

BÆREKRAFTSRIKET

earthresQue

**Bærekraftsriket – Et
undervisningskonsept for
kompleksiteten i det
grønne skiftet**

Oktober, 2022

sf i = Senter for
forskningsdrevet
innovasjon

Norges forskningsråd

Bærekraftsriket – Et undervisningskonsept for kompleksiteten i det grønne skiftet earthresQue report 19

ISBN: 978-82-575-2985-7

RCN project 310042

Utarbeidet av: Andreas Botnen Smebye, NGI

Revisjon / revisjonsdato: 0 / 2022-10-28

earthresQue,

Rescue of earth materials and wastes in the circular economy,

Centre for Research-based Innovation

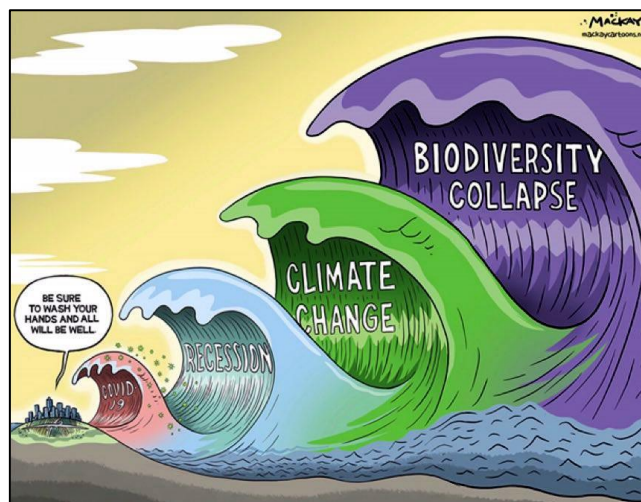
www.earthresQue.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra earthresQue.

1 Undervisningskonseptet Bærekraftsriket

Bærekraftsriket ble utviklet for å vise frem kompleksiteten i det grønne skiftet. Nye, innovative, vitenskapelige løsninger for å løse miljøutfordringer må fungere i samspill mellom ulike aktører i samfunnet for å lykkes. En klimavennlig løsning kan eksempelvis medføre uakseptabelt tap av biodiversitet eller være urealistisk dersom den ikke sikrer inntjening for kommersielle aktører eller har aksept i samfunnet. Innovasjonen i det grønne skiftet må derfor gi klimavennlige løsninger som ivaretar biomangfold og økonomi og samtidig har aksept i samfunnet. earthresQue er et senter for forskningsdrevet innovasjon hvor det offentlige og industrien sammen leter etter disse løsningene. Bærekraftsriket er et rollespill basert på erfaringer fra dette senteret som både skal vise potensialet for bærekraftige løsninger, men også hvor komplekst det kan være å komme fram til en løsning på et miljøproblem.



Verden står ovenfor flere samtidige utfordringer. Illustrasjon: Graeme Mackay.

2 Fagdidaktisk bakgrunn

Undervisningskonseptet skal legge til rette for aktiv deltakelse i rollespillet der deltakerne kan teste sine forventninger mot nye erfaringer. Dette bygger på en konstruktivistisk tradisjon der deltakerne tar med seg kunnskap og erfaring inn i rollespillet de så tester for enten å få bekreftet eller avkreftet, samtidig som de bygger ny kunnskap. For at denne kunnskapsbyggingen skal være vellykket er det avgjørende å anerkjenne variasjonen blant deltakernes erfaringer og kunnskap (Sjøberg, 2022). Interaksjonen mellom deltakerne i rollespillet utgjør kjernen i undervisningskonseptet slik at den enkelt deltaker mulighet til å teste sitt utgangspunkt mot andres. Samtidig vil lederen av rollespillet aktivt kunne korrigere misforståelser som kan oppstå.

