

# Framtidens skole: Inkluderende bruk av eXtended Reality (XR)

Oppsummerende rapport om kartlegging av læringseffekter, barrierer og mulige løsninger for å lykkes med XR-teknologi i skolen

## Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse.....	1
<b>Forkortelser.....</b>	<b>1</b>
<b>Sammendrag.....</b>	<b>3</b>
<b>Introduksjon.....</b>	<b>4</b>
<b>Digitale læremidler og universell utforming.....</b>	<b>5</b>
Fordeler.....	5
Utfordringer.....	5
Forbedringsforslag.....	6
<b>Utvidet virkelighet / Augmented Reality som digitalt læremiddel.....</b>	<b>7</b>
Fordeler.....	7
Utfordringer.....	7
Forbedringsforslag.....	8
<b>Ludenso Explore – en AR-lærebok for norske skoler.....</b>	<b>10</b>
Fordeler.....	10
Utfordringer.....	10
Forbedringsforslag.....	11
<b>Referanser.....</b>	<b>13</b>

## Forkortelser

- 2D: todimensjonalt
- 3D: tredimensjonalt
- ADHD: «attention-deficit / hyperactivity disorder» på engelsk, eller «oppmerksomhetsvansker og hyperaktivitet» på norsk
- ALT-tekst: alternativ bildetekst,
- Bufdir: Barne-, familie- og ungdomsdirektoratet
- AR: «augmented reality» på engelsk, eller «utvidet virkelighet» på norsk
- PC: «personal computer» på engelsk, eller «personlig datamaskin» på norsk
- Udir: Utdanningsdirektoratet
- uu: universell utvikling
- WCAG: Web Content Accessibility Guidelines eller Retningslinjer for tilgjengelig webinnhold

# Sammendrag

Dette dokumentet oppsummerer funnene fra brukerutprøvingene i forskningsprosjektet «Framtidens skole». Både elever og lærere ble spurt om opplevelser med utvidet virkelighet / Augmented Reality / AR-teknologi og observert ved bruk. Fokuset lå på brukere med nedsatt funksjonsevne. Svarene og observasjonene er strukturert i henhold til fordeler, utfordringer og forbedringsforslag for henholdsvis digitale læremidler og universell utforming, AR generelt og Ludensos Explore-app spesielt.

AR generelt krever orientering i det fysiske rommet og, enda viktigere, forståelse av konseptet *virtualitet*, noe som krever stor kognitiv kapasitet. I tillegg ligger hovedvekten til AR per dags dato på det visuelle og grafiske effekter. Teknologien i sin nåværende form egner seg derfor kun i liten grad for personer uten syn / med nedsatt syn, og heller ikke for personer med ulike typer kognitive utfordringer som utviklingshemming. Her ville AR-miljøet kunne eksperimentere med lydeffekter, vibrasjon, 3D-printede modeller og taktile visningsenheter for å utvide virkeligheten med flere modaliteter som inkluderer lyd og touch. Samtidig ville AR-applikasjonen kunne eksperimentere med flere ikoner, bilder og grafiske elementer til appens ulike deler for å tiltrekke oppmerksomheten og interessen til elever med kognitive utfordringer. På den andre siden kan AR være et bra alternativ for dem som foretrekker å lære visuelt og kun i liten grad tekstbasert, for eksempel elever med dysleksi, ADHD og andre typer lærevansker.

Hva gjelder konsekvensene av ikke-tilgjengelige læremidler, inklusive AR-teknologi som brukes i skolen, uttalte informantene at ikke-tilgjengelige digitale læremidler lett kan føre til kunnskapshull. Det er fare for at elevene med manglende kunnskap ikke henger med når mer avanserte tema behandles på senere tidspunkt. Elever med nedsatt funksjonsevne er spesielt utsatt, og i denne gruppen er det kanskje især de med nedsatt syn og kognitive utfordringer som sliter mest. Informantene mente at AR kan føre til at tidligere kunnskapshull blir enda mer tydelig.

Kunnskapen om og bevissthet for universell utforming blant utviklere og designere av AR-utviklere og beslutningstakere som er ansvarlige for anskaffelse av digitale læremidler, bør økes. På den ene siden bør AR-bedrifter inkludere rutiner dedikert til universell utforming i sin utviklings- og evalueringsprosess. Dette kan blant annet inkludere automatisert eller manuell kontroll for tilgjengelige og brukervennlige brukergrensesnitt og regelmessige brukerutprøvinger med elever med og uten nedsatt funksjonsevne. På den andre siden bør beslutningstakere i kommunen og pedagoger etterspørre og sette krav for universell utforming av XR-applikasjoner som blir kjøpt som digitale læremidler. I denne rapporten henviser vi til retningslinjer for brukergrensesnitt, dataspill, programmering og XR-applikasjoner med beste praksis eksempler som kan brukes av XR-utviklere i utviklingsprosessen og av beslutningstakere som kravspesifikasjon.

