

# Dybdeevaluering 2021 for 5.årig Masterprogram (Sivilingeniør) i Industriell kjemi og bioteknologi (MTKJ) ved NTNU.

Dato for rapport: 8. mars 2022

## Innhold hovedrapport (del 1)

1. Innledning
2. Mandat og medlemmer av evalueringspanel
3. Arbeidsform
4. Tallmateriale
5. Studentvurdering av alle emner (se også del 3)
6. Digitalisering
7. Bærekraft
8. Bioteknologi
9. Deltagelse i matte-pilot og flytting av fysikalsk kjemi
10. Konkusjon / Anbefaling

## Bilagsoversikt (del 2)

1. Tallmateriale om studieprogrammet (Hege Johannessen)
2. Sammenligning studieopplegg DTU og NTNU
3. Digitalt plenumsmøte 5. mai 2021
4. Fysisk heldagssamling 21. oktober 2021
5. Gruppe for Digitalisering
6. Gruppe for Bærekraft
7. Gruppe for Arbeidslivsrelevans
8. Gruppe for Bioteknologi
9. Matematikk-pilot (MARTA)
10. Ny studieplan fra høsten 2022
11. **Del 3:** Detaljert gjennomgåelse av alle emnene (fra studentene)

## 1. Innledning

Periodisk evaluering skal gjennomføres hvert 5. år. Forrige periodiske evaluering for MTKJ var i 2016.

Hovedmålet med evalueringen er «fremtidens MTKJ-studium». Utgangspunktet er at studiet skal være grunnleggende slik at det holder seg relevant på lang sikt, men samtidig må det skje en skje en kontinuerlig fornyelse, både faglig og pedagogisk.

*Noen kommentarer: De første to bokstavene i MTKJ er forkortelse for Masterprogram i teknologi. En 5-årig master i teknologi fra NTNU gir rett til tittelen sivilingeniør. I denne rapporten brukes hovedsakelig ordet «fag» som har samme betydning som det mer offisielle «emne» og det mer utdaterte «kurs».*

## 2. Mandat og medlemmer

Følgende temaer skal vektlegges i evalueringen (mandat).

- Bidrar alle emner og sammenhengen mellom disse til at studentene oppnår læringsutbyttet for programmet?
  - Bidrar alle emner til programmets forventede læringsutbytte?
  - Gir emnesammensetningen god faglig progresjon?
  - Hvordan fungerer fellesemnene som del av studieprogrammet?
- Gir studieprogrammet studentene kompetanse som er viktig for fremtidens arbeidsliv og et bærekraftig samfunn?
  - Hvor relevant er studieprogrammet for arbeidslivet og for samfunnets kompetansebehov?
  - I hvor stor grad knytter undervisningen i studieprogrammet an mot relevante problemstillinger fra arbeidslivet?
  - Hvordan forventes samfunnets kompetansebehov å endre seg, og hvordan kan programmet tilpasses disse endringene?
- Er navnet på studieprogrammet og spesialiseringene faglig dekkende? Kommuniserer det godt overfor omverden?

Temaene er valgt ut fra NTNUs veiledning for periodisk evaluering. Når det gjelder fremtidens kompetansebehov skal områdene «digitalisering» og «bærekraft» vurderes spesielt. Det pågående arbeidet om «Fremtidens teknologistudier» (FTS) må også tas hensyn til i dybde-evalueringen.

### Medlemmer av Evalueringspanelet:

Faglærere fra programmet:

- Sigurd Skogestad (leder)
- Svein Sunde, Institutt for materialteknologi og faglærer i innføringsemnet i Generell Kjemi
- Berit L. Strand, institutt for bioteknologi
- Solon Oikonomopoulos, Institutt for kjemi

Vitenskapelig fra utenlandsk utdanningsinstitusjon:

- Jakob Huusom, Study coordinator for chemical and biochemical engineering at DTU (fra 2022).

