



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

Vårsemesteret, 2022

Åpen / ~~Konfidensiell~~

Forfattere:

Berina Hadzic

Berina Hadzic
(signatur forfatter)

Åshild Stensland

Åshild Stensland
(signatur forfatter)

Fagansvarlig:

Veileder: Kåre Bredeli Jørgensen

Tittel på masteroppgaven: Inkludering av FNs bærekraftsmål i kjemiutdanningene

Engelsk tittel: Embracing the UN sustainability goals into the Chemistry educations

Studiepoeng: 30

Emneord: FNs bærekraftsmål
Bærekraftig utdanning
Bærekraftig utvikling
Kjemiutdanning i Norge
Kjemiundervisning
Bærekraftig kjemi
Grønn kjemi

Sidetall: 111

Stavanger, 15 mai. 2022

Forord

Etter fem år som lektorstudenter ved UiS er vi nå kommet til veis ende. Vi har hatt en lærerik, givende og underholdende studietid. Det har vært både arbeidskrevende og utfordrende, men vi har fått venner for livet og møtt dyktige forelesere som har gjort oss en del klokere. Vi vil takke medstudenter og forelesere for et godt studentmiljø og fem trivelige år.

Spesielt takk til vår veileder Kåre B. Jørgensen for god veiledning, grundige og raske tilbakemeldinger og gode råd gjennom prosessen. Takk for at du har hatt troen på oss og hjulpet oss med å komme i mål. Vi har fått tildelt et tema for masteroppgaven som vi synes har vært utrolig interessant å jobbe med. Vi har lært mye som vi kommer til å få bruk for i hverdagen og i vårt arbeid som lærere.

Takk til våre kjære Tobias og Faris som har støttet og oppmuntret oss når arbeidet har gått trått. Takk for at dere har stilt opp når det har vært krevende og tungt, og ikke minst fordi dere har heiet på oss gjennom hele løpet. Takk til familie og venner som har vært gode støttespillere, motivert og oppmuntret oss til å aldri gi opp. Vi har vært heldige.

Sist, men ikke minst, takk til våre medstudenter Marita Røyland, Lone Hovland, Eirik Lunde, Sigrunn Nesheim og resten av lektorgjengen. Takk for mye sprell, latter og en uforglemmelig periode i livet. Vi hadde ikke klart oss uten dere og deres motivasjon.

Sammendrag

Tema for denne masteroppgaven er utdanning for bærekraftig utvikling, og problemstillingen som belyses er «*Hvordan kan Universitetet i Stavanger inkludere FNs bærekraftsmål i kjemiutdanningene?*» Bakgrunnen for denne problemstillingen er de 17 bærekraftsmålene som ble vedtatt av FNs medlemsland høsten 2015. Som en introduksjon til mål nr. 4 kan man lese at utdanning er nøkkelen til utvikling, og i delmål 4.7 er dette spesifisert i større detalj:

«4.7) Innen 2030 sikre at alle elever og studenter tilegner seg den kompetansen som er nødvendig for å fremme bærekraftig utvikling, blant annet gjennom utdanning i bærekraftig utvikling (...).»¹

Ved Universitet i Stavanger er grønn omstilling trukket frem som selve kjernen i universitetets satsningsområder. Et konkret mål universitet har satt seg er blant annet å «integre mål om bærekraft i utdanningene våre».² I denne oppgaven har det blitt undersøkt hvordan universitet i både inn- og utland har arbeidet med integrering av bærekraftsmålene i kjemiutdannelsene. Resultatene av disse undersøkelsene har blitt presentert i detalj. Konklusjonen er at målet om å fremme bærekraft har blitt en betydelig del av den overordnede strategien ved alle de største universitetene her i Norge, og universitet som Universitetet i Bergen og NTNU har også innført flere emner og studieprogram som er direkte knyttet til bærekraft. Når det derimot kommer til kjemiemnene som tilbys i bachelorstudier i kjemi er det minimalt med fokus på grønn og bærekraftig kjemi, og det er bare ved NTNU at ordet bærekraft i det hele tatt nevnes i emnebeskrivelsene man finner på nettsidene. Undersøkelsen av internasjonale universitet rundt i verden har bidratt til å gi flere konkrete forslag til hvordan Universitetet i Stavanger kan integrere bærekraft i kjemiutdannelsene. Forslagene som diskuteres i oppgaven er:

- 1) Kartlegging av nødvendige endringer på universitetet
- 2) Endring av nettsiden og inkludering av bærekraft i emnebeskrivelser
- 3) Innføring av enkeltemner i grønn og bærekraftig kjemi
- 4) Innføring av nytt bachelorprogram i grønn kjemi
- 5) Reformering og modifisering av eksisterende emner

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Forkortelser	6
Kapittel 1: Innledning	7
1.1 Studiens formål og problemstilling	7
1.2 Oppgavens oppbygging.....	8
Kapittel 2: Begrepsavklaringer	9
2.1 Definisjon av begrepet bærekraftig utvikling	9
2.1.1 Miljø og klima	11
2.1.2 Økonomi	11
2.1.3 Sosiale	12
2.2 Hva er FNs bærekraftsmål?	12
2.3 Hvorfor ble bærekraftsmålene dannet?	14
2.4 Hvordan ble bærekraftsmålene dannet?	15
2.5 Norge og bærekraftsmålene	17
2.6 Relevante bærekraftsmål for kjemiundervisningen.....	19
2.6.1 SDG 7 - Ren energi til alle	19
2.6.2 SDG12 – Ansvarlig forbruk og produksjon.....	19
2.6.3 SDG 14 - Biologisk mangfold i vann	20
2.6.4 SDG 15 Biologisk mangfold på land	20
2.6.5 SDG 4 – God utdanning	21
Kapittel 3: Utdanning for bærekraftig utvikling	22
3.1 UNESCO's plan for utdanning for bærekraftig utvikling	22
3.3 Bærekraftig utvikling i læreplanene, LK06 og LK20.	24
3.4 Den naturlige skolesekken – UBU satsing i Norge.....	27
3.5 Hvordan undervises det om bærekraft i kjemifagene i dag?.....	29
3.5.1 Kjemi 1.....	30
3.5.2 Kjemi 2.....	31
Kapittel 4: Tilbud og studiemuligheter på universiteter i Norge	34
4.1 Lover, forskrifter og rammeplaner for kjemiutdannelsene	34
4.2 Strategiene til universitetene i Norge	37
4.3 Universitetenes bærekraftssatsing og kjemiutdannelser	40
4.3.1 Universitetet i Stavanger - UiS.....	40
4.3.2 Universitetet i Bergen - UiB.....	42
4.3.3 NTNU	46
4.3.4 NMBU	50
4.3.5 UiO.....	54
4.3.6 UIT	57
4.4 Oppsummering.....	61

<i>Kapittel 5: Internasjonale perspektiver og handlinger på utdanning i grønn og bærekraftig kjemi</i>	62
5.1 Spørreundersøkelse om grønn og bærekraftig kjemi	62
5.2 Undervisningsmetoder i bærekraftig kjemi	64
5.3 STAUNCH®	66
5.4 Case-studier om arbeidet mot grønne og bærekraftige kjemiutdannelser	67
5.4.1 Case 1: Grønne kjemiemner i Amsterdam, Sichuan og Canada	68
5.4.2 Case 2: Masterprogram i bærekraftig kjemi i Tyskland	71
5.4.4 Case 4: Modifisering av organisk kjemi i Sverige.....	74
5.4.5 Case 5: Modifisering av organisk kjemi i USA.....	77
5.4.6 Case 6: Modifisering av uorganisk kjemi i USA.....	78
5.5 Læreverk og pensumbøker	80
5.6 Oppsummering	82
<i>Kapittel 6: Forslag til tiltak ved UiS</i>	84
6.1 Kartlegge nødvendige endringer ved UiS	85
6.2 Endring av nettside og inkludere bærekraft i emnebeskrivelser	87
6.3 Innføring av nye enkeltemner i grønn og bærekraftig kjemi	88
6.4 Innføring av nytt bachelorprogram	94
6.5 Reformere og modernisere eksisterende emner	97
<i>Kapittel 7 Konklusjon</i>	99
<i>Referanser</i>	100

Forkortelser

ACS	American Chemical Society
BK	Bærekraftig kjemi
CSAI	Center for Sustainable Aquaculture Innovations
DNS	Den naturlige skolesekken
ESD	Education for Sustainable Development
FN	Forente Nasjoner
GBK	Grønn og bærekraftig kjemi
GK	Grønn kjemi
KBM	Kjemi, Bioteknologi og Matvitenskap
Lk	Læreplanverk
LPMO	Lytisk polysakkarid monoksygenase
MARA	Marin ressursforvaltning og næringsutvikling
MOF	Metal organic frameworks
NKR	Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverkt for høyere utdanning
NMBU	Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet
NORCE	Norwegian Research Center
NTNU	Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet
PEP	Protein engineering and proteomics
SDG	Sustainable Development Goal
STAUNCH	Sustainability Tool for Assessing Universities' Curricula Holistically
SUM	Senter for Utvikling og Miljø
UBU	Utdanning for bærekraftig utvikling
UiB	Universitetet i Bergen
UiO	Universitetet i Oslo
UIR	Universitets- og Høgskolderådet
UiS	Universitetet i Stavanger
UiT	Universitetet i Tromsø
UNAI	United Nations Academic Impact
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIS	Universitetssenteret på Svalbard

Kapittel 1: Innledning

1.1 Studiens formål og problemstilling

Dagens studenter skal utdannes for en fremtid som preges av usikkerhet. Forurensning, krig, overforbruk og menneskeskapt klimagasser setter naturen og økosystemet og dyrelivet under et enormt press. En omfattende studie over naturens tilstand, Living Planet Report 2018, gir en oversikt over planetens helse, påvirkning fra menneskelig aktivitet og mulige løsninger på utfordringene knyttet til dette.³ Rapporten tegner et svært skremmende bilde av fremtiden. Flere av de globale utfordringene man står ovenfor har man i lang tid jobbet for å finne løsninger på, men det hevdes at en av de største utfordringene i dette arbeidet er manglende kunnskap og engasjement hos befolkningen. Det er av den grunn FN ønsker å styrke bærekraftsmålene sin relevans i samfunnet. Det er ikke nok at statsoverhodene rundt i verden signerer avtaler med ambisiøse mål. Skal samfunnet endres må befolkningen se behovet for en endring og selv ønske å ta bærekraftige valg. Starten på denne endringen er kunnskap, og det er derfor bærekraft har blitt vektlagt i så stor grad i de nye læreplanene for grunnskole og videregående skole, og det er også derfor flere universitet har som mål å øke satsingen sin på å fremme bærekraft i studietilbudene sine. Med et slikt perspektiv vil man se at det å arbeide med denne masteroppgaven kan være et lite steg i retning av et samfunn som i større grad vektlegger bærekraft. Temaene for masteroppgaven; utdanning for bærekraftig utvikling og bærekraftig kjemi, er derfor både svært interessante og svært relevante.

Flere av de tradisjonelle kjemiernene som tilbys ved universitet i Stavanger har ikke hatt betydelige endringer på årevis. Synkende søkertall til kjemiutdannelsen ved UiS har dessuten vist at det er behov for endringer. Håpet er derfor at man ved å integrere FNs bærekraftsmål i utdannelsen vil kunne tilby nye søkere en utdanning som er mer dagsaktuell og derfor av større interesse. En slik endring vil være i tråd med universitetets strategi 2030 som har som mål å bidra til en grønn omstilling. Målet med denne oppgaven er derfor å komme med konkrete forslag til hvordan UiS kan gå frem for å inkludere FNs bærekraftsmål i kjemiutdanningene.

1.2 Oppgavens oppbygging

Masteroppgaven er delt inn i 6 kapitler. Kapittel 2 tar for seg begrepsavklaringer og bærekraftsmålene. Man går i dybden på hvorfor og hvordan målene ble dannet, samt hvordan Norge så langt ligger an i forhold til målene. Et utvalg av bærekraftsmålene som er mest relevante i kjemi-sammenheng blir belyst i slutten av kapittel 2. I kapittel 3 pekes det på utdanning for bærekraftig utvikling og hva en slik utdanning innebærer. Vi ser på hvordan bærekraftig utvikling fremmes i læreplanverkene kunnskapsløftet og fagfornyelsen. Videre i dette kapitlet redegjøres det for kjemifagene på videregående skole og hvilket innhold av bærekraft bøkene har i kjemi 1 og kjemi 2.

I kapittel 4 presenterer vi relevant litteratur på studiemuligheter på et utvalg av universitetene i Norge. Vårt hovedfokus er kjemi-tilbudene ved 6 universiteter i Norge og i hvor stor grad bærekraft fremmes i kjemi programmene. Kapitlet vil være av relevans for oppgavens formål og gir gode innblikk i hvordan universitetene i Norge jobber for bærekraft. Kapittel 5 tar for seg flere internasjonale universitet og deres innsats på innføring av grønn og bærekraftig kjemi. Disse case-studiene kan være gode innspill for universitetet i Stavanger. I kapittel 5 tar vi også for oss pensumbøker og laboratoriejournaler som kan gjøre arbeidet med å innføre mer bærekraft i kjemiprogrammet noe lettere. Til slutt vil kapittel 6 gi en detaljert avhandling på aktuelle tiltak for universitetet i Stavanger. På bakgrunn av de foregåforegående kapitlene, har vi kommet med 5 konkrete forslag til endring som forhåpentligvis vil kunne gi universitetet flere dyktige kjemistudenter som vil kjempe for en bedre verden.

Kapittel 2: Begrepsavklaringer

I det følgende kapittelet diskuteres det komplekse begrepet bærekraftig utvikling og noen ulike aspekt av dette begrepet. Videre undersøkes det hvordan FN tok utgangspunkt i definisjonen av bærekraftig utvikling da de vedtok 17 bærekraftsmål som verden skal rette seg etter og prøve å oppfylle innen 2030. Norge har også forpliktet seg til å arbeide for å oppnå disse målene, og har integrert bærekraftsmålene i landets handlingsplaner og utdanningsinstitusjoner. I slutten av kapittelet blir et utvalg av bærekraftsmålene presentert basert på deres relevans for kjemiutdannelsen.

2.1 Definisjon av begrepet bærekraftig utvikling

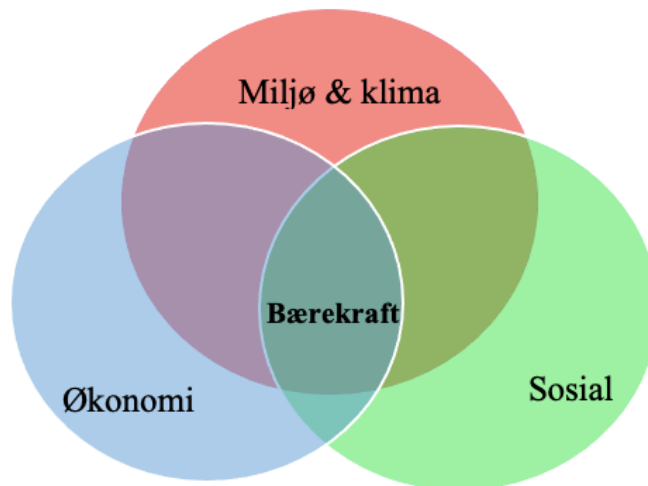
Bærekraftig utvikling er et tema som berører alle mennesker. Det er et globalt begrep som innebærer en annerkjennelse av at vi lever på en jordklode med begrensede ressurser, og at det er til det beste for både oss selv og våre etterkommere å ta best mulig vare på den. Aller helst skulle man ønske å kunne gi verden videre i en stand som er like god som da vi selv overtok den, men dette ønsket blir ikke oppfylt av seg selv. Det kan ofte virke håpløst å skulle nå et slikt mål når det stadig er flere arter som utrykkes, mer natur som ødelegges og jordens ressurser gradvis tappes.

Historisk sett har det likevel ved flere anledninger vist seg at mennesker til en viss grad kan påvirke mange av disse situasjonene i en positiv retning. Dette kan man se i alt fra hvordan innføring av kvotefiske har gitt en eksponentiell økning av en tidligere truet fiskebestand, og hvordan et forbud mot klor- og bromholdige gasser gradvis har ført til en minskning av hullet i ozonlaget.^{4,5} Slike tiltak krever ofte et globalt samarbeid og en tydelig handlingsplan. Det var dette som var målet med rapporten som ble utgitt av Brundtlandkommisjonen i 1987.⁶ Rapporten ga en oversikt over datidens største miljøutfordringer og kom med tydelige strategier og forslag til hvordan man kunne løse disse. Det var gjennom denne rapporten, ved navn «Vår felles framtid», at begrepet bærekraftig utvikling for første gang ble allment kjent. Her presenteres det som fremdeles regnes som den vanligste definisjonen av begrepet:

*«Bærekraftig utvikling er utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge muligheten for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov».*⁶

Det finnes flere ulike definisjoner på begrepet bærekraftig utvikling. Mange av definisjonene er vide og gir rom for tolkning, men også FN har valgt å definere begrepet slik som det gjøres i rapporten “Vår felles framtid”. Det var dermed denne definisjonen som lå til grunn for utviklingen av bærekraftsmålene, og det er derfor denne definisjonen vi holder oss til i denne oppgaven.

Begrepet bærekraftig utvikling omfatter tre dimensjoner; 1) miljø og klima, 2) økonomi og 3) sosiale forhold. Det er forholdet mellom disse tre dimensjonene som avgjør om noe er bærekraftig.⁷ I lys av disse tre dimensjonene er det flere utfordringer som må settes søkelys på. Man kan derfor si at bærekraftig utvikling er et bredt uttrykk for verdenssamfunnets felles, truede goder, og retter seg mot global oppvarming, artsutryddelse, diskriminering og økning i sosiale forskjeller.⁸ I bærekraftsmålene ser man altså miljø, økonomi og sosial utvikling i sammenheng. Dette innebærer en samhandling på tvers av disse sektorene. Bærekraftig utvikling handler altså om å utvikle ansvarlighet for helheten i et lands politikk. For å nå disse målene kreves det ny kunnskap fra hele bredden av fagområder. En kort beskrivelse av de tre dimensjonene gis nedenfor.



Figur 2.1: Tre dimensjoner av bærekraftig utvikling

2.1.1 Miljø og klima

Uttrykket bærekraftig utvikling gir ofte først og fremst assosiasjoner til miljø og klima. Dette skyldes kanskje det store fokuset dette temaet har hatt de senere årene og frykten dette har skapt hos mange. Her er det selvfølgelig de økende klimagassutslippene som skaper mest bekymring. Størstedelen av dagens utslipp kommer fra de rikeste landene. Miljøproblemene som det skaper rammer derimot ofte de fattige landene hardest ettersom de i mindre grad har forutsetning til å beskytte seg mot flom, tørke og andre naturkatastrofer. Bærekraftig utvikling knyttet til miljø handler derfor ofte om å redusere forbrenningen av olje, kull og gass og satse mer på fornybare ressurser som vann, vind og sol. Det kan også kort nevnes at det finnes en veldig lang rekke med andre problem som det også jobbes med. Mye av dette er knyttet til ny teknologi som hjelper oss å fremstille alt fra mer miljøvennlige sprøytevernmidler til bionedbrytbare materialer.

2.1.2 Økonomi

Den økonomiske dimensjonen av bærekraftig utvikling handler om å sikre økonomisk trygghet for mennesker og samfunn. Dette innebærer blant annet et mål om å utrydde ekstrem fattigdom. Samtidig ønsker man også å minske forskjellen mellom fattige og rike. I verden i dag er dette gapet stadig økende. Selv om størstedelen av verdens befolkning bor i fattige land er det likevel mennesker i de rike landene som bruker mesteparten av ressursene. Fattigdom og ulikhet er en kilde til uro og splittelse og konflikt blant folk. For å skape et økonomisk system som gir fattige land muligheten til å skape vekst er det en forutsetning at det må bli en mer rettferdig fordeling av verdens ressurser og man må også endre måten man bruker ressursene på for å få en bærekraftig utvikling.

I perioden etter Brundtland-rapporten har det vært en tydelig tendens til å se at hensynet til de kommende generasjonene er forenlig med økonomisk vekst.⁹ I dag kan man allerede se resultatet av hvordan en bred satsning på renere teknologi har ført til at flere behov tilfredsstilles med færre ressurser. Som følge av den kraftige befolkningsveksten og den sterke økonomiske veksten har forbruket av jordas ressurser nådd slike høyder at det finnes flere eksempler i verden hvor livsviktige økosystemer har gått tapt som en direkte følge av dette forbruket. Ny teknologi knyttet til blant annet gjenvinning av produkter og materialer har derfor vært sentralt for å kunne forene bærekraftig utvikling med økonomisk vekst.

2.1.3 Sosiale

Tilgang til utdanning og et helsetilbud er viktig for at folk skal kunne jobbe seg ut av fattigdom på sikt. Studier fra FN viser at kvinner som har kunnskap om og tilgang til prevensjon føder færre barn enn kvinner som ikke har den samme tilgangen.¹⁰ Dermed får familien færre munnar å mette, og det blir mindre press på de lokale naturressursene. Befolkningsveksten gjør at etterspørselen etter mat, vann, energi og klær øker. På den måten vil lavere fødselstall føre flere familier ut av fattigdom samtidig som presset på ressursene minker. Flere kvinner i arbeidslivet har dessuten vist seg å ha en svært positiv effekt på økonomien. På bakgrunn av denne informasjonen er det i dag et enormt fokus på å gi kvinner utdanning og oppmuntre dem til å komme i arbeid. Videre handler den sosiale delen av bærekraftig utvikling også om å bekjempe diskriminering og å prioritere de mest sårbare gruppene i samfunnet som flyktninger og urfolk. En innsats på dette området vil også kunne hjelpe mennesker ut av fattigdommen og gi dem et bedre liv med muligheter og håp om god helse og økonomisk vekst.⁷

Det er bred enighet på internasjonalt nivå om de globale utfordringene verden står ovenfor, og i flere tiår har det vært et internasjonalt mål å oppnå en mer bærekraftig utvikling. Problemet har ofte vært uenigheten knyttet til hva som må endres, hvilke tiltak som bør iverksettes og i hvilken rekkefølge de ulike tiltakene skal prioriteres. Det er disse problemene FN har tatt tak i og prøvd å finne en løsning på da de lanserte bærekraftsmålene. Etter en lang prosess presenterte de 17 mål som skulle konkretisere hvordan hvert eneste land, hver eneste bedrift og hvert enkelt menneske kan delta i arbeidet for en mer bærekraftig verden.

2.2 Hva er FNs bærekraftsmål?

Høsten 2015 vedtok FNs medlemsland 17 mål for bærekraftig utvikling (Sustainable Development Goals, ofte kalt SDG-er). Disse målene er igjen delt inn i 169 delmål og 230 indikatorer. Indikatorene skal være en hjelp til å måle utvikling i hvert delmål.

Bærekraftsmålene omfatter store tema innenfor miljø, økonomi og sosial utvikling. De handler om å bekjempe ekstrem fattigdom og sult, sikre alle tilgang til rent vann, helsetilbud, elektrisitet og en god utdanning. Et av hovedprinsippene i bærekrafts målene er "Leaving no one behind". Ingen skal utelates. Dette innebærer en prioritering av grupper i samfunnet som kan kategoriseres som spesielt sårbare, som flyktninger, urfolk og minoriteter. Samtidig som

man ønsker å utjevne ulikheter og fremme likestilling er målet også å stoppe klimaendringene, samt å fremme fred og samarbeid. De 17 bærekraftsmålene vist i figur 2.2, utgjør et veikart som skal ta verden i en ny retning.¹



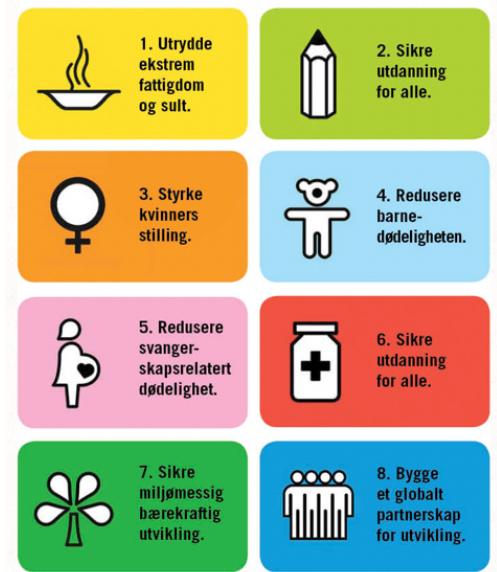
Figur 2.2: FNs 17 bærekraftsmål som ble vedtatt i 2015.¹

På FNs hjemmesider kan man lese at de 17 bærekraftsmålene er “verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030.” Denne arbeidsplanen er kjent som Agenda 2030, og viser hvordan man nasjonalt og globalt skal jobbe for å nå målene FN har satt. Bærekraftsmålene er store og ambisiøse, og for å nå målsettingene kreves det omfattende endringer i måten enkeltindivider tenker og handler, hvordan virksomheter prioriterer og hvordan regioner, nasjonalstater og overnasjonale organer etablerer rammeverk. Det er dessuten en nødvendighet at bærekraftsmålene gjelder for alle land slik at det blir en global dugnad hvor man sammen kan arbeide mot konkrete mål.

I arbeidet for å nå de 17 målene er det også viktig å forstå at alle målene på ulike vis henger sammen. Det betyr at hvis man oppnår suksess i ett mål, vil dette påvirke om det blir suksess i andre mål. Ved å håndtere trusselen om klimaendringer påvirker man hvordan vi forvalter naturressursene våre, og ved å oppnå likestilling og bedre helse vil dette være et viktig steg på veien for å utrydde fattigdom. Videre vil også det å fremme fred og skape et inkluderende samfunn bidra til å redusere ulikheter og hjelpe økonomier til å blomstre. Kort sagt er derfor de 17 bærekraftsmålene en av verdens viktigste sjanser til å forbedre livet for fremtidige generasjoner.

2.3 Hvorfor ble bærekraftsmålene dannet?

FN-sambandet ble i all hovedsak etablert etter de to store verdenskrigene. FN skulle bringe sammen nasjoner og jobbe for fred i en spesielt sårbar periode. FNs arbeid mot å forebygge krig, innebar også arbeid innen utvikling, menneskerettigheter og globale miljøproblemer. Kampen mot fattigdom har også stått sentralt og har bidratt til dannelsen av nye internasjonale mål.¹¹ Tusenårsmålene ble lansert ved tusenårsskiftet, i 2000. På toppmøtene til FN ble alle medlemslandene enige om 8 konkrete mål om utvikling og fattigdomsbekjempelse som skulle være nådd til 2015. De 8 målene er vist i figur 2.3.¹² Tusenårsmålene representerer en felles forståelse på en ønsket utvikling for både fattige og rike land. Målene skulle sikre menneskers grunnleggende behov og rettigheter.¹³



Figur 2.3: FNs 8 tusenårsmål lansert i år 2000.

Ifølge rapporten fra 2015, har tusenårsmålene gitt en positiv utvikling.¹⁴ Tusenårsmålene har reddet liv og forbedret forholdene til mange. Enestående innsats har resultert i gode prestasjoner. Rapporten viser blant annet at antall mennesker i ekstrem fattigdom, som tjener under 1,25 dollar om dagen, har blitt halvert globalt sett. Over en milliard mennesker ble løftet ut av fattigdom fra 1990 til 2015. Langt flere jenter har fått utdanning, og kjønnsforskjeller i skolene har blitt eliminert. Global barnedødelighet har også gått ned med mer enn halvparten, og antallet mennesker som ikke har tilgang til rent drikkevann har blitt halvert. Dataene fra rapporten i 2015 viser dessuten at flere av de fattige landene har gjort enestående fremgang. Samtidig som at mange av målene er nådd erkjenner likevel rapporten at det fremdeles gjenstår mye. Fortsatt er det mange mennesker som lever i fattigdom og som ikke får dekket sine grunnleggende behov. Ett av målene som ikke fikk resultatene man håpet på var målet om å få alle barn i skole innen 2015. I 2015 gikk omtrent 9 av 10 barn i skolen, men det betyr likevel at nesten 57 millioner barn ikke gjør det.¹⁴ Etersom målene ikke ble fullført i 2015 ble innsatsen videreført og utvidet til de 17 internasjonale bærekraftsmålene. Forenklet sagt er bærekraftsmålene blitt til for å bedre menneskelige behov, realisere menneskerettighetene, beskytte miljøet og sikre fred.

2.4 Hvordan ble bærekraftsmålene dannet?

Det ble tidlig bestemt at det skulle lages nye bærekraftsmål etter at fristen for tusenårsmålene gikk ut, og på mange måter kan man se på bærekraftsmålene som et mål om å fullføre det man startet. Iblant kalles derfor de 17 bærekraftsmålene for tusenårsmålenes arvtaker. De nye målene ble vedtatt på FNs 69. generalforsamling i september 2015 og skulle gjelde fra og med 1. januar 2016.

En av de viktigste forskjellene på tusenårsmålene og bærekraftsmålene er kanskje i prosessen hvor målene ble utformet. Utgangspunktet for tusenårsmålene var tusenårserklæringen som ble utformet av ansatte i FN-systemet og som deretter ble signert av alle landene i FN. Slik var det ikke da bærekraftsmålene ble laget. I motsetning til utformingen av tusenårsmålene var FN tydelige på at de ønsket en bred demokratisk prosess i utformingen av de nye målene. Da målene endelig ble vedtatt var det derfor som et resultat av en demokratisk prosess hvor land fra hele verden hadde kommet med innspill og 4,5 millioner mennesker hadde sagt sin mening gjennom spørreundersøkelser og diskusjonsforum.¹⁵

Det hele startet på FNs konferanse om bærekraftig utvikling i Rio de Janeiro i 2012.¹⁶ Konferansen ble kalt Rio+20 fordi den ble arrangert nøyaktig 20 år etter den første internasjonale FN-konferansen om bærekraftig utvikling som også ble avholdt i Rio de Janeiro. Målet med konferansen var å produsere et sett med universelle mål som kunne møte de miljømessige, politiske og økonomiske utfordringene som verden står ovenfor.¹⁷ I denne forbindelse ble totalt 70 forskjellige land delt inn i 30 arbeidsgrupper hvor oppgaven var å lage egne forslag til utviklingsmål. Her ble Norge plassert i gruppe med Danmark og Irland.¹⁶ Samtidig som arbeidet foregikk for fullt med utviklingen av bærekraftsmålene, ble det også gjennomført flere store konferanser. En viktig konferanse var den tredje internasjonale konferansen om finansiering for utvikling. Den ble gjennomført i juli 2014 i Etiopia hvor statsministre, presidenter, finansministre og utviklingsministre fra medlemslandene møttes for å avgjøre hvordan finansieringen av bærekraftsmålene skulle foregå. Høsten 2014 ble utkastene, som de ulike arbeidsgruppene hadde laget, presentert. Resultatet av disse forslagene var en synteserapport fra tidligere generalsekretær i FN Ban Ki-moon i desember 2014 hvor 17 mål og 169 delmål ble presentert. De 17 målene fikk bred støtte blant medlemslandene, men flere land, inkludert Norge, ønsket en ny gjennomgang og kvalitetssikring av delmålene. Forhandlingene var ikke enkle, og mye kritikk har vært rettet

mot det store antallet delmål som gjør dem vanskelige å huske. Dessuten har det også vært uenighet knyttet til hvordan man skal nå målene, og hvordan man kan måle utviklingen.

I tillegg til at medlemslandene ble inkludert i prosessen henvendte FN seg også direkte til folket. Da det gjenstod 500 dager til fristen for tusenårsmålene, lanserte FN en kampanje for nedtelling til de nye utviklingsmålene.¹⁸ I denne perioden ble det etablert flere nettportaler hvor mennesker over hele verden ble invitert for å diskutere og være med i prosessen rundt de nye utviklingsmålene. To av de mest kjente nettportalene var «The World We Want» og «My World».^{19, 20} «The World We Want» var et samarbeid mellom FN-systemet og sivilsamfunnsorganisasjoner over hele verden. Målet var å skape et diskusjonsforum hvor de ulike organisasjonene kunne gi sine innspill til prosessen med å utvikle nye mål. Nettportalen «My World» var derimot rettet mot allmennheten. Her skulle man prøve å fange opp folkets stemmer og meninger slik at verdenslederne kunne ta stilling til hva allmennheten mente. I FNs rapport «A Million Voices: The World We Want» finner man resultatene av den globale undersøkelsen som FN ledet.²¹ Her kan man blant annet lese at i løpet av denne kampanjen hadde FN arrangert møter i nesten 100 land og samlet inn stemmer fra flere millioner mennesker i det som regnes som verdens største globale diskusjonsforum. Over én million mennesker fra ulike land og bakgrunner hadde svart på verdens største spørreundersøkelse og kom med sin mening om hvilke bærekraftsmål som var viktigst for dem.

På mange måter kan man si at de 17 bærekraftsmålene som ble vedtatt gjenspeiler resultatene man så i disse spørreundersøkelsene. Folk var tydelige på at de ønsket en slutt på ulikhet, urettferdighet, utrygghet og ekstrem fattigdom. De ønsket også bedre helsetjenester og bedre utdanning. Samtidig kom det også tydelig frem i rapporten at det var et bredt ønske om at regjeringen i de ulike landene skulle holdes ansvarlig for hvorvidt de arbeidet for å fremme bærekraftsmålene eller ikke, og at fremdriften skulle overvåkes og resultatene gjøres tilgjengelig for offentligheten.

2.5 Norge og bærekraftsmålene

Norge var også et av landene som sluttet seg til Agenda 2030 og er dermed pliktig til å bidra i arbeidet med å nå FNs bærekraftsmål. På regjeringen sine hjemmesider kan man lese at «Regjeringen anser bærekraftsmålene som sentrale i møtet med vår tids globale utfordringer og vil spille en aktiv rolle i oppfølgingen av dem».²² Bærekraftsmålene har de siste årene fått stor innvirkning på norsk politikk i kommuner, lokalsamfunn og nasjonalt. På kommunalt nivå har mange norske kommuner startet oppgavene med å omformulere den globale agendaen til lokale mål. Dette innebærer på mange måter å fortsette med de kommunale oppgavene knyttet til helse, utdanning og byplanlegging. I en undersøkelse av norske kommuner trekker flere frem at det er bærekraftsmålene knyttet til mål 3 - God helse, mål 4 - God utdanning og mål 11 - Bærekraftige byer og samfunn, som blir høyest prioritert av kommunene.²³

På nasjonalt nivå er det ofte noen av de andre bærekraftsmålene som får større fokus. Mål 12 handler om ansvarlig forbruk og produksjon, og her jobbes det blant annet for å redusere matsvinn. Mål 13 derimot går ut på å stoppe klimaendringene, og også her kreves det nasjonale retningslinjer for å redusere utslippene. I juni 2021 la regjeringen frem en nasjonal handlingsplan for å nå målene. Slike planer er helt nødvendige for at man skal kunne nå målene på tvers av politiske skillelinjer og i samarbeid med organisasjoner og kommuner. Nasjonalt har man i tillegg gitt ulike departementer koordineringsansvar for arbeidet med bærekraftsmålene, og dette arbeidet skal rapporteres i Nasjonalbudsjettet.²⁴ I statlige organisasjoner, som landets universiteter, arbeides det også mot å nå målene. Universitetet i Bergen har for eksempel erklært at de skal være klimanøytrale innen 2030, og for øyeblikket arbeides det for å kartlegge hvordan dette kan gjøres.²⁵ Tre områder som de ønsker å ha ekstra fokus på er knyttet til reiser, anskaffelser og bygg. For å redusere utslipp knyttet til reise kartlegges det nå hvilke konsekvenser det ville hatt hvis man for eksempel slutter å reise til Oslo for å delta i møter med Kunnskapsdepartementet og forskningsrådet. I et notat skrives det at «hvis UiB ensidig velger å ikke delta på disse møtene vil det kunne svekke universitetets konkurranseposisjon».²⁶

Det er ikke bare ved UiB at man møter på utfordringer når man ønsker å implementere bærekraftsmålene. Både private og offentlige virksomheter står stadig på valg mellom å prioritere konkurransekraft og miljømessig bærekraft. Det skapes dessuten et ekstra dilemma

når tappt profitt kan resultere i tapte arbeidsplasser som går imot bærekraftsmål nr. 8 som omhandler anstendig arbeid og økonomisk vekst. Dette dilemmaet er et generelt problem, og mange bedrifter og organisasjoner sliter med å bryte ut av vanen om å alltid ta valget som gir konkurransekraft og profitt.

