan problem og kritikk – blant anna meiner ein del forskarar at det er problematisk å ha eit relativt skilje mellom naturvitenskap og samfunnsvitenskap, i staden for å samle dei under ein vitenskap (Wicks & Freeman, 1998). Dette utgjer truleg ikkje eit problem for denne oppgåva, og det er dessuten ein stor diskusjon som stadig pågår innan akademien.

Epistemologi er ei grein innan filosofi som omhandlar korleis menneskje dannar kunnskap. Dette kallast også kunnskapsteori (Gustavsson, 2009). Val av epistemologi er noko ein gjer basert på eigne erfaringar og eigne fagfelt. Den epistemologien kan ligge til grunn for metoden, metodologien, og det teoretiske perspektivet er konstruktivisme. Det viktige med konstruktivisme er at ein her meiner at kunnskap oppstår mellom menneskja og det objektet

ein undersøker. Dette er til skilnad frå objektivisme, der kunnskapen ligg i objektet og vert oppdaga frå objektet, eller subjektivisme, der kunnskapen oppstår utan behovet for samhandling med eit objekt. Ein konsekvens av konstruktivisme er at det ikkje finnast ein objektiv sanning som ventar på at me skal finne den. Sanninga me tek for gjeven er i stor grad konstruert av menneskjer i samhandling med vårt miljø. Sanningar vil då fase inn og ut av eksistens etter kvart som den vert oppdaga og gløymd. Denne kunnskapsteorien er vanleg innan kvalitativ metode (Crotty, 1998).

## 3.2 Metode

### 3.2.1 Dokumentanalyse

Dokumentanalyse er ein forskingsmetode der ein undersøker tekstar. Dokument som omgrep nyttast i denne konteksten til å referere til alle tekstar som er relevant til forskaren, anten det er nedfelte tankar, handlingar eller skaparverk. Det er viktig å ta med at dokument ikkje er avgrensa til utgjeven tekst. Dokument omfattar også sosiale medium, wikiar, lydopptak, og videoar/filmar, for å nemne nokon døme. Felles for desse er at dei ikkje er generert av forskaren sjølv, men er overlevert materiale frå fortida (Christoffersen & Johannessen, 2012). Analysen vil i stor grad pregast av kva slags forskningstradisjon ein kjem frå. I denne oppgåva sitt tilfelle vil analysen vere prega av både ein pedagogisk tradisjon og ein naturvitskapleg tradisjon. For å gjennomføre ein god dokumentanalyse er ein avhengig av å danne gode forskingsspørsmål. Forskingsspørsmåla er mine verktøy i handverket dokumentanalyse. Dei vil også vere prega av kva vitskapstradisjon forskaren kjem i frå. Når ein driv med ein kvalitativ dokumentanalyse leiter ein etter ei meining i teksten som ein skal analysere utifrå eit avgrensa problem ein ynskjer å svare på. Målet med dokumentanalysen er å danne ny meining, danne ei forståing, eller danne empirisk kunnskap (Bowen, 2009; Widén, 2019).

Innan forskinga kan dokument ha fem funksjonar. Som historisk vitnesbyrd, som verktøy i å danne nye forskingsspørsmål, som komplementærdata i mixed-methods, for å spore forandringar over tid, og til slutt som stadfestande materiale for andre metodar (Bowen, 2009). Dokumentanalyse er ein effektiv metode for å skaffe stabilt materiale, ettersom dokument stort sett ikkje forandrast. Dokumentanalyse har likevel nokon klare avgrensingar; dokument kan blant anna av og til vere svært vanskelege å få tak i, og utvalet av dokument kan ha ein klar bias. Det er viktig for forskaren å vere klar over denne seleksjonsbiasen, særleg i dokumentanalyse ettersom ein driv med datautval framfor datasamling (Bowen, 2009).

Widén (2019) meiner ein kan dele ein dokumentanalyse opp i tre dimensjonar der ein dannar tilhøyrande arbeidsmål til desse dimensjonane. Ein set hovudfokus på ein av dimensjonane i analysen sin, og det er viktig å greie ut om dette.

#### 3.2.1.1 *Kven er forfattaren?*

I denne dimensjonen av dokumentanalyse undersøker ein kven forfattaren av teksten er, kva bakgrunn dei har, og kva målgruppe dei ynskjer å nå. Denne dimensjonen vil i stor grad prøve å finne ut formålet med teksten – kvifor er den skriven, i hovudsak gjennom å undersøkje forfattaren og deira motivasjon bak studia.

### 3.2.1.2 *Kva er innhaldet?*

Det er fleire måtar å analysere innhaldet i ein tekst. Ein kan til dømes forsøkje å undersøkje forfattern sin intensjon ved teksten, framfor det faktiske innhaldet. Ein kan undersøkje språket, eller omgrepa som dukkar opp i teksten. Ein annan vri på sistnemnte er å undersøkje kva ord og omgrep som ikkje dukkar opp i teksten.

### 3.2.1.3 *I kva samanheng er teksten produsert?*

Den tredje dimensjon går ut på å forsøkje å forstå samfunnet og kulturen rundt teksten. Denne forma for analyse er ikkje interessert i innhaldet i seg sjølv, men kva innhaldet kan sei om kulturen som førte til produksjonen av teksten. Soleis er denne dimensjonen noko lik dimensjon ein, men skil seg likevel ettersom ein er ute etter eit større bilete enn berre forfattern sjølv.

### 3.2.1.4 *Framgangsmåte*

Før ein kan byrje å analysere er ein nøydd å gjere eit dokumentutval. Deretter kjem oppgåva til å gå gjennom studiane og setje deira forskning i kontekst av av dei tre dimensjonane etter Widén (2019). Etter studiane er undersøkt i kontekst av dei tre dimensjonane til Widén (2019), skal dei setjast i kontekst med forskingsspørsmåla som er danna til denne oppgåva. I dei tre dimensjonane skal det undersøkjast kven forfattarane er, kva bakgrunn dei har, kva motivasjonar dei moglegvis har, og kva føremålet med studia er. Deretter skal oppgåva drøfte funna meir heilskapleg saman med TPACK, berekraftig utvikling, og MR. Målet med dette er då å setje saman og drøfte den digitale utflukta som konsept, saman med moglegheiter og avgrensingar som dette har, og korleis forskingsartiklane støttar opp om dette.

### 3.2.1.5 *Dokumentutval*

I dokumentanalyse driv ein med datautval framfor datainnsamling, difor er det viktig å danne ein prosess for datautval som fører til ynskja data. Til denne prosessen krevst det kriterium for inkludering og ekskludering av data. For å ende opp med eit handterleg mengd studiar til analysen vart det forsøk med litt ulike søkjeord. Eit mål for ein handterleg mengd studiar var det tenkt kunne vere under 200 studiar som rått søkjesultat. Denne mengda er handterleg. Ettersom det er noko usikker på korleis talet studiar påverkar omfanget av oppgåva vil det over tid undersøkast om dette gjev mange nok studiar til slutt, og om det er/kva tiltak som kan gjerast for å finne fleire studiar når ein kjem så langt. Som ein start inkluderast berre studiar skriven på språk som eg kan forstå. Dette inkluderer studiar skriven på engelsk eller dei skandinaviske språka norsk, svensk, og dansk. Til denne oppgåva vert det vald ut data som kan sei noko om VR og AR i undervisningssamanheng. Ein viktig peikepinne for utleiing av søkjeord kom gjennom ein større metastudie gjort av Hamilton et al. (2020). Dette saman med utprøving gjorde at det til slutt var søkjeordet (**"intitle:Virtual reality" OR "intitle:Mixed Reality" OR "intitle:Augmented Reality") AND ("Science Education") AND ("Climate Change" OR "Biodiversity" OR "Ocean Acidification" OR "Microplastic")**) som gav eit handterleg tal råsultat (119) på Google Scholar. Dette resultatet var også avgrensa til studiar etter 2013, då den noverande bølga med VR for alvor

starta med utgjeving av utviklarversjonen for Oculus Rift (DK1). I tillegg vart det gjort eit tilsvarande søk i Oria, der resultatata vart avgrensa til artiklar, her var det 88 resultat.

Vidare vert det berre inkludert resultat som:

1. er tilgjengeleg for lesing via NTNU sitt nett, eller utanforbi akademiske IP-adresser
  - Dersom artikkelen er utilgjengeleg kan den heller ikkje lesast.
  - Ingen av resultatata vart felt på dette punktet.
2. forskar på skulesystemet, born i skulealder (1. klasse til vidaregåande) eller lærarstudentar
  - Av primær interesse er kasusstudiar eller liknande som er "i feltet". Det er her ikkje ynskja å diskutere litteraturstudiar, men heller ta dei i hug og innlemme dei i teoretisk materiale i tillegg til diskusjon rundt å nytte MR i UBU. Hovudgrunnen til å inkludere lærarstudentar er at forskning på framtidige lærarar, dei som ev. kjem til å nytte desse metodane, også er av interesse. Med dette lukast det vekk studiar gjort på øvrige universitetsstudentar og uklassifiserte grupper. Eit unntak vart gjort frå denne regelen, ettersom studia sitt innhald verka særleg interessant å diskutere (Filter et al., 2020).
  - 27 resultat vart felt på dette punktet i Google Scholar.
  - 41 resultat vart felt på dette punktet i Oria
3. er retta mot berekraftig utvikling. Klimaendringar, biologisk mangfald, havforsuring eller mikroplast er nøkkelomgrep som er vald ut. Her er det gjort eitt unntak for å ta med ein interessant artikkel om korleis lærarstudentar lærer om og nyttar MR i undervising (Lee & Shea, 2020). Her er det mogleg oppgåva kunne vore meir generøs i søkjeord.
  - 35 resultat vart felt på dette punktet i Google Scholar.
  - 27 resultat vart felt på dette punktet i Oria.
4. er fagfelleverderte artiklar
  - Med dette lukast det bort alle artiklar som er bøker, andre artiklar, artiklar der det er tvil om den er fagfelleverdert, og konferansepresentasjonar. Ein ulempe med denne utelukka er at det truleg fell bort artiklar som er bra, og sikkert held seg gjennom fagfellevurdering. Like fullt er det mogleg å inkludere dårlege artiklar som er fagfelleverderte og komen på trykk gjennom dårlege journalar der forfattar har betalt for å få artikkelen på trykk.
  - 54 resultat vart felt på dette punktet i Google Scholar.
  - 15 resultat vart felt på dette punktet i Oria.

Fleire av resultatata som vart felt på eitt punkt, kunne like fullt vore felt på fleire punkt. Artiklar som kunne vore felt på fleire punkt vart ikkje notert meir enn ein gong. Frå dei 119 resultatata som søket gav i Google Scholar ein att med 3. I Oria var det att 5 artiklar, der 3 av dei var dei same som var funne i Google Scholar. Dette var noko interessant, då det var ei viss forventning om at Google Scholar skulle gje mykje fleire råsultat – og fleire artiklar til slutt. Denne forventinga er det mogleg kom av ein misoppfatning om at Google skulle ha vore "tilkopl" til fleire bibliotek enn t.d. Oria. Sjølv om Oria sin søkjefunksjon var hakket meir komplisert, så var den greiare å halde seg til, ettersom det stod i søket om resultatet var frå eit fagfelleverdert tidsskrift.

Det er i tillegg vald å ta med to studiar som i grunn ikkje oppfylte dei formelle krava som var satt for dokumenutvalet. Dette finnast ein praktisk orsak til kvifor grunnkrava vart så strenge, og ein interessebasert orsak til at to artiklar likevel vart tatt med. Den praktiske orsaka går på tid og mengd; denne innstrammainga vart i hovudsak gjort grunna ei større mengd studiar som vart gjort på universitetsstudentar eller som vart gjort på konvensjonar o.l.. Desse studiane er på ingen måte dårlegare enn studiar gjort på lærarstudentar eller elevar, men i eit forsøk på å avgrense for denne oppgåva si del, var dette ei avgrensing som vart gjort. Den interessebaserte orsaka til at to oppgåver likevel vart tatt med til å diskutere er deira innhald; dei vinkla studien sin og undersøkte ting som kunne vere både lurt og interessant å drøfte i samband med problemstillinga om bruk av MR i UBU. Valet vil verte noko vidare utgreidd i framlegget av artiklane.



## 4 Analyse og forskingsspørsmål

Dei fem studiane som vart vald ut har alle ulike element dei undersøker innan VR og til dels naturfag. Studia av Markowitz et al. (2018) undersøker korleis VR kan danne eit grunnlag for læring om klimaforandringar. Filter et al. (2020) undersøker korleis digital natur kan påverke læring, og korleis VR påverkar læringsutbyttet. Lee & Shea (2020) undersøker korleis lærarstudentar evaluerer og nyttar VR i klasserommet. Tarnng et al. (2015) si studie går i stor grad ut på design av eit AR-system som skal lære deltakaren om sommarfuglar, men testar også ut systemet på ein grunnskule. Og til slutt er studia av Smit et al. (2021) som undersøker om ein kan nytte VR til å stimulere born til å ete sunnare og meir miljøvenleg mat. Det er stor forskjell i dei spesifikke områda på desse studiane, men dette kan vere ei styrke i grunnlaget til denne analysen, og det gjev også meir å diskutere i denne oppgåva.