Det står bra til med norsk ungdom. Dette er hovedkonklusjonen fra Ungdata-rapporten fra 2021 (Bakken, 2021), der de blant annet viser til at 85% svarer at de er fornøyd med livet. Studien viser samtidig til funn som vekker bekymring. Dagens ungdom konfronteres med store, globale utfordringer som pandemi, krig, klimakrise og kollaps av biomangfoldet. Alle ønsker en bærekraftig fremtid hvor våre og fremtidige generasjoners behov er ivaretatt, men det er

vanskelig å vite hvordan vi skal komme oss dit. Et høyt fokus på globale utfordringer blant unge kan engasjere og motivere til innsats, men samtidig også gi grobunn for håpløshet, likegyldighet og apati (Sjøberg, 2022). ROSE-studien (Relevance of Science; Schreiner og Sjøberg, 2019) viste at unge ikke ser like lyst på fremtiden som tidligere (61% i 2002, 50% i 2020), færre rapporterer at de tror de får nytte av naturfagundervisning i hverdagen (79% i 2002, 62% i 2020) og 73% rapporterer at de kjeder seg på skolen (Bakken, 2021; Sjøberg, 2022). Naturfagundervisning må ta bærekraftig på alvor og velge eksempler og konkretisere aktuelle problemstillinger. Naturfagundervisning skal vise at vitenskap og teknologi kan spille en positiv rolle og gi løsninger på de store og viktige oppgavene (Sjøberg, 2022).



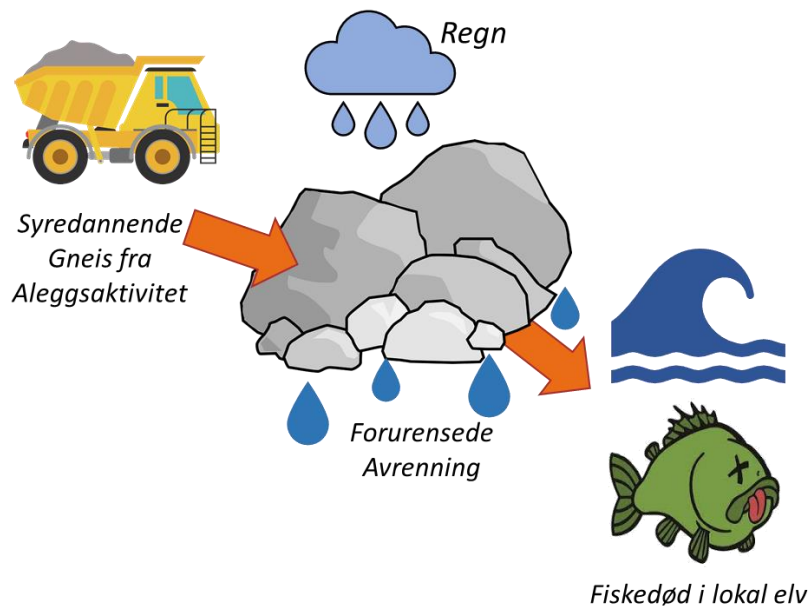
Kjernen i Bærekraftsriktet er aktiv deltakelse og interaksjon mellom deltakere

3 Naturvitenskapelig bakgrunn

Det naturvitenskapelige utgangspunktet for bærekraftsriktet er byggeaktivitet som forurenses en elv. I dette tilfellet har en utbygger sprengt berg for å kunne oppføre et bygg. Berget viser seg å produsere syre når det forvitrer. Syren medfører at løseligheten av aluminium øker slik at den lokale elva forurenses. Fisken i elva dør når aluminiumkonsentrasjonen i elva blir høy nok.

Bakgrunnen for eksempelet i undervisningsopplegget er byggeaktiviteten på syredannende berggrunn i Lillesand området. I forbindelse med utbyggingen av E18 var det nødvendig å sprengte bort berg. Dette berget bestod av syredannende gneis og ble deponert i utvalgte, lokale dalfører. Avrenningen fra disse bergmassene forurenses imidlertid nærliggende elver og forgiftet omgivelsen for blant annet fisk (Hindar & Nordstrom, 2015). For å redusere den forurensende avrenningen er det nå bygget kjemiskrenseseanlegg nedstrøms et av de største

deponiene. Rensing av den forurensende avrenningen er bra for det lokale biomangfoldet, svarer ut krav fra myndighetene og er et populært tiltak blant lokalbefolkning. Samtidig gir byggingen av det kjemiske renseanlegg og produksjonen av kjemikaler til driften en belastning på miljøet globalt. Betong brukt for å bygge renseanlegg gir eksempelvis klimagassutslipp. Ettersom det tar tusenvis av år før gneisen slutter å produsere syre vil også forbruket av kjemikalier være betydelig over tid. Produksjon av slike kjemikalier gir negative effekter på biomangfoldet i omgivelsene rundt produksjonsstedet. Dette eksempelet viser at løsninger på miljøutfordringer kan være komplekse.