Selv om mange av målene allerede er oppfylt i Norge, gjenstår det mye arbeid. For å få oversikt over fremdriften er SDG-indeksen til hjelp. Denne indeksen oppdateres hvert år og inneholder detaljert informasjon om utviklingen på alle målene. Den samlet scoren i Norge er på 80,8% i 2020.²⁵ Dette gir oss en 6. plass i verden på en liste som toppes av Sverige, Danmark og Finland. Dette tallet betyr at Norge har kom 80,8% av veien for å nå målene. Er alle målene nådd ville dette gitt en score på 100%. 6 av de 17 målene er allerede 100% i Norge, og har altså blitt innfridd. De 2 målene Norge har dårligst score på er nr. 2 og 13. Nr. 2 omhandler å utrydde sult. Et av delmålene går ut på å unngå overvekt, og her gjør Norge det dårlig fordi en for stor del av den voksne befolkningen er overvektige. Mål nr. 13 - stoppe klimaendringene, beskrives som et felt Norge har store utfordringer på. Dette skyldes de store energirelaterte CO₂-utslippene vi har per innbygger samt eksportene av fossilt brennstoff på 45780 kg per innbygger. Disse tallene er så store at det vil kreve en betydelig innsats og store omveltninger i samfunnet for å klare å nå mål nr. 13.

Hvert år må regjeringen rapportere til FN om sin oppfølging av målene. Denne statusrapporteringen slår fast at Norge er på riktig vei, men at det også her i landet er flere utfordringer som må jobbes videre med. På den måten er ikke indikatorene bare en måte å måle utviklingen innen et område, men de er også nyttige verktøy for å vurdere eventuelle videre justeringer i handlingsplaner.²⁷ Med bare åtte år igjen til målene skal være nådd kreves det at alle land i verden, og alle mennesker i hvert enkelt land må jobbe mot et felles mål hvis det skal være sjans å fullføre dette ambisiøse prosjektet.

2.6 Relevante bærekraftsmål for kjemiundervisningen

De 17 bærekraftsmålene kan i ulik grad relateres til kjemifaget. Likevel er det noen av målene som er av betydelig større relevans enn andre. Bærekraftsmålene SDG 7, SDG 12, SDG 14, SDG 15 og SDG 4, har blitt valgt ut som aktuelle i denne sammenhengen.



2.6.1 SDG 7 - Ren energi til alle

Energibehovet i verden er stadig økende, og i flere tiår har fossile brensel som kull, olje og gass vært de viktigste energikildene. Forbruket av ikke-fornybare energikilder har vist seg å være svært skadelig for planeten. Klimagasser som dannes setter mye på spill, blant annet værforhold og menneskers velvære. Ettersom den globale strømbruken øker, trengs det en stabil elektrisitetsforsyning og energikilder som over lenger tid vil være mindre skadelige for naturen.²⁸ Dermed er bærekraftsmål 7 blitt til, og handler om "at alle mennesker skal ha tilgang til energi som er pålitelig, bærekraftig og rimelig".²⁹ Det er fortsatt mange mennesker som lever uten elektrisitet, og flere som ikke har tilgang til ren og sikker matlaging og oppvarming. Flere mennesker har mistet livet grunnet luftforurensing fra bruken av fossilt brensel. Energien bør være fra fornybare kilder, slik at klimaendringer begrenses, og Norge jobber derfor med å gå over fra ikke-fornybar til fornybar energi.



2.6.2 SDG12 – Ansvarlig forbruk og produksjon

Med økende teknologi og fremskritt i alle retninger, har også ressursbehovet og bruken økt. Mennesker bruker mer ressurser enn det naturen kan skape. Dette gjelder både skoghogst, overfiske, utslipp av klimagasser og matproduksjon. En utfordring er at flere tonn mat kastes hvert år samtidig som millioner av mennesker sulter. Hvis dagens trender skulle vedvart til år 2050, vil en befolkning på 9,6 milliarder mennesker trenge det som tilsvarer 3 planeter for å skaffe de naturressursene som kreves.³⁰ Forbruk og produksjon handler om å gi en økt livskvalitet, samtidig redusere ressursbruk og forurensninger. Dette krever et samarbeid mellom både produsenter og forbrukere. Mål 12 handler om å "sikre bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre". Ettersom det er et stort overforbruk, vil FN at vi skal satse på å endre livsstilen i en slik retning at vi bruker mindre ressurser, men likevel har høy livskvalitet. Et delmål er ønsket om å redusere avfallsmengden og øke gjenvinning og gjenbruk.³¹ Norge er et land med høyt forbruk og mye klimagass utslipp, og dermed er det flere ting vi kan endre på.

Bevisstgjøring og opplæring om forbruk og livsstil er nødvendig, slik at vår neste generasjon innehar strategier og gode rutiner som fremmer bærekraftig produksjon og forbruk.



2.6.3 SDG 14 - Biologisk mangfold i vann

Menneskelige inngrep i økosystemer har ført til store konsekvenser innenfor biologisk mangfold. Flere arter er kritisk truet og står i fare for å bli utryddet. En liste over de truede artene kan man finne på IUCNs rødliste. Dette gjelder både arter på land og i vann, der spesielt amfibier og koraller står i risikosonen.³² Ettersom mennesker er avhengig av biologisk mangfold på mange områder, er det en naturlig visjon for FN og folk flest og ta vare på naturen og leve i harmoni med den. FN har etablert strategiske planer for å opprettholde det biologiske mangfoldet, og dermed er SDG 14 og SDG 15 av stor betydning.

Mål 14 handler om å ta vare på marine ressurser og bruke havet på en bærekraftig måte. Et av delmålene er 14a) som lyder slik: «Styrke vitenskapelig kunnskap, bygge opp forskningskapasitet og overføre marin teknologi».³³ Dermed kommer betydningen av utdanning og læring om dette frem. Videre kommer FN med informasjon om hva Norge bidrar med innenfor dette målet og hva du som enkeltperson kan gjennomføre. Det er slike bidrag som blir viktige i skolesammenhenger og det er her elevene kan få begeistring for emnet. Case-studier, laboratoriearbeid og eksperiment vil gi elever en oppfatning av havforurensning, forurensning og skaden plast gjør i havet.³⁴



2.6.4 SDG 15 Biologisk mangfold på land

I likhet med mål 14, handler mål 15 om å bevare det biologiske mangfoldet på land. Mål 15 handler om å sikre bærekraftig skogsbruk, beskytte arter på land og bevare økosystemer i fjellområder, innlandsområder, våtmarker og tørre områder.³⁵ Flere av delmålene som skulle nås inne 2020, har ikke blitt nådd. Ofte er det slik at ressursene i naturen utnyttes istedenfor å bevares. Det er store forbedringspotensialer innenfor temaet og både Norge og verden har behov for flere som brenner for å ta vare på naturen og artsmangfoldet på land. På skolene og spesielt i naturfag og kjemi, kan det bli lagt til rette for å utføre et prosjekt der man kartlegger arter i området og undersøker populasjoner og deres levevilkår. Å forstå betydningen av

hvorfor biologisk mangfold er viktig, blir mer tydelig når det kjennes på kropp og sjel gjennom ekskursjoner og prosjekter.³⁴

2.6.5 SDG 4 – God utdanning



Et av de viktigste målene er mål 4 som omhandler retten til god og rettferdig utdanning. Utdanning er et mål i seg selv, men også et middel for å nå de andre målene. Utdanning med kvalitet vil gjøre det mulig å utvikle seg i alle retninger og gjøre fremskritt i bærekraftig retning. For eksempel vil utdanning være en viktig faktor for å unnslippe fattigdom. Mål 4 handler om alt fra ønsket om at alle barn skal kunne gå på skole til retten på gode lærere og en undervisning med mening i hele skoleløpet.^{36, 37}

Selv om verden har tatt et steg frem og utdanning er blitt tilgjengelig for flere, skriver FN på sine hjemmesider at flere millioner barn ennå ikke har mulighet til å gå på skole.³⁸ Flere av delmålene FN har satt, omhandler det å sikre at flest mulig mennesker har tilstrekkelig kompetanse og en mulighet for utvikling. Delmål 4.7 blir et sentralt mål innenfor bærekraftig utvikling og utdanning i dette temaet. Delmålet lyder slik " Innen 2030 sikre at alle elever og studenter tilegner seg den kompetansen som er nødvendig for å fremme bærekraftig utvikling, blant annet gjennom utdanning i bærekraftig utvikling og livsstil, menneskerettigheter, likestilling, fremme freds- og ikkevoldskultur, globalt borgerskap og verdsetting av kulturelt mangfold og kulturens bidrag til bærekraftig utvikling".³⁷ Det vil si at for å kunne nå mål 4, må elever lære til seg ferdigheter og kunnskaper slik at de kan bidra til en bærekraftig utvikling. Til dette trengs det også kvalifiserte lærere, og delmål 4c sier noe om dette. Gode og flinke lærere og en utdanningsinstitusjon med et godt system vil være høyt på agendaen for å nå mål 4.³⁶ Det er blitt opprettet organisasjoner og programmer som skal fremme mål 4. UNESCO er en slik organisasjon, som har i hovedoppgave å sikre god utdanning og fremme likestilling.

Kapittel 3: Utdanning for bærekraftig utvikling

3.1 UNESCO's plan for utdanning for bærekraftig utvikling



UNESCO er en underorganisasjon i FN, og har søkelyset rettet mot utdanning, kultur, kommunikasjon og vitenskap.³⁹ Organisasjonen ble opprettet etter andre verdenskrig, ettersom varig fred krever mer enn politiske og økonomiske avtaler. Programmet til UNESCO bidrar til å nå bærekraftsmålene i agenda 2030. UNESCO fremmer kulturarv, likeverd og sikrer kvalitetsutdanning. Organisasjonen er FNs spesialiserte byrå for utdanning og har fått i oppdrag å lede og korrigere "Global Education 2030" agendaen, gjennom bærekrafts mål 4. I Norge finnes også en UNESCO-kommisjon som ble utnevnt 1. januar 2021.⁴⁰ Kommisjonen består av 10 medlemmer med ulike bakgrunner, og sammen skal de sørge for at det finnes et bindeledd mellom norske myndigheter og sivilsamfunnet. Kommisjonen jobber for å fremme UNESCO sine ansvarsområder, mål og verdier. Inger Måren er en av ti medlemmer i kommisjonen, samtidig som hun er førsteamanuensis ved institutt for biovitenskap ved Universitetet i Bergen. Måren viser til stor interesse for arbeidet i kommisjonen og uttaler: «Jeg ser fram til å jobbe med UNESCOs biosfæreprogram, der hovedfokuset er hvordan vi kan muliggjøre bærekraftig utvikling i praksis, også her i Norge. Jeg ser også frem mot å jobbe for å integrere bærekraftig utvikling i utdanningene våre».⁴⁰

Siden 1992 har UNESCO fremmet utdanning for bærekraftig utvikling (UBU), på engelsk kjent som «Education for sustainable development (ESD)». Utdanning blir en sentral strategi i jakten på bærekraftig utvikling og til dette trengs nye ferdigheter, verdier og holdninger. Utdanningssystemer må svare på dette behovet ved å reorganisere seg, definere relevant læringsinnhold, introdusere pedagogikk som styrker elever og oppfordre til å inkludere bærekrafts prinsipper i ledelsen.⁴¹ Utdanning for bærekraftig utvikling har ikke en enhetlig definisjon, men vi kan si at det er et resultat av miljøproblemene og klimakrisen verden opplever. Utdanning for bærekraftig utvikling handler om å finne og lære de kunnskaper, ferdigheter og verdier som trengs i fremtiden for å tilegne seg en bærekraftig utvikling.³⁶ En slik form for utdanning må være tverrfaglig og kunne støttes av alle fag. Mennesket må kunne se en sammenheng i ulike disipliner og på den måten bli i stand til å møte fremtidens utfordringer og uforutsigbarhet.

“Education is not the learning of facts, but the training of the mind to think.”

(- Albert Einstein)

Utdanning for bærekraftig utvikling handler ikke bare om å undervise om klimaendringer, fattigdom og forbruk. Det handler også om handlingsorientert pedagogikk, selvstyrt læring og samarbeid, samt problemorientert og uformell læring. For å forsterke dette arbeidet i skolene viet UNESCO et helt tiår til UBU – «Decade for Education for Sustainable Development» fra 2005 til 2014.⁴² Her ble fokuset rettet mot prinsippene for bærekraftig utvikling inn i alle aspekter av læring og utdanning. Målet med dette tiåret var å sette innbyggerne i stand til å møte både dagens og fremtidens utfordringer og til å kunne ta gode beslutninger. Dermed vil utdanningen gi mennesket ferdigheter og kompetanser slik at man kan bidra i samfunnets liv, fremme demokrati og ha respekt for jorden og mangfoldet.

I rapporten fra UNESCO finner man kompetansene og ferdighetene som kreves i UBU. Det er viktig at elever kan bruke sunn fornuft og tenke strategisk og systematisk i møte med praktiske utfordringer. Det er av betydning å kunne forstå og gjenkjenne relasjoner og analysere komplekse system. Dette står det blant annet om i den overordnede delen av læreplanverket.⁴³ Videre er ferdigheter innen kommunikasjon, konflikthåndtering og samarbeid nødvendige. Å være i stand til å lære av andre og respektere andres meninger er viktige egenskaper. Samarbeid og deltakende problemløsning er verdifullt i arbeidet mot bærekraftig utvikling. Like viktig er det å kunne anvende strategier i bærekraftsproblem og komme fram til rettfærdige og inkluderende løsningsalternativ.⁴¹ Dette er kompetanser mennesker bør inneha for å kunne leve et godt og fredelig liv. UNESCO legger også vekt på forutseende kompetanse, som handler om evnen til å skape en visjon for fremtiden og anvende føre-var-prinsippet. Normativ kompetanse står også på listen og omfavner potensialet til å reflektere over normer og verdier i ens handling. Sist, men ikke minst, å inneha selvinnsiktcompetanse innebærer at man kan reflektere over egen rolle i samfunnet, motivere seg selv og håndtere følelser på en god måte.⁴¹



Figur 3.1: Kompetanser og ferdigheter for bærekraftig utvikling.⁴⁴

For å nå målet med tiåret UNESCO viet til UBU, ble fokuset rettet mot forbedring og rekonstruering av utdanningsprogrammer. Det ble lagt vekt på å bygge opp forståelsen og bevisstheten til folket rundt bærekraftsperpektivet.⁴¹ FNs tidligere generalsekretær, Kofi Annan, opplyste at "Vår største utfordring i dette århundre er å ta en ide som virker abstrakt og gjøre den til en realitet for alle verdens mennesker".⁴² I Norge er Astrid. T. Sinnes en kjent talsperson for UBU. Sinnes er ansatt ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet (NMBU) og jobber med seksjonen for læring og lærerutdanning. Hennes hovedfokus og forskning er hvordan man kan utdanne lærere som kan bidra til en bærekraftig utvikling og hvordan skolene kan møte utfordringene knyttet til klimaendringer og bærekraft. Hun har skrevet boken «Utdanning for bærekraftig utvikling» i 2 utgaver. Her utdyper og forklarer hun prinsippet med UBU, samtidig som hun kommer med gode råd og tips til undervisning med formål om å både undervise om, for og i bærekraftig utvikling. I boken forklarer hun at innenfor fagfeltet UBU er det viktig med oppdatert kunnskap, tverrfaglig tilnærming i undervisning og tilknytning av kunnskap til kontekst. Sinnes understreker også at å undervise i bærekraftig utvikling i seg selv ikke er nok. Dette vil alene ikke utdanne elever som kan bidra til bærekraftig utvikling. Skoler må ha fokus på kritisk tenkning, kommunikasjon og fremtidstekning. Undervisningspraksisen til skolene må også være av samme form og bidra til en bærekraftig fremtid.⁴⁵ Utdanning for bærekraftig utvikling er et kjent fenomen også i norsk skole og står sentralt i norsk utdanningssektor. I læreplanene har bærekraftig utvikling hatt sin rolle siden 70-tallet, og vi kjenner igjen begrepet også i læreplanene LK06 og LK20.

3.3 Bærekraftig utvikling i læreplanene, LK06 og LK20.

I 2004 ble en ny reform, kunnskapsløftet, presentert i stortinget. Kunnskapsløftet skulle føre til en del endringer i skolens innhold, struktur og organisering. Målet med reformen var å legge vekt på læring som gav forutsetninger og ferdigheter for å kunne ta del i samfunnet. Dette medførte at de nye læreplanene la mer vekt på tilpasset opplæring, og det ble dannet nye fag med ny timefordeling.⁴⁶ I den generelle delen av læreplanen i kunnskapsløftet blir bærekraftig nevnt. Her vises det til relevansen av tverrfaglig samarbeid for å gi elever gode kunnskaper og forståelser. I fagplanene er det likevel ikke nevnt spesifikke kompetansemål for bærekraftig utvikling, med unntak av noe i naturfag på vgl. Etersom undervisningen ofte baserer seg på kompetansemål, er vektleggingen av bærekraftig utvikling i sin helhet svak i kunnskapsløftet. Perspektivet rundt bærekraftig utvikling blir ikke tatt med i vurderinger, og

dermed faller dets betydning ofte bort.⁴⁷ Læreplaner gir grunnlaget for opplæring i skole, men det vil alltid være en avstand mellom intensjonene og praksis. I en forskningsstudie blir to nyutdannede lærere intervjuet om utfordringene med UBU og hva som hemmer undervisningen i dette.⁴⁸ Flere hindringer og rammefaktorer nevnes, blant annet tidspress, karakter- og vurderingspress, samt at læreplanen i kunnskapsløftet ikke har fokus på bærekraftig utvikling. De nyutdannede lærerne opplevde at den generelle delen av læreplanen, der bærekraftig utvikling er nevnt, ikke blir brukt i skolene. Det er kompetansemålene i fagplanene som overskrider og dermed vil den generelle læreplanen nedprioriteres. Mer metodefrihet i undervisningen og tidspresset til å forberede elevene til eksamen, fører som regel til tradisjonell undervisning. Lærerne trakk også frem at mangel på økonomiske ressurser hemmer dem i å undervise i bærekraft. Utflukter og ekspedisjoner var også vanskelig å få til grunnet en full timeplan og mangel på penger.⁴⁸

Ettersom samfunnet er i stadig utvikling og endringer i teknologien skjer med stormfart, skaper dette utfordringer for utdanningssystemene. Dermed ble fagfornyelsen (Lk20) dannet knappe 15 år etter kunnskapsløftet.⁴⁹ Målet med fagfornyelsen er å gi bedre sammenheng mellom fagene og de ulike delene av læreplanverket. Fagfornyelsen skal gi skolen et verdiløft, et relevant innhold og progresjon i hele læreplanen. Fornyelsen skal bidra til bedre læring for elevene og elevene skal kunne tilegne seg relevante og solide kunnskaper som kan brukes i ulike sammenhenger. Behovet for å få en bedre forståelse og fordypning i det elever lærer, støttes ved å legge til rette for en tydeligere prioritering i fagene. Fagfornyelsen legger også vekt på at kunnskap og kompetanse som varer over tid, vil finne sted først når elevene forstår sammenhenger og hvordan delene i hvert enkelt fag henger sammen og utgjør en helhet. Det er dette dybdelæring handler om. Dybdelæring vil øke læringsutbytte og kvaliteten på læringsprosessen. For å oppnå denne type kompetanse, har fagfornyelsen tatt i bruk begreper som «flerfaglighet» eller «tverrfaglighet». Tverrfaglig arbeid skal gi utdanningssystemene mulighet til å arbeide med problemstillinger der flere fag er involvert. Kunnskap fra flere områder vil kreves for at elevene skal komme i mål med problemstillinger i slike temaer. Målet og ønsket med tverrfagligheten er at elevene skal få økt anerkjennelse for det tverrfaglige temaet og hvordan det er en del av flere fag.

De tre tverrfaglige temaene i fagfornyelsen er:

- Demokrati og medborgerskap
- Bærekraftig utvikling
- Folkehelse og livsmestring



Figur 3.2: Tverrfaglige emner i fagfornyelsen.⁵⁰

Bærekraftig utvikling som tverrfaglig tema skal bidra til kritisk tenking og etisk og miljøbevisste handlinger. Elevene vil få en innsikt i de tre dimensjonene innenfor bærekraftig utvikling og dette vil gi gode muligheter til å bedre sosiale forhold, miljøproblemer og økonomisk ulikhet. Utdanningsdirektoratet utdyper at arbeidet med dette temaet handler om å bli bevisst livsstilen sin og ressursforbruket sitt, og dermed også hvordan man kan ta vare på planeten vår. På utdanningsdirektoratet sine sider står det at «Temaet rommer problemstillinger knyttet til miljø og klima, fattigdom og fordeling av ressurser, konflikter, helse, likestilling, demografi og utdanning. Elevene skal lære om sammenhengen mellom de ulike aspektene ved bærekraftig utvikling».⁵¹ Bærekraftig utvikling går fra å være knyttet til fag som naturfag og samfunnsfag, til å gjelde også alle andre fag, både praktiske og humanetiske fag. Fagfornyelsen skal i utgangspunktet legge til rette for bedre arbeid i det enkelte skolefag, men samtidig også styrke vektleggingen av sammenheng og tverrfaglige tema.⁵² Skolene, ledelsen og lærerne opplever en rekke utfordringer i møte med fagfornyelsen og undervisning om bærekraftig utvikling. BU-satsingen oppleves som utfordrende og begrensninger gjør at undervisningspraksisen kan ta andre retninger.

I artikkelen «Hva hemmer og fremmer arbeidet med Utdanning for Bærekraftig Utvikling i videregående skole?» forsker Sinnes og Bjonnes på hvordan arbeidet med UBU er i Norge.⁵³ Studien har vist at det er flere faktorer som rammer inn på dette arbeidet, selv etter fagfornyelsen har trådd i kraft. Her trekkes det frem 9 hovedfaktorer som enten fremmer eller hemmer UBU i videregående skoler. Overvekten ligger på de hemmende faktorene som vurderingspraksisen i skolene, ledelsen, skolens virksomhet, lærerne selv, elevrådet og tidspress. Skolens virksomhet og ledelsen har en viktig rolle i prosjektet rundt bærekraftig utvikling, og selv om det vises en positiv innstilling til satsing på UBU, blir ansvaret lagt til

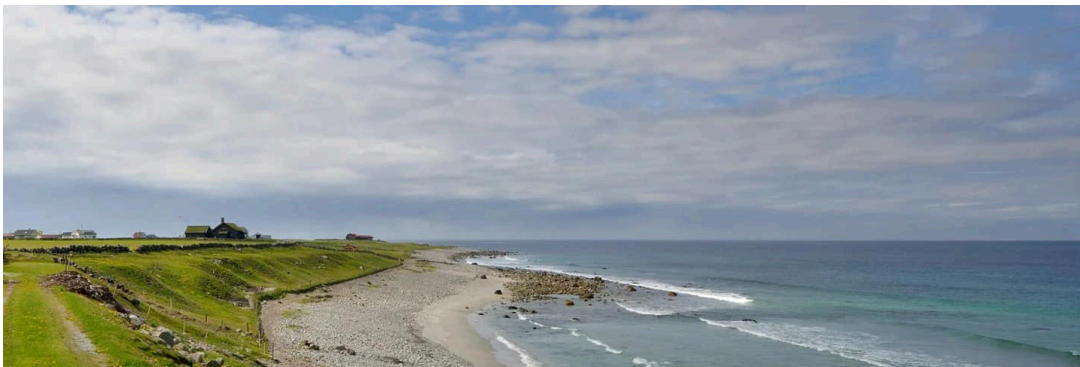
sides. Det blir ikke gjort nødvendige endringer i fag og timefordelingen, noe som hemmer arbeidet med tverrfaglighet. Fagstrukturer og systemet med vurderinger gjør det krevende for både skoler og lærere å ta temaet på alvor. En tydelig hemmer er fokuset på vurdering og testing. Både lærere og elever føler et press på å komme gjennom pensum og få gode karakterer. Tidspres fører til at prosjekter som krever tid og involverer flere fag ofte blir utsatt. Selv om fagfornyelsen fremmer utdanning for bærekraftig utvikling, ligger det likevel ikke forankret noen konkrete læringsmål eller instruksjoner på hvordan dette skal gjøres.⁵³ Metodefriheten som kommer med fagfornyelsen, fører det til at hver enkelt lærer får på seg ansvaret for hvordan det skal jobbes med temaet bærekraftig utvikling.⁵² En annen type utfordring er kompetansen til læreren i bærekraft temaet. Lærere som brenner for BU og har mye kunnskap om dette, kommer gjerne til å satse mer på temaet. Andre lærere er kanskje mindre trygg på hvordan man kan undervise i BU, noe som kan skape store forskjeller på undervisninger blant lærere på en og samme skole, men også mellom ulike skoler i landet.

3.4 Den naturlige skolesekken – UBU satsing i Norge

Naturfagsenteret har fått ansvaret til å følge opp UBU satsingen i Norge og dermed har "Den naturlige skolesekken" blitt utviklet. Den naturlige skolesekken (DNS) er et nasjonalt prosjekt mellom Kunnskapsdepartementet og Klima- og miljødepartementet. Målet med utviklingen av DNS er å stimulere skoler til å ta i bruk læringsarenaer som fremmer utdanning for bærekraftig utvikling. DNS hjelper skoler til å utvikle elevaktive undervisninger der flere fag blir inkludert. Programmene skal gi økt kompetanse og bevissthet rund bærekraftig utvikling både for lærere og elever i grunnskole og videregående opplæring.⁵⁴ Utdanningsdirektoratet skriver i et oppdragsbrev at målet for den naturlige skolesekken er «å medvirke til at elevene som framtidige arbeidstakere får kunnskap og medvett om bærekraftig utvikling og miljøutfordringene på kloden, og blir i stand til å forstå og utvikle løsninger på miljøproblema i dag og i framtida».⁵⁵

Alle skoler kan bruke DNS til å søke om økonomisk støtte og utvikle prosjekter til undervisning. Undervisningsoppleggene skal være av høy faglig kvalitet og tilrettelagt læreplanmålene. Aktivitetene som DNS bidrar med, er utforskende, setter elevene i stand til å tenke mer bærekraftig og fremmer personer som kan bidra til løsninger på de mange miljøproblemer verden står ovenfor.⁵⁶ Et eksempel på hvordan den naturlige skolesekken kan tas i bruk er i prosjektet «Ryddeaksjonen på Jærkysten». Det er i all hovedsak Jæren Friluftsråd som har hatt ansvaret for gjennomførelsen av prosjektet i perioden 2018-2020.

Flere skoler har slått seg sammen i dette plastinnsamlingsprosjektet, der elever er med på å samle inn forsøplinger, hovedsakelig plast, på ulike lokasjoner langs Jærkysten. Prosjektet går ut på å rydde og samle opp avfall, og registrere dette i et skjema utarbeidet av NORCE. Målet for prosjektet er å kunne jobbe tverrfaglig med temaet bærekraftig utvikling, slik at elevene får en opplevelse av hvorfor deres kompetanse er aktuell innenfor reelle problemstillinger i nærområdet. Elevene vil få bedre forståelse for hvordan vår atferd kan påvirke miljøet rundt oss. Når elevene blir tatt med ut i naturen kan dette fremme individ som vil jobbe for å redusere belastningen forsøpling kan ha på livet i havet.



Figur 3.3: Jærstrendene - Ryddeaksjonen på Jærkysten våren 2022



Figur 3.4: Avfall funnet ved jærstrendene av elever på Bryne videregående skole våren 2022

Prosjektet med å rydde strendene vil være en fordelaktig måte å gå frem på for å nå bærekraftsmål 14, men også mål 12 og 15. Det er klart at et slikt prosjekt krever tid og økonomiske ressurser, og det er derfor laget en ordning som gjør at skolene kan søke om hjelpemidler fra den naturlige skolesekken. På den måten blir det lagt til rette for at skolene skal prioritere prosjekt som kan skape interesse for bærekraftig utvikling blant elevene.

3.5 Hvordan undervises det om bærekraft i kjemifagene i dag?

Etter at Utdanningsdirektoratet ble forpliktet til å sikre at bærekraftsmålene ble implementert i utdanningen, ble det laget en detaljert strategi og ansvarsfordeling. Deler av den nasjonale strategien er formulert på følgende måte:

«Utdanning for bærekraftig utvikling må gjennomsyre alle relevante fag slik at det skapes en gjennomgående helhet i opplæringen»⁵⁷

For de aller fleste studentene er det erfaringen de har med seg fra valgfagene Kjemi 1 og Kjemi 2 som er grunnlaget for at de senere velger en kjemiutdannelse ved et universitet. Hva som undervises i disse fagene er derfor av stor interesse. Det er nok av tema i kjemifagene, knyttet til alt fra batteri, polymerer, vannkjemi og fotosyntesen, som kan fungere som en inngangsport til gode diskusjoner og prosjekt om bærekraft og miljøproblematikk. Før vi ser nærmere på hvorvidt dette blir praktisert skal vi først se hva læreplanen sier om bærekraftig utvikling i kjemifagene.

I overordnet del av læreplanen kommer det tydelig frem at opplæringens verdigrunnlag blant annet består av punkt 1.5 «Respekt for naturen og miljøbevissthet».⁵⁸ Leser man videre står det at hvert enkelt fag skal bidra til at elevene utvikler en kompetanse «som gjør dem i stand til å ta ansvarlige valg og handle etisk og miljøbevisst». Det er også spesifisert at de tverrfaglige temaene i fagfornyelsen skal være en sentral del av det faglige innholdet. Under punktet tverrfaglige temaer; bærekraftig utvikling, kan man lese følgende avsnitt:

«I kjemi handler det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling om å forstå kjemiske prosesser som har betydning for miljøet og klimaet, og kompetanse til å gjøre bærekraftige valg. Bærekraftig utvikling i kjemi handler også om å finne løsninger for å forvalte og gjenbruke jordas naturressurser på en bærekraftig måte.»⁵⁹

I kompetansemålene til de to kjemifagene ser man også at noen av målene er direkte knyttet til bærekraftig utvikling. I kjemi 1 er to av 17 kompetansemål knyttet til bærekraftig utvikling:

- *«Bruke informasjon fra sikkerhetsdatablad til å gjøre vurderinger knyttet til helse, miljø og sikkerhet i praktisk arbeid.»*

- «Gjøre rede for prinsipper for grønn kjemi og drøfte hvordan bruk av prinsippene kan bidra til bærekraftig utvikling.»⁶⁰

I kjemi 2 er ett av 15 kompetansemål knyttet til bærekraftig utvikling:

- «gi eksempler på produksjon, gjenvinning, deponering og nedbryting av noen metaller og noen typer plast, og drøfte tiltak som er i samsvar med prinsipper for grønn kjemi.»⁶¹

Det er altså ingen tvil om at det i læreplanen kommer tydelig frem at undervisning om bærekraftig utvikling skal være en viktig del av kjemiundervisningen, men om dette faktisk blir realisert er sterkt læreravhengig. Fordi undervisningen som regel er tett knyttet til lærebøkene, vil informasjon om innholdet i lærebøkene gi en pekepinne på hvordan undervisningen er i kjemifagene på videregående skoler.

3.5.1 Kjemi 1

I boken «Kjemien Stemmer 1» fra Cappelen Damm er det først i kapittel 7 at man møter på tema knyttet til bærekraftig utvikling.⁶² Kapittelet heter «Organisk kjemi» og starter med et avsnitt om alkaner før det går videre til et avsnitt om «Oljeutslipp i havet». Videre er det en utleggelse om alkener som så blir fulgt opp av et nytt avsnitt «Polyeten kan gjenvinnes».

Målet med disse temastoffene er å skape refleksjon og debatt rundt problemstillingene som blir presentert. En slik måte å inkludere bærekraftig utvikling i fagstoffet på er antagelig svært effektiv fordi det er nært knyttet til fagstoffet elevene nettopp har lært. I dette kapittelet blir bærekraftig utvikling integrert i fagstoffet på en flott måte. Elevene vil antagelig derfor få større interesse for temaet og en bredere forståelse for problematikken som tas opp. I kapittel 7 ser man at læreverket oppnår målet om å la undervisningen om bærekraftig utvikling gjennomsyre faget. Boken bærer dermed tydelige preg på at den har blitt utgitt i 2021 og er basert på Lk20.



Kapittel 8 heter Grønn kjemi og er det siste kapittelet i denne kjemiboken. Her får elevene lære at grønn kjemi først og fremst handler om miljøpåvirkningen fra kjemi. Dette inkluderer

reduisert forbruk av ikke-fornybare ressurser, teknologiske tilnærminger for å forhindre kjemiskforurensning innen felt som legemidler og bioteknologi til husholdningsartikler. Videre nevnes tolv prinsipper for grønn kjemi, og det brukes flere sider på å fortelle om prinsippene. På samme måte som i kapittel 7 er det valgt ut 3 såkalte temastoff som tar for seg ulike dilemma verden står ovenfor. Disse 3 dilemmaene er hormonforstyrrende kjemikalier, substitusjonsplikt for virksomheter og tungmetaller fra gruvedrift.

I en bok på 300 sider er det her 20 sider som omhandler bærekraftig utvikling. Dette har sin logiske forklaring i at temaene som tas opp i de seks første kapitlene ikke like lett kan kobles til bærekraftig utvikling. Alt i alt er det likevel ganske imponerende å se arbeidet som har blitt lagt ned i dette læreverket for å sikre at elevene får kunnskap om hvordan bærekraftig utvikling er et tema som også er særdeles relevant innen kjemifagene. Hvis man sammenligner «Kjemien Stemmer 1» utgitt i 2021⁶² med «Kjemien Stemmer 1» utgitt i 2013⁶³ ser man enda tydeligere de forandringene som har skjedd i dette læreverket de siste årene. Ordet bærekraft og grønn kjemi nevnes ikke med et ord i hele boken. Ingen av kompetansemålene fra 2006 kan heller knyttes direkte til bærekraft. Det eneste som kan kobles til dette temaet er i kapittel 10 hvor elevene skal lære noe om drikkevann på side 224-228. Her nevnes forurensning av drikkevann fra vannverk, men denne forurensningen handler bare om viktigheten av å bufre vannet for å hindre at det sure vannet tærer på vannrørene. Det er altså stor forbedring som har skjedd i dette faget de siste årene. Det er tydelig at det har blitt lagt ned mye arbeid i å få temaet bærekraftig utvikling til å bli en del av kjemi 1 pensum.

3.5.2 Kjemi 2

I kjemi 2 har ikke den nye læreplanen trått i verk enda, og det har heller ikke blitt utgitt nye læreverker etter den siste læreplanen. Når man ser nærmere på bøkene fra kjemi 2 får man derfor et godt inntrykk av hvordan undervisningen om bærekraftig utvikling har vært de siste 15 årene. Igjen tar vi utgangspunkt i en av de mest brukte bøkene i kjemifaget; «Kjemien stemmer 2» fra Cappelen Damm.⁶⁴ Allerede i første kapittel nevnes det litt om grønn kjemi, og det står også et kort eksempel om hvordan fremstillingen av plantevernmiddelet Roundup har endret seg. «Tidligere var utgangsstoffene de giftige stoffene ammoniakk, formaldehyd og blåsyre. I den nye prosessen er formaldehyd og blåsyre erstattet av etenoksid.» Videre står det at denne reaksjonen ikke bare er sikrere å



gjennomføre, men også gir større utbytte. Et så vellykket eksempel på å endre en fremstillingsmetode i en mer bærekraftig retning er en god inspirasjon til å fortsette arbeidet innen grønn kjemi.