**Tabell 1: Ein enkel oversikt over dei fem studiane og Widén (2019) sine tre dimensjonar. Ein utvida versjon kan vitjast på vedlegg B.**

Artikkel:	Kven	Kva	Samfunn
<b>Markowitz (2018)</b>	Forfattarar har bakgrunn i pedagogikk, nevrobiologi, og kommunikasjon.	4 studiar – 1 på elevar. Mogleg varig læringseffekt, motorikk → haldning	Ta i bruk nye verktøy i læringa
<b>Filter (2020)</b>	Alle forfattarar bakgrunn i biologididaktikk v/ Osnabrück universitet eller Leibniz universitet	Kvantitativ und. om 360°-videoar av ulvar gjev presence i VR hovudsett Forskar på universitetsstud.	Undersøke effekt av VR på verdiar og handlingsynskje Ulv i tyskland og haldning
<b>Lee (2020)</b>	Medprofessor i naturfagutdanning og professor i psykologi v/ uni. Maine	Mixed-method – pre/post-test (kvant) og verbale og skriftlege responsar (kvali) Korleis lærarstudentar nyttar VR utan å ha kunne om det før.	Finne ut korleis skulen kan tilpasse seg VR/nye teknologiske verktøy
<b>Tarnng (2015)</b>	Hv. forf. Har skrive om virtuell læring lenge. Fleire forfattarar frå institutt for e-læring v/ Hsinchu universitet, Taiwan	I hovudsak ei studia om utviklinga av AR sommarfuglprogram, og eit kvantitativt kvasiekperiment der det vart testa med skuleborn	Auke lærdom om sommarfugl, og øvrige insekt, si livssyklus og lære om biodiversitet
<b>Smit (2021)</b>	Hv. forfattarar har doktorgrad i kommunikasjon v/ Amsterdam universitet eller er ass. proff. v/ Tilburg universitet	Kvalitativ metode, semistrukturert intervju. Virtuell butikk der deltakarar valde produkt basert på helse- og miljørisiko	Lære menneskjer å ta betre matval for deira eigen kropp og for miljøet. Kan VR vere effektivt til dette?

Til å støtte med å skrive om desse studiane vart det sett opp ein støttetabell basert på Widén (2019) sine tre dimensjonar for å danne oversikt og lage stikkord om studia medan eg las dei. Dette gav rom for refleksjon og friare skrivning etterpå, slik at eg kunne ha ein oversikt over

innhaldet i studiane utan å heile tida stogge skrivninga for så å gå tilbake til dei. Kortfatta frå oversikta ser ein at artiklane har med seg forfattarar som har bakgrunn, heilt eller delvis, i pedagogikk. Dette kan tolkast som eit medvite val av dei som ynskja å produsere studia om at ein trong ha med pedagogar for anten å designe studia, delar av ho, eller for å hjelpe i prosessen å appellere til utdanningsforskarar eller lærarar.

Forfattarar av *Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change* (Markowitz et al., 2018), har i hovudsak bakgrunn innan kommunikasjon, nevrologi og pedagogikk. Hovudforfattaren, David Markowitz, var ein doktorgradsstudent innan kommunikasjon då han medforfatta studia. I fylgje biografien hans på University of Oregon, der han er assisterande professor, er han interessert i språk, bedrageri, og kommunikasjon via datamaskiner. Det kan tolkast slik at denne studia i hovudsak er skrive ut av ein motivasjon for å undersøke korleis folk kan påverkast av VR, og då korleis responderer til læring og interesse etter å ha nytta VR-utstyr.

Artikkelen byggjer på fire forsøk, der to av dei var kontrollerte forsøk med skuleelevar og studentar med pre- og posttestar, og to av dei var feltstudiar utan kontrollgrupper. Alle forsøka var basert på kunnskap om havforsuring. Målet med studia var å undersøkje korleis ulike faktorar spelte inn på deltakarane sin oppleving av *presence*, kjensla av å vere involvert i den digitale verda, og korleis VR-opplevinga påverka læringsutbyttet. Eit mogleg problem studia er at dei ulike faktorane som ulike formar for rørsle og plassering i situasjonen er gjort med ulike deltakargrupper. Forsøk 1 involverer elevar mellom 16 og 18 år i marinbiologi i USA. Dette forsøket plasserer deltakaren i havet som ein korall, der ein forteljar forklarte om havforsuring. Forsøk 1 hadde også berre 16 deltakarar på post-testen. Denne gruppa er ikkje signifikant nok i storleik eller omfang til å danne generell data frå forsøket. Men ein plar ikkje generalisere frå kvalitative studiar heller. Denne gruppa deltok også på dykking som del av utdanninga deira. Dette er eit punkt som kunne ha vore kritikkverdig, ettersom det ikkje er nokon måte å vite om desse elevane har lettare for å verte interessert av marinbiologiske tema, ettersom dei tek marinbiologi som fag, eller om dei vart motivert i stor grad av å ha dykka på ekte. Heldigvis fylgjer dei opp med ytterlegare tre forsøk for å prøve å korrigere dette noko.

Forsøk 2 plasserte deltakarane ved sidan av korallane, som seg sjølve, ein dykkar, men deltakarane var universitetsstudentar på ein alder mellom 18 og 28 år i staden. Sidan det er ein større skilnad i gruppene i forsøk 1 og 2 er det vanskeleg på gjere ein samanlikning av forsøka, og om å embodiment av ein korall eller ein dykkar har noko utslag på læringsutbyttet. Dette gjorde forfattarar for å undersøke om å det var noko skilnad mellom å observere havforsuringa, eller at den vart påført seg sjølv. Forsøk 3 fokuserte på bruk av handrørsle for å "fysisk" dykke ned til korallrevet. Dei ville her undersøkje om konsekvensane av havforsuring kjennast nær eller fjern for deltakaren dersom dei gjennom fysiske handlingar undersøkte havbotnen. Forsøket viste ikkje at det var signifikans mellom den totale fysiske rørsle og deltakarens haldning til havforsuring. Forsøk 4 stadfester dette. I forsøk 4 så hadde dei to grupper, der den eine gruppa brukte fysiske rørsler til å flytte seg virtuelt, medan den andre gruppa nytta ein ein kontroll for å endre retning og framdrift. Studia fann ingen signifikant skilnad mellom måtar å navigere korallrevet, korkje på haldninga deira til havforsuring, eller kunnskap oppnådd om havforsuring.

Nokre av funna ved studia er at det ikkje var signifikante skilnadar i kunnskap eller haldning basert på ulike måtar å røre seg på. Ettersom utvalet og utforskinga av denne problemstillinga var noko dårlegare kontrollert, er dette noko ein er nøydd å utforska vidare. Forflytting innan MR er eit interessant tema, ettersom ein er nøydd å balansere praktiske, arealmessige moglegheiter med kjensla av å faktisk gå i ei virtuell verd. Det er grunn til å vere kritisk til

forflytting med digitale input via kontrollar over tid, ettersom det er mogleg dette kan danne ein visuell-vestibulær konflikt som fører til reisesjuka over tid (Akiduki et al., 2003).

Denne studia er interessant ettersom den set deltakarane i ein situert læringskontekst der dei skal lære om havforsuring, ein viktig komponent i klimaendringar. Det er mogleg at konteksten som verktøyet set deltakarane kan vere viktig for å auke læringsutbyttet (Mishra & Koehler, 2006). Det å plassere deltakaren i havet kan gje eit kjensle av nærvær til noko som normalt sett er åtskilt frå menneskja over distanse, og det at deltakaren kan sjå effekten av havforsuring som normalt sett tek fleire tiår i laupet av berre nokon minutt gjev dei moglegheita til å observere noko som er åtskild frå menneskja over tid (Christou, 2010). Dette gjev ei moglegheit til ein unik type utflukt som ikkje er mogleg utan MR. Blant dei tinga som studia fann var at den auka læringseffekten som den digitale utflukta bidrog til ikkje berre var momentan, men var varig. Dette støttast av Sælemyr og Bjørndal (2019), som argumenterer for nettopp det at ein utflukt gjev ein meir varig læring som kan visast til over lenger tid. Det ein ser i denne studia er nettopp eit samspel mellom UBU og MR – ein gjev deltakaren moglegheita til å studere fenomenet havforsuring med egne auge. I denne studia var det ingen særleg skilnad på om deltakaren var korallen, eller ein dykkar som observerte korallen, noko som tyder på at embodiment ikkje har veldig mykje å sei for læringsutbyttet i denne situasjonen. Det som truleg er viktig for læringsutbyttet, er kjensla av presence og at den virtuelle verda verkar ekte nok, har god nok *immersion*.

Studia av Filter et al. (2020) undersøker korleis videoar presentert gjennom immersive VR, samanlikna med ein vanleg skjerm, påverkar haldningane til deltakarane. Denne studia oppfyller ikkje dei krava som var sett til studiar, ettersom den ikkje er gjort i skulen eller på lærarstudentar, men heller på universitetsstudentar som hadde bakgrunn frå fleire ulike studiar. Vinklinga denne studia har knytt til bruk av video, immersion, og læring gjer den svært interessant å ha med likevel. Dei nyttar eit lineærmedium, video, og samanliknar om det gjev eit utslag på oppfatninga deltakarane har av *presence* og korleis det påverkar bl.a. interesse og nokre emosjonar som glede og frykt. Videoen er i 360°, så å berre vise ein kva som helst video med eit HMD vil ikkje automatisk gjere den betre – den må vere produsert med moglegheita for det. I denne studia vert det gjort primært gjennom ein video om ulvar.

Forfattarane bak studia er i stor grad professorar i biologididaktikk ved Osnabrück universitet og Leibniz universitet. Som akademikarar er deira primærhovudgruppe andre akademikarar innan didaktikk og pedagogikk, men også lærarar og lærarstudentar. Føresetnaden som ligg til grunn for studia er at videoar gjennom eit VR-display kan ha god nok *immersion* til at ein deltakar vil kunne oppleve *presence*. Filter et al. (2020) undersøker vidare om presence i dette tilfellet vil ha nokon innverknad på kjensler eller haldningar. Tyskland, der studia er gjort, har på mange måtar dei same tilhøva rundt spørsmålet om ulv som Noreg. Ulven har lenge vore utrydda i Tyskland, og tiltak for å innføre ulv att sidan 2020 møter stadig motstand frå blant anna bønder (Ansorge et al., 2010).

Artikkelforfattarane argumenterer for at det er viktig å påverke elevane sin haldning til UBU-relaterte tema, som attføring av ulv. Denne studia ynskjer også å delta å tette hol i kunnskap om korleis MR kan bidrage til haldningar innan UBU. Studia bruker ein kvantitativ metode med spørjeskjema for å måle om deltakarene opplevde ei større kjensle av presence, interesse, glede, eller frykt. Det dei fann var at deltakarane rapporterte ei større kjensle av presence ved bruk av hovudmonterte skjermar (Head-mounted display – HMD), og møtet med ulven kjendes meir ekte. Dette meiner forskarane kan støtte opp om at virtuelle utflukter kan fungere som eit komplement til eksisterande undervising. Så – kva var konsekvensen av at deltakarane

opplevde ulvane som meir ekte? Deltakarane opplevde som såg ulvane gjennom HMD vart meir interesserte enn dei andre deltakarane. Andre hypotesar om skilnadar i glede og frykt mellom gruppene såg ikkje ut til å stemme. Tidlegare studiar av bruk av VR har vist at presence kunne lede til positive affeksjonar (Allcoat & von Mühlén, 2018; Rupp et al., 2019). Mangelen på eit slikt resultat i denne studia kan vere mangel på interaktivitet – altså at brukaren sin interaksjon er ein viktig komponent i det å danne affekt til materialet ein vert presentert i den virtuelle verda. Ein annan grunn kan vere at videoane dei nytta var ganske kort. Er det mogleg at det er eit minimum av tid ein må nytte med materialet for å danne affekt til det?

Studia er interessant av fleire grunnar. At ein kan gje ei kjensle av presence berre av å nytte 360°-videoar i eit HMD og at det er nok til at deltakarane aukar interessa for eit gitt tema er veldig bra for potensialet som MR kan ha innan UBU. Dette kan vise til at til og med ein lærar som ikkje har kunnskapen til å nytte meir avanserte program til MR kan likevel sjå eit resultat av bruken gjennom relativt enkle videoar på nettet. Og det opnar også opp for spørsmålet; kan 360° bilete også vere nok til å skape ei kjensle av presence?. Nokon avgrensingar med studia er at den ikkje er gjort i samband med øvrig undervising om ulvar som tema. Ein mogleg svakheit er også mangelen på samanlikningar med faktiske utflukter. No skal det seiast at det er nærast umogleg å ta med elevar på ein utflukt for å observere ville ulvar, men stadar som Langedrag naturpark eksisterer, og ville vore interessant som eit samanlikningsgrunnlag. Likevel meiner ikkje forfattarane av denne artikkelen at digitale utflukter vil kunne erstatte ein utflukt i røynda. Det er for mange sanseintrykk som spelar inn og kan vere like viktig som det å sjå og snu seg. Blant anna viser ein forskning at luktesansen er utruleg kraftig når det kjem til hugsen (Willander & Larsson, 2006).

Lee & Shea (2020) si studie er ikkje retta mot UBU i seg sjølv, og er den andre studia som ikkje formelt nådde krava som var sett til dokumentutvalet. Likevel vart denne studia vald ut ettersom hjelper å danne ei vinkling til kva utfordringar læraren står ovanfor ved bruk av MR-baserte verktøy i utdanning. Den undersøker "den andre sida" av MR i skulen, anna enn berre fordelane som elevane kan sitje att med. Denne studia er noko unik då den undersøker lærarstudentar som aldri har brukt MR-verktøy, og i alle fall ikkje til undervising. Derfor er denne studia veldig interessant å diskutere rundt forskingsspørsmålet om utviklarar, lærarar, og elevar. Forskarane bak, Lee & Shea (2020), er begge frå universitetet i Maine. Lee er medprofessor i naturfagdidaktikk, medan Shea er professor i psykologi.

Deira motivasjon for denne studia er å undersøke korleis dei kan sikre seg at nye lærarar står klar med kunnskap til å nytte nye verktøy i utdanninga. Dette meiner dei er viktig fordi skulen som institusjon er for lite flink å tilpasse seg nye teknologiske verktøy (Kavanagh et al., 2017; Psotka, 2013). Då er det mogleg at artikkelforfattarane meiner at skulen må vere meir refleksiv. Aagre (2014) meiner ein refleksiv skule, som nyttar seg av element i ungdomskultur til sin fordel, og som tek ungdom på alvor er ynskjeleg for både å skape ei samforståing om fagstoffet, og å finne gode måtar å lære det til elevane samstundes som ein set tydelege krav. Det er mogleg at eitt av måla som artikkelforfattarane er ute etter er å undersøke til kva grad lærarstudentar, og kanskje til og med lærarar, er viljug og har moglegheit til å lære seg eit nytt verktøy. Å utforske kva verktøy som kan brukast, og korleis dei brukast, til å imøtekome dei nye tilhøva til unge i skulesystemet.