Arbeidslivsrepresentanter

- Trond Brandvik. (MTKJ 2015, Doktorgrad fra materialteknologi, nå Hydro i Årdal).
- Anders Runningen (MTKJ 2019, nå Wärtsilä Gas Solutions AS, Oslo).

Studenter:

- Pelle Oscar Mandrup Jensen, 3. klasse, bioteknologi
- Amund Andreassen, 3. klasse, prosess
- Vegard Gjeldvik Jervell; 4. klasse, material
- Madelen Rudolfsen; 3. klasse, organisk

Sekretær:

- Hege Johannessen

**I tillegg** ble følgende medlemmer i programrådet invitert til å følge arbeidet og komme med innspill.

- Hanna Knuutila, Institutt for kjemisk prosesseteknologi, NTNU
- Hilde Lea Lein, institutt for materialteknologi, NTNU.
- Ida-Marie Høyvik, Institutt for kjemi, NTNU
- Anita Nordeng Jakobsen, Institutt for bioteknologi, NTNU
- Sondre Schnell, Institutt for materialteknologi, NTNU
- Mathilde Juel, student
- Torfinn Haaland, GE Healthcare
- Sigrid Lædre, SINTEF

### 3. Arbeidsform for evalueringen

**Mars/April 2021.** Arbeidet startet å skaffe en oversikt over status for dagens emner i de første 5 semestrene, spesielt når det gjelder temaene «digitalisering» og «bærekraft». Dette arbeidet ble utført av studentmedlemmer av MTKJs programråd og endte opp med et omfattende dokument på 58 sider (se del 3 av denne rapporten).

**4.mai 2021.** Digitalt møte med alle medlemmene i evalueringspanelet der resultatene av studentrapporten ble gjennomgått. Det ble nedsatt fire arbeidsgrupper (med leder nevnt først):

- Gruppe for digitalisering: **Svein**, Solon, Trond, Vegard, Jakob, Sigurd
- Gruppe for bærekraft: **Anders**, Svein, Amund, Madelen, Berit, Sigurd
- Gruppe for bioteknologi: **Berit**, Pelle, Amund, Madelen, Jakob, Sigurd
- Gruppe for arbeidslivsrelevans: **Trond**, Anders, Madelen, Jakob, Sigurd

**Mai- oktober 2021.** Digitale møter i arbeidsgruppene.

**21. oktober 2021.** Fysisk heldagsmøte i Trondheim der resultatene fra arbeidsgruppene ble gjennomgått. Det meste av det som er skrevet under er hentet fra det som ble presentert på møtet.

### 4. Tallmateriale

Tallmateriale (vedlegg 1) viser at opptaket til studiet har vært relativt stabilt de siste 10 årene både med hensyn til antallet og poenggrensene. I 2021 begynte det 127 studenter og poenggrensen var 55,6. Kvinneandelen har økt jevnt over de siste årene er for de nye studenter høsten 2021 over 70%. Frafallet er relativt stort, spesielt fra 1. til 2. klasse der det typisk faller fra ca. 20 studenter. Det totale frafallet fra 1. til 5. klasse ligger typisk på 40 studenter, men av disse er det ca. 20 studenter som melder overgang til andre studieprogram ved NTNU. I vedlegg 1 er det gitt en del forslag fra studentene til tiltak som kan redusere frafallet.

### 5.Dagens studieplan og evaluering (første 5 semester)

NTNU tillater kun fag med 7,5 vekttall (studiepoeng), dvs. 4 fag pr. semester. Totalt er det da 20 fag i de første 5 semestrene og disse fordeler seg som følger (pr. høsten 2021):

Obligatoriske felles siv.ing. fag (8 fag)

- Matematikk 1-4 (4 emner)
- Statistikk
- Fysikk
- IT grunnkurs
- Ex.phil.