Det nevnes også senere i det samme kapittelet at «vi må utvikle kjemiske prosesser slik at vi kan utnytte jordens begrensede ressurser mer effektivt og uten at belastningene på miljøet blir for store. Utfordringen er å forsøke å redusere utslippene selv om forbruket globalt øker. Dette arbeidet vil kreve flere forskere med innsikt i kjemi.» Ingen steder ellers i læreboken finner man en så tydelig bevisstgjøring på behovet for forskning innen kjemi for å skape en mer bærekraftig verden. For elever som allerede har fått en interesse for bærekraftsmålene gjennom de lavere skoletrinnene vil det definitivt bidra til økt interesse for å studere kjemi når man har blitt bevisst på hvor viktig kunnskap innen dette faget er for å skape en bærekraftig verden. Når man opplever faget som nyttig er dette en god motivasjon til å senere skulle søke seg inn på en kjemiutdanning.

Kapittel 10 heter Materialer og tar for seg alt fra nanomaterialer til syntetiske polymerer. Her er det satt av flere sider til å fortelle om plastmaterialenes påvirkning på miljøet, arbeidet med å fremstille mer miljøvennlige polymerer og om livsløpsanalyser hvor man ser på miljøvirkningen fra hele prosessen, fra produksjon til avfall. De tre siste sidene i kjemiboken, kapittel 10.8 - Gjenbruk og gjenvinning er også knyttet til bærekraftig utvikling. Her vises elevene en oversikt over hvordan ulike materialer kan gjenbrukes eller gjenvinnes, og det nevnes også behovet for å spare på ressursene for å minke energiforbruket og begrense de forurensende utslippene.

Det er derfor helt tydelig at dette læreverket var bevisste på å undervise om bærekraftig utvikling. I den gamle læreplanen var det kjemi 2 som bar hovedtyngden av undervisningen i bærekraft. Likevel ser man også en tydelig forskjell fra læreboken i kjemi 2 og den nyeste utgaven i kjemi 1. De 7 av 293 sidene om bærekraft i dette læreverket er tilleggsinfo og er ikke integrert i de øvrige temaene i faget. I kapittelet om batteri nevnes ikke miljøproblematikken med et ord, i avsnittet om brenselceller presenteres ikke elevene for dilemmaene knyttet til utvinningen av hydrogengass, når elevene lærer om de naturlige bufferne i vann nevnes ikke sur nedbør. Temaet bærekraftig utvikling gjennomsyres altså ikke kjemiboken fra den gamle læreplanen.

På tross av at bærekraftig utvikling har fått stort fokus i løpet av de siste tiårene og på nytt har blitt aktualisert i fagfornyelsen ser man altså at det er varierende i hvor stor grad det faktisk blir undervist i dette emnet. Dette er ikke unikt for kjemifagene, men er en tendens man kan se i de fleste fag i de fleste trinn. Selv om bærekraftig utvikling er en viktig del av verdigrunnlaget og fagområdene for skolene, viser likevel forskning at undervisning knyttet til bærekraftig utvikling er lite utbredt og sterkt læreravhengig.⁴⁵ Det kan være flere årsaker til dette. Noe handler om at temaet kan virke litt abstrakt. Noe skyldes at det er vanskelig å måle å vurdere kunnskapen noe som gjør at det ofte utelates fra prøver og eksamener. En annen ting skyldes at det tar tid å få endret innstillingen til lærerne, noe som gjør at de fleste holder seg til tradisjonelle undervisningsmetoder. Det er derfor lett å forstå at et av de viktigste satsingsfeltene har vært å vektlegge bærekraftig utvikling i utdannelsen for nye lærere slik at disse får den kompetansen som trengs for å kunne gi elevene en tilfredsstillende undervisning.

Kapittel 4: Tilbud og studiemuligheter på universiteter i Norge

Grunnlaget for videre studier settes på videregående nivå og videregående skoler har derfor et stort ansvar for å implementere bærekraft i ulike fag. Samtidig er det tilbudet på høyere utdanning og universitetene som avgjør elevenes valg av studier i bærekraft. Regjeringen ønsker en økt satsning på forskning og høyere utdanning. Utdanningen skal ikke bare ha høy kvalitet, men skal også være et sentralt middel i arbeidet mot et bærekraftig samfunn. Hvert universitet og hver høyskole i Norge har derfor fått et spesielt ansvar for å følge opp bærekraftsagendaen.²² Som introduksjon til dette kapitlet gjennomgås forskriftene og rammeplanene som er gjeldene for kjemiutdannelse på universitetsnivå. Disse reguleringene danner grunnlaget for utformingen av utdanningen, men det er likevel stor frihet knyttet til det faglige innholdet og utformingen av studieprogrammene. Med den bakgrunn har ulike universiteter i Norge blitt undersøkt når det gjelder tilbud av studier og emner som gir studenter kunnskap om bærekraftsmålene. Kjemiutdannelse vil ha hovedfokuset, og universitetene som blir presentert er UiS, UiB, NTNU, UiO, NMBU og UiT.

4.1 Lover, forskrifter og rammeplaner for kjemiutdannelse

Norge har gjennom årene signert flere internasjonale avtaler som skal sikre at bærekraftig utvikling blir en del av utdannelsene i Norge. Eksempler på slike avtaler er FN's utdanningstiår for bærekraftig utvikling (2005-2014), Bonndeklarasjonen (2009) og Europeisk strategi for utdanning for bærekraftig utvikling.²² Det har dessuten blitt vedtatt en handlingsplan for klima- og bærekraftig utvikling som med jevne mellomrom har blitt fornyet. Allerede på landsmøtet i 2009 ble det vedtatt at Utdanningsforbundet ble tildelt en stor del av dette ansvaret, og av alt arbeidet dette forbundet har gjort er det kanskje arbeidet for å endre lærerutdannelse som har vært mest imponerende. Arbeidet handler om å sikre at lærere får en grundig opplæring i temaet bærekraftig utvikling og på lang sikt ønskes integrasjon av bærekraftsmålene i alle studieprogram for å oppnå faglig kompetanseheving.

I 2020 ble det formulert en ny lov om universiteter og høyskoler som ble avgitt til Kunnskapsdepartementet.⁶⁵ I punkt 6.3.6 i denne loven kan man lese om hvordan regjeringen nå har en økende forventning til at universitetene og høyskolene skal bidra i samfunnsutviklingen. Her skrives det blant annet at det handler om mer enn å utdanne kandidater med høy og relevant kompetanse gjennom forskning av høy kvalitet. I tillegg

ilegges universitetene og høyskolene et stort ansvar for oppfølgingen av både bærekraftsmålene og målet i Parisavtalen fordi utdanning, forskning og innovasjon regnes som noen av de viktigste virkemidlene man har:

*«Universiteter og høyskoler skal være motorer i den regionale utviklingen, og de skal bidra til nødvendig omstilling i næringslivet, jf. at betydningen av petroleumssektoren i norsk økonomi vil være fallende i årene som kommer. Det forventes også mer enn tidligere at universitets- og høyskole- sektoren skal bidra til å møte vår tids samfunnsproblemer, som er både komplekse og globale i sin natur, for eksempel klimaendringer».*⁶⁵

Flere har reagert på at det samlede oppdraget for universiteter og høyskoler er blitt for stort de siste årene, men til dette har det blitt påpekt at det er uunngåelig så lenge kunnskap står i sentrum for utdanningen og samfunnsutviklingen. Ulike institusjoner har ulike forutsetninger til å kunne møte disse forventningene, men det understrekes likevel at det er sektoren samlet som må løse samfunnsoppdraget, ikke hver enkelt institusjon for seg. Som institusjoner i et demokrati er det deres oppdrag å levere det politikerne vedtar, men hvordan dette gjøres varierer, og det har ikke blitt laget en tydelig strategi. Noen retningslinjer har de likevel fått.

Kunnskapsdepartementet har i flere år utgitt forskrifter for rammeplaner for de ulike ingeniørutdannelsene. Den gjeldende forskriften ble fastsatt av Kunnskapsdepartementet i 2018 og gjelder for 3-årige bachelorgrader og definerer de nasjonale rammene for ingeniørutdanningen.⁶⁶ Her finner man en oversikt over hva innholdet i en ingeniørutdannelse skal være. Det er blant annet spesifisert at av de 180 studiepoengene er det maks 20-30 studiepoeng som kan være valgfrie emner. I den samme forskriften finner man også læringsutbyttebeskrivelsene som er formulert med utgangspunkt i fastsatt Nasjonalt kvalifikasjonsrammeverk for høyere utdanning (NKR). Basert på forskriften som ble utgitt av Kunnskapsdepartementet har Universitets- og høyskolerådet (UIR) utgitt nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanning.⁶⁶ Disse nasjonale retningslinjene er et 78 siders dokumentet som er delt inn i 4 deler. I del 1 beskrives mål og bakgrunn for retningslinjene, i del 2 finner man læringsutbytte innenfor flere fagområder. Del 3 inneholder opptakskrav, karakterbeskrivelse, vurderingskriterier og nasjonale og internasjonale trender. Del 4 er vedlegg, referanser og lenker.

I delkapittel 3.2.2.2 Kjemi, introduseres læringsutbyttene ved å vektlegge viktigheten av gode kjemikunnskaper for å forstå og håndtere klima- og miljøutfordringene som samfunnet står ovenfor. Flere ganger i introduksjonen nevnes ulike tema som direkte kan knyttes til bærekraft. Det er også spesifisert at «klima- og miljøutfordringene skal belyses i eksempler og oppgaver». Videre ramses det opp flere eksempler på aktuelle tema knyttet til miljø og klima som bør belyses i kjemiutdannelse: «vann- og avløpsrensing, EE-avfall og miljøgifter i EE-produkter, elektriske ledere, masse- og energibalanser, materialteknologi, krystallstruktur og fase diagrammer, nye energikilder og vurdering av produkter og prosesser». ⁶⁶

I samme delkapittel er det samlede læringsutbyttet etter en fullført 3-årig bachelorgrad definert i form av Kunnskap, Ferdigheter og Generell kompetanse. 3 av disse punktene omhandler bærekraftsmålene:

K-1: Kandidaten har bred kunnskap innen grunnleggende kjemifag som generell kjemi, organisk kjemi, fysikalsk kjemi, analytisk kjemi, biokjemi og kjemiteknikk. Dette gir et helhetlig perspektiv på kjemiingeniørens fagområde, inkludert aktuelle miljøutfordringer.

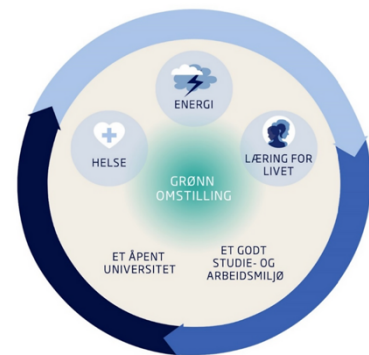
F-5: Kandidaten kan bidra til nytenkning, innovasjon og entreprenørskap gjennom deltakelse i utvikling og realisering av bærekraftige og samfunnsnyttige produkter, systemer og/eller løsninger.

G-1: Kandidaten har innsikt i miljømessige, helsemessige, samfunnmessige og økonomiske konsekvenser av kjemiske produkter, analyser og prosesser og kan sette disse i et etisk perspektiv og et livsløpsperspektiv.

På tross av at alle universitet og høyskoler forholder seg til de nasjonale forskriftene og rammeplanene, er det likevel stor grad av frihet knyttet til hvordan man velger å bygge opp studie- og programplanene, og hvilket faglig innhold man velger å prioritere. Dette er et stort ansvar som har stadig økende fokus rundt omkring på institusjonene.

4.2 Strategiene til universitetene i Norge

Universitetet i Stavanger (UiS) ligger på Ullandhaug i Stavanger og ble etablert i 2004.² Universitetet har 12 000 studenter organisert i 6 fakulteter, blant annet «Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet». De 96 studieprogrammene som tilbys ved universitetet er fordelt på flere ulike retninger på både bachelornivå, masternivå og doktorgradsnivå. UiS følger strategi 2030, der de har valgt seg ut 6 satsningsområder: Grønn omstilling, Energi, Helse og velferd, Læring for livet, Et åpent universitet, og Et godt lærings- og arbeidsmiljø, se figur 4.1.⁶⁷ Grønn omstilling regnes her som kjernen i denne satsningen. Konkrete mål som UiS har satt er blant annet at de ønsker å «prioritere forskning som er direkte knytt til bærekraftig utvikling,» og «integre mål om bærekraft i utdanningane våre».



Figur 4.1 De 6 satsningsområdene ved UiS som beskrevet i Strategi 2030.⁶⁷

Universitetet i Bergen (UiB) ble etablert i 1946 og er med det Norges nest eldste universitet.⁶⁸ Universitetet har fra starten vært ledende i Norge innen flere naturvitenskapelige fagområder, blant annet oceanografi og klimaforskning.⁶⁹ Universitetet har 18 000 studenter fordelt på syv fakulteter og en rekke tilhørende institutt og faglige sentre som sammen omfatter de fleste klassiske universitetsdisipliner. De tre fokusområdene til universitetet er globale samfunnsutfordringer, marin forskning og klima og energiomstilling. Disse fokusområdene kan man lese mer om i UiBs strategi 2019-2022.⁷⁰ Oversikten man finner i dette dokumentet er ment til å vise UiBs verdier, styrker og samfunnsrolle, og hvordan de prioriterer for å videreutvikle universitetet i tråd med dette. Bærekraftig utvikling nevnes flere ganger i dette dokumentet. Et konkret mål UiB har satt seg er å tilby en rekke studieprogram og emner som er direkte knyttet til bærekraft.

Norges teknisk naturvitenskapelige universitet (NTNU) er Norges største universitet med over 40 000 studenter. NTNU har base i Trondheim, men er fordelt på 3 campuser: Trondheim, Gjøvik og Ålesund. NTNU består av 9 fakulteter som er inndelt i 55 institutter, og de tilbyr 356 studieprogrammer (2020).⁷¹ Naturvitenskap og teknologi er et av universitetets sterke

sider og rundt halvparten av studentene har sin tilhørighet til dette fagfeltet. NTNU sin strategi «Kunnskap for en bedre verden» er gjeldende fra 2018 til 2025 og viser universitetets innsatsområder.⁷² NTNU formidler at de skal bidra til å løse globale utfordringer, skape verdier og utvikle teknologisk grunnlag for samfunnet i fremtiden. Grønn omstilling og bærekraftsmålene skal derfor prioriteres i både forskningen og utdanningen ved NTNU. I 2014 opprettet universitetet de fire satsingsområdene NTNU Bærekraft, NTNU Energi, NTNU Hav og NTNU Helse.⁷³ Innenfor det tematiske området "Bærekraft", er fokuset rettet mot bevaring av biologisk mangfold, klimaendringer, bærekraftige byer og sirkulær økonomi. Bærekraft preger tydelig strategien til universitetet, og de tematiske satsingsområdene er et viktig hjelpemiddel til å realisere ambisjonene til NTNU.

Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) ligger i Ås kommune i nærheten av Oslo. NMBU tilbyr 64 ulike studieprogram og har rundt 6000 studenter. Det tilbys studier innenfor bærekraftig utvikling, klimautfordringer, ressursforvaltning og fornybare energikilder.⁷⁴ NMBU består av 7 fakulteter og til forskjell fra flere andre universiteter er fakultetene ikke delt inn i flere institutt. Navnet på universitetet sier noe om deres fokus på naturforvaltning, miljø, bioproduksjon, teknologi og landskap. I NMBU sin nåværende strategi fra 2019-2023 er deres overordnede oppdrag å «utdanne fremragende kandidater, skape innovasjon og utføre forskning av høy kvalitet som løfter frem nye perspektiver». ⁷⁵ NMBU har også et spesielt oppdrag, som handler om innsatsen for å nå FNs bærekraftsmål. Den overordnede satstingen til NMBU er «Felles innsats for en bærekraftig fremtid» og her legges det vekt på samspill med omverdenen og deling av kunnskap. NMBU har en unik beliggenhet og skreddersydde faglige synteser som gir gode muligheter og forutsetninger i arbeidet med bærekraftsmål og utvikling.

Universitetet i Oslo (UiO) er Norges eldste universitet.⁷⁶ De fleste fakultetene holder til ved Karl Johans gate og på Blindern-Gaustad universitetsområde. Med sine 28 000 studenter er det i dag det nest største universitetet i landet. Universitetet består av åtte fakultet og tilbyr 235 studieprogram. Universitetets overordnede strategi, Strategi 2030 består av 4 satsningsområder.⁷⁷ Et av disse satsningsområdene er at UiO skal «utdanne studenter med kunnskap, evne og vilje til å skape en bedre verden». Under hvert av de fire satsningsområdene er det 4 til 7 delmål. To av disse delmålene omhandler hvordan UiO skal bidra til bærekraftig samfunnsutvikling og grønn omstilling, samt redusere eget

klimafotavtrykk. De skriver så om seg selv at UiOs fortinn er «Vår faglige bredde og dybde gir oss et unikt utgangspunkt for å bidra til bærekraftige løsninger (...)».

Universitetet i Tromsø (UiT), også kjent som Norges arktiske universitet, er verdens nordligste universitet og har hovedcampus i Tromsø. Universitetet er spredd over et stort geografisk område og studenter ved UiT kan studere ved 10 studiesteder: Tromsø, Alta, Harstad, Narvik, Kirkenes, Hammerfest, Bodø, Mo i Rana, Bardus og Svalbard. UiT har nesten 18 000 studenter og tilbyr rundt 270 studieprogrammer. UiT er organisert i 7 fakultet og flere institutter.⁷⁸ Drivkraft nord er UiT sin strategi i perioden 2014-2022. Strategien har blitt noe revidert i 2018, og kan deles i to deler.⁷⁹ Første del peker på kunnskapsområder, der UiT har ambisjoner om være ledende internasjonalt, og andre del tar for seg fire gjennomgående strategier og detaljerte målsetninger. I strategien belyses det at "Vi skal bruke vår sentrale beliggenhet i nordområdene, vår faglige bredde, og vår tverrfaglige kompetanse til å møte fremtidens utfordringer". Dette støttes opp av de 5 kunnskapsområdene til UiT, som er: 1) Teknologi, 2) Samfunnsutvikling og demokratisering, 3) Helse, velferd og livskvalitet, 4) Energi, klima, samfunn og miljø og 5) Bærekraftig bruk av ressurser. I den andre delen av strategien, er ett av målene direkte knyttet til bærekraftig utvikling og lyder slik «UiT skal i alle deler av virksomheten arbeide for en bærekraftig utvikling».

Alle universitetene legger vekt på bærekraftig utvikling i sine strategier og ønsker å satse på forskning innen bærekraft. Ulikheten finner man i formuleringen av satsningsområdene og hvordan universitetene praktiserer dette. Dette er naturlig med tanke på størrelsen på universitetene, forskningsområdene og beliggenheten. UiT vil naturlig nok fokusere på polar forskning, på samme måte som NMBU vil fokusere på jordbruk og matproduksjon. Likevel har alle universitetene et felles satsningsområde: bærekraft/grønn omstilling. Universitetene UiS, UiB og NMBU har bærekraft som sitt overordnet satsningsområde, ved NTNU, UiT og UiO derimot sidestilles bærekraftsatsningen med flere andre satsningsområder.

4.3 Universitetenes bærekraftssatsing og kjemiutdannelse



4.3.1 Universitetet i Stavanger - UiS

I tråd med strategi 2030 er det flere prosjekt som har blitt startet opp for å fremme bærekraftig utvikling ved UiS. Våren 2021 fikk blant annet Kjemi, biovitenskap og miljøteknologi instituttet på UiS, 3 millioner i støtte til forskningsprosjektet NorBra 2025, ledet av Daniela M. Pampanin. Prosjektet ønsker å forbedre utdanningskvaliteten og fokusere mer på bærekraftmålene og betydningen av bærekraftig bruk av ressursene.⁸⁰ Et annet forskningsprosjekt som UiS deltar i er i samarbeid med forskningsinstituttet NORCE, Norwegian Research Center. Her er forskere fra Stavanger universitet med i et havvindprosjekt med navn «ImpactWind Sørvest» og et forskningsprosjekt innenfor bore og brønnteknologi med navn «OpenLab».⁸¹ På universitetsområdet ligger også Innovasjonsparken, som er et senter med flere bedrifter. Her arbeides det med forskning, næringsutvikling og innovasjon. Flere selskaper i Innovasjonsparken arbeider også aktivt med løsninger på FNs bærekraftsmål, og har valgt ut sju bærekraftsmål som de ønsker å satse ekstra på. Blant annet mål 7 – ren energi for alle, 12 – ansvarlig forbruk og produksjon og mål 9 – innovasjon og infrastruktur.⁸²

Andre endringer som trer i kraft høsten 2022 er når UiS introduserer 4 nye studier. To av disse er spesielt viktige for den grønne omstillingen ved UiS: bachelor i batteri- og energiteknologi og master i energi, reservoar og geovitenskap. Bachelor i batteri og energiteknologi gir studentene forutsetninger for å møte energibehovet i samfunnet på en bærekraftig måte. Det tverrfaglige studiet kombinerer flere emner og retninger, for eksempel kjemiteknikk, fornybar energi og materialteknologi. Master i energi, reservoar og geovitenskap gir studentene innblikk i hvordan man kan imøtekomme fremtidens energibehov og CO2-lagring.⁸³ Andre eksempler på utdanning i bærekraft ved UiS er masteren Energi, miljø og samfunn, og emnet MGLT03 - Bærekraftig utvikling og folkehelse.

Ved det teknisk-naturvitenskapelige fakultetet på UiS finner man instituttet for kjemi, biovitenskap og miljøteknologi. På bachelornivå kan studentene velge mellom de to hovedretningene 1) biologisk kjemi og 2) kjemi og miljø. På masternivået er det også to studieretninger som tilbys ved dette instituttet; master i biologisk kjemi eller master i

miljøteknologi. En integrert master som også er av relevans er lektorutdanning i realfag.² Både biologisk kjemi og kjemi og miljøprogrammet bidrar til å gi studenter kunnskaper og løsninger på fremtidens utfordringer. Utdannelsen innen biologisk kjemi støtter dessuten mål 3 og 12 av FNs bærekraftsmål, uten at dette nevnes noe nærmere i noen av emnebeskrivelsene.⁸⁴ På bachelorstudiet i kjemi og miljø skal kjemifagene gi studentene solide kjemikunnskaper, samtidig som UiS har som mål at det også er et miljøperspektiv i emnene ved å vise hvordan kjemiske reaksjoner kan være løsninger på utfordringer innen energi, medisin og klima.⁸⁴ Fra 4. semester kan man velge å spesialisere seg innen studieretningen kjemi, eller studieretningen vann og miljøteknikk. De fleste emnene er fremdeles felles og obligatoriske, men studentene har 30 studiepoeng valgfrie emner. Ved masteren i miljøteknologi er fokuset bærekraft og fornuftig bruk av miljøet. Denne masterutdannelsen tar for seg konkrete problemstillinger i akvatiske miljø og hvordan man kan redusere skadevirkningene av menneskelig aktivitet.

De obligatoriske emnene er i stor grad like for både biologisk kjemi, og kjemi og miljø. Det er også flere emner innen matematikk, fysikk og data som er felles for alle ingeniørstudentene. Fra og med 3. semester kan studentene begynne å velge emner. Emner som direkte er knyttet til bærekraftig utvikling er akvatiske økotoksikologi (MLJ650), prosessteknologi (KJE260) og uorganisk kjemi (KJE220). Et tidligere fag, miljøkjemi (KJE100), hadde i flere år ansvar for å ta for seg store deler av miljøutfordringene verden står ovenfor. Dette emnet var obligatorisk for alle ingeniørstudenter, men er i dag oppløst. I stedet har det nå blitt erstattet med et 5 poengs kjemifag, mens miljødelen av emnet har blitt spredd til ulike emner og ulike studieretninger. Det er dermed uvisst hvor mye av den miljødelen som egentlig finnes og hvordan andre emner tar seg av dette. Når miljødelen skal bli integrert i eksisterende emner på denne måten er det stor sjanse for at det blir opp til hver enkelt foreleser å avgjøre hvor mye vekt de ønsker å legge på bærekraftig utvikling i sine fag.

4.3.2 Universitetet i Bergen - UiB



Universitetet i Bergen, UiB, har blitt gitt en ledende rolle i arbeidet med å øke kunnskapen og engasjementet rundt FNs bærekraftsmål. Denne rollen har de fått av FNs underorganisasjon United Nations Academic Impact (UNAI) som totalt har valgt ut 17 universitet på verdensbasis som ønsker å skape samarbeid på tvers av universitet og land med den målsettingen å realisere bærekraftsmålene.⁸⁵ Dette ønsker de å oppnå ved å skape forskningssentrum rundt hvert av de 17 målene. UiB har fått tildelt bærekraftsmål 14: "Bevare og bruke hav og marine ressurser på en måte som fremmer bærekraftig utvikling som sitt satsingsfelt. Deres jobb består dermed av å engasjere og inspirere partnere i arbeidet med bærekraftig hav. Dette har de blant annet gjort ved å lansere et nytt havforskningssenter som skal styrke forskningen om bærekraftig hav. UiB blir også rost for sitt initiativ til å avholde Den nasjonal Bærekraftskonferansen i februar hvert år. Her møtes universitets- og høyskolesektoren med frivillige organisasjoner, næringsliv og fagbevegelsen for å snakke om hvordan sektoren skal jobbe med bærekraftsmålene.⁸⁶

Ved UiB er det flere institutt, sentre og studieprogram som er direkte knyttet til bærekraftig utvikling. Under det samfunnsvitenskapelige fakultetet finner man senteret for klima og energiomstilling (CET) som fokuserer på å «utvikle og fremme tverrfaglig forskning på strategier, virkemiddel og veivalg for klima og energiomstilling i samfunnet.»⁸⁷ Under det psykologiske instituttet finner man et institutt for helse, miljø og likeverd (HEMIL) som selv hevder å ha et «ressursorientert perspektiv i tråd med FNs bærekraftsmål og vektlegger spesielt sosial rettferdighet lokalt og globalt.»⁸⁸ Ved det matematisk-naturvitenskapelige fakultetet finnes flere sentre som kan knyttes til bærekraft. Et av disse sentrene er Centre for Sustainable Aquaculture Innovations (CSAI) hvor det drives forskning innen alt fra akvakultur og marin næringsnettfunksjon til klimaendringene og de menneskeskapte påvirkningene på de marine systemene. En fullstendig liste over alle fag knyttet til bærekraftsmålene og bærekraftig utvikling vises i figur 4.2.

SDG110 – Perspectives on Sustainable Development

The course is an introduction topic and gives different perspectives on sustainable development.

SDG303 - Global Health - Challenges and Responses

The objective of the course is to equip the students with concepts and perspectives for the analysis of global health challenges and responses in the context of the Sustainable Development Goals.

SDG207 - Energy Transition

The main objectives of this course is to introduce the science of energy transition and sustainable energy sources, and to provide the students with an understanding of key cross-disciplinary challenges related to the transition towards a low CO₂-emission society.

SDG607 - Energy Transition

The main objective of this course is to introduce the science of energy transition and sustainable energy sources, in light of the UN sustainable development agenda, and to provide the students with an understanding of key cross-disciplinary challenges related to the transition towards a low CO₂-emission society.

SDG200 - Ocean-Climate-Society: Sustainability summer course

This course will employ the SDGs as a platform from which to gain a comprehensive understanding of planetary sustainability.

SDG213 – Causes of Climate Change

The seminar aims at giving an introduction to the science of climate change.

SDG214 – UN Sustainable Development Goal 14: Life below water

Through active learning and working in teams, the student will acquire knowledge and skills related to science, policy, and society necessary for understanding and contributing towards sustainable development of life below water.

SDG215 – UN Sustainable Development Goal 15: Life on land

Human influence on the natural processes of the planet has been so massive in the last 200 years that the Holocene epoch in the time after the last glaciation has ended and we now live in the Anthropocene era, with mass eradication of animal species, climate change and physical changes in the Earth's surface.

SDG900 - PhD for Innovation. Interdisciplinary course from systems thinking through creative problem-solving to RandD management

The purpose of the course is to equip PhD candidates with problem solving methods that facilitate interdisciplinary collaboration with a strong focus on research impact.

GEO125 - Økonomisk globalisering, produksjonssystem og miljø

Emnet tar opp tema som økonomiske globaliseringsprosesser med konsekvenser for produksjonssystem, lokalisering av arbeidsplasser og miljø (bærekraftig utvikling og omstilling).

GEO131 - Mat, miljø og bærekraftig utvikling

Kurset handler om den mest grunnleggende problemstillinga for bærekraftig utvikling: Korleis sikre nok mat til verdas befolkning og samstundes forvalte miljøet på ein bærekraftig måte?

CE7201 – Sustainable Innovation

The course includes central methods and theories within innovation, entrepreneurship, and creativity, with a particular focus on how to create sustainable solutions, concepts and business models.

GEO222 – Sustainability in an Urbanising World

The course addresses present urbanization processes in the context of globalization processes, and focuses on challenges and opportunities for sustainable development.

GEO282 - Det rurale i endring

Emnet startar med ein gjennomgang av ulike tilnærmingar til studiet av landskap.

GEO330 – Theories of Sustainable Land Use

Finding ways to negotiate increasing pressures on land around the world is key to meet the sustainability challenge.

GEO324 - Geographies of the Green Economy

This course in economic and human geography addresses the concepts, theories and discourses of the green economy.

GEO337 - Discourse, Politics, and Place: Critical Perspectives on Environmental Governance

The primary aim of this course is to strengthen and expand students' understanding of global environmental issues and their implications for local development challenges.

ENERGI101 - Introduction to Energy Resources and Consumption

Important renewable energy resources such as solar energy, wind energy, hydropower, tidal and wave energy, bioenergy and geothermal energy are to be discussed. **Postgraduate courses:**

ENERGI200 - Energy Resources and Use

The course aims at giving the students an overview over various energy resources with emphasis on renewable resources.

ENERGI230 - Environment and Energy

The course aims at giving the students insight into environmental consequences of harvesting, conversion and use of energy

GEOF347 - Seminar on "Earth system science for sustainability studies"

Earth system science goes beyond traditional climate research by including also biogeochemical cycles in climate studies and thus providing key links to sustainable development, e.g. in terms of energy and food production.

Figur 4.2: Nåværende UiB-kursportefølje om SDG-er, Bærekraft og Bærekraftig utvikling

Ved Kjemisk institutt er mesteparten av forskningsaktivitetene fokusert på molekylær livsvitenskap, Energi og bærekraftig produksjon og Marin kjemi. Kjemisk institutt er dessuten partnerinstitutt for utdanning i farmasi, energi og lektor. Det betyr at studenter fra et stort spekter av studieprogram er innom instituttet for å få undervisning i ett eller flere fag. Studieprogrammene som tilbys ved Kjemisk institutt er:

- Kjemi, bachelor (3 år)
- Kjemi, master (2 år)
- Nanoteknologi, bachelor (3 år)
- Nanoteknologi, master (2 år)
- Medisinsk teknologi (Integrert master, 5 år)

På hjemmesidene til UiB presenteres kjemiutdannelsen på følgende måte:

«Kjemi er essensielt for å forstå både globale og lokale utfordringer innen miljø, helse, og energi. Mulighetene som kjemiker er mange. Du kan utvikle nye produkter, bidra til bedre helse, trygg og sunn mat og nye energiløsninger.»⁸⁹

I studieprogrammet bachelor i kjemi (3 år) er det totalt 8 kjemifag som er obligatoriske, men 4. semester har man mulighet til å velge mellom to kjemifag, og 5. semester har man 3 valgfag. Velger man 3 kjemifag dette semesteret betyr dette at man totalt har hatt 12 kjemifag i løpet av sitt bachelorstudium. Ingen av emnebeskrivelsene nevner ordet bærekraft eller grønn kjemi med et ord. Det eneste faget med et innhold som kan knyttes til bærekraftsmålene er faget KJE131- Organisk kjemi som blant annet omhandler farmasøytisk industri, matvareindustri og dyrehelse.⁹⁰ Heller ikke de obligatoriske matematikk og fysikkfagene er relevante for bærekraftsmålene, så man kan derfor konkludere med at studentene som søker seg inn på bachelorstudiet i kjemi antagelig kommer til å fullføre hele studieløpet uten å ha lagt noe særlig merke til UiB sin brede satsing på bærekraft. Bærekraft har rett og slett ikke blitt integrert i studieløpet og emnene enda. Det eneste unntaket er hvis studentene selv velger et valgfag som er knyttet til bærekraft. Man kan for eksempel velge emnene SDG214 eller SDG215 som tar for seg bærekraftsmål nr. 14 og 15 og som er åpne for alle bachelorstudenter ved UiB.^{33, 35}

Som en introduksjon til studieprogrammet master i kjemi (2 år) kan man lese at

«den kjemiske vitenskapen er eit rammeverk for å forstå, utnytte og forme den materielle verda vår. Kjemi skjer overalt, og kunnskap om kjemi treng ein til: - framgang innan moderne medisin, - takle globale og lokale miljøspørsmål, - utvikle nye, funksjonelle materiale og produkt.»

Her kan man tydelig se hvordan fokuset er flyttet over fra den mer grunnleggende kjemikunnskapen man tilegner seg på et bachelorstudie til et mer konkret hjelpemiddel som kan benyttes for å bidra til en bærekraftig utvikling. Oppbygningen av den toårige masteren er ganske annerledes fra bachelorstudiet. Her er det ingen formelle studieretninger, men det er derimot definert ni forskningsområder man kan avlegge masteroppgaven innen. Kurset man tar vil derfor være basert på temaet i masteroppgaven. Hver enkelt student vil kunne få tips og råd fra veilederen sin for å finne en passende kombinasjon av emner. Av de ni forskningsområdene er det tre som er direkte knyttet til bærekraftig utvikling.⁹¹

Et av disse ni forskningsområdene er «Organisk geokjemi, petroleumskjemi og fornybare drivstoff».⁹¹ Studenter som velger å skrive masteren sin innen dette forskningsfeltet vil få en opplæring i hvordan organiske forbindelser er viktige energikilder og energibærere. Gjennom

emnet KJEM203 Petroleumskjemi og biodrivstoff får studenten få en god oversikt over de kjemiske prosessene som benyttes i produksjonen av fornybare alternativ til drivstoff. Ved UiB lages dette direkte fra fornybare råstoff som trevirke og andre plantemateriale. Et annet av forskningsfeltene er «Miljøkjemi» hvor forskningen har vært spesielt rettet mot analyse av tungmetaller, overvåking av radioaktiv forurensning, og organiske miljøgifter i miljø- og sjømatprøver. Et av de obligatoriske emnene i denne mastergraden er KJEM202 Miljøkjemi. I emnebeskrivelsen kan man finne en liste over kunnskapen studentene bør ha etter å ha fullført emnet. I denne listen finner man ord som Ozon-kjemi, sur nedbør, vannkjemi, eutrofiering, hormonhemmere, bioakkumulering, miljøgifter og generell industriell forurensning. Det siste forskningsfeltet er «Uorganisk nanokjemi og katalyse». Det som gjør at også dette forskningsfeltet er knyttet til bærekraftig utvikling er fordi det først og fremst forskes på forbindelser med «potensielle anvendelser som katalysatorer for foredling av olje og naturgass, i gasseparasjon, i anvendelse og lagring av CO₂ og som sensorer».⁹¹

UiB sitt masterprogram i kjemi vektlegger altså i stor grad bærekraft og er dessuten tett knyttet opp til relevante forskningsområder ved universitet. Spesielt imponerende er det å se den store valgfriheten studentene får første semester av mastergraden, da de kan velge å peile seg inn på det forskningsfeltet som interesserer mest. Etter å ha valgt forskningsfelt er det bare to fag som er obligatoriske. De fire andre fagene kan de selv velge fritt blant en liste av anbefalte fag for det forskningsfeltet. Det er mange års målrettet arbeid som er årsaken til det utpregede fokuset på bærekraft i masterutdannelsen, men i likhet med de andre universitetene i Norge har også UiB et forbedringspotensial når det gjelder å implementere bærekraftsmålene i bachelorgraden i kjemi.