For å undersøkje korleis lærarstudentar handterte det å lære seg sjølve opp til noko nytt så fekk dei ein trestegsprosess der dei måtte finne og lese artiklar om VR i undervising, lage eit opplegg der dei nytta seg av VR, og evaluere seg sjølve og bruk av VR. Funna deira var at

trass litt vanskar med å få til å lage sine egne opplegg var lærarstudentane svært positive til å ta i bruk VR i eigen undervising. I tillegg var det også stor frustrasjon i korleis dei i denne oppgåva fekk stor fridom til å undersøke og lage sine egne opplegg, framfor å få ferdige oppskrifter og løysingar. Dette er eit funn som kan tilseie at det er viktig at heile utdanninga er gjennomsyra av utforskande læring frå barneskulen til universitetsnivå. Dette er det mogleg vil kunne bidra til at studentar vert meir løysingsorientert i møte med slike verktoy som dei har lite eller ingen erfaring med frå tidlegare. Likevel er det viktig å ha i hug at denne studia er utført i USA, og dei fleste deltakarane i studia kom frå meir landlege områder. Dette kan bety at dei sjølve kjem frå eit skulesystem der teknologi generelt er nytta lite i skulen, og deira erfaringar frå oppvekst spelar inn i forminga av dei som lærarar.

Denne studia er eit interessant innblikk i den andre sida av MR i undervising – korleis lærarar skal handtere det å nytte eit verktoy dei har lite erfaring med. Ein av konklusjonane som forfattarane kjem med er at det hadde vore nyttig med ei langtidsstudie på dette.

Lærarstudentane er positive til å nytte VR i eigen undervising, men kor mange av dei kjem faktisk til å gjere det? Også ein frykt forfattarane har er at mange av lærarstudentane kjem på skular der dei manglar ressursar til å utføre MR-basert undervising, eller der lærarkulturen vil gjere det vanskeleg å få til.

Verktøya dei nytta i denne studia var tilsvarande Google Cardboard, der ein plasserer mobilen i ei plast- eller papphaldar som gjev deg halve mobilskjermen på kvart auge. Som nemnt tidlegare i oppgåva har Google, hovudaktøren bak Cardboard, avslutta vidareutvikling av systemet. Dette betyr likevel ikkje at ein ikkje kan korkje nytte eller utvikle nye applikasjonar til systemet, og det er soleis den billigaste måta å inkludere VR i undervising. Likevel finnast det etiske spørsmål med denne forma for VR, ettersom det krev at elevar sjølve stiller med smarttelefonar som er gode nok til dette føremålet. Eit kompromiss er at skulen kan ha somme mobilar i tilfelle det er somme elevar som manglar maskinvaren til dette. Elles er skulen nøydd å kjøpe inn eit fullt sett med mobilar i tillegg, og då vert kostnaden fort på linje med dyrare heilintegreerte system som Oculus Go eller Oculus Quest.

Studia av Tarng et al. (2015) kjem også frå nokre annleise synspunkt. Dei fleste studiane tek spesifikt føre seg VR basert på HMD, medan denne studia omhandlar mobilbasert AR. I tillegg er storparten av studia eit framlegg av deira prosess med å lage eit AR-basert program for å fremje læring om sommarfuglar – deira habitat, livssyklus og naturlege farar. Programmet dei tilverka verka ikkje lenger å vere tilgjengeleg, eller er ikkje tilgjengeleg utanfor Taiwan. Tarng er hovudsakleg utdanna ingeniør, men driv også med utdanning. Dette er ikkje den fyrste artikkelen han skriv om AR-baserte verktoy i utdanning. Ein del av medforfattarane kjem frå instituttet for e-læring ved Hsinchu universitet i Taiwan. Dette er ei studie som truleg er retta mot lærarar og andre forskarar. Til dels rettar det seg meir spesifikt mot Taiwan og Sør-Aust Asia, ettersom dei skildrar sommarfuglar og andre artar som er spesifikk for den regionen, men storparten av lærdommen frå studia kan takast med vidare. I studia tek dei for det meste for seg eit design av ein AR-basert mobilapplikasjon for å formidle informasjon om sommarfuglar, men har også med eit forsøk av programmet gjort på ein skuleklasse i Taiwan. Denne nytta seg av ein kvantitativ metode med pre- og posttest, i tillegg til ei spørjeundersøking om sjølve applikasjonen.

Dei fann i denne studia blant anna at elevane sjølve rapporterte at programmet kunne auke deira interesse for sommarfuglar og sommarfugloppdrett, og at det hjelpte dei å forstå samanhengane som ligg i sommarfugløkologien. Dei rapporterte også at dei virtuelle elementa verka realistiske. Det får meg inn på ein interessant diskusjon rundt presence og immersjon.

Det kan verke som presence og immersion er omgrep som skal fungere på tvers av heile mixed-reality-spekteret. Men når ein med AR startar i den verkelege verda og involverer virtuelle element i den, er ein ikkje lenger interessert i å danne immersion gjennom ein virtuell verd, men heller at dei virtuelle elementa ein plasserer i den verkelege verda er realistisk nok til at deltakaren skal oppfatte ein meningsfull kjensle av presence. Denne kjensla av presence handlar då ikkje om at deltakaren kjenner eit eigarskap til verda, at han er der, men at det virtuelle faktisk er i vår verd. Også ein viktig del av det å verte *immersed* i det som skjer i den virtuelle kontinuiteten handlar også i stor grad om å verte engasjert i aktiviteten som ein vert presentert (Shin, 2019). I denne studia er aktiviteten å undersøkje sommarfuglar, jage vekk deira fiendar, og besøke dei i ein sommarfuglhage. Det er mogleg ein er nøydd å *spelifisere*, gjere aktiviteten meir som eit spel med poeng og mål, meir eller mindre basert på kva ein ynskjer å oppnå med programmet.

Studia av Smit et al. (2021) er også litt i utkanten av dei kriteriana som er sat til godkjenning av artiklar, men deira fokus ligg i hovudsak på matvanar og korleis VR kan nyttast til haldningsendring med born. Forfattarane av studia jobbar alle i akademia innanforbi kommunikasjon ved universitetet i Amsterdam og Tilburg universitet. Artikkelen verkar å vere retta mot to grupper menneskjer. Akademikarar og designarar av program for MR. Som del i akademisk litteratur dannar den eit grunnlag for vidare forskning og undersøking, og det er nettopp noko av dette forfattarane konkluderer med; meir forskning med fleire deltakarar og justerte variablar er viktig. Resultata studia finn er også brukbare i seg sjølv for rettleiing av programdesign; blant funna er at tekstbasert informasjon om konsekvensar av usunn og miljøfiendtleg mat er vanskeleg for born under 10 å forstå. Dette tyder på at desse konseptana er for store for born under 10, eller at dei må presenterast på ein annan måte. Dei borna som forsto informasjonen som vart presentert responderte også på den rasjonelt. Informasjonen om miljøfiendtleg mat gav også ein negativ emosjonell respons. Eit mogleg problem i studia er at dei berre nytta ein illustrasjon for miljøfiendtleg mat – eit bilete av ein orangutang i eit tre og tekst om palmeolje og avskoging. Dette dannar grunnlag for vidare spørsmål som bør utforskast i framtida – ville responsen ha vore annleis med andre artar? Er det mogleg at det er lettare for borna kjenne empati med apar og deira heimar grunna deira nære slektskap med menneskjer? Det viser seg at sjølv om menneskjer viser større grad av empati til etniske inngrupper, utvidast denne empatien i stor grad til andre pattedyr, men i mindre grad til ikkje-pattedyr (Rae Westbury & Neumann, 2008). Det er likevel naudsynt med endå meir gransking i korleis ulike artar påverkar vala våre knytt til miljø.

Grunnlaget bak studia er eit ynskje om å betre folk sine matvanar og gjere dei medvitne på at dei vala dei tek på butikken har konsekvensar for både deira helse og andre artar sine levestader. Palmeolje i seg sjølv er ikkje ein miljøtrugsel, men for å produsere palmeolje vert gjerne store delar av mangfaldig regnskog hogga ned for å lage plass til store områder med monokulturar av palmetre (Wilcove & Koh, 2010). Dette er ein grunnleggjande problemstilling innan UBU; det å få menneskjer til å ta miljømedvitne og gode val for å forminske vårt klimaavtrykk så mykje som mogleg. Eit fokusområde ei gjerne har gjennom skulen er materialgjenvinning av avfall, men eit viktig aspekt ved dette er gjerne allereie ved innkjøpsfasen. Å forstå konsekvensane av vår konsum og å unngå å støtte menneskefiendtelege produkt, som er det miljøfiendtelege produkt i bunn er, er ein del av UBU – meiner i alle fall eg.

## 4.1 Korleis kan ein nytte MR i UBU?

Dei studia som er funne og den teorien som er lagd fram viser til at det er fleire måtar å nytte mixed reality til utdanning for berekraftig utvikling. Fyrst må ein definere kva ein ynskjer å utrette med verktøyet. I det som er lagt fram for den digitale utflukta kan det sjå ut til at noko av det viktigare ein kan gjere i UBU er å provosere til interesse og haldningsendring. Dette ser også ut til å vere funna til dei utvalde dokumenta. Til dømes fann Filter et al. (2020) at ein kjensle av presence var mogleg også når framvisinga av materialet berre var ein 360° video. Dette gav ei auka interesse for problematikken rundt ulv og berekraft. Og det er det ein som naturfaglærarar ynskjer seg; at elevane vert interessert i det ein presenterer og då og ynskjer å gjere berekraftige val. Dette ynskjet om å undersøkje korleis våre haldningar og interesser kan påverkast gjennom immersjon er også noko ein ser i studia til Smit et al. (2021). Der handlar studia om akkurat det å motivere til å handle berekraftig, og sjølv om utvalet er nok så lite er det likevel data som kan informere vidare arbeid. Og deira funn støtta deira forskingsspørsmål; du kan endre haldningar med MR. Ein mogleg kritikk, og noko som er viktig å ha med vidare er det at studia går over ei kort tid. Haldningar og haldningsendring er eit meir langvarig konsept enn det studia legg til grunn for. Dette dannar et par utfordringar og spørsmål som hadde vore interessant å vidare utforske; Har det deltakarane i Smit et al. (20221) undersøkte i den digitale butikken allereie vorte gløymd så snart dei kjem på den ekte butikken? Vert denne lærdommen sitjande litt lenger, men over tid erodert av uansvarlege vaksne eller likemenn som ikkje er like flinke til å handle berekraftig? Ingen av desse studiane er langtidsstudiar, så det er då umogleg å sei noko om haldningsendring over lengre tid med desse studiane. Men, ein kan likevel bruke element i fagstoffet ein har om den digitale utflukta. Den digitale utflukta, på same måte som uteskule og alternativ læringsarena, er ikkje nødvendigvis gode læremetodar i seg sjølv, men må nyttast i ein heilskapleg læringskontekst. Denne konteksten er avhengig av både forarbeid og etterarbeid rundt utflukta, der forarbeidet i stor grad går ut på å arbeide med utforskande arbeidsmetodar og etterarbeidet handlar om oppfølgingsoppgåver og vidare oppfølging frå lærar (Dillon et al., 2006; Remmen & Frøyland, 2014, 2015).

Men den digitale utflukta er ikkje låst til å berre skje innandørs. I studia til Tarng et al. (2015) tar dei elevane ut med bruk av AR på mobile einingar. Dette er den einaste studia i denne oppgåva som spesifikt nytta AR. Ein mogleg fordel med denne metoden er at ein aukar mengda sanseintrykk som elevane tar inn i laupet av utflukta – her er det lukt og andre kjensler ein kan få av å vere ute, i tillegg til dei tradisjonelle inntrykka ein gjev gjennom HMD, lyd og bilete. Dette gjev den digitale utflukta ein fleksibilitet til å vere utvidbar om det trengst.

Ein mogleg kritikk av den digitale utflukta kjem ligg i val og bortval som læraren er nøydd å gjere av ressursar og verktøy. Eit viktig prinsipp i det å velje metodar og verktøy er å ha forståing for når ein ikkje bør nytte somme verktøy. Ein av veikskapane som MR-baserte verktøy i dag har er at dei tek tid å utvikle og raffinere til eit punkt der immersjon ikkje vert broten av manglande tekniske aspekt. Dette ligg utanforbi det ein bør forvente av den jamne lærar som er villig til å nytte MR, i tillegg til at det tek mykje tid som ein lærar bør nytte til å planlegge rammene rundt ein utflukt. Det bør soleis utviklast robuste verktøy som anten er lett å modifisere av ein lærar slik at den passer nyansane i deira opplegg, eller så bør det vere utvikla i samband med større standardopplegg som læraren kan integrere i undervisinga. Som ein liten digresjon er det mogleg at den sistnemnte metoden for å danne MR-baserte opplegg kan gjere det lettare for fleire lærarar å nytte seg av verktøya. Dette kan minne litt om Cathy Fosnot sine *Contexts for Learning Mathematics*-bøker, der ho har laga heile opplegg basert på teori om utforskande læring og opne læringsspørsmål (Fosnot et al., 2001). Det finnast likevel i dag somme verktøy for MR som er brukbare og som lærar sjølv kan nytte i sine eigne opplegg,

men ein er veldig avhengig av at utviklar har arbeidd med pedagogar og at verktøyet er konstruert på ein slik måte at verktøyet er nyttig i skulen.

Den digitale utflukta er ein varierende læringsarena som tillet fleire former for utflukter. Både interaktive former der ein undersøker sine omgjevnader, og meir statiske former der ein ser ein video i eit HMD er mogleggjort av MR. Det viktigaste er at lærar ikkje berre bruker desse verktøya sporadisk, men er medviten i valet sitt og den øvrige lærekonteksten rundt. Også viktig er at utviklarar held fram med å danne programvare som kan nyttast i skulen.