Syredannende berg fra anleggsaktivitet kan gi miljøutfordringer

Lindum og NGI har samarbeidet i mange år for å utvikle innovative, deponiløsninger for syredannende berg (Pearce, 2018). Istedenfor å rense forurensende avrenningen fra berg kan man forhindre at den oppstår. Dette er kjernen i metodikken Lindum benytter for å deponere syredannende berg. Gjennom forskning har man kartlagt hvordan enkelte avfallsfraksjoner kan nøytralisere sur avrenning fra berg. Forurenset betong er et eksempel på slikt avfall. Blander man dermed betong og gneisen sammen under deponering forhindres forurensende avrenning. Syren fra gneisen nøytraliseres av den nærliggende betongen. Ved å benytte et avfall, dvs. betongen, til å behandle et annet avfall, dvs. syredannende gneis, reduserer løsningens belastning på miljøet betraktelig. Bruk av avfall som nøytraliseringsmiddel kalles nyttiggjøring av avfall. Istedenfor å behandle gneisen med betong kunne man benyttet kjemikaler, men da ville belastningen på miljøet bli langt høyere.

4 Gjennomføring av undervisningskonseptet

Deltakerne i Bærekraftsriket deles inn i ulike grupper for å representere ulike aktører i samfunnet. De ulike aktørene skal alle måles på de fire samme kriteriene etter endt gjennomføring. Den største kompleksiteten i rollespillet ligger i at alle aktører evalueres på flere kriterier. Før rollespillet starter gis deltakerne en kort innføring i tema for rollespillet.

De felles evalueringskriteriene for aktørene i Bærekraftsriket

Kriterium	Beskrivelse
Klima	Bidra aktøren til miljøvennlig håndtering av den forurensede gneisen?
Biomangfold	Bidra aktøren til at gneisen ble nøytralisert slik at fisken får leve?
Økonomi	Ga løsningen et akseptabelt økonomisk utfall for aktøren?
Opinion	Synes de andre aktørene at den aktuelle aktøren bidra til en løsning?

4.1 Rollespillet

Deltakerne blir delt i grupper og får utdelt instruksjoner og materiell (gneis, kjemikalier, avfall etc.) de skal bruke under rollespillet. Etter at de har forberedt seg, starter rollespillet og de ulike aktørene begynner å forhandle om ulike løsninger. De ulike aktørene i rollespillet skal representere relevante aktører i et typisk utbyggingsprosjekt. Under spillets gang er det viktig at lederen av rollespillet korrigerer og fasiliteter slik at deltakerne får utforsket og deltatt mest mulig. Ved behov kan man endre spillets forutsetninger med bøter og pålegg etc. for å tvinge i gang interaksjoner.

De ulike aktørene i Bærekraftsriket

Kriterium	Beskrivelse
Utbygger	Utbygger har både et problem (dunk med syredannende gneis) og kapital fra fortjeneste i forbindelse med utbyggingen.
Industri	Industrien kan både levere nyttige avfallsbeholdere, kjemikalier og analyser en problemeier trenger.
Deponi	Deponi har lov til å ta imot avfall, men har samtidig mulighet for innovative løsninger ettersom de besitter avfalls som potensielt kan nyttiggjøres.
Samfunnet	Samfunnet er både miljømyndighet og kan kontrollere andre aktører, men samtidig kan samfunnet også subsidiere løsninger de mener er viktige

4.2 Evaluering

Det er kritisk for læringsutbytte og arrangere en god evaluering etter endt rollespill. Hver enkelt gruppe bør presentere i plenum hvordan de har bidratt til de ulike kriteriene. Dette er en god anledning for deltakerne til å stille spørsmål til hverandre, samt at lederen av rollespillet kan justere misforståelser. Evalueringen bør fortrinnsvis også bidra til selvevaluering hos

deltakerne. For å gjennomføre dette kan man benytte et svarskjema på nett man benytter mobiltelefonen til å fylle ut. Dette forhåpentligvis gi deltakerne bedre innsikt i hvilke nye erfaringer de har gjort seg gjennom rollespillet. Eksempel på et tilbakemeldingsskjema kan du finne her: <https://forms.office.com/r/td7AjPTz6D>.