4.3.3 NTNU



NTNU sitt arbeid med å fremme bærekraft på nettsiden er fremragende. På mange av studieprogrammene kan man finne informasjon som sier hvilke bærekraftsmål dette studiet fremmer. Figur 4.3 viser hvilke bærekraftsmål som støttes på bachelorprogrammet i matvitenskap, teknologi og bærekraft. Også bachelor i kjemi viser på sin nettside at studentene her vil få en introduksjon til bærekraftsmålene 6, 13 og 14. Dette er en veldig enkel, men genial måte å få studenter mer interessert i studiet. Studentene vil oppleve at det de studerer er av stor betydning for dem selv og verden rundt.

Dette studiet fokuserer på følgende bærekraftsmål



Figur 4.3: Bærekraftsmål som støttes av studieprogrammet "Matvitenskap, teknologi og bærekraft".

Samtidig har NTNU en egen side der alle de 17 bærekraftsmålene er avbildet.⁹² Her kan fremtidige studenter velge et mål de ønsker å bidra til å nå. Ved å trykke på et bærekraftsmål, kan studentene finne utdanningsprogram som passer til, samt hvilke forskninger NTNU har innenfor målet. Ved å trykke på bærekraftsmål 13, vil man for eksempel få en liste over 30 studieprogram som støtter dette målet. Blant dem er også flere kjemistudier på både bachelor- og masternivå. Gjennom det imponerende arbeidet med nettsiden, får man inntrykk av at bærekraftsmålene gjennomfører alle studier på NTNU. Etter den femte SDG-konferansen i Bergen i 2022, har NTNU uttalt seg til nyhetsavisen for høyere utdanning og forskning, khrono, og informert at de har satset sterkt på å integrere bærekraftsperspektivet ved fakultetet for naturvitenskap. Nå skal alle programmene, både 3-årige og 5-årige, ha læringsmål som baserer seg på FNs bærekraftsmål, sier prodekan Karina Mathisen.⁹³ På spørsmålet om hvordan dette arbeidet har gått ved NTNU, svarer Mathisen "Minst to emner er vesentlig endret i alle program slik at de bygger på bærekraftskompetanse".

På NTNU er dere flere studieprogram som har bærekraftsmål i kjernen av utdanning. Dette gjelder blant annet studieprogrammene «Environmental toxicology and Chemistry»,

«Innovative Sustainable Engineering» og «Sustainable Chemical and Biochemical Engineering». Fire studieprogram har også blitt nevnt ut til å være «bærekraftige utdanninger for en bedre verden».⁹⁴ Dette er bachelor i biomarin innovasjon, bachelor i matvitenskap, teknologi og bærekraft, master i materialteknologi og master i industriell kjemi og bioteknologi. Studieprogrammet «Matvitenskap, teknologi og bærekraft» er et program på instituttet for bioteknologi, som er opptatt av trygg og bærekraftig matproduksjon.⁹⁵ Studiet har flere kjemiemner, bioteknologiske emner, og emner innen mattrygghet og bærekraftige prosesser. I studiet vil studentene lære om hvordan naturressursene kan utnyttes til trygge og gode matvarer og hvordan man kan løse utfordringene i matindustrien. Noen emner ved NTNU som tar for seg bærekraftsmålene er marin organisk miljøkjemi (KJ3050) og materialer og bærekraftig utvikling (TMT4340).

NTNU driver flere tusen forskningsprosjekter fordelt på fakultetene og har en rekke samarbeidspartnere, både nasjonalt og internasjonalt. Spesielt kjent er samarbeidet med SINTEF, som er et uavhengig forskningssenter med spisskompetanse i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.⁹⁶ Det tette samarbeidet mellom SINTEF og NTNU omfatter flere prosjekter, forskningssenter og felles laboratorier. Ansatte på NTNU gjør oppdrag for SINTEF, mens ansatte ved SINTEF underviser på NTNU. Noen samarbeid er blant annet Gemini-sentrene som er arenaer for samhandling mellom faggrupper og forvaltning av ressurser. Gemini-sentrene skal øke verdiskapningen for fellesskapet og åpne for utvikling av nye muligheter. NTNU satser også på toppforskning og rekruttering av toppforskere. Dette blir blant annet finansiert av Norges forskningsråd og flere andre aktører. For å øke kvaliteten på forskningen, deltok NTNU i forskningsprogrammet Horisont 2020 som er EUs rammeprogram for forskning og innovasjon for perioden 2014-2020.⁹⁷ Horisont 2020 er det største innovasjon og forskningsprogrammet til nå og hadde rundt 80 milliarder euro tilgjengelig til finansiering. NTNU signerte over 200 prosjekter i H2020 og arbeidet i Horisont 2020 videreføres i etterfølgeren, Horisont Europa, som skal vare frem til 2027.⁹⁸

På fakultetet for naturvitenskap, finner man institutt for kjemi, et institutt for kjemisk prosessteknologi og et institutt for materialteknologi. Figur 4.4 viser hvilke tilbud fakultetet har for studenter som kommer fra videregående og til studentene som har en bachelor grad. NTNU har er variert og bredt utvalg av studieprogram, og på instituttet for kjemi tilbys bachelorprogram i kjemi, 5-årig masterprogram i industriell kjemi og bioteknologi, 2-årig

master i kjemi, 2-årig master i miljøtoksikologi og miljøkjemi og en internasjonal 2-årig master i sustainable chemical and biochemical engineering.

For søkere fra videregående skole

Studieprogram	↕ Grad	↕ Varighet
Bioteknologi (Trondheim)	Master	5 år
Fysikk og matematikk (Trondheim)	Master / sivilingeniør	5 år
Industriell kjemi og bioteknologi (Trondheim)	Master / sivilingeniør	5 år
Lektorutdanning i realfag (Trondheim)	Master/lektor (samarb med IE-fak)	5 år
Materialteknologi (Trondheim)	Master / sivilingeniør	5 år
Nanoteknologi (Trondheim)	Master / sivilingeniør	5 år
Biologi (Trondheim)	Bachelor	3 år
Bioingeniørfag (Trondheim eller Ålesund)	Bachelor	3 år
Biomarin innovasjon (Ålesund)	Bachelor	3 år
Bioteknologi (Ålesund)	Bachelor	3 år
Fysikk (Trondheim)	Bachelor	3 år
Havbruksingeniør (Trondheim)	Ingeniør/Bachelor	3 år
Kjemi (Trondheim)	Bachelor	3 år
Kjemiingeniør (Trondheim)	Ingeniør/bachelor	3 år
Materialteknologi (Trondheim)	Ingeniør/bachelor	3 år
Matvitenskap, teknologi og bærekraft (Trondheim)	Bachelor	3 år
Biologi og kjemi, realfag (Trondheim)	Årsstudium	1 år
Bioteknologi og kjemiingeniørfag (Trondheim) utgår høst 21	Årsstudium	1 år
Medisinske og biologiske fag (Ålesund)	Årsstudium	1 år
Medisinsk og biologisk kjemi (Trondheim) (nytt 2021)	Årsstudium	1 år

For søkere med bachelorgrad

Studieprogram	↕ Grad	↕ Varighet
Biologi (Trondheim)	Master	2 år
Biotechnology (Trondheim)	Master	2 år
Chemistry (Trondheim)	Master	2 år
Environmental Contamination and Toxicology (Flere land)	Master / Erasmus Mundus	2 år
Environmental Toxicology and Chemistry (Trondheim)	Master	2 år
Health Management in Aquaculture (Flere land)	Master / Erasmus Mundus	2 år
Innovative Sustainable Energy Engineering (Trondheim)	Master / Nordic five tech	2 år
Matvitenskap, teknologi og bærekraft (Trondheim)	Master	2 år
Materials Science and Engineering (Trondheim)	Master / Sivilingeniør	2 år
Natural Resources Management (Trondheim)	Master	2 år
Ocean Resources (Trondheim)	Master	2 år
Physics (Trondheim)	Master	2 år
Polymer Technology (Trondheim)	Master / Nordic five tech	2 år
Sustainable Chemical and Biochemical Engineering	Master	2 år

Figur 4.4: Mulige studieprogram på fakultetet for naturvitenskap ved NTNU.⁹⁹

På bachelorprogrammet i kjemi står det at studiet gir deg kompetanser som du kan bruke i mange retninger, alt fra å løse energiutfordringer til utvikling av mat og medisiner. De to første årene av bachelorgraden består av obligatoriske emner som gir basiskunnskaper i kjemi, matematikk og fysikk. På tredje året kan studenten velge en spesialisering innen et fagområde. Emnene på tredje året vil avhenge av retningen man velger. Mulige retninger er: teoretisk kjemi, naturmiljø- og analytisk kjemi, strukturkjemi eller organisk kjemi med biokjemi.¹⁰⁰ Et emne som går igjen i nesten alle retningene er organisk syntese 1 og biokjemi 1. Organisk syntese vil kunne være et emne som kan kobles til bærekraftsmålene, ettersom studentene lærer mekanismer for fremstilling av organiske molekyler, som kan brukes innen medisinsk teknologi og materialvitenskap. På fagområdet naturmiljø og analytisk kjemi finner man emnene økotoksikologi og naturmiljøkjemi. Naturmiljøkjemi bidrar blant annet til kunnskap om vannkjemi og forurensninger, jordkjemi, luftforurensing og bærekraftig vitenskap.

NTNU skiller mellom bachelor i kjemi og bachelor i kjemiingeniør. Sistnevnte studieprogram finnes på instituttet for materialteknologi og programmet følger bestemte nasjonale retningslinjer.¹⁰¹ Sammensetningen av emnene på de to studieretningene varierer. Det er noen like emner og noen som er spesifikke for kjemiingeniør. Dette gjelder for eksempel kjemiteknikk og elektrokjemi. I noen av de samsvarende emnene er innholdet ulikt. Uorganisk kjemi (TMT4130) på bachelor i kjemi er ulik uorganisk kjemi (IMAK2002) på

ingeniør programmet. Emnet IMAK2002 nevner bærekraftig kjemi og grønne kjemi prinsipper i emne beskrivelsen, til forskjell fra TMT4130. Emnet kjemisk og bioteknologisk prosesseteknologi (IMAK2005) på ingeniør retningen nevner at studentene skal kunne beskrive og gi eksempler på bærekraftige produksjonsprosesser.

Innenfor masterprogrammet i kjemi kan studentene igjen velge mellom 3 retninger: Organisk kjemi, teoretisk kjemi og strukturkjemi. Ingen av emnene har stått ut som særlig bærekrafts fokusert, men masterprogrammet skal i sin helhet fremme bærekraftsmål 7 og 13.¹⁰² Studentene med bachelor i kjemi kan også gå videre til en 2-årig master i miljøtoksikologi og kjemi, med spesialisering innenfor naturmiljøkjemi.¹⁰³ Organisk marin miljøkjemi (KJ2050) er et av de obligatoriske emnene her og er basert på bærekraftsmålene som gjelder miljø og klima. Andre relevante emner på mastergraden er avansert økotoksikologi, anvendt geokjemi og avansert akvatisk kjemi. Det internasjonale masterprogrammet "Sustainable Chemical and Biochemical Engineering" er også en retning man kan velge etter bachelor grad, og vil gi kunnskaper i bærekraftig kjemi, biokjemi og prosesseteknikk. Fokuset er sterkt rettet mot utvikling av bærekraftige løsninger, og det samme kan også sies om den 5-årige masteren i industriell kjemi og bioteknologi.¹⁰⁴ Her kan studentene spesialisere seg innen bioteknologi, kjemi, kjemisk prosesseteknologi eller materialkjemi og energiteknologi. En sivilingeniør i dette masterprogrammet vil kunne løse mange utfordringene samfunnet er i møte, for eksempel bidra til utvikling av teknologi som kan brukes til CO₂ fangst.

4.3.4 NMBU



For å øke innsatsen på bærekraft har NMBU innført 5 bærekraftsarenaer. Arenaene vil ta for seg grønne og bærekraftige byer, plastutfordringer, naturens tålegrenser, innovasjoner og smart landbruk. Oppstarten av de bærekraftige arenaene var høsten 2021 og skal i første omgang eksistere i en periode på 4 år.¹⁰⁵ Disse 5 prosjektene skal legge til rette for at universitet bidrar til løsninger på komplekse problemstillinger og fremmer bærekraftsarbeidet. Arenaene vil også stimulere til tverrfaglig arbeid, bygge nettverk og inkludere studenter på anstendig måte. Studenter skal involveres på master og Ph.D-nivå og vil bli undervist i ett eller flere emner innenfor et arena. Et av arenaene som er direkte knyttet til fakultetet for kjemi er «NMBU's bærekraftsarena for framtidsrettet løsninger på plastproblematikken», med professor Vincent Eijssink i spissen.¹⁰⁵ Eijssink fremhever aktualiteten rundt utforming av miljøvennlige plasttyper ved å fokusere på bioraffinering, enzymteknologi og økotoksikologi. Bærekraftsmål og grønn omstilling gjennomsyrrer mange av fakultetene på NMBU, spesielt gjelder dette fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, fakultet for landskap og samfunn og fakultet for biovitenskap. Fakultetet kjemi, bioteknologi og matvitenskap (KBM) stiller svakere i denne sammenheng og inntrykket er at biologiske og bioteknologiske fag arter seg bedre til oppgaven om UBU. Det er likevel mulig å velge emner på tross av fakulteter, slik som emnet forurensing og miljø (MINA200) som hører til fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning. Relevante studier på andre fakultet er bachelor og master i fornybar energi, som er direkte knyttet til flere bærekraftsmål. Andre program som fremmer bærekraftsmål er bachelor og master i plantevitenskap, master i bioteknologi og master i miljøvitenskap. På fakultetet handelshøyskolen finnes emner under navnet økonomi og bærekraft (ECN306) og bærekraftige matproduksjonssystemer (SDG200). Samtidig finnes emnene «bærekraftsmål i matsystemer med planter og dyr» (SDG300) og «bærekraftig planteproduksjon» (SDG302) på fakultet biovitenskap. Emnene har SDG som emnekode, men er ikke direkte knyttet til et bærekraftsmål, slik som UiB presenterer.

I en dialog med ansatte på NMBU, henviste førsteamanuensis Åsmund Røhr Kjendseth oss til forskningsgruppene på KBM fakultetet.¹⁰⁶ Hvert fakultet på NMBU har sine forskningsgrupper. Kjendseth belyser at forskningsgruppene jobber tett opp mot tema som er svært relevante for FNs bærekraftsmål eller på grensa til å være aktuelle. Forskningsgruppene deltar i nasjonale og internasjonale prosjekter innenfor mat, helse, bioteknologi og bioøkonomi. Det er totalt 11 forskningsgrupper på KBM. PEP-gruppen (Protein engineering

and proteomics) og gruppen naturstoffkjemi og organisk analyse er to eksempler. PEP-gruppen arbeider med produksjon og anvendelse av proteiner og enzymer i biomassebehandling, mikrobiell økologi og vaksineutvikling. Drivkraften til arbeidet er å utvikle grønne teknologier og avdekke hvordan naturen kan bryte ned kompakte materialer. Et prosjekt som PEP-gruppen er en del av er ENZYCLIC-prosjektet. Prosjektet tar for seg utvikling av teknologier for resirkulering av plast.¹⁰⁷ Professor Gustav Vaaje Kolstad er leder av prosjektet og i 2010 oppdaget han enzymer som kan bryte ned plast. Slike typer enzymer kalles lytisk polysakkarid monoksygenase (LPMO). Enzymene bryter i hovedsak ned biopolymerer som cellulose, men målet er å modifisere enzymet slik at det kan brukes til resirkulering av plast.¹⁰⁸

CUBE-prosjektet er et annet forskningsprosjekt som NMBU deltar i.¹⁰⁹ Prosjektet tar for seg utviklingen av katalysatorer som skal være til nytte i industrien, spesielt med tanke på omdanning av enkle molekyl til viktige råvarer som plast og tekstiler. Katalysatorene skal brukes til kontrollaktivering av karbon-hydrogen bindinger. Her samarbeider forskere fra UiO som har utviklet en type syntetiske katalysatorer, såkalt «metal organic frameworks» (MOFs), sammen med enzymforskerer fra NMBU som oppdaget LMPO-enzyma. Sammen skal de forske på katalysatorene for å utvikle dem slik at de kan stå naturen til gode.¹¹⁰ PEP-gruppen samarbeider også tett med professor Morten Sørlie i forskergruppen naturproduktkjemi og organisk analyse. Sørlie driver med studier av enzymmekanismer og er opptatt av karbohydrataktive enzymer og lytiske polysakkarid. Det finnes flere publikasjoner knyttet til LPMO'er der Sørlie har bidratt.¹¹¹ Sørlie underviser i emnene generell kjemi og fysikalsk kjemi. På den måten blir prosjektene og forskningen ved fakultetet av betydning for studenter og fremtidige kjemikere. Professorene har fokus på å bruke eksempler fra forskningen på KBM i emnene sine. Dette er med på å skape engasjement blant studentene.

På fakultetet KBM, finner man studiene: bachelor og master i kjemi, bachelor og master i bioteknologi, 5-årig master i matvitenskap og ernæring, 5-årig master i teknologi og 2-årig masterprogram i bioinformatikk og anvendt statistikk. På kjemi bachelor nivå, er det i liket med UiS og UiB flere av de obligatoriske fagene som er samsvarende. Dette gjelder matematikk, generell kjemi, statistikk og fysikk. Det er derfor valgemnene som er av interesse. Et utvalg av valgemnene i bachelorprogrammet er vist i figur 4.5.

Anbefalte, valgfrie emner (B-KJEMI):

SEMESTER:	STUDIEPOENG:	KURSKODE	NAVN PÅ KURS:
Høst, 1. studieår	10	GEO100	Geologi
Januar 1. studieår	0	KJM007	Forkurs i kjemi (tilsvarer KJEMI1 på vgs)
Høst, 2. studieår	5	BIO130	Generell mikrobiologi I
Høst, 2. studieår	10	FYS102	Termofysikk og elektromagnetisme
Høst, 2. studieår	5	JORD101	Jordlære
Høst, 2. studieår	10	KJM240	Analytisk kjemi
Høst, 2. studieår	5	PHI201	Biovitenskap, etikk og miljøfilosofi
Høst, 2. studieår	5	MINA200	Forurensing- miljø
Høst, 2. studieår	10	INF120	Programmering og databehandling
Høst, 3. studieår	10	KJM350	Stråling og radiokjemi
Høst, 3. studieår	10	FMI312	Human miljøkjemi
Høst, 3. studieår	5	BIO235	Bioteknologi og kjemi i næringslivet (første gang 2020)
Høst, 3. studieår	10	TBM200	Materiallære
Januarblokk, 3. studieår	5	STAT200	Regresjon
Januar + Vår 3. studieår	10/15	FMI309/310	Miljøgifter og økotoksikologi (uten / med prosjektoppgave)
Vår, 3. studieår	10	BIN210	Introduksjon i bioinformatikk
Vår, 3. studieår	10	KJM312	Naturstoffkjemi
Vår, 3. studieår	5	MVI280	Enhetsoperasjoner og prosessteknologi (5 sp fra 2020)
Vår, 3. studieår	10	KJM311	Organisk spektroskopi
Vår, 3. studieår	15	B15-KBM	Bacheloroppgave(valgfritt), endring i emnebeskrivelsen
Vår, 3. studieår	10	STAT340	Anvendte metoder i statistikk

Figur 4.5: Valgfrie emner på bachelorprogram i kjemi ved NMBU

Bioteknologi og kjemi i næringslivet (BIO325) er et relativt nytt emne som hadde oppstart i 2020. Emnet kan velges på tredje studieår og handler først og fremst om næringslivet og kjemiske og biologiske prosesser, kvalitetskontroll og risikovurderinger. I emnebeskrivelsen kan man se at emnet vil støtte bærekraftsmål 9 – innovasjon og infrastruktur.¹¹² Et annet valgemne er Miljøgifter og økotoksikologi (FMI310/309). Det er ikke nevnt eksplisitt at dette emnet støtter noen av bærekraftsmålene, men det tar for seg forurensinger skapt av mennesker. Dette gjelder spormetaller, radionuklider og organiske miljøgifter. Emnet kan effektivisere arbeidet rundt dette og dermed støtte bærekraftsmål 14. Professor Eijsink underviser i emnet eksperimentell og anvendt biokjemi (KJB210). Emnet gir studentene kunnskaper om anvendt bioteknologi, biokjemiske metoder og matproduksjon. Dermed belyses bærekraftsmål 2, 8, 9, 12 og 13. Andre valgemner som i korte trekk nevner bærekraftsmålene er naturstoffkjemi (KJM312) og prosessteknologi (MVI280). KJM312 gir studentene et innblikk i stoffklassene, deres karakteristiske trekk og biologiske og medisinske

effekt av disse. MVI280 skal belyser mål nr.12 ved at studentene får en innføring i næringsmiddelteknologi og bioprosessering.

På masterstudiet i kjemi ved NMBU, kan studentene velge fagområder inne organisk-analytisk kjemi, uorganisk-analytisk kjemi, naturstoff-, radio eller miljøkjemi. Mastergraden baseres på fagområdet studenten velger. NMBU er spesielt sterke på og har flinke forskere innen miljøkjemi og naturstoffkjemi. Det pågår også flere forskningsprosjekter i disse emnene som studenter kan være en del av.¹¹³ Av 120 studiepoeng er masteroppgaven på 60 studiepoeng. Resterende poeng fordeles på valgfrie emner som man kan finne i figur 4.6. Emnet anvendt organisk analytisk kjemi støtter blant annet SDG-ene 7, 9, 12, 13, 14 og 15.

Anbefalte, valgfrie emner:

SEMESTER:	STUDIEPOENG:	KURSKODE:	NAVN PÅ KURS:
August + Høst, 1. studieår	10	KJM340	Instrumentell uorganisk analyse
August + Høst, 1. studieår	5	KJM352	Stråling og strålevern
Høst, 1. studieår	10	MINA200	Forurensning - miljø
Høst, 1. studieår	5	BIO235	Bioteknologi og kjemi i næringslivet (nytt fra 2020)
Høst, 1. studieår	5	MVI280	Enhetsoperasjoner og prosesssteknologi (5 sp,2020)
Høst, 1. studieår	10	FMI312	Human miljøkjemi
Høst, 1. studieår	10	KJB310	Proteinkjemi
Høst, 1. studieår	10	KJM310	Kromatografi
Høst, 1. studieår	10	KJM313	Massespektrometri
Høst, 1. studieår	10	KJM314	Anvendt organisk analytisk kjemi
Høst, 1. studieår	10	KJM350	Radiokjemi
Høst, 1. studieår	10	KJM351	Eksperimentell radioøkologi
Høst, 1. studieår	10	MVI310	Proteiner, polysakk. og fett/olje; struktur og funksj.
Høst, 1. studieår	5	LNG250	Akademisk skriving
Januar, 1. studieår	5	STAT200	Regresjon
Januar, 1. studieår	5	KJM353	Radioøkologi (NB! vurdering i vårparallell)
Januar + vår, 1. studieår	10	FMI309	Miljøgifter og økotoksikologi uten prosjektoppgave
Januar + vår, 1. studieår	15	FMI310	Miljøgifter og økotoksikologi med prosjektoppgave
Januar + vår, 1. studieår	10	BIO300	Mikroskopiteknikker
Vår, 1. studieår	5	ECOL300	Naturvitenskapelig metode
Vår, 1. studieår	10	KJM311	Organisk spektroskopi
Vår, 1. studieår	10	KJM312	Naturstoffkjemi
Vår, 1. studieår	10	STAT340	Anvendte metoder i statistikk

Figur 4.6: Valgemner på masterprogrammet i kjemi ved NMBU.¹¹⁴

Studentene har også en mulighet til å ta en 30-studiepoengs-pakke på Svalbard. Her kan studentene velge arktisk rettede kjemiemner ved Universitetssenteret på Svalbard (UNiS). Arktiske emner aktiviserer studenter til å se alvoret rundt arktisk miljøforurensning og organisk-kjemiske forurensinger. En slik opplevelse vil styrke bærekraftsmål 14.¹¹³



Som et steg på veien mot et mer bærekraftig samfunn har Universitetet i Oslo etablert «The Oslo SDG Initiative».¹¹⁵ Her samarbeider studenter, undervisere og forskere i arbeidet for å oppnå bærekraftsmålene. Oslo SDG Initiative regnes som et knutepunkt for utdanning, forskning og dialog på tvers av sektorer. Initiativet er organisert fra Senter for utvikling og miljø (SUM) og har flere partnere på ulike institutt rundt om i verden. Hovedaktivitetene ved Oslo SDG Initiative kan deles inn i tre grupper. 1) Grunnforskning på tematikker knyttet til fattigdomsreduksjon, matsikkerhet og godt styresett. 2) Dialog med beslutningstakere rundt i verden for å implementere Agenda 2030. 3) Møte behovet for utdanning knyttet til bærekraftsmålene med opprettelse av relevante kurs og programmer på bachelor og masternivå.

UiO sier om seg selv at de har i dag «internasjonalt ledende forskning om klima og miljø innen en lang rekke fag, fakulteter og sentre».⁷⁷ Videre viser de til en liste over studier som er bærekraftsrelaterte. På humaniora og samfunnsfag utgjør dette 14 ulike studier, på medisin og matematisk-naturvitenskapelige fag er det 12 studier som kan knyttes til bærekraft, og utenom disse er det også 3 andre studier. Totalt har altså UiO 29 ulike studier som er bærekraftsrelaterte. De tilbyr også flere emner som i ulik grad er relevante for bærekraftsmålene. Det er 32 emner med fagkoden SUM. Et eksempel på et slikt fag er SUM4501 – Achieving the SDGs: Global Goals and National Interests.¹¹⁶ Ingen av disse 29 studiene, og ingen av de 32 emnene tilbys for studenter ved kjemisk institutt, men dersom man er student ved UiO og har oppfylt alle kravene kan man sende søknad om å få ta enkeltemner ved SUM.

Ved kjemisk institutt ved UiO tilbys følgende studieprogram:¹¹⁷

- Kjemi og biokjemi, bachelor (3 år)
- Kjemi, master (2 år)
- Materialvitenskap for energi- og nanoteknologi (3 år)
- Materialvitenskap for energi- og nanoteknologi, master (2 år)
- Computational Science: Chemistry, master (2 år)

I Kjemi og biokjemi, bachelor (3 år) nevnes ikke bærekraft, miljø eller klima i oversikten over læringsutbyttet.¹¹⁸ Oppsettet i dette studieløpet består av 3 semestre med obligatoriske

fellesfag før studenten så velger om man ønsker å spesialisere seg innen kjemi eller biokjemi. I de 3 semestrene med fellesfag er det ingen av emnene som nevner bærekraftsrelevante tema i læringsutbyttet i emner. I hver emnebeskrivelse finner man likevel en kort introduksjon om hvorfor kunnskap om dette emnet er relevante for dagens samfunn. Flere av disse konklusjonene er relevante for bærekraft. Kunnskap om organisk kjemi er viktig i fremstillingen av morgendagens medisiner, analytisk kjemi er viktig for å avsløre positive dopingprøver, fysikalsk kjemi er viktig i forskningen av fornybare energikilder, uorganisk kjemi er relevant for alt fra solceller til kunstgjødsel, og emnet generell kjemi gir kunnskap som kan hjelpe oss i arbeidet med å sikre rent vann til alle og stoppe klimaendringene. Selv om man ikke finner igjen disse punktene under oversikten over hva man lærer i hvert emne, er det likevel nyttig å starte emnebeskrivelsen med å vise til at dette faget er relevant for å løse problemene samfunnet står ovenfor i dag. En slik introduksjon skaper interesse, men det er vanskelig å konkludere med at disse temaene får noen særlig fokus i selve undervisningen.

Emnene som tilbys for de studentene som ønsker å spesialisere seg innen fagfeltet kjemi nevner heller ikke tema som assosieres til bærekraft i noen av sine læringsmål. Skal man lære om bærekraft i den 3-årige kjemi bacheloren ved UiO må dette derfor være i ett av de to valgfagene man kan ha i 5. semester. Heller ikke de obligatoriske emnene innen biokjemi kan knyttes til bærekraft. Selv om man nå har sett at ordet bærekraft ikke nevnes i noen av emnebeskrivelsene til verken biokjemi eller kjemi, betyr selvfølgelig ikke at studentene ikke lærer noe om bærekraft. Bærekraftig utvikling er et veldig bredt tema, og de 17 bærekraftsmålene dekker store deler av samfunnet. Å gi studentene kunnskap i kjemifagene er derfor i seg selv med på å bidra til å løse bærekraftsmålene, men det er likevel ikke alltid at studentene ser sammenhengen mellom bærekraftsmålene og det de lærer i kjemifagene.

For de av studentene ved UiO som ønsker å ta en mastergrad i kjemi er det sju ulike studieretninger som tilbys:¹¹⁹

- Analytisk kjemi
- Biomolekyler og biomaterialer
- Kjemididaktikk og formidling
- Miljøkjemi og kjernekjemi
- Organisk kjemi
- Teoretisk og fysikalsk kjemi

- Uorganisk kjemi og materialkjemi

I likhet med flere andre universitet i Norge er det først på masternivået at bærekraft er en betydelig del av utdanningen. 4 av de 7 studieretningene er direkte knyttet til flere av bærekraftsmålene. I introduksjonen til miljøkjemi og kjernekjemi nevnes klimaendringer, luftforurensing, overgjødning og utvinning av metaller. Et av emnene som er av spesiell interesse i denne studieretningen er Miljøkjemi- KJM5700, som gir studentene «nødvendig basiskunnskap for å forstå og forutsi virkning av ulike kjemiske forurensninger i det ytre miljø». ¹²⁰ I studieretningen Organisk kjemi får studentene innblikk i mye av forskningen knyttet til grønn kjemi. Innenfor Teoretisk og fysikalsk kjemi er batterikjemi i fokus. I introduksjonen til studieretningen Uorganisk kjemi og materialkjemi, står det at «med en master i uorganisk kjemi og materialkjemi kan du fordype deg i teknologiutvikling innen eksempelvis brenselceller, solcellematerialer, katalysatorer eller magnetiske materialer». ¹²¹ Selv om de fleste emnene på masternivået heller ikke har bærekraft i sine enkeltemner, kan likevel emnene bidra til økt kunnskap om tema som er relevante for bærekraft.

Det siste punktet som er av interesse, er valgfagene ved UiO. Igjen er det verdt å nevne at flere av emnene på ulike vis og i ulik grad inneholder bærekraft, men totalt er det bare 3 emner som spesifikt er knyttet til bærekraft. Dette er de 3 emnene Miljø- og klimautfordringer Miljøkjemi og Miljøkjemi 2. Man kan derfor konkludere med at bærekraft er lite inkludert i kjemi-bacheloren, det er minimalt med kjemifag som har hovedfokus på bærekraft, men UiO stiller litt sterkere når det kommer til tilbudet på masternivå. Dette har også en sammenheng med at 1 av de 8 forskningsseksjonene ved UiO er miljøvitenskap. ¹²²

4.3.6 UIT

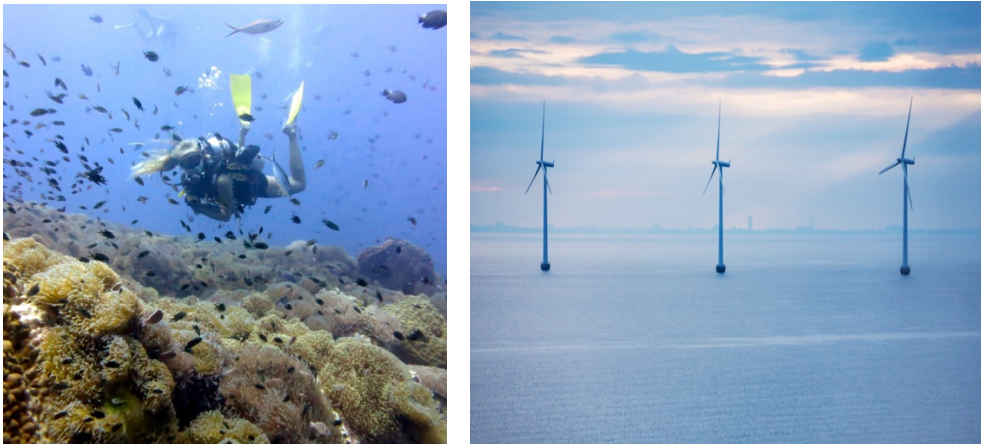


I likhet med NTNU, har UiT på sin nettside en bærekraftsdel der studenter kan klikke seg inn på de 17 målene og se hva universitetet tilbyr av studieprogram og forskning for hvert mål. UiT har et mindre utvalg av studier enn NTNU, og ikke alle mål har studieprogram som støtter opp målet. Oppsettet på denne siden er likevel veldig godt.¹²³ Med sin globale plassering vil kunnskap om Arktis og konsekvensene av varmere klima i området gi bedre forståelse for klimaendringer. UiT er derfor sterkest på mål 3, 7 og 13 og 14. Universitetet har opprettet en bærekraftskomiteé, samt ansatt studenter i deltidsstillinger som bærekraftspiloter.¹²⁴ Det er medlemmer fra hvert fakultet i bærekrafts-komiteen og arbeidsgruppen som sammen skal være drivkraften i bærekraftsarbeidet ved UiT. Komiteen skal administrere tiltak og revidere handlingsplaner for en bedre drift av institusjonen i samsvar med bærekraftsmålene. Bærekraftspilotene har mentorer som er ansatte ved universitetet som skal veilede dem i deres arbeid med å planlegge og evaluere aktiviteter og arrangementer som setter bærekraftsmål på dagsorden.¹²⁵ En av de nåværende bærekraftspilotene Hamad Siddiqi studerer master i romfartsteknikk og han sier:

«Jeg føler meg forpliktet til å bidra til å skape bærekraft. Jeg har en bakgrunn der jeg har sett mye uholdbar praksis og hvilke konsekvenser den kan få for samfunnet, og dette har gjort meg bevisst på hvor viktig bærekraftig utvikling her».

På fakultetet biovitenskap, fiskeri og økonomi finnes det studier som er knyttet til klima, miljø og ressursutnyttning i Arktis. Her er det flere program som fremmer bærekraftig utvikling og et innovativt næringsliv. Noen studier som skiller seg ut fra andre universitet er fiskeri og havbruksvitenskap, akvamedisin og marin bioteknologi. UiT står også sterkt på det helsevitenskapelige fakultet, og mange av studieprogrammene fremmer bærekraftsmål 3. Spesielt kjent er de for programmene paramedisin og biomedisin. På fakultet for naturvitenskap og teknologi er det spesielt 2 studier som er nevnt ut til å være bærekraftsfokusert: en 5-årig master i Energi, Klima og miljø (sivilingeniør) og en bachelor i bærekraftig teknologi. Begge studiene omhandler fornybare energi og grønn teknologi, og vil dermed støtte mål 7 og 13.¹²⁶ Innenfor programmene med fornybar energi er emnene som sustainable energy (FYS-2017) og global climate change (FYS-2018) relevante. På

akvamedisin og andre program som tar for seg bærekraftsmål 14, er emnene bærekraftig fiskeri- FSK2020 og bærekraftig havbruk- FSK2030 viktige.