## 4.2 Kva fordelar kan det liggje i å nytte MR i UBU?

Noko av det ein ser i desse studiane, og anna datamateriale, er at MR i stor grad handlar om å plassere eller flytte objekt til deg som du elles ikkje har høve til å sjå. Desse objekta kan vere åtskild frå menneskja i tid eller rom. Dette ser ein i Markowitz et al. (2018), Filter et al. (2020), og i Tarng et al. (2015). I studia til Markowitz et al. (2018) observerast eit fenomen som er umogleg å observere på eigenhand. Det er ikkje mogleg for ein kva som helst skuleklasse kvar enn som helst i verda å dykke i sjøen for å observere ein effekt av havforsuring som går over fleire år. Men i MR kan ein transportere seg dit digitalt, og i tillegg reise i tid. Dette er eit aspekt som ikkje nødvendigvis er heilt unikt til MR. Ein har lenge kunne reist over tid og stad med medium som film og spel. Ein kan kanskje til og med argumentere for at skodespel også let ein reise i tid og rom. Det som er nytt med MR er at tillet ein å observere desse aspekta i ein vid synsvinkel eller ein kan observere objekta i vårt nærmiljø. Dette er ein fordel av immersion.

Filter et al. (2020) undersøker også noko som ikkje er praktisk for ein klasse å observere; ulvar i det fri. Ikkje minst fordi dette er dyr som er nærast umogleg å treffe på. Tarng et al. (2018) presenterer sommarfugløkologien på ein slik måte at den kan utforskast heile året, og på ein meir involvert måte enn ein kunne gjort for hand i røynda. Det er synd ein i dette dokumentutvalet ikkje fann fleire studiar om det, men presentasjon av dagligdagse situasjonar på ein litt annan måte i MR kan bidrege til at deltakaren tenker over andre aspekt enn det ein vanlegvis ser. Dette var noko av det ein såg i studia av Smit et al. (2021), å velje mat på butikken. Ein daglegdags situasjon der ein i tillegg får informasjon om moglege konsekvensar av ditt matval. Det hadde vore interessant å undersøkje meir korleis denne typen bruk av MR kan nyttast i UBU – kva andre val er det personar gjer der ein kan plassere elevlar i situerte situasjonar og utfordre det normale? Dette er noko av fordelene som ser ut til å ligge i MR; moglegheita til å justere reelle situasjonar eller setje deltakaren i ein annleis kontekst.

Det som kjem fram i desse studiane, og også i teorimaterialet som den digitale utflukta er basert på, er at MR har ein unik moglegheit til å involvere deltakaren gjennom immersion og ein kjensle av presence. Det at Filter et al. (2020) finn at å vise 360°-videoar i HMD er nok til å gje ei auka interesse kontra same video på ein skjerm er eit viktig funn for å undersøkje korleis ein kan nytte MR, men og kor lite interaktiv aktiviteten treng vere for å at ein skal få ein fordel av det. Dette viser kor effektivt berre det å fylla synsvinkelen til ein deltakar er.

Det ein ser i desse studiane er konsekvent at deltakaren sjølvrapporterer ein auka interesse for tema som vert presentert til dei i MR. Dette ser ut til å vere ein av hovudfordelane ved bruk av MR – auka interesse for tema. Den andre store fordelene som MR har er at den ikkje er avgrensa i geografi og over eit tidsaspekt på same måte som ein vanleg utflukt er. Ein kan ikkje observere korallar over 40 år på botnen av havet i laupet av ein vanleg skuleutflukt – det



kan ein med bruk av MR. Men, i likskap med alle verktøy, så er det også nokon vurderingar ein lærar må gjere når dei skal nytte seg av verktøyet.

Poenget med ei MR-baserte verktøya er heller ikkje at dei skal erstatte feltarbeidet, men fungere som eit supplement som læraren kan nytte til å gje elevane nye vinklingar. På mange måtar kan den digitale utflukta med fordel ta over funksjonen videoar og andre slike observatoriske framvisingar har, vise eleven noko som er åtskilt frå dei i tid og rom. Det er likevel eit par praktiske orsakar til at overgangen frå todimensjonal skjerm til ei involvert oppleving tar tid og ressursar å gjennomføre; ein orsak er økonomi. Anten er skulen nøydd å sikre at alle elevar har tilgang til mobiltelefonar som kan nyttast til MR-basert læring, eller skulen lyt ha investert pengar i verktøy som hovudsett eller eit slags rom for mixed-reality der det finnast projektorar o.l. som kan danne interaktive aktivitetar. I tillegg kjem spørsmål om alle kan nytte seg av verktøya samstundes – må dei dele på dei? I slike tilfelle vert det mindre tid på den faktiske utflukta, og mykje tid går med på sjonglering av utstyr. Også vanskeleg i MR er det å gje eleven gode praktiske arbeidsoppgåver og oppdrag, dette medfører ei grad av interaksjon som er vanskeleg å programmere i MR på ein god måte. Remmen & Frøyland (2017) legg til grunn at det trengst eit oppdrag i det å drive uteskule. Det må vere eit formål med eit oppdrag som elevane skal løyse. Dette vil seie at ein digital utflukt modellert etter deira uteskule krev ein grad av meningsfull interaksjon. Dette er aspekt som ingen av studiane nytta seg fullt ut av. Studia til Markowitz et al. (2018) nytta til dømes ein del for- og etterarbeid knytt til sjølve MR-opplevinga, men deltakarane har ikkje noko form for reelt oppdrag dei skal utføre på vegne av ein ekstern aktør medan dei nyttar VR-utstyret. Deltakarane vart plassert i kroppen til ein korall, og måtte samle næringsstoff frå vatnet rundt dei; dette kan tolkast som ei oppgåve gjeven av ein ekstern aktør, men det manglar aspektet med ei reell oppgåve som fagpersonar utfører. Oppgåva var på mange måtar til slutt meningslaus då ein fekk beskjed om å observere korallkroppen sin. Denne informasjonen vart til sjuande og sist ikkje nytta til å danne eit produkt.

Det ein ser frå desse studiane er at det ligg store fordelar med tanke på å skape interesse for tema som vert presentert gjennom MR, men er det mogleg at det er fleire fordelar som ligg i bruk av MR? Det er ingen av desse studiane som går inn for å danne eit større læreopplegg der ein MR-basert utflukt ligg til grunn, med fokus på utforskande læring. Utforskande læring der ein skal gjere ei oppgåve som byggjer på røyndleg arbeid for så å lage eit produkt. Men det er då viktig at lærar bruker tid til å byggje opp fagstoffet og oppgåvene rundt utflukta.

### 4.3 Kor viktig er *immersion, presence, og embodiment*?

Aspekta immersion, presence, og embodiment er ikkje unik til MR – somme forskarar har skildra immersion, eller ein immersive oppleving, til ein oppslukande digital oppleving som trekk deg bort i frå dine røynelege problem og som gjer at du mister oppfatninga di av tid (Jennett et al., 2008). Dette er ein definisjon av immersion som ikkje vert brukt i denne oppgåva til fordel for Slater (2003) sin definisjon der ho meiner at immersion er den meir objektive, tekniske delen av å involvere ein deltakar i den digitale verda. Det er vanskeleg å skildre samt å forklare kva som er "god" immersion; det er heller lettare å lage døme på situasjonar som aktivt tar deg ut av den digitale verda, situasjonar som øydelegg immersion. Situasjonar der reint tekniske problem ligg til grunn, opphenging av programvara, og ustabil sporing av deltakaren sine posisjonar er ting som kan ta ein deltakar ut av den digitale verda. Men også meir programvarerelaterte problem kan ligge til grunn for at ein mister immersion. Det er mogleg å kan danne ein immersive oppleving sjølv når verda nytter seg av fantastiske og utanomjordiske element. Problemet oppstår når det er konflikt mellom forventingane deltakaren har av verda og det verda presenterer. Slike konflikstar oppstår når objekt i den same verda oppfører seg ulikt og det er venta at dei skal oppføre seg på same måte, eller om digitale karakterar (NPC – non-player character) ikkje reagerer i tråd med deltakaren sine handlingar eller den digitale verda sin tilstand (Warpefelt & Strååt, 2013). Ettersom presence er ein funksjon av immersion er ei viss grad av immersion er essensielt for å gjere ein god digital utflukt. God immersion verker å vere ein funksjon av fleire komponentar; stereoskopisk bilete, sporing av hovudet, og ei vid synsvinkel ser ut til å vere ein god nok kombinasjon av teknikkar til å tilfredsstillere krav til immersion og då danne ein kjensle av presence (Bowman & McMahan, 2007). Dette er det ein såg i Markowitz et al. (2018), Filter et al. (2020), og i Smit et al. (2021). Alle desse studiane rapporterte at deltakarane fatta ein større interesse for temaet enn dei tidlegare hadde, sjølv om framgangsmåtar og måte å presentere informasjon i studiane var ganske annleis frå ein annan.

Nokre av grunnane til at AR-systemet til Tarng et al. (2015) fungerer bra, er at dei har sikra fleire realistiske aspekt knytt til tekniske forventingar om korleis sommarfuglar og ein sommarfuglhage fungerer i røynda. Dei brukte spesifikt ressursar på å få rørsle til sommarfuglane til å verke realistisk, og for å få med store delar av ulike attributt som kjenneteiknast ved sommarfuglar. Det er mogleg at dersom ein bommer på områder som desse, som dannar god immersion, så kan ein ende opp med å gjere nøyaktig det motsette – øydelegge immersion. Dette er det mogleg kan oppstå når brukaren legg merke til ting som ikkje heilt stemmer, og det bryt immersion og då og presence.

Til eit AR-basert system kan det omsetjast til at dei digitale objekta kan reagere til rørsle i 360° og forbli på den same staden til og med når deltakaren flytter på seg. Dette er kompatibelt med konsepta vid synsvinkel og sporing av hovudet.

Dei utvalde studiane ser ut til å tilfredsstillere dei tekniske krava til immersion i stor nok grad til at ein kjensle av presence er oppnådd, i alle fall etter slik forfatarane av studiane skildrar det. Særleg av interesse er studia til Filter et al. (2020) som nytter seg av 360° videoar i dette tilfellet. At HMD skulle vere ein måte å danne ein kjensle av presence, at deltakarane opplevde situasjonen som delvis reell, var interessant. Men det stadfester funna til Bowman og McMahan (2007) og deira tre aspekt innan immersion. På den andre sida kan ein spørje kva konsekvensen av å ikkje oppnå immersion i ein digital utflukt er; om ein presenterer eit medium til elevane og det ikkje har ein grad av immersion. Vert det om lag det same som å vise vanlege todimensjonale filmar til elevane?

Det er intuitivt å tru at den digitale utflukta krev ein større grad av interaktivitet til å kunne nyttast som eit slags utforskande feltarbeid. I alle fall i ein slik grad at elevane kan undersøkje og danne informasjonsgrunnlag som dei kan nytte vidare. Men det kan sjå ut til, ut i frå datamaterialet til oppgåva, at ein lineær video truleg kan vere bra nok om ein lager oppgåver som passar med innhaldet ein skal observere. Her kan det sjå ut til at det trengst meir forskning om interaktivitet i den digitale utflukta aukar læringsutbyttet. Men, ut i frå dei dokumenta som er vald ut til denne oppgåva kan det altså sjå ut til at bruk av HMD i MR nesten automatisk sikrar ei grad av immersjon. Dette sikrar at det er ein fordel å nytte denne teknologien i den digitale utflukta, ettersom ein aukar interessa som elevane får for fagstoffet dei vert presentert.

Det Markowitz et al. (2018) viser i si studie er at oppleving av presence har ein korrelasjon med auka læringsutbytte. Sjølv utan dei elementa som ligg til grunn i utflukta om oppdrag frå ein ekstern oppdragsgjevar og ta val for å gjere informasjon om til eit produkt så ser ein auka læring. Det gjer meg positiv til at med integrering av element knytt til utflukt og alternativ læringsarena betre integrert i bruken av MR kan gjere mykje for læringa til elevar. Markowitz et al. (2018) undersøker også embodiment til ei viss grad. Dei undersøker korleis embodiment av korallen eller ein dykkar som observerer korallen kan påverke deltakaren si læring. Hypotesen som var underliggjande til det er at du kanskje kan lære meir av ein handling som vert påført deg. Men eit slikt funn gjorde dei altså ikkje. Det resultatet dei fekk var at skilnad i læring om du var korallen som vart påverka av havforsuring eller ein dykkar som observerte effekten av havforsuringa var ikkje signifikant. Ein bør likevel vere forsiktig med å konkludere at embodiment ikkje vil vere viktig i den digitale utflukta. Markowitz et al. (2018) meiner at ein mogleg forklaring på dette kan vere at mengda stimuli dei nytta i studia si, med ei forteljarstemme og ein full virtuell verd gjer at andre faktorar kan ha vore viktigare og spelt ei større rolle på læringa enn kva kropp deltakaren hadde. Her var uansett ei grad av embodiment, ettersom ein anten var ein korall eller ein dykkar. Kva hadde skjedd om ein var ein observatør utan nokon som helst kropp? Kunne det ha brote illusjonen av presence? Det kan sjå ut til at interaktive, virtuelle oppgåver krev at deltakaren kan sjå ein representasjon av seg sjølv; eller i alle fall ein kropp når dei ser ned og armar når dei held sine fram. Ein mangel på kropp når ein utfører røynelege handlingar vil kanskje vere forvirrande, eller bryt med forventingar som deltakaren har om verda. Ettersom Peck et al. (2013) viste at ein kan redusere rasebias berre ved å vere ein mørkhuda person i 12 minutt i VR, utan å ha ei oppgåve å utføre, indikerer det til meg at embodiment kan vere eit verktøy som kan ha ein utruleg effekt.

Oppsummert viser dei utvalde studiane at immersjon er basisen for å nytte MR-verktøy i undervisinga, og er då utruleg viktig. Med god immersjon er poenget at deltakaren dannar ei kjensle av presence, av det å vere ein annan stad og potensielt utføre oppgåver som gjev meining i den røynda. Studiane som undersøker viktigheita av presence kjem i stor grad fram til at det aukar interesse og, som konsekvens av det, læringsutbytte. Ingen av studiane viser konsekvent noko påverknad av embodiment om ein er ein observatør eller det påverka objektet av forandring. Ein kan likevel trekke nokon parallellar til bruk av skodespel i utdanning, der ein har forska på embodiment og læring. Ein ser der at gjennom skodespelet, det å vere nokon andre, så har ein lettare for å forstå verda frå deira ståstad (Kilgour et al., 2015). Dette kan nyttast i utdanning til å la elevar forstå kunnskapar frå andre kulturar eller stader. Spesifikt til VR er at ein kan plasserast i ei verd heilt utan kropp. Konsekvensen av kropp eller ingen kropp i det heile var det ingen av studiane som valde å undersøkje. Dette trengst det altså meir forskning på; konsekvensane av embodiment og ingen embodiment, og kor langt ein kan dra dette i ein læresituasjon.