4.3 Tidligere erfaring

Rollespillet ble testet ut på to videregåendeklasser. I testrundene var elevene svært engasjerte og de aller fleste deltok svært aktivt.

Eksempler på tilbakemeldinger fra testing med videregående klasser

Tilbakemelding	Beskrivelse
1	Det var interessant å lære om hvordan kjemien henger sammen med miljø, økonomi og samfunn. Det var ganske nyttig å kunne sette seg inn i de ulike rollene i samfunnet og hva som prioriteres av hver av dem.
2	Jeg likte at det var basert på en "realistisk situasjon og at vi måtte forholde oss til flere aktører på samme tid. "
3	Det fremhevet god diskusjon om innovative løsninger på problemstillinger og fikk oss til å tenke kreativt

4.4 Bidragsytere

Andreas B. Smebye er miljørådgiver ved Norges Geotekniske Institutt og jobber med problemstillinger relatert til risikovurdering og miljøregnskap for gjenbruk av forurensede masser i earthresQue. Han underviser tidvis ved kurs og veileder studenter ved NMBU og er utdannet realfagslektor fra Universitet i Oslo. Andreas har utviklet rollespillet og hatt ansvar for gjennomføring av testrundene.

Adam Pearce var inntil 2022 prosjektleder ved Lindum og ansvarlig for forskningsaktiviteten relatert til deponering av syredannende gneis. Adam har bidratt med fagkunnskap og bidratt i testingen av undervisningskonseptet.

Kristian Weibye er realfagslektor ved Norges Realfags Gymnas og har bidratt med innspill og gjennomføring av testingen av undervisningskonseptet.

5 Referanser

- Bakken, A. (2021). Ungdata 2021. *Velferdsforskningsinstituttet NOVA, OsloMet - Storbyuniversitetet, NOVA Rapport 8/21*.
- Hindar, A., & Nordstrom, D. K. (2015). Effects and quantification of acid runoff from sulfide-bearing rock deposited during construction of Highway E18, Norway. *Applied Geochemistry*, 62, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.06.016>

Pearce, A. (2018). *A Mineralogical and Geochemical Description of Potentially Acid-producing Gneisses from the Lillesand Area Implications for Leaching Behaviour*. June.

Sjøberg, S. (2022). *Naturfag som allmenndannelse*. Gyldendal.

Bakken, A. (2021). Ungdata 2021. Velferdsforskningsinstituttet NOVA, OsloMet – Storbyuniversitetet, NOVA Rapport 8/21.

Hindar, A., & Nordstrom, D. K. (2015). Effects and quantification of acid runoff from sulfide-bearing rock deposited during construction of Highway E18, Norway. *Applied Geochemistry*, 62, 150–163. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.06.016>

Pearce, A. (2018). *A Mineralogical and Geochemical Description of Potentially Acid-producing Gneisses from the Lillesand Area Implications for Leaching Behaviour* [mastergrad]. UiO.

Sjøberg, S. (2022). *Naturfag som allmenndannelse*. Gyldendal.

Vedlegg A - Instruksjonsskisser



BÆREKRAFTSRIKET

I Bærekraftsriket har det oppstått et miljøproblem man må finne en løsning på! Løsningen må være klimavennlig, biomangfoldsvennlig, økonomisk og samtidig ha aksept i samfunnet.

En utbygger har nemlig sprengt ut syredannende berg som nå ligger i naturen og avgir suravrenning som dreper fisken i nærmeste elv! Den sure avrenninga må nøytraliseres øyeblikkelig. Man kan enten benytte et nytt eller gjenbrukt produkt for å nøytraliserer avrenninga. Samfunnet og dets aktører må finne en klima og biovennlig løsning som er akseptert og økonomisk!

Utbygger'n

Dere representerer utbygger'n som nå sitter med masse sur avrenning dere trenger å få nøytralisert! Dere har også en del penger ettersom dere har gjennomført et byggeprosjekt!