Figur 4.7: UiT tilbyr studier som er opptatt av bærekraft både på land og i vann, og studier som vil utvikle fremtidens energiløsninger.¹²⁶

Polar- og nordområdeforskning er et fundament for UiT og her står de sterkest med 130 årsverk. En rekke forskningsprosjekter er knyttet til de arktiske områdene og samt endringer av klima, miljø og teknologi i Arktis. I 2018 ble forskningsfartøyet "Kronprins Haakon" produsert og eies av Norsk Polarinstitutt.¹²⁷ Skipet er fremtredende og utmerker seg til overvåking og datainnsamling i polarområdene. UiT har vært den største brukeren og skipet styrker UiT sin posisjon innen polarforskning. Innenfor kunnskapsområdene i UiT sin strategi finnes flere forskningsgrupper og prosjekter. For eksempel finnes forskningsgruppen «Marin ressursforvaltning og næringsutvikling (MARA)», som hører til kunnskapsområde nr 4.¹²⁸ MARA tar for seg den økende interessen for kyst-og havområdene og forskningsgruppen bidrar med utforming av bærekraftige løsninger ved å ta for seg marin forvaltning og gi en bedre forståelse for forvaltningssystemer. Ved UiT blir det årlig delt ut midler til forskningsprosjekt som får tittelen fyrårnprosjekt. I 2021 var det professor Abhik Ghosh fra kjemi instituttet som var vinneren av prisen.¹²⁹ Han er leder av prosjektet Center for Sustainable STEM Education (UiT-SusSTEMEd), som har som mål å gi større kompetanse i grønn omstilling, mer fokus på ressursutnyttelse og redusering av forurensninger.

På kjemi instituttet finnes 3 studieprogrammer: 1) bachelor i kjemi, 2) bachelor i matematiske fag og 3) 2-årig master i molekylær vitenskap. Utvalget er relativt svakere sammenlignet med NTNU eller UiO. På bachelor i kjemi består de 2 første årene av kun obligatoriske emner. Her inngår kjemiemnene: Introduksjon til kjemi og kjemisk biologi- KJE-1001, Organisk kjemi- KJE-1002, og Innføring i Uorganisk kjemi- KJE-1004.¹³⁰ Det tredje året får studentene 3

valgfag og kan velge blant 10 ulike emner. Noen av de valgfrie emnene som kan være av betydning for BU, er marin bioteknologi og marin bioprospektering.

Undersøkelsen av kjemiemnene, har gitt et inntrykk av at det er lite bærekraft i utdanningen. De obligatoriske emnene gir innføringer og kunnskaper som skal kunne brukes til videre studier av kjemi. Det obligatoriske faget KJE-1002 skal gi studentene «grunnleggende kunnskaper i et utvalg relevante emner som danner grunnlag for videre studier i kjemi og andre fag som krever kjemi». ¹³¹ Uorganisk-, biologisk- og analytisk kjemiemner nevner ikke noe om bærekraftsmålene, men potensial til å innføre temaet finnes i slike emner. For eksempel står det i innholdslisten til uorganisk kjemi at emnet tar for seg metallorganisk og biouorganisk kjemi, samt "Et utvalg av aktuelle temaer i uorganisk kjemi som vil variere fra år til år". Dermed vil emnet har store muligheter til å innføre relevante bærekraftsmål, uten at så veldig mye annet må gå bort. De frie valgemnene marin bioteknologi og marin bioprospektering, gir innføringer i bioteknologisk forskning, utnyttelse av marine ressurser og bruken av bioteknologiske metoder for å anvende disse ressursene. Marin bioteknologi nevner miljøspørsmål som en del av innholdet og gir opplæring i bioteknologiske problemstillinger knyttet til kjemisk karakterisering av forbindelser og hvordan marine forbindelser kan utnyttes innen medisin, næring og industri. Marin bioprospektering er et tverrfaglig kurs og tar for seg mange temaer i prosessen fra marint råstoff til produkt. De frie valgemnene har tema som støtter opp bærekraftsmål, men hvor mye det blir lagt vekt på dette er usikkert.

Molekylær vitenskap, eller på engelsk «molecular science», er det eneste masterprogrammet på kjemi instituttet. ¹³² Molekylær vitenskap og kjemi omhandler hvordan verden er bygd opp og kan bidra til kurere sykdommer, skape nye materialer eller forbedre global matproduksjon. Programmet fremstilles som er studieprogram med mange muligheter som kan tilpasses studentens interesser. Masterprogrammet tilbyr programalternativer innenfor tre ulike disipliner (graden og alle emner undervises på engelsk, nedenfor er alt oversatt til norsk):

- Biomolekylær kjemi og bioinformatikk
- Kjemisk syntese og spektroskopi
- Teoretisk og beregningsmessig kjemi

	Theoretical and Computational Chemistry*			Chemical Synthesis and Spectroscopy**			Biomolecular Chemistry and Bioinformatics***		
1st sem	KJE-3001		KJE-3102	KJE-3001		KJE-3301	KJE-3001		KJE-3402
2nd sem	KJE-3101 or KJE-3106	Opt	Opt	KJE-3303# KJE-3308# or KJE-3201	Opt	or Opt	KJE-3403# KJE-3603 or KJE-3604	Opt	Opt
3rd sem	Thesis			Thesis			Thesis		
4th sem	Thesis			Thesis			Thesis		

Figur 4.8: Programstruktur for disipliner innenfor masterprogrammet i molekylære vitenskaper. (Opt = optional)

Et emne som er felles for alle tre retningene er KJE-3001 - Tverrfaglige molekylære vitenskaper: Fra kvantemekanikk til medisin. Emnet gir 20 studiepoeng og forbereder studentene på tverrfaglige felter inne moderne molekylærvitenskap. Kurset har en sentral rolle ettersom det gir et overblikk av forskningsvirksomheten ved instituttet og vil fungere som en forberedelse til masterprosjekt. Et utvalg av mulige emner i mastergraden er:

- Proteinproduksjons teknologi (KJE-3603)
- Organisk kjemi 2 (KJE-3301)
- Bioorganisk kjemi (KJE-3201),
- Biomolekylær modellering (KJE-3106)
- Bioinformatikk: Mikrobial geonomi og metageonomikk (KJE-3604).

Der totalt 14 emner å velge mellom.¹³³ KJE-3603 presenterer teknologi og prosesser for å oppnå rene prøver av protein. KJE-3308 handler om organometallisk kjemi og hvordan disse brukes i syntetiske transformasjoner. Emnene fremstår som svært teoretiske når en undersøker innholdsbeskrivelsen. Selv om mange av emnene praktiserer laboratoriearbeid, virker det ofte abstrakt og vanskelig å forstå hvilke konkrete situasjoner det kan brukes til. Ingen av emnene skiller seg spesielt ut som bærekraftsemner eller formidler noe om målene. Bærekraftsmål eller begrepet bærekraftig utvikling blir ikke nevnt, noe som kanskje gjenspeiler at UiT ikke har hatt veldig stort fokus på å fremme bærekraft i kjemiutdannelsene.

4.4 Oppsummering

Det er tydelig at bærekraftig utvikling og grønn omstilling har satt sitt preg på alle universitetenes strategier. Flere av universitetene som reklamerer for arbeidet med BU, har likevel ikke vektlagt å fokusere på dette i kjemiutdannelsene i så stor grad som ønsket. I en rapport som tar for seg arbeidet med SDG-ene ved de ulike universitetene i Norge kan man lese om de seks vanligste måtene man kan inkludere bærekraft i utdannelsene på.¹²⁵ To av disse er 1) Skape læringsutbytte knyttet til bærekraftsmålene og 2) Opprette bachelor- og masterprogram i SDG-ene.

Høyere utdanning for bærekraftig utvikling innebærer å ta opp bærekraft på mange nivå, og det mest åpenbare er å få inn bærekraft i læringsutbytte beskrivelsene i kursene og studieprogrammene. NTNU skiller seg ut positivt på måten de henviser til relevante bærekraftsmål i både studieprogram og enkeltemner. Dette bør være til inspirasjon for andre universitet. I bachelorgraden i kjemi finner man få forskjeller mellom universitetene. Likheten skyldes først og fremst alle de obligatoriske fellesemnene som skal gi studentene den nødvendige basiskunnskapen innen matematikk, fysikk og kjemi. Ikke et eneste av universitetene gjennomgått i denne oppgaven nevner bærekraft i emnebeskrivelsen til de obligatoriske emnene. Når det kommer til valgemner tilbyr flere av universitetene emner som er direkte knyttet til bærekraftsmålene. NTNU har to emner i hvert eneste studieprogram som er knyttet til bærekraft, og ved UiB tilbys det flere SDG-emner. Ved UiS, UiT og NMBU er det derimot bare noen få emner som til en viss grad tar opp miljø og klima-aspektet. På bachelorgraden i kjemi er det tydelig at de fleste universitetene fremdeles har en lang vei å gå i arbeidet for å implementere bærekraft.

På masternivå er det imponerende å se hvordan flere universitet tilbyr masterprogram i kjemi som direkte kan knyttes til bærekraft. Ved UiB, UiO og NTNU tilbys det fire ulike bærekraftige studieprogram på masternivå. UiS har master i Kjemi og miljøteknikk. Til slutt er det viktig å huske på at bærekraftig utvikling ikke bare handler om å lære bærekraftsmålene, men også det tverrfaglige samarbeidet og opparbeiding av viktige kunnskaper og kompetanser. Helst skal studentene også ta med sin kunnskap til sitt private liv slik at de selv vektlegger bærekraftige valg i sin hverdag. I arbeidet med bærekraft er det avgjørende at de ulike universitetene lar seg inspirere og motivere av hverandre. Samarbeid på tvers av universitetene er viktig for utvikling av gode praksiser.

Kapittel 5: Internasjonale perspektiver og handlinger på utdanning i grønn og bærekraftig kjemi

Universiteter over hele verden har ulike strategier og tilnæringsmåter for å innlemme bærekraft i kjemiutdannelse. Kapitlet vil gi en oversikt over mulige fremgangsmåter, blant annet innføring av nye relevante emner og kurs, opprettelse av nye bærekraftige studieprogram og bearbeiding av eksisterende emner. Integrasjon av bærekraft i kjemipensum har vært en utfordrende oppgave og en spørreundersøkelse av kjemiundervisere har gitt et bedre innblikk i problemer man kan støte på.¹³⁴ Mange kjemikere bemerker at inkludering av bærekraft vil ta bort viktig kjerneinnhold i kjemiemnene, mens noen føler at det er lite tilgjengelig ressurser som kan oppmuntre til en slik forskningsdrevet læreplan. Inkludering og satsing på bærekraft trenger ikke være omfattende og komplisert. Det kan være så enkelt som noen små endringer i undervisningen og laboratorieøvelser. Dette kapitlet vil også ta for seg noen undervisningsmetoder og verktøy som kan være nyttig å bli bevisst på som foreleser i kjemi. Det er et mangfold av fremgangsmåter, praksiser og ordninger som vil være til fordel i integreringen av bærekraft i kjemiutdanningen.

5.1 Spørreundersøkelse om grønn og bærekraftig kjemi

Undervisning i grønn kjemi er ikke et nytt fenomen. De siste tiårene er det mange studenter som har lært om forurensning av vannressurser, sur nedbør, hullet i ozonlaget og jakten på fornybare energikilder og råmaterialer. Slike tema har blitt en del av flere ulike læreplaner og er en etablert del i en rekke emner. Begrepene grønn kjemi (GK) og bærekraftig kjemi (BK) henger tett sammen og har både likheter og ulikheter.¹³⁵ Grønn kjemi handler først og fremst om prosessen der kjemiske produkter dannes og hvordan man skal redusere eller eliminere bruken av farlige stoffer. Fokuset i grønn kjemi er å fremme miljøvennlige produkter og prosesser. Begrepet er begrenset til bruk av kjemikalier og teknisk gjennomførbarhet av prosesser. På 1990 tallet ble det utviklet 12 prinsipper for grønn kjemi som vises i figur 5.1.¹³⁶



Figur 5.1: 12 prinsipper for grønn kjemi. ¹³⁷

Bærekraftig kjemi dekker derimot et mye bredere felt enn det grønn kjemi gjør. BK er i likhet med GK fokusert på produksjonen av nytt produkt og omfatter de tolv prinsippene for grønn kjemi. I tillegg vil BK ta hensyn til vedlikehold og økologisk forsvarlig utvikling.¹³⁸

Bærekraftig kjemi skal ta for seg både produksjonsprosesser som vil gi økt inntekt, men også ta vare på og forbedre menneskers helse. Dermed vil BK ta hensyn til alle de tre dimensjonene i bærekraft, miljø, økonomi og sosiale forhold. Grønn kjemi er derfor en byggestein for bærekraftig kjemi og ofte brukes begrepene i en kombinasjon ved å si grønn og bærekraftig kjemi (GBK).

I en artikkel ved navn Toward a Green and Sustainable Chemistry Education Road Map, kan man finne resultatene fra en undersøkelse gjennomført av American Chemical Society - Green Chemistry Institute i 2015.¹³⁴ Målet med undersøkelsen var å forstå omfanget av GBK-integrasjon i grunnutdannelsen kjemipensum. Spørreskjemaet ble sendt elektronisk til over 4500 ACS medlem som alle underviste i kjemi. Med 539 svar utgjør dette en svarprosent på 12%. Spørsmålene de fikk var blant annet knyttet til nåværende undervisningspraksis i kjemi, deres syn på behovet for å undervise i grønn og bærekraftig kjemi og utfordringer de møtte ved endring av læreplanene. På bakgrunnen av den store variasjonen i alder, lokasjon og type institutt, fikk man et interessant innblikk i hvordan kjemiutdannelsen forgår i praksis. Noen av hovedfunnene fra undersøkelsen er listet opp nedenfor:

- For 70% av dem som svarte var den største utfordringen i å undervise i bærekraftig kjemi et allerede overfylt pensum.
- Andre utfordringer var å holde seg oppdatert på teknisk kunnskap (44%), mangel på lærebøker og undervisningsmateriell (33%) og kostnadene ved å utvikle nytt materiell (27 %). Flertallet kommenterte også at det var mangel på finansiering
- 84% svarte at det var avgjørende for nyutdannede studenter å forstå faren ved kjemikalier og langvarig eksponering.
- Begrepene som oftest blir inkorporert i respondentenes undervisning var kjemiske farer og eksponering (79%) og kjemikalier i miljøet (60%).¹³⁴

Resultatene tyder på at det er en interesse for grønne og bærekraftige kjemikonsepter blant kjemipedagoger, spesielt i generelle og organiske kjemikurs. På tross av at det er en interesse for temaet er det likevel ikke noe som legges stor vekt på i dagens undervisning, og i store deler av kjemipensumet anses ikke bærekraft som relevant. I tillegg er det mangel på

finansiering, overfylte læreplaner og mangel på opplæring og utdanningsressurser. Dette skaper en barriere som hindrer arbeidet med integrering av bærekraft i kjemifagene. Mye tyder også på et behov for å gi underviserne kurs og annen opplæring for å gi dem tips til hvordan de kan praktisere de grønne og bærekraftige kjemiprinsippene i kursene sine. Ønsket om endring er til stede, men for mange virker oppgaven uoverkommelig. Tydelige strategier og suksesshistorier vil derfor kunne være en inspirasjon i dette arbeidet.

5.2 Undervisningsmetoder i bærekraftig kjemi

Et viktig mål med undervisningen i bærekraft er å fremme miljøbevissthet, skape positive holdninger til miljøspørsmål, forberede unge mennesker på ansvarlig medborgerskap og skape en motivasjon blant studentene til å styre samfunnet i en bærekraftig retning.¹³⁹ Ved å endre utdannelsen i kjemi i en bærekraftig retning er håpet at studentene i fremtiden skal ta beslutninger basert på deres kunnskap om grønn og bærekraftig kjemi på en slik måte at det er til det beste for menneskene, miljøet og økonomien. For å fremme disse egenskapene i undervisningen må man endre den tradisjonelle undervisningen og fokusere mer på erfaringsbaserte prosesser hvor studentene må delta aktivt slik at de blir bevisst sine egne verdier, øves i problemløsning og kritisk tenkning. Kunnskapsundervisning kan ikke alene endre folks atferd.

Flere av undervisningsmetodene som bidrar til å fremme bærekraftig utvikling er ikke unike for kjemiundervisning, men noen undervisningsmetoder som har blitt brukt spesifikt i kjemiutdanningen er presentert i en artikkel fra 2020.¹³⁹ I denne studien kan man lese at pedagogiske tilnærminger til undervisning og læring av grønn kjemi må være tverrfaglig, samarbeidende, erfaringsbasert og potensielt transformativ. En populær måte å oppnå tverrfaglighet på er å ta opp den samme problemstillingen i ulike emner slik at studentene får se samme situasjon fra ulike perspektiv. Filosofi og kjemi kan begge ta opp samme problemstilling, men fra helt ulike perspektiv slik at studentene får se det større bildet. Andre undervisningsmetoder som bør vektlegges i kjemiutdannelsene er å benytte dagsaktuelle problemstillinger, faglig podcast som kan vekke studentenes interesse for kjemi,¹⁴⁰ casestudier, designtenkning i form av kreativ problemløsning, systemtenkning, refleksiv tenkning og ulike typer laboratoriarbeid. Disse ulike typene undervisningsmetoder passer

ofte inn i en av de fire følgende modellene for undervisning i bærekraftig kjemi. Flere av disse modellene kan benyttes samtidig, og det kan i stor grad være overlapp mellom modellene. Modell 1 omhandler å adoptere prinsipper for grønn kjemi i laboratoriearbeidet.¹⁴¹ Dette kan gjøres på flere måter. Den ene måten kan være å redusere mengden kjemikalier som benyttes i forsøk ved å skifte fra makro- til mikroskala. Videre kan man slutte å bruke de mest giftige kjemikaliene og gå over til andre alternativ, samt øke bruken av katalysatorer. Styrken ved en slik modell er at studentene i praksis får se resultatet av å ta hensyn til bærekraftsmålene. På denne måten vil de også få et innblikk i hvordan den kjemiske industrien er opptatt av å minimalisere bruken av ressurser, maksimere effekten samt beskytte miljøet for unødvendige giftstoff. Svakheten ved denne modellen er at den ikke bidrar til refleksjon og utvikling av kompetanser som gjør studentene rustet til å delta i diskusjoner i samfunnet.

Modell 2 viser til den mer tradisjonelle måten hvor man ønsker å øke det faglige innholdet som kan knyttes til bærekraft. I slike tilfeller er det viktig at kunnskapen blir konkret og kan knyttes til praktiske eksempler fra hverdagen slik at fagstoffet blir interessant og meningsfylt for studentene. Denne modellen er et viktig og nødvendig steg på veien for en bærekraftig utdanning, men heller ikke her vil man få et fullstendig utbytte så lenge studentene i så liten grad blir aktivisert. Den tredje modellen handler om «bruken av kontroversielle bærekraftsspørsmål og sosiovitenskapelige spørsmål». Her er ikke hovedfokuset å lære kjemi som et fag i seg selv, i stedet er målet å fremme egenskaper hos studentene slik at de blir et ansvarlig individ i samfunnet som forstår og tar en aktiv del av diskusjonene rundt fremtidens kjemi. Generell kjemikunnskap vil være viktig også, men denne kunnskapen settes alltid i sammenheng med relevante debatter i samfunnet knyttet til bruken av teknologi. Kontroverser som vil være relevante i denne delen er blant annet biodrivstoff, de ulike alternativene til komponenter i ulike produkter, og utviklingen av nye produkt.

Den siste modellen ser på kjemiutdannelsen som en del av den bærekraftige utviklingen av hele utdanningssystemet. Dette er den mest omfattende modellen som krever store endringer i den vanlige klasseromsundervisningen. Også her er målet at studentene skal bli aktive deltakere, og tanken bak denne modellen er at kjemiutdannelsen ikke bare skal handle om å beskrive kjemiske teorier og kunnskaper, men skal bidra til en endring i livsstilen til studentene. Studentene skal gjennom undervisningen se behovet for å for eksempel spare på ressurser som strøm og vann i sin egen hverdag.

Alt i alt er målet for utdanning i bærekraftig kjemi at studentene skal kunne delta i samfunnsdebatten og i prosessene for demokratisk beslutningstaking. For å nå dette målet bør undervisningen være studentsentrert og i samspill med studentenes interesser. På den måten vil studentene tilegne seg kognitive ferdigheter som gjør det lettere å samarbeide, tenke kritisk, kommunisere og reflektere over komplekse problem og se etter løsninger på disse problemene. Positiv psykologi kan også være et godt verktøy for å utvikle motiverende ferdigheter som endrer studentenes tenkning i en mer positiv og bærekraftig retning. I kapittel 5.4 kan man se flere eksempler på at universitet i utlandet har en betydelig mer studentsentrert undervisning i forhold til hva som ofte er vanlig i Norge. Dette er spesielt lett å legge merke til når man ser vurderingsformene fra universitet i Canada som kan bestå av alt fra gruppeprosjekt til klinediskusjoner.

5.3 STAUNCH®

I høyere utdanning har det de siste årene vært en stor fremgang i arbeidet med å integrere bærekraftsmålene i utdannelsen, men på mange institutt har det også skapt utfordringer. I forbindelse med dette arbeidet har flere ulike typer verktøy blitt utviklet, blant annet STAUNCH® (Sustainability Tool for Assessing Universities' Curricula Holistically).¹⁴² Hovedformålet med STAUNCH® er å måle fremgangen i arbeidet med bærekraftig utvikling og gi en systematisk oversikt over styrkene og svakheter ved kjemipensummet. Dette blir blant annet gjort ved å evaluere emnebeskrivelsene opp mot 40 kriterier knyttet til alt fra økonomi, miljø og sosiale forhold. Resultatet vises så i en grafisk og et numerisk format som gjør det enkelt for de ulike instituttene og sammenligne seg med andre universiteter, og som gir dem informasjon om hvilke områder som bør forbedres. Dette verktøyet har vært til god hjelp for mange universitet, og da den første versjonen ble lansert i 2007 ble den blant annet testet ut på alle universitet i Wales.

Cardiff Universitet i Storbritannia er et av universitetene som har benyttet seg av STAUNCH®. Resultatene fra dette arbeidet og forslagene til hvordan læreplanene i kjemi kan forbedres har blitt publisert i en artikkel.¹⁴³ Studentene som studerer bachelorgrad i kjemi ved Cardiff har 6 fag hvert semester, og det er derfor totalt 44 emner som har blitt analysert. Av disse var det 3 emner som bidrar til bærekraft i undervisningen, se figur 5.2. Av disse emnene igjen deles det inn i de emnene som bare nevner bærekraft, de som beskriver bærekraft og de som diskuterer bærekraft. Emnet Environmental Chemistry (CH 2312), er obligatorisk for alle

retninger unntatt de som spesialiserer seg inne fysikk, men problemet med dette emnet er at det likevel skårer lavt ettersom det bare nevner bærekraft uten å utdype. Denne type informasjon kan være til stor hjelp for universitet som planlegger å endre undervisningen i en mer bærekraftig retning. Har man informasjon om styrkene og svakhetene ved dagens undervisning er det lettere å vite hvilke endringer som er nødvendige.

Table 4. Courses addressing key sustainability criteria by chemistry degree.

Degree	No. Contributing Courses	Total Courses	Contributing Courses (%)
Chemistry: (No specialisation)	3	44	6.82
Chemistry: Physics	0	38	0.00
Chemistry: Bioscience	3	40	7.50
Chemistry: Bioscience, Industrial Experience	3	40	7.50
Chemistry: Industrial Experience	3	44	6.82
School of Chemistry (overall)	12	206	5.83

Figur 5.2: Emner som tar for seg bærekraft på ulike studieprogram ved universitetet i Cardiff.

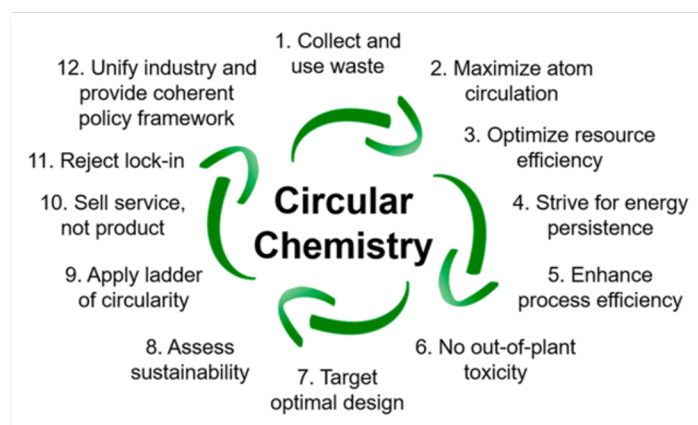
5.4 Case-studier om arbeidet mot grønne og bærekraftige kjemiutdannelse

Flere internasjonale perspektiver er gitt på GBK, for eksempel gir en artikkel fra 2019 en innsikt i utdanning i GBK basert på systemtenkning.¹³⁵ Systemtenkning er en prosess som beskriver en mer helhetlig forståelse av dynamiske systemer og den overordnede strukturen i det store bildet. Gjennom systemtenkning kan man lettere oppdage årsakene og løsningene til komplekse problem. Innen GBK vil dette innebære et behov for å vektlegge de økonomiske, miljømessige og sosiale dimensjonene for å finne løsninger på dagsaktuelle utfordringer. Det er bred enighet blant universiteter at systemtenkning er nødvendig for å lykkes med undervisning i grønn kjemi. Dette blir gjenspeilet i de nye kursene og studieprogrammene som har blitt utviklet. Den mest utbredte metoden er å innføre et enkelt emne i grønn kjemi. En annen mulighet er utvikling av bachelorprogram i grønn kjemi. Flere universiteter ønsker å modifisere og forbedre eksisterende emner uten å opprette nye kurs. Det har blitt gjort forsøk på å gjøre emnene organisk kjemi og uorganisk kjemi noe grønnere ved å endre på laboratorieforsøkene.

5.4.1 Case 1: Grønne kjemier i Amsterdam, Sichuan og Canada

I Nederland blir universitetet i Amsterdam representert i en artikkel fra 2019.¹³⁵ Universitetet har innført et grønt kjemikurs for studenter med masterprogrammer innen kjemi, fysikk eller vitenskap, virksomhet og innovasjon. Kurset tar i bruk flipped-classroom (omvendt undervisning-metoden) og tar for seg tillæring av generelle ideer til grønn og bærekraftig kjemi. Det er flere emner som dekkes i løpet av kurset, blant annet de 12 prinsippene, grønne råmaterialer i synteser, biodrivstoff og økonomien i GKB.¹³⁵ Kurset er rettet mot behovet for bærekraftig kjemi, smart styring og utvikling av bærekrafts-styringssystemer i utbygning av bedrifter. I kurset blir studentene delt i team der målet er stimulering av tverrfaglig kunnskapsdeling. Aktiviteter i klasserommet er etterfulgt av presentasjonen fra studentgruppene om et av temaene i kurset. Til slutt skal studentene skrive essays om bærekraftskonsept der studentene utfordres til å frembringe ny kunnskap. Kurset avsluttes med en skriftlig eksamen.

Studentene blir også introdusert til begrepet sirkulær økonomi, et konsept som dukket opp i arbeidet med å fremme utviklingen av kjemiske produkter og prosesser som bruker avfall som ressurs. Også her ble det lagt ned 12 prinsipper som vises i figur 5.3. Sirkulær kjemi skal gi en sirkulær økonomi ved at man bruker avfall som en ressurs i utvikling av nye materialer. På den måten vil man kunne få et avfallsfritt miljø og materialer som kan gjenbrukes over lang tid. Sirkulær kjemi er dermed et svar på systemtenkning og vil bidra til å nå bærekraftsmålene. Etersom en stor del av kjemi handler om å fremstille molekyler, vil prinsippene for grønn kjemi optimalisere syntesen og produksjonen av nytt materiale. Universitetet i Amsterdam ønsker å vise at disse materialene også til slutt skal kunne gjenbrukes og resirkuleres slik at man får sirkulær økonomi. De 12 prinsippene for sirkulær kjemi brukes aktivt i kurset og på den måten støttes både økonomi- og miljødelen av bærekraftsaspektet.



Figur 5.3: Tolv prinsipper for sirkulær kjemi.¹³⁵

Universitetet Sichuan i Kina har i likhet med Amsterdam også innført et obligatorisk emne i grønn kjemi for studenter med hovedfag i kjemi og anvendtkjemi. Universitetet tilbyr flere studieprogram, kurs og emner innenfor grønn kjemi og bærekraftig utvikling.¹³⁸ Det er forutsatt at studentene skal ha emner innen matematikk, fysikk, uorganisk-, organisk og

analytisk kjemi på forhånd før dette kurset. Grønn kjemi emnet har store likheter med det som tilbys i Amsterdam og det er tre aspekter som er viktige i kurset: grønnere utgangsmaterial, grønnere reaksjonsprosess og grønnere produkt. Fra emnebeskrivelsen til kurset ser man at studentene først og fremst skal forstå bakgrunnen for grønn kjemi og det grunnleggende konseptet rundt begrepet. Studentene skal lære å søke etter gode utgangsmaterial i kjemiske prosesser, og om design av sikrere kjemikalier og anvendelse av dette.¹⁴⁴ I kapittel 4 i pensumlisten er temaet utforming av biologisk nedbrytbare kjemikalier, mens kapittel 5 tar for seg katalysatorer og dets rolle i grønn kjemi.

Den kanadiske forskningen innen grønn kjemi startet i år 2000 på universitetet McGill i Montreal, Quebec, og i 2002 ble det første grønne kjemikurset opprettet.¹⁴¹ Arbeidet innen grønn kjemi spredte seg videre til Queen's universitetet i Kingston, Ontario hvor de forsket på nye løsningsmidler, og Memorial universitet i Newfoundland som blant annet forsket på katalysatorer. I 2015 var det 8 av 60 universitet i Canada som kunne tilby et kurs i grønn kjemi. De fleste enkeltemnene var ikke obligatoriske, men ble tilbudt som et valgfag. Fem av universitetene har blitt listet opp i tabell 5.1, som viser detaljer om kursene de tilbyr. Disse fem har blitt valgt ut basert på hvilke emner som hadde størst variasjon. De tre andre emnene minner i stor grad på emnet som tilbys ved McGill universitet i Quebec når det kommer til blant annet innhold i emnet og det faktumet at det ikke oppgis noen konkrete lærebøker.

De fleste emnene innen grønn kjemi tilbys i det tredje eller fjerde året. Dette har ofte en sammenheng med at de fleste kursene krever ett eller to introduksjonskurs i organisk eller uorganisk kjemi. Nesten alle kursene som ble sammenlignet har også en eller flere store skriftlige innleveringer eller prosjekt som utgjør en betydelig del av det endelige resultatet. Mange av disse prosjektene går ut på at studentene alene eller i grupper avgjøre hvilken av to ulike kjemiske prosesser som er grønnest. Slike oppgaver krever at studentene går i dybden og selv setter seg inn i problemstillingene. Etter å ha lest om emnet må de så levere en rapport hvor de begrunner sitt endelige svar. Ekstra meningsfylt blir det når studentene skjønner at deres oppgave kan være med på å gi informasjon som professorene kan lære av og ta med seg videre i sitt arbeid. Studentene får også et innblikk i at det ikke alltid finnes et riktig svar slik det ofte gjør i tradisjonelle kjemi kurs. Tvert imot vil det være mange faktorer som må tas hensyn til før man kan ta en avgjørelse. En annen likhet man kan se mellom kursene er at de fleste støtter seg til bruken av forskningsartikler i sin undervisning. I stedet for å slavisk følge en lærebok får derfor studentene øvelse i å selv vurdere hvilke kilder som er sikre.

Tabell 5.1: Sammenligning av fem kurs i grønn kjemi ved ulike universitet i Canada.

Institusjon	Calgary universitet i Alberta	McGill universitet i Quebec	Memorial universitet i Newfoundland	Queen's Universitet i Ontario	St. Mary's universitet i Nova Scotia
Tittel	CHEM 423: Green Chemistry Principles and Techniques	CHEM 462: Green Chemistry	CHEM 4206/6206: Green Chemistry	CHEM 326: Environmental and Green Chemistry	ENVS 2100: Green Chemistry
År	3. året	4. året	4. året	3. året	2. året
Forelesere	Dr Kal Mahadev	Prof. C.J. Li; Prof. Audrey Moores	Prof. Francesca Kerton	Prof. R. Stephen Brown; Prof. Philip Jessop	Prof. Jason Clyburne
Beskrivelse	<p>Introduksjon til grønn kjemi</p> <p>De tolv prinsippene i grønn kjemi</p> <p>Atom økonomi</p> <p>Avfall: produksjon, problem for forebygging</p> <p>Miljøytelse</p> <p>Katalyse</p> <p>Fornybare ressurser</p> <p>Ny teknologi i grønn kjemi</p> <p>Grønne beregninger</p> <p>Industriell kjemi</p>	<p>Introduksjon til grønn kjemi</p> <p>Nye reaksjoner og metoder</p> <p>Nye miljøvennlige løsemidler, katalyse og reagenser</p> <p>Fornybare råstoff</p> <p>Organiske reaksjoner i vannløsnings</p> <p>Superkritisk karbondioksid</p> <p>Biokatalyse</p> <p>Bioprosess</p> <p>Avfall</p> <p>Tre gjesteforelesere forteller om deres forskning i grønn kjemi.</p>	<p>Introduksjon til grønn kjemi</p> <p>Nye katalytiske prosesser</p> <p>Alternative reaksjonsmedier</p> <p>Alternative syntetiske ruter</p> <p>Energi effektivitet</p> <p>Nye teknologier</p> <p>Fornybare råstoff</p> <p>Forrentningsmuligheter og lovverk</p> <p>Klassediskusjoner basert på dagsaktuelle problem</p>	<p>Introduksjon av bærekraftig og grønn kjemi</p> <p>Kjemi i atmosfæren: gassfase reaksjoner, ozon, VOC, NOx</p> <p>Drivhuseffekten og globaloppvarming</p> <p>Kjemisk forurensning</p> <p>Vann: drikke vann, grunnvann, avfallsvann</p> <p>Sedimenter</p> <p>Grønne beregninger</p> <p>Alternative råstoff og reagenter</p> <p>Syntetiske metoder og strategier</p>	<p>Introduksjon til grønn kjemi</p> <p>Bærekraft og grønn kjemi</p> <p>Atom økonomi – omleiringsreaksjoner</p> <p>Grønne løsemiddel</p> <p>Fornybare råstoff</p> <p>Nye katalytiske prosesser</p> <p>Energi effektivitet</p> <p>Avfallsminimering, avfallsbehandling, resirkulering</p> <p>Sanntidsanalyse for forurensningsforebygging</p> <p>Mindre farlig kjemiske syntese</p>
Lærebøker og pensum-litteratur	<p>Green Chemistry – An introductory Text – Mike Lancaster. RSC, 2010</p> <p>Green Chemistry Letters & Reviews (Taylor & Francis)</p>	Anbefalt lesestoff fra ulike bøker og artikler	<p>Green Chemistry – An introductory Text – Mike Lancaster. RSC, 2010</p> <p>Green Chemistry: Theory and Practice – Paul Anastas & John Warner. Oxford University Press, 2000</p>	Environmental Chemistr, 4 th edition – Colin Baird & Michael Cann. Freeman & Company, 2008	Anbefalt lesestoff fra ulike bøker og artikler

Ulikheter mellom grønn kjemikursene som er listet opp i tabell 5.1 er mange. Selv om mange av temaene går igjen er det likevel stor forskjell i hvordan undervisningen foregår. Queen's gir ofte gruppeoppgaver, mens Memorial i stor grad vektlegger muntlige presentasjoner og klassesdiskusjoner. Memorial inkluderer også business og entreprenørskap i sitt pensum, mens McGill inviterer flere eksperter som gjesteforeleser for å snakke om enkeltemner. St. Mary's på sin side vektlegger laboratoriearbeidet og gir studentene mulighet til å implementere de grønne prinsippene de har lært i forelesningene inn i sin egen praksis. Det er bare to av universitetene som inkluderer laboratoriearbeid i emnet. Hvert universitet har altså sine styrker og svakheter. Ved å lære om ulike praksiser og å la seg inspirere av fremgangsmetodene til andre universitet, dannes et godt grunnlag til å kunne satse på grønn kjemi både innen forskning og undervisning.