## 5 Drøfting

Før drøftinga startar kan det vere verdifullt å ta eit steg attende for å sjå på TPACK-modellen og dei komponentane som vart presentert der. TPACK som rammeverk hjelper lærar å forstå verktøyet og bruksområda det har, og å setje denne kunnskapen i kontekst med andre kontekstar. TPACK er utvikla for å utvide det meir tradisjonelle rammeverket ein hadde i PCK, og det nye kunnskapsområdet mellom PCK og teknologi kallast TPCK. TPACK er altså eit rammeverk for å forklare og forstå kunnskapsområdet TPCK, som er ein konsekvens av kunnskap om dei tre grunnområda pedagogikk, fagkunnskap, og teknologi (Mishra & Koehler, 2006). Dette let ein forstå, ta i bruk, og dele kunnskap om å bruke avanserte teknologiar i undervising. Dette er spesielt nyttig for nye teknologiar som er krev mykje kunnskap og som endrar seg fort. Kunnskapsområdet PCK kan tilretteleggje nokon av dei meir grunnleggjande teknologiar som bruk av blyant og papir, men er mindre egna til å forklare teknologiar som krev eigen kunnskap. Det teknologiske området for MR er eit stadig veksande, og for å ta i bruk MR krevst det spesiell kunnskap om akkurat dette verktøyet. MR er åtskild frå pedagogisk kunnskap og fagkunnskap; det har mange aspekt som gjer MR komplekst å bruke, og ein lærar er nøydd å ha kjennskap til fordelar og avgrensingar som MR har. MR har igjen eigne kunnskapsområde som ikkje bryr seg om læring, men læring kan sjølvsagt fortsatt oppstå, som til dømes gjennom interaktive spel.

Det ein ser frå spesiell kunnskap om MR er at VR og AR som komponentar er på mange måtar like med kvarandre, sjølv om dei kan presentere ulike objekt på svært ulike måtar. Dette såg ein til dømes med Tarnø et al. (2015) der ein nytta mobiltelefonar til å undersøkje sommarfuglar i den lokale faunaen gjennom skjermen. Dette gav likevel eit auka læringsutbytte i posttest, og ein auka interesse. Det same såg ein i stor grad med VR – deltakarar rapporterte at det kjendes røyntleg og det var ein signifikant auke i interesse. Studia til Tarnø et al. (2015) har til dels bekrefta at å sjå på MR som ein samla kategori kan fungere i utdanning, i alle fall med den vinklinga som ein ser i denne oppgåva. Likevel bør det etterlysast meir forskning på skilnadar og likskapar mellom AR og VR i naturfagundervising, og kor likt eller ulikt utbyttet bruken frå desse kan vere.

UBU er, frå det Sinnes (2015) skriv, eit kunnskapsområde som inneheld både fagkunnskap og pedagogisk kunnskap. Det er klare tilvisingar til eit konstruktivistisk kunnskapssyn der elevar konstruerer sin eigen kunnskap gjennom utforskande læring og bruk av den alternative læringsarenaen. UBU passar då inn i TPACK-rammeverket som ein PCK. Dette vil då seie at UBU som kunnskapsområde kan innehalde kunnskap om grunnleggjande teknologiar som høyrer heime i bruksområda for pedagogikken og fagkunnskapen, til dømes bruken av utforskande metodar og den alternative læringsarenaen. For å ta i bruk MR i UBU er det høveleg å nytte TPACK-rammeverket som ei utviding av Shulman (1986) si PCK, ettersom dette er ei form for undervising som vert teknologitung. Dette vil seie at lærarar som ynskjer å ta i bruk MR-baserte verktøy må hente inn kunnskap om teknologien, og forstå kunnskapsfeltet TPCK som eit samanhengande kunnskapsområde mellom den tradisjonelle lærarkunnskapen, PCK, og teknologien. I denne oppgåva kallast dette kunnskapsområdet "den digitale utflukta", ettersom den inkluderer kunnskap om UBU, deriblant alternativ læringsarena, og MR.

Ein ser at det er mogleg for lærarar som ikkje har noko tidlegare erfaring med MR-baserte verktøy å ta desse i bruk i laupet av relativt kort tid, og vere interessert i å nytte desse verktøya vidare (Lee & Shea, 2020). Dette gjev ein optimisme om at dette er eit verktøy som

kan vere veldig aktuelt for lærarar å nytte. Det er viktig å ha i hug at skulen er ein arena med mange ulike lærarar som alle har ulike stilar og metodar. Imsen (2016, s. 70–77) meiner at metodefridomen ein har som lærar er eit viktig organisatorisk aspekt ved norsk skule. Det er då viktig at lærarar har tilgang til god og presis informasjon i samband med dei verktøya som er tilgjengeleg, MR inkludert. Ein konklusjon ein kan ta frå det er at det er viktig å passe på at lærarutdanninga, og skulesystemet generelt, gjev framtidige lærarar moglegheit til å kunne vurdere og ta i bruk nye metodar, i tråd med prinsippet "å lære å lære" som er i den overordna læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2020). Dette vil bidra til å delvis hindre at lærarar kjenner ein frustrasjon i det å prøve å lære om nye metodar med innhald frå kunnskapsområde dei tidlegare ikkje har erfaring frå, slik ein såg i Lee & Shea (2020) der somme lærarstudentar utrykka ein frustrasjon med å sjølve måtte lære om eit nytt verktøy for undervising. Dette støttar også opp om det eksisterande kravet som allereie eksisterer om god læreprofesjon i norsk skule, der læraren har ansvar for å halde seg fagleg oppdatert (Mausethagen, 2015, s. 44–55). God etterutdanning og kurs er også punkt der ein kan levere mykje informasjon om nye metodar og moglegheiter til lærarar.

Det er likevel ikkje lett for ein lærar å ta i bruk MR til kva som helst. Desse verktøya er utruleg kompleks både frå eit programvareaspekt og frå eit maskinvareaspekt, og det er ikkje venta at kvar ein lærar skal utvikle sin heilt eigne digitale utflukt. Det vil seie at for at flest mogleg lærarar vil ynskje å ta i bruk læreverktøyet MR, og den digitale utflukta, må det gjerast så tilgjengeleg som mogleg. Ein lærar bør sleppe å bruke mykje tid på å lære seg for mange reine tekniske aspekt for MR. Ut i frå dei studiar som er analysert kan det sjå ut til at å bruke video og bilete saman med eit HMD kan vere *godt nok* til å auke interesse og gje eit grunnlag for læring. Likevel er det viktig å fundere på om interaktive opplegg i MR kan auke utbyttet ein har endå meir. Det er då mogleg å sjå føre seg to metodar å utvikle interaktive MR-baserte verktøy til bruk i skulen. Den eine måten gjev lærar eit større spekter av fridom til å modifisere programmet til å visualisere ulike moglege scenario og element. Dette krev at ein utviklar dannar førehandsutvikla områder, element, og verktøy som er lett å bruke og kan setjast saman på ein logisk måte. Men det går an å postulere at dette vil resultere i opplegg som tek mykje tid og ressursar for læraren å setje saman. Det vil altso seie at di større fridomsgrad læraren får, di meir tid må brukast til å setje opp utflukta. Ein annan framgangsmåte er å førehandslage spesifikke scenario med oppgåver i MR. Denne framgangsmåten gjev læraren mindre arbeid med dei tekniske aspektet, men krev også at det heile er eit meir samansett opplegg som legg til grunn fleire av aspekta rundt utflukta, som arbeidsoppgåver, korleis lærar skal fylgje opp, og til dels om lag kva sluttproduktet til elevane skal verte. Begge desse typane verktøy kan sjølvstg sameksistere, og at ein lærar kan velje mellom dei.

Dei studiane som vart analysert i denne oppgåva støttar i stor grad opp om det same resultatet; immersive MR i undervising gjev auka interesse. Dette ser ut til å vere eit nyttig aspekt for UBU, der ein ynskjer å motivere eleven til å gjere berekraftige og miljøsmarte val. MR-baserte verktøy kan då vere eit godt val til å danne eit interessegrunnlag som læraren kan bygge vidare på. Dette støttast av dei studiane som tidlegare er analysert; MR aukar interesse samanlikna med andre medium ein tradisjonelt sett har nytta i læring, blant anna videoar. Men, Dillon et al. (2006) peiker på at sjølv om utflukter ut i naturen aukar interesse er det ingen garanti for at læringsutbyttet aukar. Det krevst god planlegging og gjennomføring. Dette er Remmen & Frøyland (2017) einig i, og dei har brukt tid på å forske på ulike aspekt ved undervising ein må ha på plass for å danne ei god utflukt. Deira forskning kjem med bidrag om korleis ein bør konstruere utflukta for å gjere den auka interessa til eit læringsutbytte. Og på dei same måtane som utflukter er nøydd å ha eit planlagd og godt opplegg som omkransar

sjølve utflukta, er den digitale utflukta nøydd å ha dei same gode opplegga. Det er her læraren sitt arbeid vert utruleg viktig. Det breie spekteret med framgangsmåtar dei fire studiane som undersøker deltakaren i møte med MR har viser at det ikkje er eit strengt krav til interaktivitet i MR for å danne eit interessant MR-opplegg. Likevel, Remmen & Frøyland (2017) tilrår sterkt i sine studiar at også sjølve utflukta er grunda i opne og situerte arbeidsmål som skal kulminere i eit eller fleire produkt.

Blant anna meiner Remmen & Frøyland (2017) at ein god utflukt krev at elevane har få, men opne, oppgåver der dei kan utforske. Oppgåvene er nøydd å vere situert – realistiske til situasjonen. Elevane er nøydd å ta val og grunngje desse vala. Og oppgåva må vere konstruert slik at den verkar å kome frå ein ekstern tredjeperson (fiktiv eller ekte), slik at elevane oppfattar oppgåva som meningsfull. Dette er grunnlaga til å lage gode utflukter med høgt læringsutbytte; å gje elevane meningsfulle oppgåver som dei er investert i å løyse. Også viktig er oppfylginga av lærar etter utflukta.

Likevel er det lurt at ein lærar ikkje berre har auga på ein slik målstyring der ein *skal* lære noko på kvar einaste skuleaktivitet. Sjølv om Dillon et al. (2006) og Remmen & Frøyland (2017) begge kjem med måtar å auke læringsutbyttet ein har på ei utflukt, så treng ikkje alle utflukter alltid ha til formål å gje eleven eit stort læringsutbytte. Til dømes er det ikkje uvanleg at skuleklassar på ungdomsskule eller vidaregåande skule reiser på utflukt til utlandet og vitjar konsentrasjonsleirar som t.d. Sachsenhausen eller Auschwitz. Dette er ikkje ein utflukt ein tar fordi det er elevar i klassen som ikkje veit kva holocaust var, men for å vektlegge og meningsfullt gje ein forståing og vekke kjensler knytt til holocaust som ein ikkje kan få via tekst og bilete. Poenget med ei utflukt treng soleis ikkje alltid vere for å lære, men for å føle. Poenget med Remmen & Frøyland (2017) sitt arbeid er i stor grad å auke læringsutbyttet ein får frå ein utflukt ved å knytte eit utforskingarbeid til utflukta, men det betyr ikkje at ein utflukt utan utforskande arbeid og høgt læringsutbytte er bortkasta tidsbruk. Slik kan det til dømes også vere med den digitale utflukta. Ikkje alle digitale utflukter treng vere ein involvert prosess med opne arbeidsoppgåver for å maksimere læringsutbyttet. Nokon av dei kan fungere som ein *immersive* illustrasjon av kva som skjer i verda, og kvifor ein må jobbe for berekraftig utvikling.

I UBU, og særleg i den alternative læringsarenaen, legg ein opp til utforskande læring. Dette ber preg av eit konstruktivistisk læringssyn der ein meiner at individet i møte med verda sjølve konstruerer læringa. Det ein som lærar då gjer, gjennom den gode planlegginga rundt den digitale utflukta, er å tilretteleggje eleven sin eigen læring. Det er viktig at ein lar eleven, med hjelp, sjølv kome fram til kunnskapen. Dette gjev eleven større eigarskap til kunnskapen.

Det ein ynskjer er at eleven skal verte rusta til å ta miljømedvitne val, og bidra til miljømedviten endring av private og statlege verksemder. Oppgåva har så langt undersøkt at MR er eit verktøy som kan hjelpe lærarar i å auke interessa elevane har til denne problematikken. Korleis nyttar ein MR i dette arbeidet? Frå eit teknisk aspekt er det viktigaste ved bruk av MR at ein ivaretek immersion, elles kan ein like gjerne bruke vanleg todimensjonal video. MR si styrke ligg i å kunne vise brukaren hendingar og objekt som er åtskild i tid og rom på ein slik måte at ein kjenner ei kopling til det som visast til seg. Det er difor eit verktøy som har stor bruk i å illustrere dei konsekvensane som kjem av manglande berekraftig utvikling, og forme eleven si haldning til å handle for berekraftig utvikling. Dei digitale illustrasjonane ein nyttar i den digitale utflukta kan ein lærar nytte til å danne interesse og haldningar som får eleven til å handle berekraftig som samfunnsborgar.