# Introduksjon

Dette dokumentet oppsummerer brukerutprøvingene i prosjektet «Framtidens skole», som forskningsstiftelsen Norsk Regnesentral gjennomførte fra 2022 til 2023 med midler fra Bufdir (Simon-Liedtke and Halbach).

I prosjektet ble det undersøkt hvilke læringseffekter, både positive og negative, AR-teknologi har i skolen. Det var av spesiell interesse hvilke praktiske barrierene elever med nedsatt og varierende funksjonsevne kan møte på, og hva som kan være mulige løsninger for å lykkes med AR-teknologi i skolen.

AR representerer et digitalt læremiddel som kan hjelpe med å oppnå Utdanningsdirektoratets (Udirs) mål om å utvikle digital kompetanse i skolen i lys av fagfornyelse, og det passer til regjeringens strategi for digital kompetanse og infrastruktur i barnehage og skole (Kunnskapsdepartementet 2023).

Utprøvingene involverte fire skoler på Østlandet: Jordal ungdomsskole, Midstuen ungdomsskole, Holmen barneskole og Greåker videregående skole. Skolene ble valgt fordi vi ville ha et bredt utvalg av elever med og uten funksjonsnedsettelse, og det var mulig å rekruttere elever med kognitive funksjonsnedsettelse og nedsatt syn blant de valgte skolene. Totalt 34 elever i alderen 9 til 16 år fra begge kjønn deltok. Noen av elevene har nedsatt funksjonsevne, andre ikke. I dette prosjektet fokuserte vi på kognitive og visuelle funksjonsnedsettelse. Ca. 15 barn med kognitive funksjonsnedsettelse var involvert i utprøvingen. De kognitive funksjonsnedsettelsene kan kategoriseres som ASD, utviklingshemming og nedsatt syn / blindhet. I tillegg snakket vi med deres assistenter og lærere. 3 elever med nedsatt syn var involvert i utprøvingene. En elev hadde nokså mye restsyn igjen, en hadde lite restsyn igjen, og en elev var fullstendig blind. I tillegg intervjuet vi en lærer med sterkt redusert syn.

Materialet fra disse informantene er supplert av samtaler med utviklere ved teknologibedriften Ludenso AS. Ludenso utvikler løsninger for AR som kan brukes i skoler. Ludenso er en gründerbedrift fra Oslo stiftet i 2018. Ludenso jobber mot sin visjon om å skape det ledende Augmented Reality (AR) universet for læring, for å skape mer inkluderende og framtidsrettet undervisning for lærere og elever. Ludensos løsning det siktes til i denne rapporten, heter Ludenso Explore<sup>1</sup>. Explore er en app for mobile enheter.

Oppsummeringen er delt inn i aspekter som gjelder digitale læremidler og universell utforming, utvidet virkelighet / Augmented Reality (AR) som digitalt læremiddel og Ludenso Explore – en AR-lærebok for norske skoler. Avsnittene inneholder underavsnitt som tar for seg fordeler, utfordringer og forbedringsforslag.

For en mer detaljert omtale av utprøvingene vises til forskningsrapporten (Simon-Liedtke and Halbach).

---

<sup>1</sup> Se omtale på <https://www.ludenso.com/>.

# Digitale læremidler og universell utforming

## Fordeler

- Det at løsningen er en app på nettbrett / mobil er en positiv faktor i seg selv fordi mange barn og ungdommer tiltrekkes sterkt av slike tekniske løsninger.
- For pedagoger kan det være en stor fordel at løsningen samler ulike digitale ressurser på ett sted og gjøre dem enkelt tilgjengelig for alle elevene.
- Sammenlignet med hvordan analoge læremidler måtte tilrettelegges tidligere, er muligheten for inkludering mye bedre gitt gjennom digitale læremidler, især for personer med nedsatt syn / sensorikk.