5.4.2 Case 2: Masterprogram i bærekraftig kjemi i Tyskland

Leuphana Universitet i Lüneburg, ikke langt fra Hamburg, har innført det internasjonale masterprogrammet «Sustainable chemistry» eller på norsk bærekraftig kjemi.¹³⁸ Studieprogrammet har som mål lære om bærekraftsvurdering, internasjonale reguleringer og anvendelse av kjemi i bærekraftige sammenhenger. Masterprogrammet vil gå detaljert inn på bærekraftig produksjon av materialer og formidler en bredere forståelse av hva bærekraftig kjemi inneholder, og hva det kan brukes til. Dette tverrfaglige programmet vil være et verktøy som kan hjelpe å nå bærekraftsmålene i Agenda 2030. Programmet fremhever systemtenkning og vil danne essensielle eksperter i kjemikaliehåndtering, klimaendringer, forurensingsproblemer, og utviklingen av alternative forretningsmodeller for kjemiske produkter. Med den bakgrunn har programmet dukket opp på FNs liste med navn "SDG good practices", ettersom det aktivt bidrar til mål 4, 9, 12 og 17.¹⁴⁵ Mastergraden foregår i stor grad online og skal kunne gi en fleksibel timeplan. Øktene på campus vil kunne bestå av forelesninger, seminarer, praktiske øvelser og laboratoriearbeid. Her vil studentene være aktivt involvert og gitt muligheten til å diskutere og delta i egen læring. En oversikt over emnene i masterprogrammet er gitt i figur 5.4. Masterprogrammet er rettet mot fagpersoner med relevant utdannelse innen kjemi, biokjemi, miljøteknikk eller farmasi. Det krever og minst et års relevant arbeidserfaring. Studier går over 4 semester og gir totalt 90 studiepoeng. Emnene er svært spesifikke for sitt formål, nemlig å lære om bærekraft, grønn kjemi, toksikologi, modelleringer og bærekraftige strategier. På første semester får studentene grunnleggende kunnskaper om flere relaterte aspekter rundt bærekraft. Under modulen

«Concepts of sustainable chemistry» blir studentene introdusert til det tverrfaglige konseptet bærekraftig kjemi og sammenhengen mellom grønn og bærekraftig kjemi.

1 st Semester	2 nd Semester	3 rd Semester	4 th Semester
Concepts of Sustainable Chemistry [5 CP]	Sustainable Chemistry & Renewable Energy [5 CP]	Law, International Regulations & Chemicals Management [5 CP]	MASTERS THESIS [20 CP]
Environmental Chemistry [5 CP]	Benign by Design [5 CP]	Business Models & Strategies [5 CP]	
Toxicology & Ecotoxicology [5 CP]	Resources, Recycling & Circular Economy [5 CP]	Project Work Chemistry, Sustainability & the Agenda 2030 [10 CP]	
Modelling of Chemical Properties & Fate [5 CP]	Sustainability Assessment [5 CP]		
Green Chemistry [5 CP]		C3 Society & Responsibility [5 CP]	

Figur 5.4: Oversikt over modulene i masterprogrammet bærekraftig kjemi ved universitetet i Lünberg.¹⁴⁶

Emnene «Environmental chemistry» og «Toxicology and Ecotoxicology» tar for seg effekten av kjemikalier og praktiske eksempler på toksikologiske tester og prosedyren for risikovurdering. Emnet Green «Chemistry» tar for seg de 12 prinsippene, samt når og hvordan grønn kjemi kan bidra til økt bærekraft. På andre semester vil emnet «Resources, Recycling & Circular Economy» bidra til forståelse for spesifikasjoner av biologiske og fossile ressurser. Studentene får diskutere utfordringer rundt bruken av disse ressursene. Relevansen til sirkulær økonomi blir også et viktig tema. På tredje semester skal studentene utføre et prosjektarbeid om bærekraft og Agenda 2030. Her velges et tema ut fra egen interesse, der målet er å reflektere rundt bærekraftsmålene og kombinere kunnskap slik at en kan diskutere rundt debatten om bærekraftig utvikling.

5.4.3 Case 3: Bachelorprogram i grønn kjemi i USA

Etter hvert som forskningen innen grønn kjemi ble mer utbredt, ble det også innført egne studieprogram. De første lærebøkene og de første studieprogrammene var innen masterprogram og PhD-programmer, men de siste årene har også noen bachelorprogram i grønn og bærekraftig kjemi startet opp. Denne utviklingen har skapt utfordringer, blant annet mangel på undervisningsressurser og fullpakket læreplan. På Michigan universitet har de jobbet med utfordringene og i 2017 utviklet de en bachelorgrad i grønn kjemi.¹⁴⁷

Michigan hadde allerede bachelorprogram i kjemi og biokjemi. Diskusjoner om å innføre grønn kjemi ved universitetet kom allerede i 2010. Det var først etter deltakelsen på konferansen "Michigan Green Chemistry and Engineering" i 2016 at ytterlig validering av ideer tok plass. Universitetet hadde som mål å innlemme grønn kjemi gjennom alle læreplaner på alle program og kurs. Dermed var Michigan i gang med utviklingen av en bachelorgrad i grønn kjemi. Arbeidet med bachelor graden startet tidlig i 2017, og for å få inspirasjon søkte universitetet om tilbakemeldinger både nasjonalt og ved lokale komiteer for rådgivning om oppbygning av læreplanene.

Bachelorgraden i grønn kjemi ble presentert som ett frittstående program og dermed var det viktig å ha vesentlige forskjeller i kursene i forhold til de andre kjemiprogrammene. I utarbeidningen av studieprogrammet ble det lagt vekt på at selv om grønn kjemi skulle være hovedfokuset, så skulle ikke de viktigste kjemiemnene fjernes. For at studentene skulle få en grad i kjemi måtte studieprogrammet oppfylle generelle utdanningskrav for høyere utdanning. Grunnleggende emner i kjemi ble derfor videreført i kjerneplanen til bachelorgraden i grønn kjemi. Dette inkluderer generell kjemi, organisk kjemi, analytisk kjemi, fysisk kjemi, uorganisk kjemi og kjemisk forskning. De spesifikke emnene for grønn kjemi programmet ble i første omgang tatt fra avdelingen for kjemi og biokjemi samt på tvers av campus i avdelingene for ingeniør og statsvitenskap. Kombinasjonene av emner førte til at graden i grønn kjemi til slutt hadde seks emner som ikke var felles med bacheloren i kjemi og fem emner var ulike bacheloren i biokjemi. Emnene på kjemiprogrammene vises i figur 5.5.

Core curriculum for all degrees		
General Chemistry I and II: Lecture and Laboratory	Organic Chemistry I and II: Lecture and Laboratory	
Analytical Chemistry I and II: Lecture and Laboratory	Physical Chemistry I and II: Lecture and Laboratory	
Inorganic Chemistry: Lecture and Laboratory	Calculus I and II: Lecture	
Degree-specific curriculum		
Chemistry	Biochemistry	Green Chemistry
Fundamentals of Biochemistry	Biochemistry I and II: Lecture	Green Chemistry
Spectroscopy of Organic Compounds	Biochemistry I and II: Laboratory	Environmental Toxicology
Multivariate Calculus	Cell Biology	Biochemistry I and II: Lecture
Math Elective	Genetics	Math for Physical Chemistry
Two Chemistry Electives	Math for Physical Chemistry	Life-Cycle Assessment and Industrial Ecology
	One Chemistry Elective	Sustainable Design of Products and Systems
		Environmental Law and Public Policy
		One Chemistry Elective
Chemistry electives offered		
Advanced Organic	Proteomics	Green Chemistry
Polymers	Enzymology	Environmental Toxicology
Advanced Special Topics		

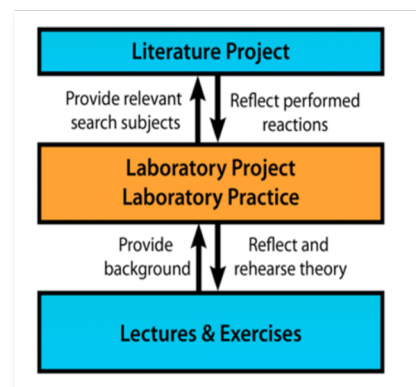
Figur 5.5: Sammenligning av emner på kjemi-bachelorprogrammene ved Michigan universitet.¹⁴⁷

De spesifikke emnene for den nye bachelorgraden er blant annet grønn kjemi, miljøtoksikologi, kurs i bærekraftig design av produkter og systemer og kurs i miljørett og offentlig politikk. Emnet grønn kjemi ser på anvendelser av de 12 prinsippene i ulike bransjer, og dekker blant annet temaene atomøkonomi, alternative løsningsmidler, biologisk nedbryting, livssyklusanalyse og sikrere design av kjemikalier. Studentene skal få et innblikk i hvordan man vurderer kjemiske alternativ og kunne knytte grønn kjemi til FNs bærekraftsmål. Miljøtoksikologi emnet introduserer begrepene toksikologi, absorpsjon, distribusjon og utskillelse av giftstoffer. Kurset tar også for seg økotoksikologi, mattoksikologi og rettsmedisinsk toksikologi der studentene vil få bredere forståelse for risikovurdering i ulike yrker. Bærekraftig design av produkter og systemer er også et av de spesifikke emnene for den nye bachelorgraden og tar for seg livssyklustenking, energieffektiv design og valg av grønne materialer. Studenten får også et innblikk i politiske og administrative aspekter i miljøregulering gjennom emnet miljørett og offentlig politikk. Her vil ulike lover og forskrifter bli introdusert og kurset ble valgt for at studenter skal kunne se på miljøutfordringene fra andre perspektiv.

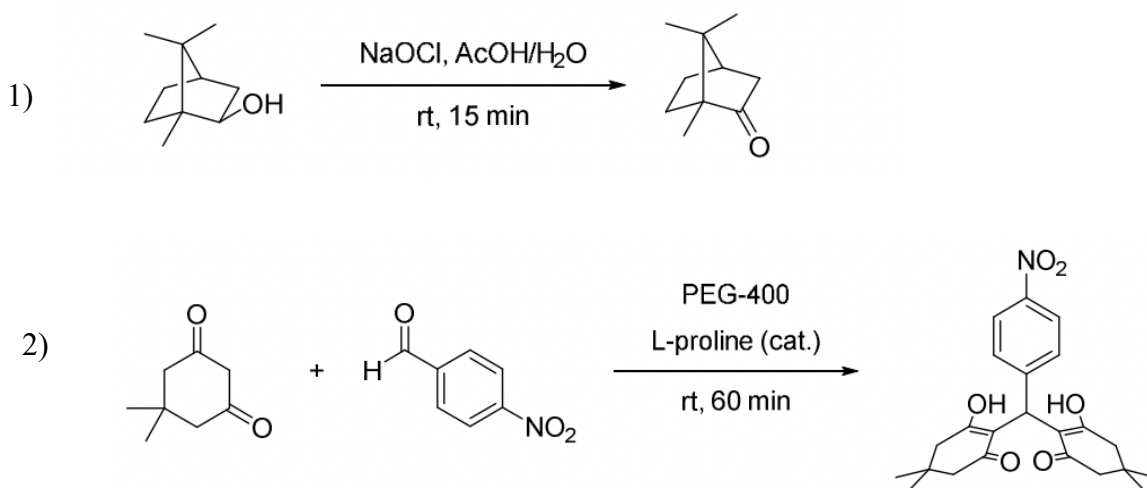
5.4.4 Case 4: Modifisering av organisk kjemi i Sverige

De fleste forskningsartikler henviser til casestudier der internasjonale universitet presenterer nye kurs, emner eller studieprogram som tar for seg GK og BK. Det ser ut til at det heller blir prioritert å lage nye emner eller studieprogram enn å endre eksisterende emner og program. Det er dermed spennende og aktuelt å se på eksisterende emner i kjemiutdanningene og hvordan disse eventuelt kan modifiseres til å bli bærekraftige og grønnere. På et universitet i Stockholm, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH Royal Institute of Technology), har det blitt gjort et forsøk på å forbedre kjemiutdanningen ved å modifisere et eksisterende emne. Målet var å gjøre emnet organisk kjemi grønnere uten å måtte ty til store endringer og økonomiske kostnader.¹⁴⁸ Modifisering av emnet har hatt et større fokus på de praktiske laboratorieøvelsene i kurset. Et nytt grønt laboratorieprosjekt ble utviklet fra 2015-2017, samtidig som studentene i større grad skulle bli opplært i kritisk vurdering av bærekraftige kjemiprosesser. En beskrivelse av fremgangen og arbeidet med emnet er utgitt i en artikkel fra 2018.¹⁴⁸

Organisk kjemi emnet tas av studenter på andre eller tredje år ved ingeniørprogrammer i bioteknologi eller teknisk kjemi. Kurset har vært delt i tre moduler som er tradisjonell forelesning, laboratoriekurs og litteratursøk, vist i figur 5.6. Den eldre versjonen av emnet fra 2013, inkluderte også noe om grønn kjemi og en kort introduksjonsdiskusjon angående miljøhensyn. Likevel var det tydelig at 2013 versjonen ikke introduserte ønsket kunnskap om grønn og bærekraftig kjemi til studentene. Med den bakgrunn ble det gradvis introdusert mer av grønne prinsipper med tre krav, blant dem at endringene i kurset skulle være av lav innsats slik at den kunne tilnærmes også ved andre universitet. Det var små endringer i forelesningene, mens laboratoriekurset fikk de viktigste endringene. Laboratoriekurset består av 7 øvinger der studentene arbeider med forberedelser, synteser, rensing og analyse. Eksempler på øvinger er: elektrofil aromatisk substitusjon, Grignard-reaksjoner og karbonylkjemi. Tidligere laboratorieforsøk med KMnO_4 - oksidasjoner og Friedel-Crafts acylering ble erstattet med nyere prosedyrer.¹⁴⁹ Disse tidligere prosedyrene kunne brukes som teoretiske eksempler for at studentene skal se kontrasten til de moderne og grønne prosedyrene. For eksempel ble studentene introdusert til oksidasjon av isborneol og prolinekatalysert kaskadereaksjon med PEG-400 som løsningsmiddel, vist i figur 5.7.



Figur 5.6: Konstruksjon av emnet Organisk kjemi.¹⁴⁸

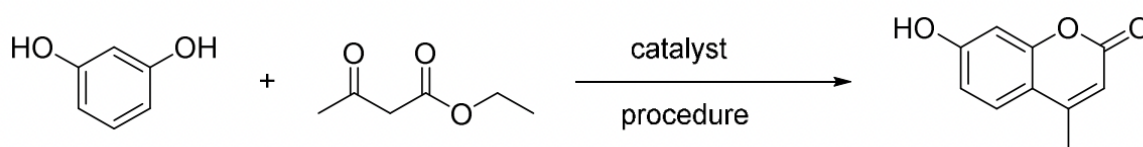


Figur 5.7: Moderne og grønnere prosedyrer.¹⁴⁹ 1) Oksidasjon av isborneol 2) prolinekatalysert kaskadereaksjon

I tillegg til praktiske endringer i laboratoriekurset, ble laboratoriekompndiet utvidet til å inneholde et helt kapittel om grønn kjemi. Her ble studentene introdusert til grønne

beregninger, løsningsmidler og fornybare råvarer. Studentene skulle få muligheten til å diskutere syntesene og svare på grønne kjemispesifikke spørsmål på forhånd. I disse diskusjonene kan sammenligninger med «eldre» prosedyrer bli tatt opp av faglærer. Studentene kunne også få i oppgave å analysere en syntese og dermed beregne hvor miljøvennlig reagensene og produktene er, med informasjonen gitt i kapittelet om grønn kjemi. Kapitlet som ble innført i kompendiet kan finnes i sin helhet i støtteinformasjonen til artikkelen.¹⁴⁹

Sist, men ikke minst er utvikling av det grønne prosjektet en viktig del av modifiseringen av emnet.¹⁴⁸ Dette praktiske problemløsningsprosjektet skal i sin helhet ramme grønnkjemibasert kritisk tenkning. Prosjektet tar for seg en syntese av stoffet 4-methylumbelliferon via en Pechmann-kondensering:



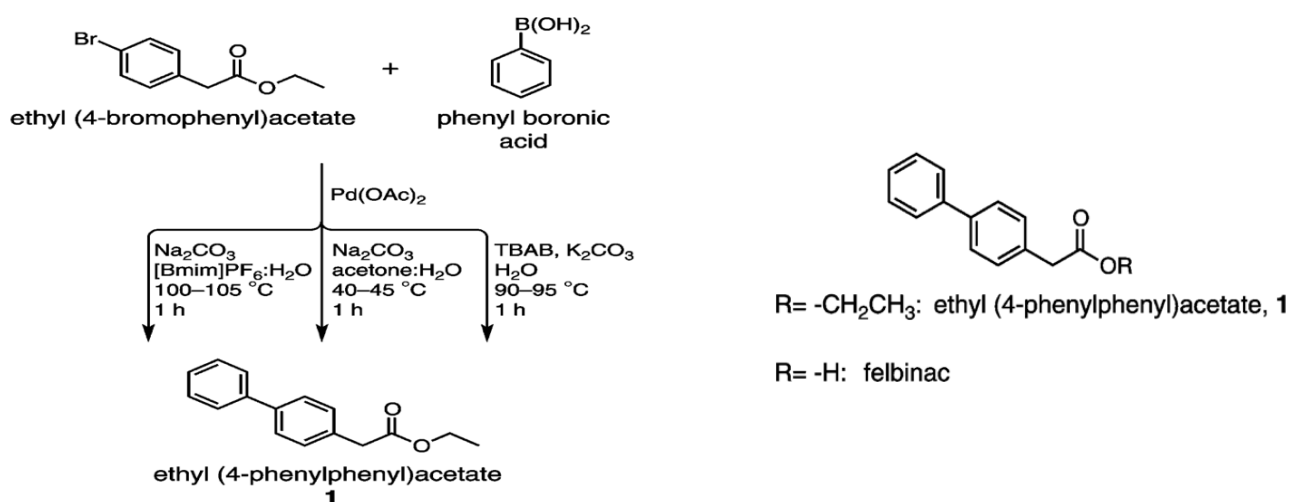
Figur 5.8: Pechmann-kondensasjon i et enkelt trinn.¹⁴⁹

I den tidligere versjonen av emnet (2013) brukte studentene syrekatalysatoren Dowex 50WX4 og fikk dermed et teoretisk og praktisk eksempel på en trygg katalysator. Transformasjonen av prosjektet handlet om å utsette studentene for et problem, heller enn å bare vise dem gode eksempler. Studentene blir gitt muligheten til å tenke kritisk og kunne begrunne valg av metode ved hjelp av relevant terminologi. Det ble utformet fire ulike litteraturprosedyrer for samme transformasjon - Pechmann kondensasjonen. Forskjellen mellom de fire prosedyrene skulle være minimal slik at studentene må kritisk vurdere prosedyren basert på tillært kunnskap. Forskjellen kunne være i valg av katalysator slik at reaksjonsbetingelsene, energiforbruket eller sikkerheten ville være ulik i prosedyrene. Studentene skal velge hvilken som helst av de fire prosedyrene og gjennomføre forsøket, men skal kunne forsvare valget sitt og forklare hvorfor de mener dette er den mest optimale metoden i forhold til bærekraft. I etterkant har representative studenter formidlet at de praktiske laboratorieøvelsene, grønne kjemispørsmål og rapportene i høy grad har vært nyttige for å omsette teori om grønn kjemi til praksis.

5.4.5 Case 5: Modifisering av organisk kjemi i USA

Ved universitetet i New England Biddeford har Deveau og medarbeidere utviklet et oppdagelsesbasert mikroskala-eksperiment med Suzuki-kobling.^{150, 151} Koblingsreaksjoner fikk en økt tilslutning etter at Heck, Negishi og Suzuki fikk tildet Nobelsprisen i 2010 for utviklingen av palladiumkatalyserte krysskoblingsreaksjoner. Gode eksempler på grønne koblingsreaksjoner har vært av stor interesse i ettertid.¹⁵⁰ Suzuki-krysskoblinger kan gjøres grønnere på ulike måter, blant annet 1) gjenbruk av metallkatalysatoren for å redusere tungmetallavfallet eller 2) ved bruk av ikke-flyktige løsningsmidler som vann eller den ioniske væsken ([Bmim]PF₆) og 3) ved bruk av ligandfrie betingelser.¹⁵¹

Eksperimentet ble utviklet for organisk kjemi-laboratorier og her skal studentene i grupper, syntetisere etyl (4-fenylfenyl)acetat. Produktet er en forløper til Felbinac, en medisin som brukes til behandling av betennelse og leddgikt, og forsøket blir på den måten mer praktisk og spennende. Studentene får et faglig ansvar og skal finne den mest kostnadseffektive tilnærmingen til å lage produktet til sin bedrift. I eksperimentet går studentene inn i en rolle som medisinsk kjemiforsker og har som mål å identifisere den grønneste, sikreste og mest lønnsomme syntesen av produktet. I likhet med Pechmann-prosjektet ved Stockholm, blir studentene også her utsatt for utforskning og sammenligning av tre forskjellige tilnærminger. De tre mulige betingelsene for den samme prosedyren vises i figur 5.9. Tilnærminger er nokså like, ettersom vann brukes som løsemiddel og at de er ligandløse. Forskjellen ligger i valget av hjelpeløsningsmiddel (ingen hjelpeløsningsmiddel, aceton eller [Bmim]PF₆) og mengden av base som brukes.



Figur 5.9: Syntese av etyl (4-fenylfenyl)acetat via tre ulike tilnærmingsmåter og sammenhengen til medisinen Felbinac.¹⁵¹

Gjennom et praktisk eksempel blir studentene introdusert til Suzuki-koblinger som det vanligvis ikke undervises i på dette nivået i organisk kjemi. Studentene blir utsatt for en arbeidsmetode som fremmer en problemløsende tilnærming til å lære grønne kjemiprinsipper og bærekraftig tankegang. I grupper på tre personer skal de samarbeide og evaluere hvilket system som er det «grønneste». Gruppene må ta hensikt til prosent utbytte, kostnaden til forsøket, atomøkonomi og reaksjonseffektivitet. I etterkant har det vist seg at aceton/vann systemet var den med høyest total reaksjonseffektivitet og var mest kostnadseffektiv. Eksperimentet fremmer en diskusjon blant studentene og de utfordres til å bruke kunnskap om grønne prinsipper når de vurderer og sammenligner de ulike tilnærmingene. Studentene får et innblikk i karrieren til farmasøytiske kjemikere og hvordan forholde seg til kjemisk litteratur. Studentene kan i etterkant får et ansvar i forelesningene, der de vurderer den vitenskapelige litteraturen ytterligere og får diskutert tanker og meninger sammen med foreleser.

5.4.6 Case 6: Modifisering av uorganisk kjemi i USA

Ved instituttet for kjemi på Villanova Universitet har det blitt gjort en innsats for å innlemme bærekraft og livssyklusvurdering i emnet uorganisk kjemi med hovedfokus på laboratoriet. Laboratorieerfaring skal gi grunnleggende tekniske ferdigheter for fremtidige kjemikere, likevel brukes liten tid på å sikre at studentene kjenner til virkningene av forskningen, kjemisk avfall og forskningens bærekraft generelt. Med den bakgrunn har Villanova valgt å modifisere det eksisterende første-års uorganisk kjemi laboratoriekurset.¹⁵² Det har blitt gjort en anvendelse på samspillet mellom forskningsorientert problemløsning og ideer rundt bærekraft i sammenheng med uorganisk kjemi temaer. Uorganisk kjemi ved Villanova er inndelt i tre hovedemner: atomstruktur, kovalente molekyllære stoffer og koordinasjonskjemi. Mange emner styrkes i laboratoriekurset, blant annet spektroskopi. Den siste delen av laboratoriekurset tar for seg et miniprojekt, som er direkte knyttet til koordineringskjemi. Her blir studentene introdusert til Alfred Werner, Lewis syre/base teori og koordinatbinding. Emnene blir tatt opp under forsøket der studentene utfører synteser og karakterisering av sine ukjente forbindelser. Det avsluttende prosjektet gir sammenheng og forsterket forståelse for teorien i emnene. Det var på tre punkt kurset ble forbedret slik at studentene ble bedre forberedt til miniprojektet og mer innstilt til bærekraftstekning.

Den første endringen som ble gjort var å sette av tid til en laboratorieøkt der studentene ble presentert for sikkerhet i laboratoriet og livssyklusvurdering.¹⁵² Økten ble brukt til å lære om

universitetets database, ChemWatch, og hvordan studentene kan hente informasjon fra databasen. Videre var fokuset på sikkerhetsdatablad for kjemikalier og hvordan bruke disse. Studentene fikk innsikt i avfall og hva som blir gjort når avfallet forlater laboratoriet. Samtidig ble det gjort en liten endring i studentenes laboratorierapporter. I rapportene ble det inkludert en bærekraftsdel. Under bærekraftsdelen av rapporten skulle studentene ta for seg et av reagensene eller en teknikk i hvert eksperiment, og komme med et forslag til forbedring slik at eksperimentet ble mer bærekraftig. Studentene skulle bruke sikkerhetsdatablad for å søke opp mulige reagenser og forklare hvorfor det ville blitt mer miljøvennlig. Vanlige forslag av studenter er å bruke mer miljøvennlige løsningsmidler eller endre metallet i et forsøk slik at det ble dannet mindre giftige produkter.

En annen ting som ble gjort i laboratoriekurset var å gi studentene muligheten til å komme med forslag på endringer til miniprojektet om Werner-kompleks. I den opprinnelige prosedyren ble kobolt(II)kloridheksahydrat ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) brukt som utgangsmateriale og liganden koordinert til metallsenteret var etylendiamin (en). Utgangsmaterialet er svært giftig for livet i vann og har langvarige effekter, og etylendiamin er helsefarlig, brannfarlig og skadelig for livet i vann. Studenten skulle komme med forslag til en endring i et av trinnene i prosedyren de fikk utdelt, som ville redusere påvirkninger på miljøet og helsen. Deretter kunne studentene enten syntetisere produktet gitt i litteraturprosedyren, eller gå frem med endringene de selv har foreslått. Kjemikalier ble skaffet for at studentene kunne prøve sine synteser. Noen studentforslag til mer bærekraftige prosedyrer, er blant annet endring av utgangsmaterialet og liganden. Studenter har brukt jern(II)kloridtetrahydrat ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) som et alternativ, ettersom det har mindre giftighet for vannlevende organismer. Andre studentgrupper valgte å erstatte etylendiamin med dietyltriamin som ligand, da også denne gjør mindre skade. Studentendringene for prosedyren til forsøket er vist i figur 5.10.¹⁵² Avslutningsvis ble det gitt en rapport og presentasjon som sammenlignet litteraturproduktet og det nye bærekraftige produktet.

Change in Procedure	Original Procedure	Sustainable Procedure
Metal center	Cobalt	Iron Copper
Ligand	Ethylenediamine	Diethylenetriamine 1,10-phenanthroline
Counter ion in starting material	Co(II) chloride hexahydrate	Co(II) bromide hexahydrate
Product wash material	Diethyl ether	Ethyl acetate

Figur 5.10: Studentforslag til endringer i prosedyren på miniprojektet.¹⁴⁸

Studentene skulle velge endringene slik at helse- og miljøfarer i den opprinnelige prosedyren ble forbedret og mer bærekraftig. Ved å endre et av utgangsmaterialene til en mindre farlig kjemikalie, kunne studentene utføre et mer bærekraftig forsøk under lignende reaksjonsforhold. Det er tydelig at en slik fremgang i laboratoriet fremmer problemløsning og kritisk tenkning hos studenter. Generering av nye ideer med mer bærekraftige tilnærminger og arbeid med laboratorierapportene vil gi studenten en bedre forståelse for relevansen til grønn og bærekraftig kjemi.

5.5 Læreverk og pensumbøker

Et av de største hindrene for å inkludere bærekraft i kjemiutdannelsen er mangelen på gode lærebøker.¹³⁴ Undersøkelser viser at utviklingen av slike ressurser stort sett har vært ukoordinert de siste 25 årene, og det er derfor fremdeles mye arbeid som gjenstår i integreringen av grønne og bærekraftige kjemikonsepter i kjemipensumet. I følge Anastas har bærekraft i liten grad blitt innlemmet i læreplanene, lærebøkene og utdanningen til grønne kjemikere og ingeniører.¹⁵³ Noe undervisningsmaterieell tilknyttet grønn og bærekraftig kjemi har likevel blitt utviklet. Noen av disse ressursene er fantastiske eksempler på integrering av grønne og bærekraftige kjemikonsepter i kjemipensum, men ingen av dem er foreløpig tilgjengelig for offentligheten.¹³⁴ Undersøkelse viser også at de få gangene grønne og bærekraftige kjemibegrep har blitt lagt til i kjemilærebøker, har det ofte vært som sidenotater eller tilleggsinfo i rammer og tabeller. I slike tilfeller kan det derfor ofte være nyttig å legge til rette for å bruke gode tidsskriftsartikler eller små kapitler som tilleggpensum. Stockholm universitet innførte et lite kapittel som et kompendium til faget organisk kjemi, og dette er en mulig løsning. American Chemical Society har dessuten en rekke publikasjoner som tar for seg tema knyttet til bærekraft og grønn kjemi innen flere underdisipliner. The Royal Society of Chemistry's Green Chemistry er også en god kilde for studenter som ønsker å finne aktuell forskning.¹⁵⁴ Dette vil være spesielt relevant hvis en legger opp undervisningen på en slik måte at deler av vurderingen består av at studentene selv skal lese seg opp på et emne som de deretter skal presentere i form av fremføring eller artikkel.

I arbeidet med å omforme laboratorieforsøkene i en mer bærekraftig retning kan det være greit å vite at det allerede eksisterer et bredt spekter av grønne kjemilaboratoriemanualer.¹⁴⁷ Disse manualene passer inn i ulike kjemikurs, og fordi mange av labmanualene kan brukes frittstående uten støtte fra andre lærebøker, vil det å endre laboratoriearbeidet kunne bli en

enkel måte å få inn bærekraft og grønn kjemi i et hvilket som helst eksisterende kurs. Et eksempel på en slik laboratoriemanual er *Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments* skrevet av Mary Kirchoff og Mary ANN Ryan.¹⁵⁵ Denne laboratoriehåndboken inneholder 14 eksperimenter hvor hvert eksperiment innledes med teori om relevante kjemikonsept. Videre er hver prosedyre delt inn i tydelige seksjoner som viser tilhørende frie kjemiemner, introduksjonsspørsmål og spesifikke sikkerhetsrutiner som skal følges i hver prosedyre. En annen labmanual, *Green Organic Chemistry: Strategies, Tools and Laboratory Experiments*, er utformet av Ken Doxsee og Jim Hutchison.¹⁵⁶ Disse eksperimentene brukes i faget grønn organisk kjemi ved universitetet i Oregon. Den første delen av manualen omhandler strategier og verktøy som følger de 12 prinsippene for grønn kjemi, for eksempel bruk av alternative løsningsmidler og reagenser, reaksjonseffektivitet og utforskning av alternative råvarer. Den andre delen består av 19 laboratorieeksperimenter som inneholder en forberedelsesdel, er reaksjonsprosedyre, spørsmål og øvelser etter laboratoriearbeidet, utviklingsnotater og relevante kjemikonsept og kjemiteknikker. Et tredje eksempel på en labmanual er *Experiments in Green and Sustainable Chemistry* redigert av Herbert Roesky og Dietmar Kennepohl.¹⁵⁷ Her finner man en samling laboratorieeksperimenter på 46 eksperimenter fra mange ulike bidragsytere. Eksperimentene dekker fem områder: katalyse, løsemidler, høyavkastnings- og one-pot syntese, begrense avfall og eksponering og spesielle emner. Hver seksjon har en innledning som tar for seg grunnleggende konsepter, viktigheten av emnet, nytteverdi og hvordan prosesser har endret seg og forbedret seg over tid. Hvert eksperiment inkluderer følgende deler: introduksjon, apparatur, kjemikalier, risiko, fareforholdsregler, prosedyre, avfallshåndtering, observasjonspunkter, forklaring av fenomen og referanser.

Når det kommer til bøker som ensidig fokuserer på tema knyttet til grønn kjemi er valgmulighetene langt flere. På universitetet i York har de en offentlig litteraturliste som viser hvilke bøker de bruker på deres masterprogram i grønn kjemi.¹⁵⁸ En av disse bøkene er *Handbook of Green Chemistry, Green Processes*.¹⁵⁹ Denne boken har blitt redigert av Paul Anastas, mannen bak de 12 prinsippene i grønn kjemi. Det er fire bøker i samme serie som til sammen består av 12 bind av «*Handbook of Green Chemistry*». Disse fire bøkene er *Green Catalysis*, *Green Solvents*, *Green Products* og *Green Processes*, og til sammen dekker disse bøkene alle de viktigste områdene innen grønn kjemi. Ved innføring av et nytt studieprogram eller nytt emne med grønn kjemi vil derfor denne bokserien være et godt utgangspunkt.

En annen serie som også benyttes ved York er «Green Chemistry series» av Micheal North og James H. Clark som begge er ansatte ved universitetet i York.¹⁶⁰ Til sammen er dette fire bind som undersøker fremgangen innen bærekraftig katalyse i alle områder av kjemi.¹⁶⁰ Bruken av bærekraftige løsemidler diskuteres også. Det sies at denne bokserien er en av de viktigste referansene for forskere som jobber innen katalyse og grønn kjemi. Mark Anthony Benevenuto og Wiliam Carroll har også publisert en serie på seks bøker.¹⁶¹ Noen av disse titlene er Sustainable Green Chemistry, Green Chemistry in Industry og Green Chemistry Education: Recent Developments. I bøkene diskuterer forfatterne blant annet de siste fremskrittene og utfordringen knyttet til grønne kjemiske prosesser. De viser også til utvalgte suksesshistorier hvor man klarte å forbedre både prosesser og reaksjoner ved blant annet bruke skiftbare polaritetsløsningsmidler, aktinid gjenvinning ved bruk av ioniske væsker, og fjerne bisfenol A-molekylet fra avløpsstrømmer ved fytonebrytning.

Det er et nokså bredt og godt utvalg av lærebøker knyttet til grønn kjemi. I arbeidet med å innføre bærekraft i eksisterende emner er det færre bøker tilgjengelig. I denne forbindelse er det viktig å huske at man ikke nødvendigvis er avhengig av nye bøker for å kunne endre ett fag. Det finnes løsninger som er enklere, mer tidseffektive og billigere.

5.6 Oppsummering

Mange strategier kan brukes for å forbedre kjemiutdannelsens bidrag til å fremme bærekraft. Ved undervisning innen bærekraft er det viktig å huske at det stilles høyere krav til hvordan man underviser. Prosjektutvikling, elevsentrerte problemoppgaver, klassesdiskusjoner og praktisk arbeid vil kunne bidra til at studenter selv kan komme med forslag til bærekraftige løsninger. I utviklingen av nye kjemiemner er det også nødvendig å forstå at selv om grønn kjemi tradisjonelt sett har fokusert på miljøaspektet, så vil bærekraftig kjemi også omfatte det økonomiske og sosiale aspektet slik at studentene får et bredere perspektiv. Grønn kjemi er likevel en god plass å starte i satsingen på mer bærekraftig kjemi. Utover utviklingen av nye emner og studieretninger innen grønn kjemi, har det også gradvis startet med å endre eksisterende emner. Utfordringen er å få de eksisterende emnene til å ikke bare inkludere litt informasjon om bærekraft, men å også beskrive og diskutere ulike problem og utfordringer. På den måten vil man etter hvert kunne tilby studentene en utdanning som kan trene dem i å integrere de grunnleggende prinsippene for kjemi med teknologiske innovasjoner, helse, ressursbruk, forurensning, global oppvarming, arbeidskraft og menneskerettigheter.

Tabellen nedenfor gir en oversikt over alle case-studier gjennomgått og hva som er hovedfunnene ved hvert av disse.