Ein samfunnsborgar, som eleven er, har moglegheit til å gjere gode berekraftige val på fleire arenaar. Og å lære opp eleven til å handle miljømedviten og berekraftig er eit av mandata som skulen har (Opplæringslova, 1998). Som samfunnsborgar med stemmerett og kjøpekraft er det fleire områder ein kan handle på. Til dømes kan ein velje å stemme på parti og personar i demokratiske val som har ein berekraft-venleg agenda. Store delar av utfordringa med berekraftig utvikling kan ikkje løysast av individ, men må gjerast gjennom regulering og avgjerder frå lokale, nasjonale, eller internasjonale myndigheiter. Slike avgjerder kan blant anna dreie seg om kvar og korleis ein har lov å nytte naturareal. Ein kan også ta berekraftige val som forbrukar gjennom å kjøpe mindre og meir berekraftig, både mat og gods. Kvar år vert det kasta kring 390 000 tonn mat i Noreg (Stensgård et al., 2019). Maten vert produsert og frakta, og det kostar energi og karbondioksid. Å redusere matavfall er soleis eit godt og effektivt tiltak. Ein kan også ta berekraftige val innan utdanning og arbeid; verda treng fleire personar som tenkjer berekraft, ikkje berre på heimearena eller ved stemmeurna, men også på arbeidsplassen. Det kan vere å styre eksisterande verksemder i ein grønare retning, eller skipe til nye verksemder som skal vere berekraftige frå starten av. Ettersom dei fleste elevar korkje driv med innkjøp av mat, eller stemmer på politikarar, er dette langsiktige mål som ein må gjennomsyre i utdanninga, og bruke mykje tid på. Det er likevel viktig å ha i hug at borna har mykje påverknadskraft gjennom familie og aktivisme av ulike slag. Ein kan også påverke dei til å ynskje å kjøpe færre ting, og heller ynskje å reparere framfor å kjøpe nytt. Slik støttar ein den sirkulære økonomien framfor den lineære bruk og kast økonomien som er destruktiv for berekraftig utvikling.

Me kan nytte den digitale utflukta til å vise elevane kva konsekvensane av at verda ikkje handlar mot å bli meir berekraftig er. I stor grad vil opplegg der ein nyttar den digitale utflukta handle om å kunne observere endringane. Dette er det ein såg i Markowitz et al. (2018) der deltakarane observerte kva som skjedde med ein korall i eit stadig surare hav. Dette gav deltakaren ein auka interesse for temaet havforsuring. Det er då tenkjeleg at ein i stor grad kan nytte den digitale utflukta til å observere dei endringane som til dømes klimaendringane dannar, som ein konsekvens av at menneskeleg utvikling i stor grad ikkje har handla berekraftig. Nokre døme på observasjonar ein elev kan gjere er å undersøkje smeltande isdekke på Grønland, eller isbrear som trekk seg tilbake. Desse observasjonane kan også gjerast på eit videoformat, men som Filter et al. (2020) fann i deira studie har immersjon ein del å seie for haldning og interesse. MR opnar også for ein mykje meir interaktiv oppleving der ein rører seg. Ulempa med ein meir interaktiv oppleving er at dei fort vert kompleks å utvikle og å bruke. Det er intuitivt å meine at ein meir interaktiv digital utflukt gjev betre læringsutbytte eller er eit betre grunnlag for interesse til temaet, men ingen av studiane sett på i denne oppgåva undersøker korleis grad av interaksjon kan påverke det endelege læringsutbyttet.

Å gjere MR-opplevinga interaktiv krev mykje arbeid og kunnskap. Dette krev at ein utviklar har tenkt godt og pedagogisk rundt fleire aspekt. Ein tenkeleg måte å lage ein interaktiv utflukt, er til dømes å sjå på produkt i ein butikk og konsekvensane desse produkta har på miljøet. Smit et al. (2021) fann i si studie var at MR-baserte verktøy kan kombinere ein daglegdags situasjon med tekst- og biletebasert informasjon. Dette er ein måte å bruke situert læring; ein lærer eleven informasjon på den staden eleven kan ha nytte for denne læringa. I dette tilfellet var det å ta miljø- og helsemedvitne val på matbutikken. Dette er ein ypparleg metode å lære elevane om konsekvensane av matval. Gjennom ei utforsking av produkt i ein butikk kan ein lære elevane om maten dei et og påverknaden produksjonen av denne kan ha på miljøet.

Vala ein tar når ein kjøper produkt er sjølvstøtt svært viktig for kva type produkt og verksemder ein indirekte støttar. Men det er også veldig viktige val ein tar utanfor

kjøpsprosessen. Viktige val ein forbrukar gjer er også knytt til det ein gjer når ein ynskjer å kaste eit produkt. Det er viktig at ein i UBU lærer elevar til i større grad å bidrage til ein sirkulær økonomi framfor ein lineær økonomi der ein brukar og kastar. Då handlar det i stor grad om å drive gjenbruk eller resirkulering av det ein ikkje treng lenger. Konsekvensane av å kaste frå seg mykje brukbare varer, eller å ikkje resirkulere ubrukelege varer kan også framvisast i MR. Avfallet, særleg elektronisk avfall hamnar ofte i fattige land, til dømes land i Afrika. Sjølv om dette er ulovleg i fylgje baselkonvensjonen skjer dette fordi ein del av avfallet er meir lønnsamt å resirkulere med billig arbeidskraft frå utviklingsland framfor dyr arbeidskraft frå industriland. Resultatet er også at teknikkane ein nyttar til å utvinne metallet frå avfallet er skadeleg både for dei som arbeider med det og dei øvrige bebuarane i området (Akese & Little, 2018; Srigboh et al., 2016). Dette kan vere ein basis for ein digital utflukt: Elevane kan, i MR, undersøkje korleis ein arbeidarar i utviklingsland knuser og brenn elektronisk avfall for å utvinne dei verdifulle metallane som finnast i dei. Ein slik virtuell undersøking kan danne eit grunnlag for diskusjonar og presentasjonar om kva dei moglege konsekvensane av dette er, og kva grep ein kan ta for å forhindre at dette skjer. Også ein viktig diskusjon som kan oppstå frå undersøkinga i den digitale utflukta er kva ein skal gjere for å støtte desse stadene som har danna seg ei næring rundt å ta i mot elektrisk avfall. Dei som arbeider med avfallet er fattige og treng pengane; korleis kan ein både hindre at avfallet vert frakta til utviklingsland og samstundes sikre at dei har arbeid til å skaffe mat? Dette er ein vanskeleg diskusjon med vanskelege svar; men det er viktig at ein som lærar oppfordrar elevane til å tenke slik ut over eigne landegrensar. Særleg i UBU, som er eit samansett fagfelt med sosiale aspekt i tillegg til dei miljømessige aspekta; det er viktig at elevane lærer at alle menneskje og biosfæren vert påverka av berekraftig problematikk, og må då vere samla om kampen mot klimaendringane og fattigdom.

Eit anna døme på problematikk knytt til avfall i berekraftig utvikling er knytt til flytting av avfall frå industriland til utviklingsland. Ein kan til dømes fylgje reisa elektrisk avfall tek frå eit industriland som Noreg til utviklingsland i til dømes Afrika, og måtane arbeidarar risikerer helsa si på å utvinne verdifulle stoffar frå avfallet. Her kan ein illustrere dei konsekvensane som kjem når ein kjøper og kastar hemningslaust – sjølv om ein leverer frå seg avfallet på rett måte (Knudssøn & Berentsen, 2019).

Nokre av dei didaktiske konsekvensane som ein kan sjå av ved MR er at ein kan ta i bruk endå eit verktøy når ein reiser på utflukt ved bruk av AR-aspektet, slik ein ser i Tarng et al. (2015). Dette gjev ein moglegheit for å observere ulike element som ein ikkje nødvendigvis kan sjå ute i naturen, eller som er vanskeleg å sjå. I tillegg opnar det opp for å reise på utflukt i frå sitt eige klasserom, ved hjelp av VR eller HMD- eller projektorbasert AR. Desse utfluktene vil kunne auke eleven si interesse, noko som lærar må nytte seg av med god oppfylgning. Den digitale utflukta er fortsatt ein tidkrevjande prosess. Ein forventar ikkje at læraren nødvendigvis får kapasitet til å gjennomføre fleire utfluktar totalt sett – men det kan vere eit verktøy i å relatere det lokale miljøet til det globale miljøet, som er eit mål i UBU, på ein meir effektiv måte. Ein klar fordel som MR-baserte verktøy har i undervising er moglegheita for utflukter til fleire eksotiske stader. Til dømes kan ein observere blant anna ville dyr på ein heilt annan måte enn i ein dyrepark, men det vert også mykje meir tilgjengeleg. Parkar som t.d. Langedrag gjev ei unik moglegheit til å kome tett på dyr som elles hadde vore vanskeleg eller umogleg å observere. Men å reise til ein slik stad kostar mykje tid frå skulen og faga, i tillegg til mykje pengar. Somme skular har kanskje ikkje nokon slike parkar i nærleiken heller. Den digitale utflukta kan kanskje kompensere for nokre slike manglar. Det er tvilsamt at den digitale utflukta vil kunne erstatte ei skikkeleg utflukt, men det er truleg heller ikkje noko ein ynskjer.



## 6 Konklusjon

I denne oppgåva er TPACK-rammeverket av Mishra & Koehler (2006) nytta til å danne ein TPCK, ein syntese, mellom UBU og bruk av MR-baserte verktøy som er kalla den digitale utflukta. Denne syntesen har er i denne oppgåva forsøkt brukt på to måtar; som eit analyseverktøy i dokumentanalyse, og som ein basis for forslag på ulike måtar å lære om utfordringar knytt til berekraftig utvikling, og kva omsyn læraren bør ta i sine val. Det ein fann i denne studia er at det i den digitale utflukta er essensielt at lærar bygger opp ei god ramme rundt utflukta, medan bruken av MR til sjølve utflukta gjev ei auka interesse samanlikna med til dømes å vise ein film. Det kjem klare indikasjonar både frå deltakarar som har vore testobjekt, samt frå lærarstudentar som har forsøkt å nytte MR, om at dette er eit verktøy dei kunne tenkt seg å bruke meir.

Oppgåva har ynskja bruke dette til å svare på problemstillinga "kva betydning kan mixed reality ha i undervising for berekraftig utvikling, og korleis kan det nyttast til dette?". Det oppgåva i hovudsak kjem fram til i oppgåva er at MR kan ha ei viss betydning i å betre og utvide den normale undervisinga, og at MR i stor grad let ein lærar reise på utfluktar som ikkje tidlegare har vore mogleg eller praktisk å gjennomføre grunna tid og pengar. MR er då eit verktøy for å observere, og til dels å delta interaktivt i, ulike hendingar i verda. Verktøyet bør i stor grad nyttast i lag med eit større opplegg der lærar har lagd opp til opne oppgåver og læraroppfølging, men treng ikkje nødvendigvis alltid vere for rein læring men også for å danne kjensler og haldning til eit tema.

Den største styrka til den digitale utflukta er at den let ein å observere hendingar eller objekt som er åtskild i tid og rom, og kan då fjerne eit lag av abstraksjonar som ofte hindrar ein elev å verte engasjert i fagstoffet. Funna og diskusjonane kjem i stor grad fram til at MR kan fungere som eit verktøy som tillet ein i stor grad illustrere konsekvensane som kan oppstå, eller som allereie er ein realitet, om ein ikkje handlar berekraftig. Den immersion som den digitale utflukta dannar gjev ei auka interesse samanlikna med tradisjonelle metodar for illustrering, deriblant video. Dette gjev lærarar ein grobotn å kultivere meir læring frå.

Likevel er ikkje den digitale utflukta ei erstatning for å gå ut; det er mange sansar som ein ikkje får nytta seg av, eller som er praktisk å nytte seg av. Til dømes viser noko forskning til at luktesans kan vere viktig for å hugsen; dette er upraktisk å gjenskape i MR i dag – men ikkje umogleg (Flavián et al., 2021; Willander & Larsson, 2006). I tillegg manglar ein også sansen av å ta og kjenne på objekt; stein, bork, insekt – slike kjensler kan ein diverre ikkje få i MR (endå). Forskinga er også ikkje heilt komplett. I dei studiane som vart analysert er det avgrensa forskning om korleis interaksjon i sjølve MR-opplevinga kan spele ei rolle.

Det er likevel viktig å vere forsiktig med bruken av HMD. Bruk av HMD kan danne ein visuell-vestibulær konflikt som kan danne reisesjuka. Dette kan i somme tilfelle medføre kvalme og at ein deltakar må legge seg ned. Likevel, det arbeidast med teknikkar og forbetringar av utstyr for å unngå eller minimere denne konflikten (Fernandes & Feiner, 2016). Også ein grunn til å vere varsam er moglegheit for epileptiske anfall (Epilepsy Society, 2019).

Oppsummert verker MR å vere eit verktøy som kan danne eit godt interessegrunnlag for lærar å bygge vidare på, og bruken i UBU gjennom den digitale utflukta ser ut til å vere eit reelt bruksområde som kan hjelpe lærarar å gje eleven rett haldning til å handle rett for berekraftig utvikling.

## 6.1 Avgrensingar og feilkjelder

Studia ser på eit veldig lite og spreidd kjeldemateriale i analysen. Den er eit forsøk på å danne eit konsept rundt den digitale utflukta, men er ikkje utprøvd. Også ein avgrensing er forsøkt på å dele opp berekraftig utvikling til nokre nøkkelområder; ettersom berekraftig utvikling er eit samansett felt vert desse inndelingane noko arbitrær. I røynda skilir problema i berekraftig utvikling inn i kvarandre på mange måtar, og er ein av grunnane til at berekraftig utvikling er bygd opp av tre hovudområder, som igjen har mange byggjesteinar.

Fiter et al. (2020) forskar på skilnad i haldning og interesse mellom video på skjerm og immersive video, men det manglar også tilsvarande forskning på t.d. interaktive medium på skjerm, som til dømes dataspel, og som MR. Vert skilnaden i haldning og interesse like stor? Kunne argumenta som er nytta for å ta i bruk MR i skulen like greitt vore nytta for spel eller liknande interaksjon?

Den auka interessa ein finn i studiane er svært interessant, men korleis har grad av immersion, og alt opplegget rundt innverknad på dette? Det er ingen av studiane som gjer ein stor innsats for å isolere kva faktorar som dannar immersion, og kva innverknad eit solid læreopplegg og læraroppfølging rundt bruk av MR har.

Det er usikkerheit kor rett det er å gruppere AR og VR i lag til MR så konsekvent som det er blitt gjort i denne oppgåva. Gjennomgåande i oppgåva er at MR vert omtala frå eit veldig VR-sentrisk lys, og tar i grunn utgangspunkt at ein nyttar HMD. HMD er mogleg å nytte i AR, men i dag er det eit felt der mobiltelefonar dominerer.