## Utfordringer

- Noen utviklere / designere mener at universell utforming ofte står i konflikt med det estetiske.
- Mange, spesielt små startup-bedrifter med begrensede utviklingsressurser ser på universell utforming mest som en kostnadsfaktor, og de ser i mindre grad nytteverdien.
- Mange utviklere mangler kunnskap om uu-retningslinjer og beste praksis-eksempler.
- Mange kunder, spesielt i utdanningssektoren, stiller ikke krav om universell utforming.
- At kravet på universell utforming av IKT (Kommunal- og moderniseringsdepartementet 2013; Kulturdepartementet 2017) gjelder digitale læremidler som AR-teknologi er enten lite kjent eller antatt å ha fått begrenset tilsyn.
- Ulike distraksjoner, enten fra selve telefonen eller andre apper, kan være en utfordring, især for elever med konsentrasjonsvansker og yngre barn.
- Digitale løsninger som lager lyd kan potensielt føre til mye støy og tilsynelatende kaotiske situasjoner når mange elever tar dette i bruk samtidig.
- Størrelsen til og vekten av nettbrett kan være en utfordring for mange, spesielt unge elever og elever med fysiske funksjonsnedsettelse. Det er utfordrende for noen å holde nettbrettet med begge hendene uten å komme bort i en knapp, eller holde nettbrettet og samtidig *zoome* med pinsettgrep.
- Mange digitale læremidler er per dags dato ikke universelt utformet. Eksempler er manglende ALT-tekst (eller alternativ bildetekst) for bilder, manglende merkelapper på funksjonselementer, manglende støtte for opplesing og tekniske hjelpemidler som skjermlesere og manglende beskrivelser av grafer og lignende. Blinde og svaksynte elever påvirkes ekstra sterkt. En rekke forlag mener, ifølge flere informanter, at universell utforming av læremidler først og fremst er Statped's oppgave.
- Elever med nedsatt syn savner mer utstrakt bruk av auditive elementer som lydeffekter og akustiske tilbakemeldinger.
- Det kan ta tid å laste ned app og innhold, noe som kan være spesielt utfordrende for de yngre og elever med lite tålmodighet.
- Noen innhold er ikke tilgjengelig uten internettforbindelse som for eksempel videoer.

## Forbedringsforslag

- Opplæringen og utdanningen av både utviklere, designere og innholdsprodusenter bør ta opp temaet hvordan krav til universell utforming kan forenes med det som oppfattes som god og moderne design. Opplæringen bør fokusere mer på universell utforming og digital inkludering.
- Det bør forskes på kostnads- og nytteeffekten av universell utforming, og forskningsresultatene bør formidles til både offentlige og private aktører.
- Bevisstgjøringen om tilgjengelighet, brukervennlighet og universell utforming bør økes på alle nivåer i foretakene.
- Alle digitale læremidler og innhold bør tilfredsstillende lovpålagte krav om universell utforming av digitale læremidler definert i Likestillings- og diskrimineringsloven (Kommunal- og moderniseringsdepartementet 2013; Kulturdepartementet 2017). UU-tilsyn for digitale læremidler bør skjerpes.
- Kunder (skoler) bør kreve universell utforming av digitale læremidler og innhold, inkludert AR-teknologi, som et obligatorisk krav.
- Det bør være lett å gi tilbakemelding til utviklerne av appen og innholdsprodusenter om mangel på tilgjengelighet og dårlig brukskvalitet.
- Som enheter til digitale læremidler, især de til bruk i forbindelse med AR, bør tynne og dermed lette nettbrettyper vurderes, eventuelt også enheter med mindre skjermer.
- Digitale læremidler bør ta grep for å begrense mulige digitale distraksjoner.
- Alle lydkilder, som videoavspillere, bør starte uten lyd som fabrikkinnstilling.
- Digitale læremidler bør gjøre mer utstrakt bruk av lydeffekter, for eksempel et «klikk» ved trykking av knapper. Effekten burde kunne styres gjennom innstillingene.
- Digitale læremidler bør tilpasses bruk av hjelpemidler som skjermlesere og leselister. Spesielt tilpasning til VoiceOver er særlig viktig for ivareta behovene til elever med nedsatt syn.
- Ved nedlasting av programvare og innhold bør brukeren informeres om progresjon, og det bør også gis et tidsestimat. Det bør også informeres om nedlasting under streken har lyktes eller feilet.
- I tilfellet læremidler baserer seg på bruk av kamera, bør grunnen forklares for brukeren.
- Det bør utarbeides flere ressurser for universell utforming av innhold til bruk i utdanningen. Statped tilbyr mal og andre ressurser for tilrettelegging av digitale læremidler (GV) (Klingenberg et al. 2015; Forsbak et al. 2022).
- Utviklerne bør ha flere automatiserte tester som måler nivå av tilgjengelighet og brukervennlighet, for eksempel tester som sjekker fargekontraster.