Tabell 5.2: Oppsummering av case-studier i kapittel 5.4

Handlinger gjort for GBK	Hvilke universitet	Kjennetegn: (emner i studieprogram, innhold i grønne emner og endringer i eksisterende emner)
Masterprogram i Grønn kjemi	Universitet i Lünberg	Emner: <ul style="list-style-type: none"> - Konsepter for bærekraftig kjemi - Toksikologi and økotoksikologi - Ressurser, resirkulering og sirkulær økonomi - Bærekraftsvurdering - Grønn kjemi
Bachelorprogram i Grønn kjemi	Universitet i Michigan	Emner: <ul style="list-style-type: none"> - Grønn kjemi - Miljø toksikologi - Biokjemi - Bærekraftig design av produkter - Miljørett og offentlig politick
Grønn-kjemi emner	Universitet i Amsterdam og Universitet i Sichuan	Tema: <ul style="list-style-type: none"> - 12 prinsipper for grønn kjemi - Grønnere råmaterialer, reaksjonsprosesser og produkt - Design av sikrere kjemikalier - Biodrivstoff - Vannkjemi - Ressurser og avfall - Sirkulær økonomi - Katalysatorer - Drivhuseffekten
Modifisering av eksisterende kjemi-emner	Universitet i Stockholm, New-England og Villanova	Organisk kjemi endring: <ul style="list-style-type: none"> - Grønnere prosedyrer i labøvinger - Oksidasjon av isborneol - Endringer i laboratoriekompndiet - Grønt prosjekt med Pechmann kondensering - Grønn Suzuki-kobling prosjekt Uorganisk kjemi endring: <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorieøkt med læring om sikkerhet, kjemikalier og datablad. - Rapporten fikk en bærekraftsdel - Miniprojekt med Werner-kompleks der studenter kommer med forslag til en mer miljøvennlig endring i prosedyren

Kapittel 6: Forslag til tiltak ved UiS

Mennesket søker etter mening og informasjon som bekrefter ens egen eksistens, tro eller hypotese. Dersom vi har kunnskap og forståelse om et emne, vil vi i større grad legge merke til dette i vårt miljø. Det vi tenker på, lærer om og interesserer oss for, blir gjenspeilet i hverdagen vår. Et konkret eksempel på dette er denne masteroppgaven. Arbeidet med bærekraftsmålene har ført til at vi i større grad blir bevisst på temaet i hverdagen. I butikker og museer har man plakater over bærekraftsmålene. På en togtur kan du høre at bærekraftsmålene blir diskutert av de rundt deg. I undervisningssituasjoner på skoler er målene hengt opp flere plasser. Hadde vi ikke skrevet denne oppgaven, hadde vi kanskje ikke lagt merke til i hvor stor grad bærekraftsmålene i dag gjennomsyrrer det daglige livet i Norge. Nå som målene er godt kjent for oss, vil vi møte temaet i flere situasjoner. Det er nødvendig og viktig at studenter får informasjon og blir gjort oppmerksomme på aktualiteten av bærekraft og målene. Dersom skoler og universitet fremmer bærekraft gjennom undervisningen vil dette bidra til at elevene og studentene blir bevisste på bærekraftsmålene i sin hverdag og dermed har større sannsynlighet for å ta bærekraftige valg.

Denne masteroppgave har tatt for seg hva bærekraftsmålene innebærer, hvorfor det bør satses på utdanning i bærekraftig utvikling, tilbud på kjemiutdannelse ved universiteter i Norge og internasjonale praksiser på dette. Målet har vært å kunne sammenligne ulike perspektiv, handlinger og praksiser både i Norge og i utlandet for å kunne gi et grundig forslag til hvordan kjemiutdanningene kan forbedres og innlemme mer av bærekraft. Vi ønsker at kjemi skal være et førstevalg for flere studenter og håper at grønn og bærekraftig kjemi vil øke attraksjonen til å studere kjemi. I dette kapitlet drøftes muligheter og forslag for universitetet i Stavanger. Fem konkrete tiltak diskuteres:

- 1) Kartlegging av nødvendige endringer på universitetet
- 2) Endring av nettsiden og inkludering av bærekraft i emnebeskrivelser
- 3) Innføring av enkeltemner i grønn og bærekraftig kjemi
- 4) Innføring av nytt bachelorprogram i grønn kjemi
- 5) Reformering og modifisering av eksisterende emner

6.1 Kartlegge nødvendige endringer ved UiS

I arbeidet med å endre utdanningstilbudet i en mer bærekraftig retning vil det første steget være en kartlegging av det eksisterende tilbudet. Til en hvis grad har man i kapittel 4 fått en slik kartlegging av kjemiutdannelsen. Ideelt sett hadde det likevel vært gunstig å få en kartlegging av alt arbeidet universitet gjør for å fremme bærekraft og bruke dette som et grunnlag for komme med konkrete forslag til hvilke endringer som bør gjøres. Ved UiB har kartleggingsprosessen pågått i flere år.

9. mai 2018 vedtok det sentrale Utdanningsutvalget ved UiB at det skulle nedsette en arbeidsgruppe kalt Utdanning 2030.¹⁶² Oppdraget til denne arbeidsgruppen var delt i to faser: kartleggingsfasen og utviklingsfasen. I utviklingsfasen har hovedpoenget vært å utvikle forslag til hvordan UiB kan gjøre bærekraftagendaen relevant i utdanningstilbudene. Arbeidet i denne fasen har resultert i seks tiltak for å fremme bærekraft i utdanningen ved UiB som ble publisert i en rapport utgitt i 2019.¹⁶² En forkortet versjon av disse er gjengitt under:

1. Dannelse: Grunnleggende ferdigheter for bærekraftforståelse innebærer evnen til helhetlig forståelse og kritisk refleksjon. En mulighet er å integrere dette i de eksisterende dannelsesemnene ved Senter for vitenskapsteori, og som del av ex.phil studiet til førtesemester studentene.
2. Integrering av bærekraftaspekter i eksisterende emner og studieprogram: dette innebærer at eksisterende studietilbud ved UiB kan synliggjøre hva relevansen er for bærekraftagendaen, der hvor dette er naturlig og ønskelig.
3. Nye SDG-emner: Emner som adressere spesifikke bærekraftsmål.
4. For å understøtte pågående arbeid og nye initiativ om bærekraft i masterutdanningen, foreslås det at UiB utvikler en mastergrad i bærekraft som et særskilt utdanningstilbud.
5. Å inkorporere studentinvolvering og aktive læringsformer i bærekraftrelevant utdanning omfatter utvikling og tilpassing av aktive læringsformer, samt å involvere studenter i forskning. (...)
6. Det er viktig med partnerskap og innovasjon for å kunne gi studentene utdanning og ny kunnskap som er relevant i forhold til de fundamentale endringer og nyvinninger som finner sted i samfunnet, i arbeidslivet, i næringslivet og i forskningen.

I kommentarene under punkt 2, integrering av SDG i eksisterende studietilbud, foreslår arbeidsgruppen blant annet at det skal legges til rette for at studenter kan ta SDG-emner som frie studiepoeng åpne for alle bachelorstudenter ved UiB, og at SDG-emner bør innlemmes i eksisterende studieprogram. Under punkt 3, om ny SDG-emner, foreslår arbeidsgruppen at dette kan gjennomføres ved at de som underviser «gis tid og anledning av instituttledelsen til å utvikle undervisningen (...) og at studentene involveres aktivt i utviklingsarbeidet.»¹⁶² Videre nevnes det også at kunnskap som skal forme fremtidens bærekraftige samfunn krever nytenkning, ny teknologi og nye ideer. Ny kunnskap krever derfor nye fag. I denne forbindelsen mener arbeidsgruppen at tverr- og flerfaglighet bør fremmes slik at studentene kan få nye perspektiv og mulighet til å finne nye løsninger.

I spørsmålet om fremtiden for universitetet har Katja Enberg uttalt at «ambisjonen er at UiB og andre utdanningsinstitusjoner i Bergen etter hvert kommer til å tilby emner som dekker de 17 bærekraftsmålene.»⁸⁵ I en artikkel publisert på UiB sine hjemmesider i juni 2021 uttaler rektor Margareth Hagen seg i forbindelse med at UiB på nytt ble utpekt av FN som sitt havuniversitet for en ny treårsperiode. «Ikke minst har vi de siste årene jobbet for å transformere utdanningen vår i bærekraftig retning. Alle våre studenter skal nå bli kjent med bærekraftsmålene som del av forberedende utdanning.»¹⁶³

Med inspirasjon fra UiB kan også UiS ha som mål å få en detaljert kartlegging av hvordan arbeidet med bærekraftig utvikling er ved universitetet. En slik kartlegging vil kunne avdekke de manglene som er og gi et godt utgangspunkt for å komme med konkrete forslag til forbedring. Basert på funnene i kapittel 4, er det ikke et eneste emne som i dag tilbys i studieprogrammet bachelor i kjemi ved UiS, som nevner ordet bærekraft med et ord i sine emnebeskrivelser. Integrering av bærekraftaspekter i eksisterende emner slik man ser i punkt 2 bør derfor være i hovedfokus. Utvikling av nye emner med fokus på grønn og bærekraftig kjemi bør også prioriteres. Dette vil være et av de viktigste og mest effektive tiltakene hvis man skal nå målet om å transformere kjemiutdannelsen ved UiS i en bærekraftig retning.

6.2 Endring av nettside og inkludere bærekraft i emnebeskrivelser

UiS kan ta nytte av flere praksiser fra universitetene i Norge. En mulig handling er å satse på fremstillingen av universitetet på nettsiden sin. NTNU har gjort en større satsing her og har innført en nettside som gir bedre oversikt for nåværende og potensielle studenter.

Universitetet settes på den måte i bærekraftslyset. Dette kan også gi studentene en økt interesse til å lære mer om hva de selv kan bidra med, også i fag de trives med. Flere elever fra videregående skole som ønsker å studere kjemi, vil få en bekreftelse på at kjemi i høy grad kan bidra til å nå flere bærekraftsmål. Studenten kan undersøke hvilke muligheter som finnes av både studieprogram, forskning og emner ved universitetet.

En konkret endring som UiS kan benytte seg av, er å legge til et spesifikt felt for bærekraft i den standardiserte malen i emnebeskrivelsene, slik at bærekraftrelevansen i universitetets studietilbud blir gjort synlig og søkbar. En økt synliggjøring av bærekraft, grønn kjemi og betydningen av dette i kjemiprogrammene vil være et lite steg som kan gi gode resultat. NTNU har i mange tilfeller brukt en slik strategi og fremstilles på den måten som svært bærekraftsfokusert. I realiteten kan det være at teorien avviker fra praksis, men universitet setter på den måten et press på seg selv til å fremlegge gode praksiser og visualisere målene sine. Dette kan være en fordelaktig måte å gå frem på også for UiS. Handlingen i seg selv er ikke direkte knyttet til kjemi, men det blir et tverrfaglig arbeid som kjemi vil være en del av. I utforskningen av nettsiden til UiS gir det inntrykk av en lav innsats på bærekraft. Man må fordype seg i nettsiden for å finne noe om bærekraftssatsingen til UiS. Bærekraftsaktuelle nyheter og forskning blir ikke fremhevet på fremsiden. Det kan være fornuftig å uttrykke at UiS satser på bærekraft generelt og at flere forskningsprosjekter på UiS er bærekraftsfokusert. Dette bør komme frem på fremsiden, og en figur av bærekraftsmålene vil være til gode.

Dersom bruken av begrepet bærekraft økes kvantitativt på flere program og emner, kan det gi økt verdi. Selv om UiS ikke tilbyr mange emner eller programmer som er direkte knyttet til bærekraft og bærekraftig utvikling, vil en slik transformasjon av nettsiden likevel være gunstig. Dette vil gjøre noe med hvordan andre oppfatter universitetet og dets satsinger og mål. En liten endring i belysningen av bærekraft på nettsiden til UiS kan være irrelevant og ikke føre til endringer, eller det kan gi gode resultat og øke tilstrømming til studieprogrammene. Endringen vil ikke kreve mye arbeid eller gjøre stor skade og det kan av den grunn være en gunstig plass å starte.

6.3 Innføring av nye enkeltemner i grønn og bærekraftig kjemi

Det er flere måter man kan gå frem på i utviklingen av emner som fremmer bærekraft. Den første muligheten er å innføre et emne som fokuserer på et konkret bærekraftsmål og som kanskje utelukkende ser på kjemiaspektet av det aktuelle bærekraftsmålet. En annen mulighet er å innføre et emne i grønn og/eller bærekraftig kjemi. En siste løsning er å innføre et emne som er obligatorisk for flere ulike studieretninger og fungerer som et slags introduksjonsemne som gir studentene en oversikt over flere ulike bærekraftsmål.

Hvis man ønsker å innføre et enkeltemne som spesialiserer seg innen et bærekraftsmål kan man få inspirasjon fra universitetet i Bergen som tilbyr flere SDG-emner. Her undervises det blant annet i emnet SDG215: Liv på land. Oppsettet i dette emnet kan benyttes som mal for hvordan man kan utvikle andre emner som knyttes til et konkret bærekraftsmål.

Tabell 6.1: UiB sitt emne i bærekraftsmål nummer 15.

Emnekode	SDG215
Studiepoeng	10
Studienivå	Åpent for alle som tar bachelor ved UiB
Mål og innhold	<p>Fokuserer på bærekraftsmål 15 som tar sikte på å beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystem, sikre bærekraftig skogforvaltning, kjempe mot ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av arts mangfold. Kurset fokuserer på å klart definere SDG-utfordringene i stedet for å gi studentene ferdige løsninger.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Finne, bruke og evaluere internasjonale rapporter, stortingsmeldinger og vitenskapelig litteratur relevant for SDG15.2. Identifisere forskjellige interessenter og deres motivasjoner3. Komponere og bruke vitenskapelige argument i debatter om SDG154. Skille vitenskap fra verdier og ideologier i både egne og andre sine argumentasjoner
Arbeids-, undervisnings-, og vurderingsformer	<p>Individuelle essays Gruppepresentasjoner Fagfellevurderinger av medstudentene sine oppgaver Forberede seg på og gjennomføre en debatt Lage en plakat og et essay og presentere den på en kurskonferanse</p>
Karakterskala	Bestått/ikke bestått

I arbeidet med innføringen av nye emner kan man også få inspirasjon av emnene som tilbys innen grønn kjemi ved Høgskulen på Vestlandet og Høgskolen i Østfold. Høgskulen på Vestlandet tilbyr emnet KJE114 Grønn kjemi, og emneansvarlig her er førsteamanuensis Jarle Sidney Diesen.¹⁶⁴ Ved høgskolen i Østfold har det tidligere blitt tilbudt et 5 poengsemne IRK34011 Grønn kjemi og emneansvarlig her var Birte Sjursnes.¹⁶⁵

Tabell 6.2: Sammenligning av to ulike emner i grønn kjemi som tilbys ved høyskoler i Norge.

Høyskole	Høgskulen på Vestlandet	Høgskolen i Østfold
Emne	KJE114 Grønn kjemi (V2022)	IRK34011 Grønn kjemi (H2012)
Studiepoeng	10	5
Anbefalt forkunnskap	KJE100 Generell kjemi KJE103 Organisk kjemi KJE120 Instrumentell analyse	IRK10009/10 Generell kjemi 1/2 IRK11510 Organisk kjemi IRK21010 Fysikalsk kjemi
Innhold	Definisjon av begrepet og prinsippene for grønn kjemi Historisk innføring i fagområdet Case-studier Identifisere problemområder som grønn kjemi kan løse Uorganiske helse- og miljøgifter Organiske helse- og miljøgifter Arbeidsmiljøforhold ved omgang med kjemiske stoffer Avfallsbehandling Framstilling av biodrivstoff Produktevaluering Bioraffineringsprosesser	Prinsipper for Grønn kjemi Risikovurdering og kjemisk helsefare Miljø og farlige stoffer Verktøy i Grønn kjemi Alternative utgangsstoff, reaksjonstyper og produkter Reaksjonstyper Prosesstrinn Beregning av effektivitet Resirkulering Energibetraktning
Lærebøker	Lancaster, Mike, Green Chemistry: An Introductory Text, 2016, 3rd edition, RSC Publishing Støttelitteratur: Concepción Conchita Jiménez-González, David Constable, Green chemistry and engineering: a practical design approach, Wiley, 2011.	Lancaster, Mike, Green Chemistry: An Introductory Text, 2010, 2nd edition, RSC Publishing Doxsee, Kenneth M., Hutchison, James E., Green Organic Chemistry: Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, 2004, 1st edition, Thomson Brooks/Cole
Arbeids-, undervisningsformer	Forelesninger (både fysiske og digitale) Labkurs Casestudier Rapportskriving	Forelesninger Laboratoriekurs Øvingsoppgaver
Arbeidskrav	En godkjent laboratoriejournal	Laboratoriekurs med 4 oppgaver

	Fire skriftlige innleveringer	Øvingsopplegg med 4 innleveringer
Vurderingsformer	En rapport En skriftlig sluttprøve, 2 timer	3 timers skriftlig skoleeksamen
Karakterskala	A-F	A-F

Tabell 6.2 gir en sammenligning av to emner i grønn kjemi ved to høyskoler i Norge. Håpet er at denne tabellen kan gi konkrete forslag og tips til utformingen av et tilsvarende emne i grønn og bærekraftig kjemi ved UiS. Som beskrevet i 5.4.1 er det flere kurs i grønn kjemi som tilbys på ulike universitet rundt i verden, og det er derfor naturlig å hente inspirasjon fra også disse universitetene når man skal komme med forslag til hvordan oppbyggingen av et slikt emne kan være ved UiS. Med hjelp fra andre vil man derfor kunne redusere arbeidsmengden nok til at det virker overkommelig for UiS å skulle innføre et nytt emne. Målet er tross alt ikke å finne opp hjulet på nytt, men å forbedre kjemiutdannelsen ved UiS slik at det blir mer attraktivt for studenter å skulle søke seg inn på kjemi. Etter å ha sett i hvor liten grad grønn og bærekraftig kjemi fremmes ved de fleste universitetene i Norge, ser man at det ikke krever store endringer ved UiS før kjemiutdannelsen her skiller seg såpass mye ut det legges merke til blant nye søkere.

Emnet kan tilbys som et valgemne for studenter som går 3. året i bachelor i biokjemi/kjemi. Dette vil ikke kreve store endringer i utdanningsløpet fordi det 5. semesteret allerede er åpent for utveksling eller valgemner. Med tanke på at stadig flere studenter har lært om grønn kjemi allerede på videregående, gir det grunn til å tro at et slikt emne kan være av stor interesse blant studentene. Innholdet i emnet bør nøye velges ut av en foreleser som kan tilpasse innholdet alt etter hvilke lærebøker som blir brukt, og hvilke fagfelt han/hun selv interesserer seg mest for. Vedkommende vil kunne trenge et halvt års tid til å planlegge utformingen av faget, lage powerpointer og oppgaver, samt få oversikt over hvilke vurderingsformer og lærebøker som er egnet i faget. Det kan også være en god idé å fokusere på tema som det forskes på ved UiS. Et forslag til ulike tema, lærebøker og undervisningsformer som kan være aktuelle kan man finne i tabell 6.3. Tanken er ikke at alle temaene bør dekkes i faget, men listen nedenfor gir en oversikt over de vanligste temaene innen grønn kjemi.

Tabell 6.3: Forslag til hvordan et emne i grønn og bærekraftig kjemi kan se ut

Emnetittel	Grønn og bærekraftig kjemi
Studiepoeng	10
Forkunnskap	Generell kjemi, organisk analyse, industriell analyse.
Innhold (forslag til mulige tema)	<ul style="list-style-type: none"> - Introduksjon og definisjon av grønn og bærekraftig kjemi - 12 prinsipper for grønn kjemi - Grønnere råmaterialer, reaksjonsprosesser og produkt - Katalysatorer - Grønne løsemidler - Sikrere kjemikalier - Atomeffektivitet - Biodrivstoff - Biosyntese - Hydrogengass - Vannkjemi - Kjemi i atmosfæren - Drivhuseffekten og globaloppvarming - Avfall, gjenbruk og resirkulering - Sirkulær økonomi - Grønne beregninger - Grønt prosjekt i laboratoriet
Lærebøker	<p>Lancaster, Mike, Green Chemistry: An Introductory Text, 2016, 3rd edition, RSC Publishing</p> <p>Handbook of Green Chemistry – Paul Anastas. Wiley-VCH, 2013</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fire bøker: «Green Catalysis», «Green Solvents», «Green Products» og «Green Processes» (Til sammen dekker disse bøkene alle de viktigste områdene innen grønn kjemi.) <p>Forskningsartikler som studentene selv må søke seg opp på.</p>
Arbeids-, undervisnings-, og vurderingsformer	<p>Skriftlige innleveringer individuelt eller i gruppe</p> <p>Laboratorieoppgaver</p> <p>Gruppepresentasjoner</p> <p>Prosjektarbeid, plakat, essay</p> <p>Skriftlig skoleeksamen</p>
Karakterskala	A-F

Det tredje og siste eksempelet på innføring av nye enkeltemner er å innføre et emne i bærekraft som er obligatorisk for flere ulike studieretninger ved Det teknisk-naturvitenskapelige fakultetet. Slik vil man sikre at alle ingeniørstudenter har fått en grunnleggende introduksjon til bærekraft. Utviklingen av ett slikt felles emne vil dessuten kreve betydelig mindre arbeid enn hvis man har som mål å utvikle et emne som tar for seg bærekraft innen hvert enkelt fagområde. Forslag til tema innen bærekraft som er relevante for teknologiutdannelser kan man finne i tabell 6.4. I hvert enkelt tema kan det være en god ide å vise til hvordan situasjonen er i Norge, og legge vekt på å bruke så konkrete eksempler som mulig fra inn- og utland. Gjeste forelesere kan fortelle om hvordan arbeidet med bærekraft foregår i deres bedrift, og ansatte ved UiS kan også bidra ved å fortelle om sin forskning slik at studentene skjønner hvor viktige og relevante disse temaene er.

Tabell 6.4 Forslag til tema knyttet til bærekraftsmålene som det kan undervises i ved Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet.

Tema relevante for teknologiutdannelser	Nøkkelord
Introduksjon til bærekraftsbegrepet	Definisjoner, bakgrunn, industrielle revolusjon, tidligere miljøproblem som har blitt løst, dagens utfordringer.
De 17 bærekraftsmålene	Hvorfor ble de dannet, hvordan ble det dannet, hva er målene, hvordan ligger Norge an i arbeidet sitt?
SDG 6: Rent vann og sanitærforhold	Vannkvalitet, vannmangel, omvendt osmose, forurensning, avfallsdumping, grunnvann, farlige kjemikalier og materialer, klesproduksjon, oppvekst av alger, sur nedbør, ubehandlet spillvann, rensemetoder, vannførende bergarter, vannrelaterte økosystem og omvendt osmose.
SDG 7: Ren energi for alle	Fornybar energi, energieffektivisering, luft forurensning, renere teknologi for fossilt brensel, energiinfrastruktur, energibærere, fremstilling av hydrogengass, CO ₂ -lagring. Hvilke tiltak kan privatpersoner gjøre? Lavutslippshus osv.
SDG 11: Bærekraftige byer og samfunn	Bærekraftig samfunnsplanlegging, nok boliger, grøntarealer i byer, beskytte mot katastrofer, bedre ressursbruk, bærekraftige bygningsmaterialer, luftkvalitet og avfallshåndtering

SDG 12: Ansvarlig forbruk og produksjon	Matsvinn, naturressurser, livsløpsanalyse, miljøvennlige kjemikalier, avfallsmengden, materialgjenvinning, ombruk, regulere overforbruket med skatter og avgifter, stimulere selskap til å bruke bærekraftige metoder.
SDG 13: Stoppe klimaendringene	Klimagasser, drivhuseffekten, kjemi i atmosfæren, naturkatastrofer, konsekvensene av klimaendringene, politiske strategier og avtaler. Norges handlingsplan fra 2021 for å bli et lavutslippssamfunn innen 2050.
SDG 14: Livet i havet	Temperatur, forsuring, strømningene, forsøpling, forgifting, korallrev, økosystem, fiskebestanden, akvakultur, FNs havrettskommisjon, hav som lager for oksygen og CO ₂
SDG 15: Livet på land	Bærekraftig skogforvaltning, biologisk mangfold, økosystemer, ørkenspredning, regnskog, erosjon, rettferdig og likeverdig fordeling av ressursene
Forskningsområdene ved UiS	De fleste forskningsområdene ved UiS kan på ulike vis knyttes til ett eller flere av bærekraftsmålene. Gjesteforelesere som presenterer sine forskningsfelt og dets relevans til bærekraftsmålene vil derfor kunne være av stor interesse blant studentene som fra før har minimalt med kunnskap om hva forskningen ved UiS omhandler.

Det er altså mer enn nok av tema å velge blant om man ønsker å tilby et emne som direkte kan knyttes til bærekraftsmålene. En av utfordringene man vil kunne støte på er mangel på læreverk, men i et slikt emne som dette kan det være vel så gunstig å overlate til studentene å finne relevante forskningsartikler. En gruppepresentasjon, en innlevering, klassediskusjon eller et prosjekt kan i slike tilfeller være veldig godt egnet som vurderingsformer og sikrer dessuten en elevsentrert undervisning. Å tilby et slikt emne helt i starten av et studieprogram vil dessuten bidra til å skape et bedre sosialt miljø blant studentene. Fordi det kan være vanskelig å sette karakter i et slikt fag er det mulig å ha vurdering bestått/ikke bestått.

6.4 Innføring av nytt bachelorprogram

UiS tilbyr masterprogrammet miljøteknologi som skal bidra til økt fokus på bærekraft, spesielt med tanke på mennesket og miljøet. Masterprogrammet vektlegger spesielt vannkjemi og vannanalyse. Dette kan eventuelt justeres slik at programmet også kan ta for seg andre perspektiv av bærekraft. Foreløpig er det ingen bachelorprogram ved UiS som omhandler bærekraft, så en naturlig handling for UiS vil være å opprette et bachelorprogram som vil spesifisere seg i grønn og bærekraftig kjemi. En slik prosess vil være krevende og vil forlange at styremedlemmer, professorer og laboratorieansatte kommer til en klar enighet om hva som skal være med i et slik program. Diskusjonene bør ta for seg: Hvilke eksisterende emner må være med for å dekke rammeplaner, hvilke nye emner om GBK kan innføres, hva er målet med programmet, hvem får ansvaret for undervisning og hvordan skal det undervises i disse nye emnene. Det blir viktig å sette et mål for studieprogrammet. Hva skal studentene lære om, hvorfor velge dette studiet og hva kan gjøres med denne utdannelsen. Ettersom bærekraft er et sterkt voksende område, vil et slikt program gi godt grunnlag for flere jobbmuligheter.

I kapittel 4 ble nasjonale retningslinjer for ingeniørutdanninger presentert. Når det gjelder kjemiutdanninger belyses kunnskaper om klima og miljøutfordringer som en nødvendighet. Rammeplanene for en bachelorgrad i kjemi krever kunnskap i grunnleggende kjemifag, som inkluderer: generell kjemi, analytisk kjemi, organisk kjemi, biokjemi, fysikalsk kjemi og kjemiteknikk. Slike emner må også være med i en eventuell ny bachelorgrad i grønn og bærekraftig kjemi. Det er også krav om noe matematikk i ingeniørutdanninger, dette må også tas med som obligatorisk emner. Minst 7 obligatoriske fag kan bli tatt fra eksisterende programmer på universitetet. Andre spesifikke emner må også bli obligatoriske slik at studentene får opplæringen som kreves. Innføring av emnet grønn kjemi vil være en god start. Slik vi har sett er det mange muligheter åpne her, både når det gjelder temaer og pensumlitteratur. Toksikologi og miljøkjemi hører også hjemme i et slikt program, og fra universitetene i Norge er det flere kjemiprogrammer som også har disse emnene. UiS har tidligere hatt et emne innen miljøkjemi som muligens gjenopprettes i en ny form. Emner som organisk syntese, naturstoff kjemi og prosessteknologi finne på universiteter i Norge, og kan være aktuelle for UiS. Samtidig kan det være aktuelt å innføre valgemenner som tar for seg bærekraftsmålene direkte, i likhet med slik UiB har innført. Michigan universitet vektla blant annet tema som industriell økologi, bærekraftig design av produkter og miljørett og politikk. Det vil være gunstig å innføre emner som tar for seg bærekraftige synteser, reaktanter og

produkter. Ettersom flere emner på kjemiprogrammer tar for seg dimensjonen om miljø og klima, vil det være riktig å få med kurs som tar for seg økonomi og sosiale forhold. Da får studenter kunnskap om alle tre dimensjonene av bærekraft gjennom kjemi. Konseptet om sirkulær kjemi og sirkulær økonomi vil tilfredsstillende økonomi dimensjonen, og temaet kan enten innføres i grønn kjemi kurset eller opprette et emne som tar for seg dette, sammen med sosiale forhold.

Tabell 6.5: Sammenligning av kjemiprogrammene ved UiS og forslag til emner i et nytt bachelorprogram i grønn kjemi

Felles obligatoriske emner for alle kjemiprogrammene		
Generell kjemi, Organisk kjemi 1, Analytisk miljøkjemi, Biokjemi, Matematiske metoder 1 (&2)		
Spesifikke emner for kjemiprogrammene på UiS		Forslag til emner i nytt kjemiprogram
Kjemi og miljø	Biologisk kjemi	Grønn/bærekraftig kjemi
Programmering	Cellebiologi	Grønn kjemi
Numerisk modellering 1	Filosofi	Prosessteknologi
Mekanikk	Anatomi og fysiologi	Toksikologi og miljøkjemi
Sannsynlighetsregning	Sannsynlighetsregning	Bærekraftig design av produkter
Termo- og Fluidodynamikk	Molekylærgenetikk og	Batterikjemi
Prosessteknikk	Bioinformatikk	Materialkjemi
Prosessteknologi	Bioteknologi	Resirkulering og sirkulær økonomi
Ingeniørfaglig systememne		Internasjonale regelverk og kjemikaliehåndtering
Valgemner på kjemiprogrammene (et utvalg er tatt med)		
Uorganisk kjemi	Uorganisk kjemi	Uorganisk kjemi
Videregående Org. Kjemi	Immunologi	Organisk syntese
Instrumentell analyse	Mikrobiologi	Akvatisk økotoksikologi
Vektoranalyse	Akvatisk økotoksikologi	Instrumentell analyse
Økonomi og marked	Mekanikk	Bærekraftig kjemi
Oljefelt produksjonskjemi	Numerisk modellering	(Eventuelle SDG-emner, slik som
Vann og avløp	Sykdomslære	SDG14, SDG15 og SDG12)
Områdeplanlegging	Praksis i biovitenskap	

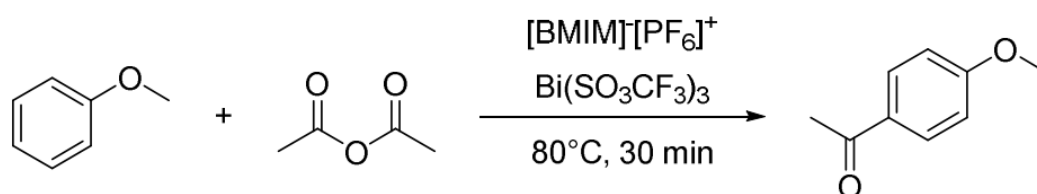
Tabell 6.5 gir en kort oversikt over de eksisterende kjemiprogrammene ved UiS og innholdet av felles emner, obligatoriske emner og valgemner. I tillegg har vi utviklet et forslag for konstruksjon av et eventuelt bachelorprogram i grønn kjemi. Forslaget inneholder emner som kan tas fra eksisterende programmer ved instituttet, men krever også innføring av en del nye emner som ikke finnes ved UiS. Vi har sett på innføringen av emnet grønn kjemi som en mulig løsning og som kan dekke mange aktuelle temaer. Dersom grønn kjemi emnet dekker store deler av bærekraftskonseptet, vil det ikke være like nødvendig med innføring av alle emnene listet opp i tabellen. Eventuelle SDG-emner slik vi har sett på UiB kan være en del av valgemnene, noe som også kan tilbys på de andre kjemiprogrammene. Innføring av nye emner krever også både flere og gode forelesere som kan temaet og som kan benytte seg av ulike undervisningsmetoder. Noen undervisningsmetoder i seg selv vil bidra til en utdanning for bærekraftig utvikling, og slike metoder må være en del av grønne emner.

De nasjonale retningslinjene krever at kandidater skal kunne bidra til nytenkning og deltakelse i utviklingen av bærekraftige og samfunnsnyttige produkter og løsninger. Studenten skal gjennom kursene kunne sette kunnskapen i et etisk og livsløpsperspektiv. For å få til dette kreves mindre av tradisjonell forelesning, der studenten er en lytter og får oppgaver å jobbe med i etterkant som skal kontrollere om studenter har lært. Det er nødvendig at UiS både i gamle og nye emner legger til rette for tverrfaglig og erfaringsbasert undervisning. I forelesninger må elevene bli inkludert og gitt muligheten til å delta aktivt. Dette kan gjøres ved å for eksempel tilby oppgaver der studenten selv må utforske i havet av artikler og databaser. Dette innebærer også mer av presentasjoner, prosjektoppgaver og kreativ problemløsning også i laboratoriet. Innenfor laboratoriearbeidet er det også større muligheter for å innføre endringer som fremmer grønn og bærekraftig kjemi. Det kan være aktuelt å gi elevene tid og ressurser til å kunne utforske selv og lære om metoder som vil danne selvstendige kjemikere.

6.5 Reformere og modernisere eksisterende emner

Endring av universitetet sin nettside, innføring av nye emner og opprettelse av nytt bachelorprogram er noen mulige tiltak for UiS. De to sistnevnte krever spesielt en stor innsats og ikke minst flere ansatte som kan undervise i emnene. En siste mulighet er å gjøre endringer i de emnene som allerede finnes ved universitetet og gjøre dem grønnere eller mer bærekraftige. Det kreves mindre arbeid på en slik endring og likevel kan bærekraft fremmes på en fornuftig måte. Dette er imidlertid ikke helt ukomplisert, ettersom innføring av noe nytt i et emne vil i mange tilfeller føre til at andre tema må ut. Professorer må også endre sine oppsett for emner og legge til rette for at bærekraftige temaer gjennomsyrrer undervisningen.

Eksemplene i kapittel 5 kan være til nytte. Her blir laboratoriearbeidet i organisk og uorganisk kjemi modifisert. I eksisterende programmer er det vanlig å introdusere grønn kjemi gjennom laboratoriekurset, men forsøkene og temaet bør også diskuteres i forelesninger. Designet som Stockholm universitet har presentert, kan være til inspirasjon for UiS. Det er mulig at emnet organisk kjemi, som er et obligatorisk emne på begge studieprogrammene i kjemi ved UiS, kan endres i små trekk og likevel gi et godt grunnlag i GBK. Nåværende laboratoriearbeid i organisk kjemi består av et siste forsøk med ukjent prøve som studenter skal finne ut ved å bruke ulike prosedyrer. Dette forsøket kan eventuelt forbedres eller erstattes med et prosjekt slik som Stockholm presenterer. Innføring av prosjektet med Pechmann-kondensasjon vil kunne være aktuelt, der studentene blir gitt et par mulige prosedyrer som de må velge mellom og bekrefte ut fra et bærekraftperspektiv. Det er også mulig å erstatte noen av tidligere labforsøk med nyere grønne forsøk, for eksempel Friedel-Crafts acylering der aluminiumklorid og diklormetan brukes. Forsøket kan transformeres slik at det brukes katalytisk Bismuth(III)trifluoromethanesulfonate og ionisk væske som «grønnere» løsningsmiddel. Framgangsmåten er vist i figur 6.1 og kan utforskes i helhet i en artikkel fra 2012.¹⁶⁶



Figur 6.13: Friedel-Crafts acylering med grønnere løsningsmiddel - Bismuth triflate i 1-butyl-3-metylimidazoliumheksafluorfosfat.¹⁴⁹

Det er mulig å få mer inspirasjon fra grønnere prosedyrer i laboratoriemanualer nevnt i kapittel 5. Flere emner kan hente forsøk herfra som vil passe med fagstoffet i forelesninger. I organisk kjemi vil laboratoriemanualen “Green Organic Chemistry: Strategies, Tools and Laboratory Experiments»,¹⁵⁶ kunne være til god inspirasjon dersom en ønsker å erstatte tidligere eksperiment med grønnere forsøk. En nylig artikkel tar også for seg mange miljøvennlige eksperimenter for organisk kjemi.¹⁵⁰ Artikkelen består av en samling litteraturundersøkelser og vurderinger av mange typer forsøk. Det er eksempler på elektrofile aromatiske substitusjoner, koblingsreaksjoner, karbonylkondensasjoner, Diels-Alder reaksjoner og continuous-flow teknikker.