Søkjeorda som vart valde er knytt til berekraftig utvikling, men er svært snever – det kunne moglegvis ha vore nytta "sustainable development" i staden for alle dei "små" søkjeorda. Dette er ei avgrensing som er ein konsekvens av korleis eg starta å skrive oppgåva. Det er og tenkeleg at andre søkjeord hadde vore meir egna til å finne passande studiar. I tillegg er det også avgrensingar som ligg i søkjemotorane som vart nytta – kanskje hadde andre søkjemotorar gjeve andre resultat? Denne avgrensinga gjennom søkjeord og studieantal, samt forfattar sitt bias og særpreg gjer at ein bør nytte informasjonen i oppgåva varsamt.

## 6.2 Forslag til vidare forskning

Vidare bør det forskast på den digitale utflukta og korleis effekten den har på læring og haldningar skil seg frå røyndeg uteskule. Det bør også forskast på skilnaden mellom begge desse og konvensjonell inneskule. Det er mogleg at ein kan finne ut korleis ein kan bidra til effektiv læring, og kor stor verdi det faktisk ligg i å nytte MR i skulen.

Ein bør og forske på kor viktig grad av interaksjon er i MR. Kan ein i dei fleste tilfelle komme unna med eit auka læringsutbytte av å berre nytte den *immersive* kvaliteten som ligg i MR? Er det nok å sjå videomateriale i MR for å engasjere eleven meir, eller ligg det større fordelar i rørsle og interaktive arbeidsoppgåver i MR?

Kor viktig er det at mediet presentert er ein video eller eit form for interaktivt spel? Kan det vere nok med 360°-bileter (fotosfære e.l.) for å gje ei kjensle av presence og få same utfall?

Det trengst studiar som samanliknar og undersøker om det kan eksistere eit felles rammeverk for både AR og VR gjennom MR, eller om applikasjonen av desse to delane av MR har heilt ulik funksjon og utfall. I denne studia takast det ein lærd mistanke på at mykje av dei same aspekta gjeld for baa to, men det bør studerast meir.

Ein treng fleire studiar som omhandlar embodiment, og effekten dette kan ha på læring. Er også interessert i studiar om kor langt ein kan dra embodiment – kan ein ta kroppen som dyr utan at dette påverkar kjensla til immersion i stor grad? Per no er det studiar som stort sett har undersøkt embodiment av humanoide kroppar; kroppar med to bein og som står oppreist. Det er nokon studiar der ein legg til fleire hender og halar, men kva med heilt andre dyr og objekt?

Eit punkt til vidare ettertanke er og at det hadde vore ein fordel om omgrepa immersion, presence, og embodiment kunne ha eigne fagomgrep på norsk. Dersom ein ynskjer at det norske språket skal halde fram med å vere relevant i lang tid framover er det naudsynt at også slike "småting" vert fornorska. I denne oppgåva vart det for enkeltheitsskuld ikkje fornorska omgrep, ettersom det ligg utanfor formålet med oppgåva.

Det trengst fleire langtidsstudiar av haldningsendringane ein ynskjer å oppnå gjennom bruk av MR i undervising. Dei undersøkte studiane finn for det meste at MR er eit verktøy for haldningsendring, men varar desse haldningane over tid?

## 7 Referansar

- Akese, G. A., & Little, P. C. (2018). Electronic waste and the environmental justice challenge in Agbogbloshie. *Environmental Justice*, 11(2), 77–83.
- Akiduki, H., Nishiike, S., Watanabe, H., Matsuoka, K., Kubo, T., & Takeda, N. (2003). Visual-vestibular conflict induced by virtual reality in humans. *Neuroscience Letters*, 340(3), 197–200. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00098-3)
- Allcoat, D., & von Mühlenen, A. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational researcher*, 25(4), 5–11.
- Andrews, A. (1990). Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A review. *Australian Zoologist*, 26(3–4), 130–141.
- Ansorge, H., Holzapfel, M., Kluth, G., Reinhardt, I., & Wagner, C. (2010). Die Rückkehr der Wölfe. Das erste Jahrzehnt. *Biologie in unserer Zeit*, 40(4), 244–253.
- Arrhenius, S. (1896). XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41(251), 237–276.
- Berkman, M. I., & Akan, E. (2019). Presence and Immersion in Virtual Reality. I N. Lee (Red.), *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (s. 1–10). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9\\_162-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_162-1)
- Bhuiyan, M. J. A. N., & Dutta, D. (2012). Assessing impacts of sea level rise on river salinity in the Gorai river network, Bangladesh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96, 219–227.
- Biocca, F., Kim, T., & Levy, M. R. (1995). The vision of virtual reality. I *Communication in the age of virtual reality* (s. 3–14).
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative research journal*, 9(2).
- Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: How much immersion is enough? *Computer*, 40(7), 36–43.
- Bray, B., & Coulter, D. (2020, august 26). *What is Mixed Reality?* <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., & Chidzero, B. (1987). Our Common Future. *New York*.
- Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233–1242.
- Burdea, G. C. (1999). Haptic feedback for virtual reality. *Virtual reality and prototyping workshop*, 2, 17–29.
- Carlton, J. S., Perry-Hill, R., Huber, M., & Prokopy, L. S. (2015). The climate change consensus extends beyond climate scientists. *Environmental Research Letters*, 10(9), 094025. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/9/094025>
- Christoffersen, L., & Johannessen, A. (2012). Analyse av dokumenter. I *Forskningsmetode for lærerutdanningene* (s. 87–98). Abstrakt forlag.
- Christou, C. (2010). Virtual reality in education. I *Affective, interactive and cognitive methods for e-learning design: Creating an optimal education experience* (s. 228–243). IGI Global.
- Christou, C., & Michael, D. (2014). Aliens versus humans: Do avatars make a difference in how we play the game? *2014 6th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 1–7.

- Clark, R. B., Frid, C., & Attrill, M. (1989). *Marine pollution* (Bd. 4). Clarendon Press Oxford.
- Crotty, M. (1998). *The foundations of social research: Meaning and perspective in the research process*. Sage.
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: Evidence from research in the UK and elsewhere. *School science review*, 87(320), 107.
- Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., & Ekwurugwu, J. N. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of physical sciences*, 2(5), 112–118.
- Epilepsy Society. (2019, mai). *3D films and virtual reality*. <https://epilepsysociety.org.uk/3d-films-and-virtual-reality>
- Fernandes, A. S., & Feiner, S. K. (2016). Combating VR sickness through subtle dynamic field-of-view modification. *2016 IEEE symposium on 3D user interfaces (3DUI)*, 201–210.
- Filter, E., Eckes, A., Fiebelkorn, F., & Büssing, A. G. (2020). Virtual Reality Nature Experiences Involving Wolves on YouTube: Presence, Emotions, and Attitudes in Immersive and Nonimmersive Settings. *Sustainability*, 12(9), 3823.
- Fisher, S. S., Wenzel, E. M., Coler, C., & McGreevy, M. W. (1988). Virtual Interface Environment Workstations. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 32(2), 91–95. <https://doi.org/10.1177/154193128803200219>
- Flavián, C., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2021). The influence of scent on virtual reality experiences: The role of aroma-content congruence. *Journal of Business Research*, 123, 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.036>
- FN-sambandet. (2019, januar 15). *Bærekraftig utvikling*. <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>
- Fosnot, C. T., Images, H., & Seignoret, H. (2001). *Young Mathematicians at Work: Constructing Number Sense, Addition, and Subtraction* (V. Merecki & L. Peake, Red.). Heinemann.
- Gadotti, M. (2008). What we need to learn to save the planet. *Journal of Education for Sustainable Development*, 2(1), 21–30.
- Garon, M., Boulet, P.-O., Doiron, J.-P., Beaulieu, L., & Lalonde, J.-F. (2016). Real-time high resolution 3D data on the HoloLens. *2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, 189–191.
- Gattuso, J.-P., & Hansson, L. (2017). Ocean Acidification. I A. Euzen, F. Gaill, D. Lacroix, & P. Cury (Red.), *The Ocean Revealed* (s. 66–67). CNRS Éditions.
- Google VR. (2017, desember 11). *Cardboard*. Google Developers. <https://developers.google.com/vr/discover/cardboard?hl=nn>
- Gustavsson, B. (2009). *Utbildningens förändrade villkor: Nya perspektiv på kunskap, bildning och demokrati*. Liber.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 1–32.
- Hauer, M. E., Fussell, E., Mueller, V., Burkett, M., Call, M., Abel, K., McLeman, R., & Wrathall, D. (2020). Sea-level rise and human migration. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(1), 28–39.
- Heilig, M. L. (1960). *Stereoscopic-television apparatus for individual use* (United States Patent Nr. US2955156A). <https://patents.google.com/patent/US2955156A/en>
- Heilig, M. L. (1962). *Sensorama simulator* (United States Patent Nr. US3050870A). <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>
- Huybers, P., & Curry, W. (2006). Links between annual, Milankovitch and continuum temperature variability. *Nature*, 441(7091), 329–332.

- Imsen, G. (2016). *Lærerens verden: Innføring i generell didaktikk* (5. utg.). Universitetsforlaget.
- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641–661. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>
- Jickling, B. (1992). Why I don't want my children to be educated for sustainable development. *The journal of environmental education*, 23(4), 5–8.
- Jickling, B., & Wals, A. E. (2008). Globalization and environmental education: Looking beyond sustainable development. *Journal of curriculum studies*, 40(1), 1–21.
- Juo, A. S., & Manu, A. (1996). Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58(1), 49–60.
- Kahn, P., & O'Rourke, K. (2005). Understanding enquiry-based learning. *Handbook of Enquiry & Problem Based Learning*, 1–12.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85–119.
- Keane, P. (2020, september 19). How the oil industry made us doubt climate change. *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/stories-53640382>
- Kilgour, P. W., Reynaud, D., Northcote, M. T., & Shields, M. (2015). Role-playing as a tool to facilitate learning, self reflection and social awareness in teacher education. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 2(4), 8–20.
- Kilteni, K., Groten, R., & Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373–387.
- Kissinger, G. M., Herold, M., & De Sy, V. (2012). *Drivers of deforestation and forest degradation: A synthesis report for REDD+ policymakers*. Citeseer.
- Kjørstad, E. (2018, oktober 15). *Hvordan kan vi komme oss ut av «bruk-og-kast-samfunnet»?* <https://forskning.no/a/1238313>
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (2019). *Elever som forskere i naturfag* (2. utgave.). Universitetsforlaget.
- Knudssøn, K., & Berentsen, A. (2019, oktober 16). *Søppelsmuglerne*. <https://tv.nrk.no/serie/brennpunkt/2019/MDDP11000819>
- Koh, L. P., & Wilcove, D. S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation letters*, 1(2), 60–64.
- Kovach, M. (2010). Situating self, culture, and purpose in Indigenous inquiry. I *Indigenous methodologies: Characteristics, conversations, and contexts* (s. 109–120). University of Toronto Press.
- Krauss, J., Bommarco, R., Guardiola, M., Heikkinen, R. K., Helm, A., Kuussaari, M., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., & Pino, J. (2010). Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology letters*, 13(5), 597–605.
- Kunnskapsdepartementet. (2012, juli 5). *Kunnskap for en felles framtid* [Rapport]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kunnskap-for-en-felles-framtid/id696562/>
- Kunnskapsdepartementet. (2020). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/>
- Lauvset, S. (2021). Havforsuring. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/havforsuring>
- Lee, C. K., & Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 163–177.

- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187.
- Locatelli, B., Catterall, C. P., Imbach, P., Kumar, C., Lasco, R., Marín-Spiotta, E., Mercer, B., Powers, J. S., Schwartz, N., & Uriarte, M. (2015). Tropical reforestation and climate change: Beyond carbon. *Restoration Ecology*, 23(4), 337–343.
- Markowitz, D. M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D., & Bailenson, J. N. (2018). Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02364>
- Mausethagen, S. (2015). *Læreren i endring? Om nye forventninger til lærerprofesjonen og lærerarbeidet*. Universitetsforl. [https://www.nb.no/search?q=oaiid:"oai:nb.bibsys.no:991507366064702202"&mediatype=bøker](https://www.nb.no/search?q=oaiid:)
- McGuire, M. (2016, august 12). Casual Effects: Strategies for Avoiding Motion Sickness in VR Development. *Casual Effects*. <https://casual-effects.blogspot.com/2016/08/strategies-for-avoiding-motion-sickness.html>
- McLellan, H. (1996). Virtual realities. *Handbook of research for educational communications and technology*, 457–487.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telem manipulator and telepresence technologies*, 2351, 282–292.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017–1054.
- Munafo, J., Diedrick, M., & Stoffregen, T. A. (2017). The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects. *Experimental Brain Research*, 235(3), 889–901. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4846-7>
- Myers, B. A. (1998). A brief history of human-computer interaction technology. *interactions*, 5(2), 44–54.
- Nerem, R. S., Beckley, B. D., Fasullo, J. T., Hamlington, B. D., Masters, D., & Mitchum, G. T. (2018). Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(9), 2022–2025.
- Opplæringslova. (1998). *Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa*. (LOV-1998-07-17-61). <https://lovdata.no/lov/1998-07-17-61>
- Oreskes, N. (2004). The scientific consensus on climate change. *Science*, 306(5702), 1686–1686.
- Oreskes, N. (2018). The scientific consensus on climate change: How do we know we're not wrong? I *Climate modelling* (s. 31–64). Springer.
- Pachauri, R. K., Meyer, L., & Core Writing Team (Red.). (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Peck, T. C., Seinfeld, S., Aglioti, S. M., & Slater, M. (2013). Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 779–787. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.04.016>
- Petit, J.-R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., & Delaygue, G. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399(6735), 429–436.