# Utvidet virkelighet / Augmented Reality som digitalt læremiddel

## Fordeler

- AR fanger ofte interessen og oppmerksomheten til elevene på en bedre måte enn tradisjonelle læremidler og vekker dermed interesse og engasjement hos elevene. Det bidrar også til variasjon i læringen.
- AR har mulighet for *gamification*<sup>2</sup>-elementer.
- AR er bra for å illustrere abstrakte idéer, samt «skjulte» og ellers usynlige objekter som skjelett eller organer. Det kan fint erstatte fysiske modeller.
- AR har potensial til å øke den praktiske forståelsen av et emne i forhold til kun tekst eller 2D-skisser.
- AR inviterer til interaktiv utforskning ved at man kan bevege seg rundt i rommet for å utforske modellen eller zoome inn på den. Dette kan gi en bedre læringsopplevelse.
- AR kan være et bra alternativ for de som foretrekker å lære visuelt og lite tekstbasert, som for eksempel elever med dysleksi, ADHD eller lærevansker.

## Utfordringer

- Hovedvekten til AR ligger på det visuelle og grafiske effekter, og det krever forståelse av virtualitet og navigering i fysiske rom, noe som krever stor kognitiv kapasitet. Teknologien er derfor per dags dato ikke så egnet for personer med nedsatt syn og ulike typer kognitive utfordringer.
- AR er som regel en løsning som stiller store krav til både maskinvare og nettverk, noe som kan være problematisk på skoler der tilgang til dette er begrenset / er mangelvare. Noen ganger er teknologien ikke tilrettelagt for bruk på PC.
- AR stiller store krav til brukerens tekniske ferdigheter. Læringskurven for å bruke AR kan være ganske bratt for de som aldri har brukt teknologien før. Spesielt eldre lærere kan ha vanskeligheter med å lære seg teknologien. Noen lærere med teknologiangst kan vegre seg å bruke AR-teknologien i klasserommet dersom de ikke får god nok opplæring.
- AR krever gode fysiske omgivelser, det vil si nok plass for å kunne bevege seg rundt og god belysning, for maksimalt utbytte.
- Lite robust teknologi kan redusere brukeropplevelsen i og med at skanningen (såkalt *tracking*) av fysiske objekter ikke fungerer som det skal. Eksempler er situasjoner med dårlige lysforhold, bøyd ark, at kameraet står i en ugunstig vinkel eller holdes for nært. Dette fører igjen til at det virtuelle innholdet blir borte. En rekke elever hadde utfordringer med å få det til slik at det funket.
- Bevegelsesbasert navigering i 3D-modeller kan være vanskelig for svaksynte elever og de med nedsatt forflytningsevne. Det å peke nettbrettet mot en side var for vanskelig for elever med nedsatt syn.
- Noen elever ble usikre når de ble spurt om å gi tilgang til kameraet.

---

<sup>2</sup> Det engelske uttrykket *gamification* (spillifisering på norsk) betegner det å legge til elementer fra verden av digitale spill.