Ved Villanova universitet ble det innført en bærekraftsdel i rapporten og dette kan også innføres i organisk kjemi eller i andre obligatoriske emner. Inkludering av en bærekraftsdel i rapportene vil bidra til mer bevissthet rundt bærekraft ettersom studentene får se relevansen i praksis og vil da få en tanke på hvorfor de lærer om dette. Det er spesielt viktig at de obligatoriske emnene tar for seg mer bærekraft, slik at alle studentene får en innsikt i dette på et tidlig stadium. Emner ved UiS som kan foreta en slik endring bør i første omgang være organisk kjemi, uorganisk kjemi, analytisk miljøkjemi og generell kjemi.

I laboratoriekompndiet i organisk kjemi i dag finnes det en side der de 12 prinsippene for grønn kjemi er listet opp, i forbindelse med suzuki-krysskoblingsreaksjonen. En mulig endring er å innføre enda mer om grønne kjemi prinsipper her. Det vil belyse relevansen i større grad, og det kan knyttes opp mot de andre forsøkene også. Det har de siste to tiår vært en eksplosjon av omfanget koblingsreaksjoner og det har spesielt vært interesse for å utvikle vandige reaksjoner som danner karbon-karbon bindinger med grønne prinsipper. Suzuki-koblinger er eksempel på slike reaksjoner og brukes ofte for å generere funksjonaliserte biaryler.¹⁵¹ På UiS introduseres koblingen som atomeffektiv og grønn ettersom det brukes grønt løsningsmiddel. Mange av prinsippene for grønn kjemi er allerede bakt inn i forsøket. Det er likevel mulig å forbedre forsøket slik at studenter i enda større grad bli gjort oppmerksomme på grønn kjemi. Dette kan gjøres ved å endre arbeidsmetoden og måten forsøket blir presentert på. Case-studien fra universitetet i New-England i kapittel 5 viser en realistisk og overkommelig fremgangsmetode. Da vil forsøket kunne dekke både standard organiske laboratorteknikker (rensing, kvalitativ analyse, TLC og NMR), kunnskap om prinsippene for grønn kjemi og det gir studentene gode problemløsningsferdigheter. Med andre ord dekkes flere sider av utdanning i bærekraftig kjemi.

Kapittel 7 Konklusjon

Universitetene i Norge har blitt pålagt å vektlegge undervisning i bærekraftig utvikling. Kjemiutdannelsene ved de fleste universitet i Norge stiller likevel svakt i denne sammenhengen. Det er ofte flere gode masterprogram i kjemi som er relevante for bærekraftsmålene, men ved bachelorprogrammene er det derimot få emner som tar for seg GBK. Flere av de tradisjonelle kjemiemnene har dessuten ikke blitt endret noe særlig på årevis. Internasjonale universitet har kommet noe lengre i utviklingen av bærekraftig kjemiutdanning, og dette har vært grunnlaget for utviklingen av tiltak til hva UiS kan gjøre.

Dette innebærer først og fremst å opprette en arbeidskomite som skal kartlegge utdanningstilbudene ved universitetene og jobbe med forslag til forbedring av utdanningene. Etterhvert som bærekraft innlemmes i studieprogrammene og enkeltemnene, bør dette komme tydelig frem på nettsiden til UiS. Deretter kan målet for UiS være å modifisere de eksisterende emnene ved universitetet. Det gjelder både obligatoriske emner som organisk kjemi og generell kjemi, men også valgemner. En av de mest egnede metodene for å endre de eksisterende emnene er ved gjøre justeringer i de opprinnelige labmanualene. De fleste forsøkene kan endres slik at de inkluderer grønne kjemiprinsipp, men det kan også være et mål å innføre nyere og grønnere forsøk. Det er et omfattende arbeid å ta en gjennomgang av de eksisterende emnene på let etter tema som kan forbedres eller byttes ut, og det vil derfor kunne være aktuelt å starte arbeidet med utformingen av et helt nytt emne. Vårt neste forslag er derfor at UiS kan opprette et emne i grønn og bærekraftig kjemi som skal tilbys ved kjemiprogrammene. Dette emnet kan være obligatorisk, eller valgfritt i 4. eller 5. semester av bachelorutdannelsen. Det siste forslaget til hva UiS kan gjøre for å integrere bærekraftsmålene i kjemiutdannelsene er å opprette en bachelorgrad i grønn kjemi. Ved innføringen av nye studieprogram vil det bli behov for flere ny emner, men som vist i kapittel 6.4 er det en lang rekke tema å velge mellom i emner som er spesifikke for grønn og bærekraftig kjemi. Et slikt opplegg vil gi studentene gode forutsetninger til å møte en usikker fremtid. Etter å ha endret utdannelsene i en mer bærekraftig retning blir det siste steget for universitetet å reflektere over hvordan man kan formidle studentkvalifikasjoner til et arbeidsliv som nå ber om «bærekraftskunnskap».

Referanser

- (1) FN. FNs bærekraftsmål <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (accessed 2022 -01 -03).
- (2) Om UiS | Universitetet i Stavanger <https://www.uis.no/nb/om-uis> (accessed 2022 -02 -13).
- (3) Grooten, M.; Almond, R. E. A. *Living Planet Report 2018*; WWF: Gland, Switzerland., 2018.
- (4) Hallenstvedt, A.; Dørum, K. Norsk fiskerihistorie http://snl.no/Norsk_fiskerihistorie (accessed 2022 -03 -01).
- (5) Aksnes, A.; Holtet, J. A. ozonlaget <http://snl.no/ozonlaget> (accessed 2022 -03 -01).
- (6) Brundtland, G. H. *Vår Felles Framtid*; Dahl, O., Translator; Tiden Norsk Forlag, 1987.
- (7) FN. Bærekraftig utvikling www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling (accessed 2022 -01 -08).
- (8) Kvamme, O. A.; Sæther, E. *Bærekraftdidaktikk*; Fagbokforlaget: Oslo, 2019.
- (9) Arler, F.; Mosgaard, M. A.; Riisgaard, H. *Bæredyktighed*; Aarhus Universitetsforlag: Aarhus, 2015.
- (10) UNO. RIO+20: Hva er bærekraftig utvikling? <https://unric.org/no/rio20-hva-er-baerekraftig-utvikling/> (accessed 2022 -03 -01).
- (11) Hva er hovedmålene til FN / Spørsmål og svar / Nord-Sør-Biblioteket / Læring <https://www.xn--slvberget-18a.no/Laering/Nord-Soer-Biblioteket/Spoersmaal-og-svar/Hva-er-hovedmaalene-til-FN> (accessed 2022 -02 -07).
- (12) FNs tusenårsmaal <https://miljoagentene.no/nyheter/fns-tusenarsmaal-article2947-6.html> (accessed 2022 -02 -07).
- (13) Tusenårsmaalene <https://www.norad.no/om-bistand/tusenarsmaalene/> (accessed 2022 -02 -07).
- (14) *The Millennium Development Goals Report*; United Nations: New York, 2015.
- (15) Arbeidet med FNs bærekraftsmål / FN-sambandet <https://web.archive.org/web/20151104223139/http://www.fn.no/Tema/FNs-tusenaarsmaal/Arbeidet-med-FNs-baerekraftsmaal> (accessed 2022 -02 -07).
- (16) Hva er Rio+20? / FN-sambandet <https://web.archive.org/web/20150531025922/http://www.fn.no/Tema/Baerekraftig-utvikling/Rio-20-konferansen/Hva-er-Rio-20> (accessed 2022 -02 -07).

- (17) Background of the Sustainable Development Goals
<https://www1.undp.org/content/oslo-governance-centre/en/home/sustainable-development-goals/background.html> (accessed 2022 -02 -07).
- (18) MDG500 | 500 Day Milestone: UN Millennium Development Goals
<https://web.archive.org/web/20151011111910/http://mdg500.org/> (accessed 2022 -02 -07).
- (19) #TheWorldWeWant | United Nations
<https://www.un.org/en/exhibits/page/theworldwewant> (accessed 2022 -02 -07).
- (20) Have your say in the United Nations Global Vote <http://vote.myworld2015.org/>
(accessed 2022 -02 -07).
- (21) A Million Voices: The World We Want by United Nations Sustainable Development Group - Issuu https://issuu.com/undevelopmentgroup/docs/f_undg_millionvoices_web_full
(accessed 2022 -02 -07).
- (22) Kunnskapsdepartementet. Meld. St. 4 (2018–2019)
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-4-20182019/id2614131/> (accessed 2022 -02 -07).
- (23) Deloitte. Fra globale mål til lokal handling. Nordisk rapport 2018
<https://info.deloitte.no/rs/777-LHW-455/images/Fra-globale-mal-til-lokal-handlingpdf.pdf>.
- (24) Finansdepartementet. One year Closer 2018
https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/ud/vedlegg/utvikling/oneyearcloser_2018.pdf (accessed 2022 -01 -31).
- (25) Pedersen, J. FNs bærekraftsmål og Norges rolle | NFT
<http://www.idunn.no/doi/abs/10.18261/issn.1504-2901-2021-02-03-05> (accessed 2022 -01 -04).
- (26) Universitetsstyret. Klimanøytralt UiB 2030
https://ekstern.filer.uib.no/ledelse/universitetsstyret/2019/2019-04-11/S_29-19Kliman%C3%B8ytraltUiB2030.pdf.
- (27) Ruud, M. E. Indikatorer for Sosial Bærekraft Til Bruk i Planlegging Og Utvikling Av Boligområder.; Norsk institutt for by- og regionforskning, Oslo, 2010.
- (28) Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/> (accessed 2022 -02 -10).
- (29) Ren energi til alle <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ren-energi-til-alle>
(accessed 2022 -02 -10).
- (30) Sustainable consumption and production
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/> (accessed 2022 -02 -10).

- (31) Ansvarlig forbruk og produksjon <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (accessed 2022 -02 -10).
- (32) IUCN Red List of Threatened Species <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools/iucn-red-list-threatened-species> (accessed 2022 -02 -10).
- (33) Livet i havet <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-i-havet> (accessed 2022 -02 -10).
- (34) UNESCO. Issues and trends in education for sustainable development; Education on the move; 2018 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261954> (accessed 2022 -02 -10).
- (35) Livet på land <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-paa-land> (accessed 2022 -02 -10).
- (36) Aaslid, T. B. E.; Convery, T. H. og I. Utdanning for bærekraftig utvikling – mellom intensjoner og praksis <https://www.utdanningsforbundet.no/var-politikk/publikasjoner/2019/utdanning-for-barekraftig-utvikling--mellom-intensjoner-og-praksis/> (accessed 2022 -01 -12).
- (37) God utdanning <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-utdanning> (accessed 2022 -02 -10).
- (38) Quality Education <https://www.un.org/sustainabledevelopment/education/> (accessed 2022 -02 -10).
- (39) UNESCO in brief - Mission and Mandate | UNESCO <https://www.unesco.org/en/introducing-unesco> (accessed 2022 -01 -09).
- (40) UNESCO-kommisjonen <https://unesco.no/om-oss/unesco-kommisjonen/> (accessed 2022 -01 -10).
- (41) Unesco. Education for sustainable development goals: learning objectives. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>.
- (42) UN Decade of Education for Sustainable Development, 2005-2014: the DESD at a glance - UNESCO Digital Library <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629> (accessed 2022 -01 -12).
- (43) 1.3 Kritisk tenkning og etisk bevissthet <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/opplaringens-verdigrunnlag/1.3-kritisk-tenkning-og-etisk-bevissthet/?lang=nob> (accessed 2022 -01 -12).
- (44) Scheie, E.; Korsager, M. Utdanning og undervisning for bærekraftig utvikling <https://www.naturesekken.no/c1187995/artikkel/vis.html?tid=2102114> (accessed 2022 -03 -23).
- (45) Sinnes, A. T.; Sinnes, A. T. *Utdanning for bærekraftig utvikling: hva, hvorfor og hvordan?*, 2. utgave.; Universitetsforlaget: Oslo, 2021.

- (46) Kunnskapsløftet – reformen i grunnskole og videregående opplæring
https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kilde/ufd/prm/2005/0081/ddd/pdfv/256458-kunnskap_bokmaal_low.pdf (accessed 2022 -01 -15).
- (47) Isnes, A.; Sandås, A. Utdanning for bærekraftig utvikling
<https://www.naturfagsenteret.no/binfil/download2.php?tid=2124018> (accessed 2022 -01 -15).
- (48) Sinnes, A. T.; Jegstad, K. M. Utdanning for Bærekraftig Utvikling: To unge realfagslæreres møte med skolehverdagen | NPT
<http://www.idunn.no/doi/abs/10.18261/ISSN1504-2987-2011-04-02> (accessed 2022 -02 -07).
- (49) Fag – Fordypning – Forståelse: En fornyelse av Kunnskapsløftet
<https://www.regjeringen.no/contentassets/e8e1f41732ca4a64b003fca213ae663b/no/pdfs/stm201520160028000dddpdfs.pdf> (accessed 2022 -02 -07).
- (50) Nettverk i norsk 3. samling - PDF Gratis nedlasting <https://docplayer.me/194884735-Nettverk-i-norsk-3-samling.html> (accessed 2022 -03 -23).
- (51) 2.5.3 Bærekraftig utvikling <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/tverrfaglige-temaer/2.5.3-barekraftig-utvikling/> (accessed 2022 -02 -07).
- (52) Kvamme, A. O. A.; fakultet, D. utdanningsvitenskapelige; Karseth, U. i O. | B.; fakultet, D. utdanningsvitenskapelige; Ottesen, U. i O. og E.; fakultet, D. utdanningsvitenskapelige; Oslo, U. i. Skolens satsing på bærekraft- dagsavis
<https://www.dagsavisen.no/debatt/2021/10/15/skolens-satsing-pa-baerekraft/> (accessed 2022 -02 -07).
- (53) Hva hemmer og fremmer arbeidet med Utdanning for Bærekraftig Utvikling i videregående skole? <https://utdanningsforskning.no/artikler/2019/hva-hemmer-og-fremmer-arbeidet-med-utdanning-for-barekraftig-utvikling-i-videregaende-skole/> (accessed 2022 -02 -07).
- (54) Den naturlege skulesekken
<https://www.naturesekken.no/c1187995/seksjon.html?tid=1188266> (accessed 2022 -02 -07).
- (55) Frøyland, M. F. *Oppdragsbrev Om Den Naturlige Skolesekken 2018*; Utdanningsdirektoratet.
- (56) Naturesekken.no: Om Den naturlige skolesekken
<https://www.naturesekken.no/artikkel/vis.html?tid=2102111> (accessed 2022 -02 -07).
- (57) Kunnskapsdepartementet. Kunnskap for en felles framtid.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kunnskap-for-en-felles-framtid/id696562/>.
- (58) 1.5 Respekt for naturen og miljøbevissthet <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/opplaringens-verdigrunnlag/1.5-respekt-for-naturen-og-miljobevissthet/?lang=nob> (accessed 2022 -02 -14).

- (59) Tverrfaglige temaer - Læreplan i kjemi (KJE01-02) <https://www.udir.no/lk20/kje01-02/om-faget/tverrfaglige-temaer> (accessed 2022 -02 -14).
- (60) Kompetansemål etter kjemi 1 - Læreplan i kjemi (KJE01-02) <https://www.udir.no/lk20/kje01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv532> (accessed 2022 -02 -14).
- (61) Kompetansemål etter kjemi 2 - Læreplan i kjemi (KJE01-02) <https://www.udir.no/lk20/kje01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv533> (accessed 2022 -02 -14).
- (62) Tveit; Knutsen; Vestli. *Kjemien Stemmer 1 Kjemi 1 Grunnbok*; Cappelen Damm, 2021.
- (63) Grønneberg; Hannisdal; Pedersen; Ringnes. *Kjemien Stemmer 1 Kjemi 1 Grunnbok*; Cappelen Damm: Oslo, 2012.
- (64) Knutsen; Tveit; Vestli; Edvardsen. *Kjemien Stemmer Kjemi 2 Grunnbok*; Cappelen Damm, 2019.
- (65) NOU, Norges offentlige utredning. Ny lov om universiteter og høyskoler <https://www.regjeringen.no/contentassets/0b5db1762235468781c22a8c604e051e/ny-lov-om-universiteter-og-hoyskoler.pdf>.
- (66) Kunnskapsdepartementet. Forskrift om rammeplan for ingeniørutdanning <https://www.regjeringen.no/contentassets/389bf8229a3244f0bc1c7835f842ab60/ny-forskrift-om-rammeplan-for-ingeniorutdanning-fastsatt-18.05.18.pdf>.
- (67) Strategi 2030 for Universitetet i Stavanger | Universitetet i Stavanger <https://www.uis.no/nb/om-uis/strategi-2030-for-universitetet-i-stavanger> (accessed 2022 -03 -08).
- (68) Om UiB | Universitetet i Bergen <https://www.uib.no/om> (accessed 2022 -03 -14).
- (69) Rektoratets valgplattform 2017-2021 Universitetet i Bergen <https://web.archive.org/web/20200813121627/https://www.uib.no/rektoratet/117248/rektoratets-valgplattform-2017-2021>.
- (70) Strategi 2019–2022 <http://www.uib.no/strategi-2019-2022> (accessed 2022 -03 -07).
- (71) Tall - fakta - NTNU <https://www.ntnu.no/tall-og-fakta> (accessed 2022 -02 -27).
- (72) Norges teknings-naturvitenskapelige universitet, N. Kunnskap for en bedre verden https://www.ntnu.no/documents/1277297667/1278300731/20180209_NTNU_strategi_print_enklesiderNO.pdf/0e8a38b6-9ea3-488d-8f0a-62f4cfb972b0 (accessed 2022 -02 -25).
- (73) Sustainability - NTNU <https://www.ntnu.no/sustainability> (accessed 2022 -02 -27).
- (74) Om NMBU <https://www.nmbu.no/om> (accessed 2022 -02 -20).

- (75) NMBUs strategi 2019 til 2023 | NMBU <https://www.nmbu.no/om/strategi/2019-2023> (accessed 2022 -02 -20).
- (76) Om UiO - Universitetet i Oslo <https://www.uio.no/om/index.html> (accessed 2022 -03 -08).
- (77) Helhetlig klima og miljøstrategi - Universitetet i Oslo <https://www.uio.no/om/strategi/miljo-og-klimastrategi/index.html> (accessed 2022 -03 -03).
- (78) Hvorfor skal du velge UiT? | UiT <https://uit.no/finnplassendininord/hvorfor> (accessed 2022 -03 -06).
- (79) UiT Norges arktiske universitet. Drivkraft i nord - strategi for UiT mot 2022 https://uit.no/Content/557487/cache=20181201101353/Drivkraft%20i%20nord_omslag_A3_web.pdf (accessed 2022 -03 -03).
- (80) 6 millioner kroner til bærekraftige UiS-prosjekt | Universitetet i Stavanger <https://www.uis.no/nb/smartby/6-millioner-kroner-til-baerekraftige-uis-prosjekt> (accessed 2022 -02 -13).
- (81) Nytt prosjekt skal muliggjøre raskere utbygging av havvind - Norce <https://www.norceresearch.no/nyheter/nytt-prosjekt-skal-muliggjore-raskere-utbygging-av-havvind> (accessed 2022 -02 -13).
- (82) Om Innovasjonsparken - Innovasjonspark <https://innovasjonspark.no/om-ipark#Innovasjonsparken> (accessed 2022 -02 -13).
- (83) Fire nye studier på UiS – Dagsavisen <https://www.dagsavisen.no/rogalandsavis/nyheter/2021/10/07/fire-nye-studier-pa-uis/> (accessed 2022 -02 -13).
- (84) Biologisk kjemi – master | Universitetet i Stavanger <https://www.uis.no/nb/studietilbud/biologisk-kjemi-master> (accessed 2022 -02 -13).
- (85) Norsk universitet tar ledende rolle med å fremme FN's bærekraftsmål <https://www.fn.no/nyheter/Norsk-universitet-tar-ledende-rolle-med-aa-fremme-FNs-baerekraftsmaal> (accessed 2022 -02 -21).
- (86) Bærekraftskonferansen i Bergen <http://www.uib.no/sdgkonferansen> (accessed 2022 -03 -10).
- (87) Senter for klima og energiomstilling (CET) <http://www.uib.no/cet> (accessed 2022 -02 -21).
- (88) Institutt for helse, miljø og likeverd (HEMIL) <http://www.uib.no/hemil> (accessed 2022 -02 -21).
- (89) Studielivet på Kjemisk institutt <http://www.uib.no/kj/140004/studielivet-pa-kjemisk-institutt> (accessed 2022 -02 -21).

- (90) Organisk syntese og analyse / Organic Synthesis and Analysis
<http://www.uib.no/emne/KJEM131> (accessed 2022 -02 -21).
- (91) Tema for masteroppgåver <http://www.uib.no/kj/54969/tema-masteroppgaver> (accessed 2022 -02 -21).
- (92) FNs bærekraftsmål - Kunnskap for en bedre verden - NTNU
<https://www.ntnu.no/baerekraftmaal> (accessed 2022 -02 -27).
- (93) Schei, A. NTNU er i ferd med å integrere bærekraft inn i all utdanning. February 9, 2022.
- (94) Vikan, S. Fire bærekraftige utdanninger for en bedre verden
<https://www.ntnu.no/blogger/realfag/2021/10/14/fire-baerekraft-utdanninger-for-en-bedre-verden/> (accessed 2022 -02 -27).
- (95) Matvitenskap, teknologi og bærekraft - bachelorprogram - 3-årig - Trondheim - NTNU
<https://www.ntnu.no/studier/mtmat> (accessed 2022 -02 -27).
- (96) Om SINTEF - Anvendt forskning, teknologi og innovasjon <https://www.sintef.no/om-sintef/> (accessed 2022 -02 -27).
- (97) Horizon 2020 https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en (accessed 2022 -02 -27).
- (98) Horizon 2020 - NTNU <https://www.ntnu.edu/horizon2020> (accessed 2022 -02 -27).
- (99) Bachelor-, ingeniør-, sivilingeniør- og masterstudier ved Fakultet for naturvitenskap - NTNU
<https://www.ntnu.no/nv/studier> (accessed 2022 -05 -04).
- (100) Kjemi- bachelorprogram-3-årig-Trondheim - NTNU <https://www.ntnu.no/studier/bkj> (accessed 2022 -02 -27).
- (101) Studiets oppbygning - Bachelor i ingeniørfag, kjemi - NTNU
<https://www.ntnu.no/studier/fthingkj/studiets-oppbygning> (accessed 2022 -04 -29).
- (102) Programme components - Master of Science (MSc) in Chemistry 2-years -Trondheim - NTNU
<https://www.ntnu.edu/studies/mschem/components#year=2021&programmeCode=MSCHEM&dir=MSCHEMTHEOATC21> (accessed 2022 -03 -10).
- (103) MSc Environmental Toxicology and Chemistry - 2-year master degree, Trondheim - NTNU
<https://www.ntnu.edu/studies/msenvitox/environmental-toxicology-and-chemistry> (accessed 2022 -02 -27).
- (104) Om Industriell kjemi og bioteknologi studiet - Industriell kjemi og bioteknologi - sivilingeniør/masterprogram - 5-årig - Trondheim - NTNU
<https://www.ntnu.no/studier/mtkj/om> (accessed 2022 -02 -27).

- (105) Øker satsingen innen bærekraft <https://www.nmbu.no/aktuelt/node/42686> (accessed 2022 -02 -20).
- (106) Forskning ved KBM <https://www.nmbu.no/fakultet/kbm/forskning> (accessed 2022 -02 -20).
- (107) Utvikling av ny enzymteknologi for resirkulering av plast (ENZYCLIC) <https://www.nmbu.no/prosjekter/node/44707> (accessed 2022 -02 -20).
- (108) Aachmann, F. L.; Sørli, M.; Skjåk-Bræk, G.; Eijsink, V.; Vaaje-Kolstad, G. NMR Structure of a Lytic Polysaccharide Monooxygenase Provides Insight into Copper Binding, Protein Dynamics, and Substrate Interactions. *18779-18784* **2012**. <https://doi.org/10.1073/pnas.1208822109>.
- (109) Prestisjeprojekt om økonomisk viktige kjemiske prosessar tildelt NMBU og UiO <https://www.nmbu.no/fakultet/kbm/aktuelt/node/38538> (accessed 2022 -02 -20).
- (110) Oslo, U. i. Storstilt EU-støtte til NMBU og UiO <https://forskning.no/universitetet-i-oslo/storstilt-eu-stotte-til-nmbu-og-uio/1576163> (accessed 2022 -02 -20).
- (111) Eijsink, V. G. H.; Petrovic, D.; Forsberg, Z.; Mekasha, S.; Røhr, Å. K.; Várnai, A.; Bissaro, B.; Vaaje-Kolstad, G. On the Functional Characterization of Lytic Polysaccharide Monooxygenases (LPMOs). *Biotechnol. Biofuels* **2019**, *12* (1), 58. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1392-0>.
- (112) Course code BIO235 | NMBU <https://www.nmbu.no/emne/BIO235?studieaar=2021> (accessed 2022 -02 -20).
- (113) Kjemi | NMBU <https://www.nmbu.no/studier/studietilbud/master-to-arige/kjemi/node/18138> (accessed 2022 -02 -20).
- (114) Master i kjemi <https://www.nmbu.no/fakultet/kbm/for-kbm-studenter/studieplaner-og-opbygning/kjemi-master> (accessed 2022 -03 -10).
- (115) Oslo SDG Initiative - Oslo SDG Initiative <https://www.sum.uio.no/oslo-sdg/index.html> (accessed 2022 -03 -07).
- (116) SUM4501 – Achieving the SDGs: Global Goals and National Interests - University of Oslo <https://www.uio.no/studier/emner/annet/sum/SUM4501/index.html> (accessed 2022 -03 -09).
- (117) Forside - Kjemisk institutt <https://www.mn.uio.no/kjemi/> (accessed 2022 -03 -04).
- (118) Kjemi og biokjemi (bachelor) - Universitetet i Oslo <https://www.uio.no/studier/program/kjemi-biokjemi/index.html> (accessed 2022 -03 -08).
- (119) Kjemi (master - to år) - Universitetet i Oslo <https://www.uio.no/studier/program/kjemi-master/index.html> (accessed 2022 -03 -08).
- (120) KJM5700 – Miljøkjemi - Universitetet i Oslo

<https://www.uio.no/studier/emner/matnat/kjemi/KJM5700/index.html> (accessed 2022 -03 -04).

(121) Hva lærer du? - Uorganisk kjemi og materialkjemi - Universitetet i Oslo
<https://www.uio.no/studier/program/kjemi-master/studieretninger/uorganisk-kjemi-materialkjemi/hva-lerer-du/index.html> (accessed 2022 -03 -08).

(122) Forskningsseksjoner - Kjemisk institutt
<https://www.mn.uio.no/kjemi/forskning/grupper/index.html> (accessed 2022 -03 -08).

(123) Baerekraftsmaal | UiT <https://uit.no/om/baerekraftsmaal> (accessed 2022 -03 -06).

(124) Bærekraft <https://uit.no/baerekraft> (accessed 2022 -03 -06).

(125) *SDG - Quality in Higher Education: Developing a Platform for Sharing of Ideas and Practices within the Universities.*

(126) Er du opptatt av bærekraft når du skal velge studium i 2020? | UiT
https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=674877 (accessed 2022 -03 -11).

(127) «Kronprins Haakon» gir mange nye muligheter | UiT
https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=555068 (accessed 2022 -03 -06).

(128) MARA | UiT <https://uit.no/research/mara> (accessed 2022 -03 -06).

(129) Fyrtårnspris til bærekraftig utdanning | UiT
https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=750135 (accessed 2022 -03 -06).

(130) Kjemi - bachelor | UiT https://uit.no/utdanning/program/279717/kjemi_-_bachelor
(accessed 2022 -03 -06).

(131) KJE-1002 | UiT <https://uit.no/utdanning/emner/emne> (accessed 2022 -03 -06).

(132) Molecular Sciences - master | UiT
https://uit.no/utdanning/program/271264/chemistry_-_master (accessed 2022 -03 -06).

(133) UiT Norges arktiske universitet. PROGRAMME DESCRIPTION - Master degree in Molecular Sciences
<https://uit.no/Content/659605/cache=20220802115458/Studieplan%20for%20Master%20in%20molecular%20sciences%20publisert%2020.12.19.pdf> (accessed 2022 -03 -04).

(134) MacKellar, J. J.; Constable, D. J. C.; Kirchhoff, M. M.; Hutchison, J. E.; Beckman, E. Toward a Green and Sustainable Chemistry Education Road Map. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (8), 2104–2113. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00288>.

(135) Hurst, G. A.; Slootweg, J. C.; Balu, A. M.; Climent-Bellido, M. S.; Gomera, A.; Gomez, P.; Luque, R.; Mammino, L.; Spanevello, R. A.; Saito, K.; Ibanez, J. G. International Perspectives on Green and Sustainable Chemistry Education via Systems Thinking. *J. Chem. Educ.* **2019**, *96* (12), 2794–2804. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00341>.

- (136) Thaddaeus, E. 12 prinsipper for grønn kjemi med eksempler <https://studyabroadnations.com/no/12-prinsipper-for-gr%C3%B8nn-kjemi-med-eksempler/> (accessed 2022 -03 -22).
- (137) Harrison, E.; Smith, H.; Dekker, I. *Designing & Facilitating a Bioeconomy in the Capital Regional District Learning Through the Lenses of Biomimicry, Industrial Symbiosis, and Green Chemistry*; 2021.
- (138) G. Zuin, V.; Eilks, I.; Elschami, M.; Kümmerer, K. Education in Green Chemistry and in Sustainable Chemistry: Perspectives towards Sustainability. *Green Chem.* **2021**, *23* (4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>.
- (139) Green Chemistry Education <https://encyclopedia.pub/3733> (accessed 2022 -03 -21).
- (140) Riksem, C. T.; Bjørnøy, G. Kan faglig podcast i kjemi vekke studentenes indre kjemiker og bidra som et bærekraftig læringsverktøy? *Nord. J. STEM Educ.* **2021**, *5* (1). <https://doi.org/10.5324/njsteme.v5i1.3901>.
- (141) G. Zuin, V.; Mammino, L. *Worldwide Trends in Green Chemistry Education*; Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK, 2015.
- (142) Organisational Sustainability - STAUNCH <http://org-sustainability.com/eng/staunch> (accessed 2022 -03 -16).
- (143) Lozano, R.; Watson, M. K. Chemistry Education for Sustainability: Assessing the Chemistry Curricula at Cardiff University. *Educ. Quím.* **2013**, *24*, 184–192. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72461-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72461-3).
- (144) Netease. Green Chemistry_Sichuan University <https://www.icourse163.org/en/mooc/course/SCU1-1458019172?tid=1458582444> (accessed 2022 -03 -18).
- (145) Sustainable Chemistry <https://www.leuphana.de/en/professional-school/masters-studies/sustainable-chemistry.html> (accessed 2022 -03 -17).
- (146) Curriculum <https://www.leuphana.de/en/professional-school/masters-studies/sustainable-chemistry/curriculum.html> (accessed 2022 -03 -17).
- (147) Dicks, A. P.; Bastin, L. D. *Integrating Green and Sustainable Chemistry Principles into Education*; Elsevier, 2019.
- (148) Timmer, B. J. J.; Schaufelberger, F.; Hammarberg, D.; Franzén, J.; Ramström, O.; Dinér, P. Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (8), 1301–1306. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00720>.
- (149) Timmer, B. J. J.; Schaufelberger, F.; Hammarberg, D.; Franzén, J.; Ramström, O.; Dinér, P. Supporting Information - Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course https://pubs-acsc-org.ezproxy.uis.no/doi/suppl/10.1021/acs.jchemed.7b00720/suppl_file/ed7b00720_si_001.pdf

(accessed 2022 -03 -20).

- (150) Mohan, R. S.; Mejia, M. P. Environmentally Friendly Organic Chemistry Laboratory Experiments for the Undergraduate Curriculum: A Literature Survey and Assessment. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (4), 943–959. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00753>.
- (151) Costa, N. E.; Pelotte, A. L.; Simard, J. M.; Syvinski, C. A.; Deveau, A. M. Discovering Green, Aqueous Suzuki Coupling Reactions: Synthesis of Ethyl (4-Phenylphenyl)Acetate, a Biaryl with Anti-Arthritic Potential. *J. Chem. Educ.* **2012**, *89* (8), 1064–1067. <https://doi.org/10.1021/ed200212p>.
- (152) Guron, M.; Paul, J. J.; Roeder, M. H. Incorporating Sustainability and Life Cycle Assessment into First-Year Inorganic Chemistry Major Laboratories. *J. Chem. Educ.* **2016**, *93* (4), 639–644. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00281>.
- (153) Anastas, P. T. *The Transformative Innovations Needed by Green Chemistry for Sustainability*.; ChemSusChem: Chemistry & Sustainability Energy & Materials, 2009.
- (154) Green Chemistry <http://www.rsc.org/journals-books-databases/about-journals/green-chemistry/> (accessed 2022 -04 -26).
- (155) Kirchhoff, M.; Ryan, M. *Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments*.; Amer Chemical Society.; 2002.
- (156) Kenneth Doxsee; James Hutchison. *Green Organic Chemistry: Strategies, Tools, and Laboratory Experiments*; Brooks Cole: Florence, Kentucky, U.s.a., 2003.
- (157) Lehn, J.-M. *Experiments in Green and Sustainable Chemistry*, 1st edition.; Roesky, H. W., Kennepohl, D., Eds.; Wiley-VCH: Weinheim, 2009.
- (158) Application of Green Chemistry (CHE00002M) 2022-23 - Module catalogue, Student home, University of York <https://www-york-ac-uk.ezproxy.uis.no/students/studying/manage/programmes/module-catalogue/module/CHE00002M/latest> (accessed 2022 -03 -19).
- (159) Handbook of Green Chemistry, Parts 1-4 (12-Volume Set) <https://www.nhbs.com/handbook-of-green-chemistry-parts-1-4-12-volume-set-book> (accessed 2022 -03 -17).
- (160) North, M.; Clark, J. H. *Sustainable Catalysis*; ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2015.
- (161) Carroll, W.; Green, S. A.; Plaumann, H.; Straka, M.; Putman, L.; Kolopajlo, L.; Mio, M.; Kerr, M. *Sustainable Green Chemistry*, 1st edition.; Benvenuto, M. A., Ed.; De Gruyter, 2017.
- (162) Eriksen, A. *UTDANNING 2030, SDG Relevans i Utdanningen På Universitetet i Bergen*; 2019.

- (163) UiB får fornyet FN-mandat på bærekraft og hav
<http://www.uib.no/sdgbergen/145707/uib-får-fornyet-fn-mandat-på-bærekraft-og-hav>
(accessed 2022 -02 -22).
- (164) KJE114 Grønn kjemi - Høgskulen på Vestlandet
<https://www.hvl.no/studier/studieprogram/emne/kje114> (accessed 2022 -04 -05).
- (165) IRK34011 Grønn kjemi (Høst 2012) – Høgskolen i Østfold
<https://www.hiof.no/studier/emner/historiske-emner/ir/2012/host/irk34011.html> (accessed 2022 -04 -05).
- (166) Tran, P. H.; Duus, F.; Le, T. N. Friedel–Crafts Acylation Using Bismuth Triflate in [BMI][PF₆]. *Tetrahedron Lett.* **2012**, 53 (2), 222–224.
<https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2011.11.022>.