- Powell, W., Powell, V., Brown, P., Cook, M., & Uddin, J. (2016). Getting around in google cardboard—exploring navigation preferences with low-cost mobile VR. *2016 IEEE 2nd Workshop on Everyday Virtual Reality (WEVR)*, 5–8.
- Pruett, C. (2019, mai 2). *Down The Rabbit Hole w/ Oculus Quest: The Hardware + Software*. Oculus Developer Blog. <https://developer.oculus.com/blog/down-the-rabbit-hole-w-oculus-quest-the-hardware-software/>
- Pspotka, J. (2013). Educational games and virtual reality as disruptive technologies. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 69–80.
- Qin, Y., Xiao, X., Wigneron, J.-P., Ciais, P., Brandt, M., Fan, L., Li, X., Crowell, S., Wu, X., Doughty, R., Zhang, Y., Liu, F., Sitch, S., & Moore, B. (2021). Carbon loss from forest degradation exceeds that from deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Climate Change*, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01026-5>
- Rae Westbury, H., & Neumann, D. L. (2008). Empathy-related responses to moving film stimuli depicting human and non-human animal targets in negative circumstances. *Biological Psychology*, 78(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.12.009>
- Remmen, K. B., & Frøyland, M. (2014). Implementation of guidelines for effective fieldwork designs: Exploring learning activities, learning processes, and student engagement in the classroom and the field. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(2), 103–125.
- Remmen, K. B., & Frøyland, M. (2015). What happens in classrooms after earth science fieldwork? Supporting student learning processes during follow-up activities. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(1), 24–42.
- Remmen, K. B., & Frøyland, M. (2017). «Utvidet klasserom» – Et verktøy for å designe uteundervisning i naturfag. *Nordic Studies in Science Education*, 13(2), 218–229.
- Ritter, W. F. (1990). Pesticide contamination of ground water in the United States-A review. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 25(1), 1–29.
- Robertson, A. (2019, oktober 16). *Phone-based VR is officially over*. The Verge. <https://www.theverge.com/2019/10/16/20915791/google-daydream-samsung-oculus-gear-vr-mobile-vr-platforms-dead>
- Rotzoll, K., & Fletcher, C. H. (2013). Assessment of groundwater inundation as a consequence of sea-level rise. *Nature Climate Change*, 3(5), 477–481.
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A., & McConnell, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256–268.
- Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>
- Schuemie, M. J., Van Der Straaten, P., Krijn, M., & Van Der Mast, C. A. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 183–201.
- Sforza, A., Bufalari, I., Haggard, P., & Aglioti, S. M. (2010). My face in yours: Visuo-tactile facial stimulation influences sense of identity. *Social neuroscience*, 5(2), 148–162.
- Shin, D. (2019). How does immersion work in augmented reality games? A user-centric view of immersion and engagement. *Information, Communication & Society*, 22(9), 1212–1229.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4–14.
- Sinnes, A. T. (2015). *Utdanning for bærekraftig utvikling: Hva, hvorfor og hvordan?* Universitetsforlaget.
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>



- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*, 3(3), 1–5.
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433.
- Smit, E. S., Meijers, M. H. C., & van der Laan, L. N. (2021). Using Virtual Reality to Stimulate Healthy and Environmentally Friendly Food Consumption among Children: An Interview Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph18031088>
- Srigboh, R. K., Basu, N., Stephens, J., Asampong, E., Perkins, M., Neitzel, R. L., & Fobil, J. (2016). Multiple elemental exposures amongst workers at the Agbogbloshie electronic waste (e-waste) site in Ghana. *Chemosphere*, 164, 68–74.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature News*, 531(7595), 435.
- Stensgård, A. E., Prestrud, K., Hanssen, O. J., & Callewaert, P. (2019). *Matsvinn i Norge: Rapportering av nøkkeltall 2015-2018* (Oppdragsrapport OR.32.19; s. 70). Matvett AS. <https://www.matvett.no/uploads/documents/OR.32.19-Matsvinn-i-Norge-Rapportering-av-nokkeltall-2015-2018-08.11.2019.pdf>
- Steptoe, W., Steed, A., & Slater, M. (2013). Human tails: Ownership and control of extended humanoid avatars. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 19(4), 583–590.
- Styger, E., Rakotondramasy, H. M., Pfeffer, M. J., Fernandes, E. C. M., & Bates, D. M. (2007). Influence of slash-and-burn farming practices on fallow succession and land degradation in the rainforest region of Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3), 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.012>
- Supran, G., & Oreskes, N. (2021). Rhetoric and frame analysis of ExxonMobil’s climate change communications. *One Earth*, 0(0). <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.014>
- Sælemyr, K., & Bjørndal, J. E. (2019). «Utflukter sitter lengre i hjernen». Elevers synspunkter på hvordan de lærer naturfag. *Nordic Studies in Science Education*, 15(3), 226–241. <https://doi.org/10.5617/nordina.6211>
- Tarng, W., Ou, K.-L., Yu, C.-S., Liou, F.-L., & Liou, H.-H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3), 253–266. <https://doi.org/10.1007/s10055-015-0265-5>
- The Wild. (u.å.). *The Wild for Oculus Quest*. Henta 8. april 2021, frå <https://thewild.com/oculus-quest>
- US Department of Commerce, N. (u.å.). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Henta 7. mai 2021, frå <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html#global>
- Valve Software. (u.å.). *Valve Index*. Valve Corporation. Henta 8. april 2021, frå <https://www.valvesoftware.com/no/index>
- Van Krevelen, D. F. W. (2007). Augmented reality: Technologies, applications, and limitations. *Vrije Univ. Amsterdam, Dep. Comput. Sci*, 1–25.
- Van Krevelen, D. F. W., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International journal of virtual reality*, 9(2), 1–20.
- VPL Research. (2021). I *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=VPL\\_Research&oldid=1020049427](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=VPL_Research&oldid=1020049427)
- Wada, Y., van Beek, L. P., Sperna Weiland, F. C., Chao, B. F., Wu, Y.-H., & Bierkens, M. F. (2012). Past and future contribution of global groundwater depletion to sea-level rise. *Geophysical Research Letters*, 39(9).
- Warpefelt, H., & Strååt, B. (2013). Breaking immersion by creating social unbelievability. *Proceedings of AISB 2013 Convention. Social Coordination: Principles, Artefacts and Theories (SOCIAL. PATH)*, 92–100.

- Watkiss, P., Downing, T., Handley, C., & Butterfield, R. (2005). The impacts and costs of climate change. *Brussels, European Commission DG Environment*.
- Wicks, A. C., & Freeman, R. E. (1998). Organization studies and the new pragmatism: Positivism, anti-positivism, and the search for ethics. *Organization science, 9*(2), 123–140.
- Widén, P. (2019). Kvalitativ textanalys. I Andreas Fejes & Robert Thornberg (Red.), *Handbok i kvalitativ analys* (3. utg., s. 193–210). Liber.
- Wilcove, D. S., & Koh, L. P. (2010). Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodiversity and conservation, 19*(4), 999–1007.
- Willander, J., & Larsson, M. (2006). Smell your way back to childhood: Autobiographical odor memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 13*(2), 240–244.  
<https://doi.org/10.3758/BF03193837>
- Wilson, E. O. (1989). Threats to biodiversity. *Scientific American, 261*(3), 108–117.
- Ødegaard, M. (2016). *På forskerfötter i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Aagre, W. (2014). *Ungdomskunnskap: Hverdagslivets kulturelle former* (2. utg.). Fagbokforl.

## 8 Vedlegg

### 8.1 Vedlegg A – Søkeresultat

<b><a href="#">Google Scholar</a></b>
Markowitz, D. M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D., & Bailenson, J. N. (2018). Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change. <i>Frontiers in psychology, 9</i> , 2364.
Filter, E., Eckes, A., Fiebelkorn, F., & Büssing, A. G. (2020). Virtual Reality Nature Experiences Involving Wolves on YouTube: Presence, Emotions, and Attitudes in Immersive and Nonimmersive Settings. <i>Sustainability, 12</i> (9), 3823.
Lee, C. K., & Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. <i>Journal of Research on Technology in Education, 52</i> (2), 163-177. <a href="https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15391523.2020.1726234">https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15391523.2020.1726234</a>
<b>Oria – artiklane over pluss nye under</b>
Tarng, W., Ou, K.-L., Yu, C.-S., Liou, F.-L., & Liou, H.-H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. <i>Virtual Reality, 19</i> (3), 253–266. <a href="https://doi.org/10.1007/s10055-015-0265-5">https://doi.org/10.1007/s10055-015-0265-5</a>
Smit, E. S., Meijers, M. H. C., & van der Laan, L. N. (2021). Using Virtual Reality to Stimulate Healthy and Environmentally Friendly Food Consumption among Children: An Interview Study. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health, 18</i> (3). <a href="https://doi.org/10.3390/ijerph18031088">https://doi.org/10.3390/ijerph18031088</a>

## 8.2 Vedlegg B – Støttetabell til analyse

Artikkel:	Undersøker	Kven	Kva	Samfunn
<b>Markowitz (2018)</b>	VR som som verktøy i utflukt. Korleis rørsle i VR påverker haldning til lærde	Hv. forf. Doktograd i kommunikasjon i USA, øvrige har bakgrunn i pedagogikk, nevrobiologi, og kommunikasjon	4 studiar – 1 på elevar. Mogleg varig læringseffekt, motorikk → haldning	Ta i bruk nye verktøy i læringa
<b>Filter (2020)</b>	Immersive v. Non-immersive video sin påverknad på elevane sine haldningar og kjensler knytt til ulv	Alle forfattarar bakgrunn i biologididaktikk v/ Osnabrück universitet eller Leibniz universitet	Kvantitativ und. Om 360°-videoar av ulvar gjev presence i VR headset Forskar på universitetsstud.	Undersøke effekt av VR på verdiar og handlingsynskje Ulv i tyskland og haldning
<b>Lee (2020)</b>	Korleis lærarstudentar nyttar VR i naturfagundervi. Nytt dei ser i VR, kva dei lærde og haldningane til VR	Medprofessor i naturfagutdanning og professor i psykologi v/ uni. Maine	Mixed-method – pre/post-test (kvant) og verbale og skriftlege responsar (kvali) Korleis lærarstudentar nyttar VR utan å ha kunne om det før.	Finne ut korleis skulen kan tilpasse seg VR/nye teknologiske verktøy
<b>Tarnng (2015)</b>	Mobil AR som verktøy å lære om sommarfuglar og tilknytt økologi	Hv. forf. Har skrive om virtuell læring lenge. Fleire forfattarar frå institutt for e-læring v/ Hsinchu universitet, Taiwan	I hovudsak ei studia om utviklinga av AR sommarfuglprogram, og eit kvantitativt kvasiekperiment der det vart testa med skuleborn	Auke lærdom om sommarfugl, og øvrige insekt, si livssyklus og lære om biodiversitet
<b>Smit (2021)</b>	Korleis VR kan stimulere til endra vaner hjå born – særleg mtp. matvaner	Hv. forfattarar har doktorgrad i kommunikasjon v/ Amsterddam universitet eller er ass proff. V/ Tilburg universitet	Kvalitativ metode, semistrukturert intervju. Virtuell butikk der deltakarar valde produkt basert på helse- og miljørisiko	Lære menneskjer å ta betre matval for deira eigen kropp og for miljøet. Kan VR vere effektivt til dette?

	MR-aspekt	Kopling til UBU	Funn	Øvrig
<b>Markowitz (2018)</b>	Presence, embodiment	Havforsuring, alternativ arena	Auka varig læringseffekt, ingen effekt på haldning frå type røyrsle i VR	Ettersøker fleir studiar om VR v. mobil/spel, læringseffekt, og med betre kontrollgrupper Delvis ein del i ein større læresamanheng
<b>Filter (2020)</b>	Presence	Biodiversitet, alternativ arena	Video i VR gjev auka presence, skilnad i interesse, men ikkje frykt og glede	Ettersøker meir forskning om presence sin effekt på læring Ikkje del av eit større læreobjekt
<b>Lee (2020)</b>	Opplæring om bruk av VR i læresituasjon	Svak kopling – nokon deltakarar i studien nytta UBU-nær verktøy i VR	Noko frustrasjon blant lærestud. Grunna openheit til å utvikle modul, men positive til bruk av VR	Forfattar meiner VR vert nytta for lite, trengst fleire program retta mot undervising. Bruker VR i oppl. på lærarstudentar, men ikkje elevar.
<b>Tarng (2015)</b>	Studia undersøker bruker ikkje MR-fagterm, men utleia; Immersive (realistic) Presence (situert)	Biodiversitet	AR-systemet kunne effektivt auke elevanes læringsutbytte	Gjev eit innblikk i systemdesign. Situert læring. Forsøk i samanheng med større læreopplegg
<b>Smit (2021)</b>	Studia undersøker ikkje dei ulike MR-aspekta og korleis dei påverker læringa, men heller korleis situert læring i VR påverker deltakaren sin haldning til sunnare og meir miljømedviten mat.	Biodiversitet, miljømedviten mat, alternativ arena	Born under 10 slit med å forstå tekstinformasjon i VR. Bilde- og tekstinformasjon om miljø og helse kan bli forsterka gjennom VR.	Situert læring, borna som tok del var på vitskapsprosjekt Framtidige studiar bør komplimentere denne studia for auka validitet.

### 8.3 Vedlegg C – Ordliste

MR – Mixed Reality	Samleomgrep for spekteret av VR og AR. Omfamnar alt mellom røynda og ein rein virtuell verd.
VR – Virtual Reality	Ein immersive virtuell verd som omfamnar fleire av dei menneskelege sansane. Normalt sett syn og rørsle, og oftast nytta i lag med HMD.
AR – Augmented Reality	Ein utviding av røynda gjennom å inkludere virtuelle element i ho. Svært divers i metodar, her kan ein nytte HMD, mobiltelefonar, eller projektorar til å framvise det virtuelle i det ekte.
HMD – Head-Mounted Display	Skjerm montert til hovudet. Føremålet er å omfamne synet ditt med ei digital røynd for å oppnå VR. Responderer som regel til hovudet sine rørsler.
Immersion	Eit teknisk omgrep som referer til kor mange sansar og kva grad ein nyttar sansane i mixed reality. Her kan ein ha låge gradar og høge gradar av immersion.
Presence	Den menneskelege responsen til immersion. Kortfatta kor engasjert ein kjenner seg i mixed reality. Handlar i stor grad ikkje om å tru at ein er i ein virtuell verd.
Embodiment	Det å plassere ein deltakar i ein virtuell kropp. Ein ser at ein i stor grad kan få deltakarar til å godta kroppar som er annleis enn dei sjølve.
UBU – utdanning for berekraftig utvikling	Pedagogisk fagkunnskapsområde der hovudfokus er å nytte eit varierende spenn metodar for å lære elevane om og for berekraftig utvikling, slik at dei kan bidra til å ta vare på kloden.
TPACK	Rammeverk for forståing av korleis pedagogisk kunnskap, fagkunnskap, og teknologisk kunnskap samhandlar.