## Forbedringsforslag

- Det bør vurderes å utvide AR-innholdet gjennom flere modaliteter, spesielt lyd, men også vibrasjon, 3D-printede modeller og taktile visningsenheter<sup>3</sup>.
- AR-innholdet bør alltid være tilgjengelig i flere modaliteter, for eksempel tekstbeskrivelser for bilder eller opplesning av tekster.
- Det bør være en innstilling for hvilke modaliteter brukeren foretrekker. Bruk av personprofiler bør vurderes.
- Det bør legges flere ikoner, bilder og grafiske elementer til appens ulike deler for elever med kognitive utfordringer. Ett eksempel er bilder av 3D-modellene i oversikten. Ikonene bør ha beskrivende tekster og merkelapper for elevene med nedsatt syn.
- AR-applikasjoner bør kunne brukes i offline-modus i så stor grad som mulig. Dette gjelder både 3D-modellene, videosnutter og lydfiler av et valgt kursmodul.
- Det bør utarbeides instruksjoner og informasjonsmateriale for både lærere og beslutningstakere om mulighetene i AR i undervisningen, samt om teknologien fungerer og brukes. AR-verktøy bør i tillegg tilby en rekke hjelpefunksjoner og *help on demand*-funksjonalitet.
- Det bør undersøkes hvordan AR best kan berike eksisterende læreplaner og rutiner og skape variasjon uten å underminere nåværende strategier for bruk av digitale verktøy eller fagfornyelsen.
- AR-modeller bør være tilgjengelige både gjennom skanning og *stand-alone*, det vil si uten at de er knyttet til fysiske omgivelser. En søkefunksjon kan hjelpe til med å finne AR-innhold.
- 3D-modellene bør være frittstående første gang funksjonaliteten brukes.
- Skanningen bør være mer robust og stabil slik at det fungerer med bøyde ark, lite avstand mellom kamera og ark, «feil» kameravinkel og ved skanning av kun deler av siden.
- Rotasjon og orientering av 3D-modellene bør være mulig ved å bevege den mobile enheten og ved hjelp av andre former for kontroll, for eksempel *gestures* (via skjermen) og stemmestyring. Det bør være mulig å rotere objekter i alle retninger.
- Det bør være mulig å zoome seg inn både ved hjelp av *gestures* og ved hjelp av knapper, for eksempel knapper med pluss- og minustegn for zooming.
- Det bør vurderes å innføre ufølsomme regioner i apper der fingrene kan være uten at dette tolkes som *gesture*.
- Innholdet bør ha en høyere grad av interaktivitet, eksempelvis ved at man kan åpne / lukke deler av modellen. Innholdet bør også bli mer dynamisk (vise dynamiske prosesser / animasjoner), for eksempel simulering av puls. Det bør være mulig å pausere bevegelser.
- AR-applikasjonen bør tilpasses bruk av hjelpemidler som skjermlesere og leselister. Spesielt tilpasning til VoiceOver er særlig viktig for ivareta behovene til elever med nedsatt syn.
- Det bør utarbeides flere ressurser og litteratur for utviklere om universell utforming av XR-teknologi. Utviklerne mente at både bøker, podcaster og lydbøker bør vurderes.

---

<sup>3</sup> Vi ser for oss enheter som de som er utviklet ved Shape Lab ved Stanford University (<https://techcrunch.com/2019/10/31/this-tactile-display-lets-visually-impaired-users-feel-on-screen-3d-shapes/>).

Utviklere bør bruke retningslinjer for universelt utformet programmering (Zaraysky 2018; Google 2023a; Google 2023b), XR eller spill (Ellis et al. 2013; XR Association 2020) eller brukergrensesnitt generelt (World Wide Web Consortium (W3C) 2008; World Wide Web Consortium (W3C) 2018).

- Det bør utarbeides flere sjekklister med anbefalinger og best praksis-eksempler skreddersydd for AR-teknologi med utviklere og designere som målgruppe.
- I beskrivelsen til læremiddelet bør det anbefales en minstealder for elevene, og det bør dokumenteres hvilke ferdigheter som trengs for å kunne bruke den, som lesing, zooming, en viss grad av abstrakt tenking m.fl.



# Referanser

- Ellis B, Ford-Williams G, Graham L, Grammenos D, Hamilton I, Ed Lee JM, Westin T (2013) Game accessibility guidelines. <http://gameaccessibilityguidelines.com/>. Accessed 10 Dec 2021
- Google (2023a) Accessibility. In: Material Design. <https://m2.material.io/design/usability/accessibility.html>. Accessed 5 May 2023
- Google (2023b) Design for android. In: Android Developers. <https://developer.android.com/design>. Accessed 5 May 2023
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet (2013) Forskrift om universell utforming av informasjons- og kommunikasjonsteknologiske (IKT)-løsninger (FOR-2013-06-21-732). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-06-21-732>
- Kulturdepartementet (2017) Lov om likestilling og forbud mot diskriminering (likestillings- og diskrimineringsloven, LOV-2017-06-16-51). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-51>
- Kunnskapsdepartementet (2023) Strategi for digital kompetanse og infrastruktur i barnehage og skole. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/strategi-for-digital-kompetanse-og-infrastruktur-i-barnehage-og-skole/id2972254/?ch=1>. Accessed 27 Apr 2023
- Simon-Liedtke JT, Halbach AT Framtidens skole: Inkluderende bruk av eXtended Reality (XR) - Rapport om kartlegging av læringseffekter, barrierer og mulige løsninger for å lykkes med XR-teknologi i skolen. Norsk Regnesentral
- World Wide Web Consortium (W3C) (2018) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- World Wide Web Consortium (W3C) (2008) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>. Nov 2021
- XR Association (2020) XRA's Developers Guide, Chapter Three: Accessibility & inclusive design in immersive experiences. <https://xra.org/research/xra-developers-guide-accessibility-and-inclusive-design/>. Accessed 30 Jan 2022
- Zaraysky S (2018) The designer's guide to accessibility research. In: Google Design. <https://design.google/library/designers-guide-accessibility-research>. Accessed 5 May 2023