Regler:

- Sur avrenning fra dunk kan KUN helles over i små plastikkrør fra «Industrien»
- Få nøytralisert mest mulig sur avrenning fra dunken, uten å søle i «naturen», pH 7 er best!
- Dere gjør lurt i å lage en god plakat som beskriver at dere bidrar til å løse problemet for å overbevise samfunnet!

Deres grad av suksess blir målt på følgende kriterier:

- **Klima:** Bidro dere til miljøvennlig nøytraliseringen av den sure avrenninga?
- **Biodiversitet:** Var nøytraliseringen vellykket? Hva er pH i de nøytraliserte løsningene?
- **Økonomi:** Hvor mye penger brukte dere? **Viktigste kriteriet for utbygger!**
- **Opinion:** Klarer dere å overbevise resten av samfunnet?

Deponi

Dere er **deponiet** som har lov til å motta sur avrenning hvis den er nøytralisert, dvs har en pH på rundt 7.

Regler:

- Betong kan KUN tas ut av krukka med en skje fra industrien
- Dere kan kun ta imot sur avrenning i plastikk rør eller bokser, med mindre ikke noen ser dere...
- Dere må informere om at dere er eneste lovlig mottak, dette vet ikke samfunnet!
- Dere bestemmer selv pris for mottak av sur avrenning
- Dere gjør lurt i å lage en god plakat som beskriver at dere bidrar til å løse problemet for å overbevise samfunnet!

Deres grad av suksess blir målt på følgende kriterier:

- **Klima:** Bidro dere til miljøvennlig nøytraliseringen av den sure avrenninga?
- **Biodiversitet:** Var nøytraliseringen vellykket? Hva er pH i de nøytraliserte løsningene?

Viktigste kriteriet for deponi!

- **Økonomi:** Hvor mye penger brukte/har dere?
- **Opinion:** Klarer dere å overbevise resten av samfunnet?

Industrien

Dere representerer **Industrien** som leverer løsninger og analyser!

Regler:

- Nøytraliseringsmidler kan kun tas ut av sine beholdere ved hjelp av en skje, gjelder også for sitronsyre
- Dere gjør lurt i å lage en god plakat som beskriver at dere bidrar til å løse problemet for å overbevise samfunnet!
- Dere kan ikke gi bort buffer, det kan kun benyttes til å levere en tjeneste, dvs teste løsninger
- Dere gjør lurt i å lage en god plakat som beskriver at dere bidrar til å løse problemet for å overbevise samfunnet!

Deres grad av suksess blir målt på følgende kriterier:

- **Klima:** Bidro dere til miljøvennlig nøytraliseringen av den sure avrenninga?
- **Biodiversitet:** Var nøytraliseringen vellykket? Hva er pH i de nøytraliserte løsningene?
- **Økonomi:** Hvor mye penger brukte/har dere? **Viktigste kriteriet for industrien!**
- **Opinion:** Klarer dere å overbevise resten av samfunnet?

Samfunnet

Dere er **samfunnet** som har penger dere kan bruke for å subsidiere løsninger dere liker. Men dere er også miljømyndigheten som må kontrollere at industrien, utbyggerne og deponiene opptrer slik de skal, dvs. at nøytralisert avrenning har en pH nær 7.

Regler:

- Dere gir selv så mye/lite penger til de aktørene dere vil
- Husk at urimelige miljømyndigheter ingen aktører liker fort taper opinionen!
- Dere kan måle pH i de løsningene dere vil, men dere kan ikke selge pH-måleret
- Dere gjør lurt i å lage en god plakat som beskriver at dere bidrar til å løse problemet for å overbevise samfunnet!

Deres grad av suksess blir målt på følgende kriterier:

- **Klima:** Bidro dere til miljøvennlig nøytraliseringen av den sure avrenninga?
- **Biodiversitet:** Var nøytraliseringen vellykket?
- **Økonomi:** Hvor mye penger brukte/har dere?
- **Opinion:** Klarer dere å overbevise resten av samfunnet?

FORSKNING



PRIVAT SEKTOR



OFFENTLIG SEKTOR



The earthresQue centre is a Centre for Research-based Innovation (SFI) funded by the Research Council of Norway. The centre will develop technologies and systems for sustainable handling and treatment of waste and surplus masses.

sfi = Senter for
forskningsdrevet
innovasjon

Norges forskningsråd

earthresQue

www.earthresque.no