Kjemifag (6):

- Generell kjemi
- Uorganisk kjemi

- Fysikalsk kjemi, kjemisk termodynamikk
- Fysikalsk kjemi, molekylær struktur (kjemisk binding)
- Organisk kjemi
- Lab, generell og organisk kjemi

#### Bioteknologifag (1)

- Bioteknologi

#### Prosessfag (4):

- Prosessteknikk
- Strømning, fluidmekanikk
- Separasjonsteknologi
- Kjemisk reaksjonsteknikk

#### Valgbart fag i 5. semester (1):

- Materialteknologi eller Biokjemi 1

I slutten 5. semester velger studentene en av følgende **fire studieretninger** som gjelder fra 6. semester:

- Bioteknologi
- Kjemi (tre spesialiseringer: organisk, analytisk, anvendt teoretisk)
- Material og energiteknologi
- Kjemisk prosesssteknologi

I 6. semester skjer det en betydelig spesialisering og studentene har bare ett obligatorisk fellesfag (TIØ4252 Teknologiledelse). Antall studenter som velger de ulike studieretningene varierer mye fra år til år, men over tid har flest valgt kjemisk prosesssteknologi og færrest valgt kjemi. Alle fire studieretningene har ytterligere spesialisering (typisk fra 7. semester og utover), men kjemiretningen skiller seg ut ved å ha de 3 angitte spesialiseringene allerede fra 6. semester.

Tidspunktet for valg av studieretning har fra 2021 blitt flyttet fra slutten av 4. semester til slutten av 5. semester. Den viktigste grunnen har vært å styrke den generelle basisen for alle MTKJ-studenter for derved å gjøre dem attraktive på et bredere arbeidsmarked. En annen grunn er at det er lettere for studentene å gjøre det rette valg senere i studieforløpet.

En sammenligning av de 3 første årene (første 6 semestrene) mellom DTU (Bachelor i Kjemisk og biokjemisk prosesssteknikk) og NTNU (MTKJ) er gitt i del 2 (vedlegg 2). Konklusjonen er at fagsammensetningen er veldig lik, bortsett fra at NTNU har vesentlig mer matematikk/ statistikk (15 SP mer enn DTU), mens DTU har to prosjekter på totalt 30 SP. NTNU står med mer valgfag fordi 6. semester er valgfritt (bortsett fra Teknologiledelse). Dette betyr at NTNU kommer noe lenger på spesialisering med fag, mens DTU til gjengjeld har spesialisering på prosjekt.

I mars/april 2021 ble det utført en evaluering av alle disse fagene av MTKJs studentrepresentanter. Denne detaljerte evalueringen finnes i et eget dokument (del 3 av denne rapporten). Totalt sett mener studentene at studieopplegget er godt. Det ble foreslått mindre endringer i enkelte fag og det ble laget forslag til programmeringsøvinger.

Det mest drastiske forslaget fra studentene var innen bioteknologi. Programrådet vedtok høsten 2019 å flytte valget av studieretning fra 4. til 5. semester og vedtok samtidig at materialteknologi

skulle være obligatorisk. Dette medførte at det ikke lenger var plass til Biokjemi 1 i de første 5 semestrene. For å få den nødvendige bakgrunnskunnskapen i biokjemi for de som velger spesialisering i bioteknologi fra 6. semester, og også fordi biokjemi kunne være nyttig for alle studentene på programmet, foreslo studentgruppen (se detaljer i del 3) å lage et nytt fag i bioteknologi med betydelig innslag av biokjemi, dvs. en sammenslåing av TBT4170 Bioteknologi og TBT4102 Biokjemi 1. Studentene argumenterte med at dagens fag i bioteknologi var overflattisk og at man kunne tilegne seg kunnskapen på annen måte. En sammenslåing ville medføre at deler av dagens innhold i bioteknologifaget måtte tas ut, og dette var hovedgrunnen for å opprette en arbeidsgruppe som del av denne evalueringen for å se hvordan man i stedet kunne få bioteknologi inn i andre fag i MTKJ-studiet.

Forslaget om sammenslåing møtte imidlertid betydelig motstand fra fagmiljøet ved Institutt for bioteknologi, og de mente at det ikke var mulig å få et godt sammenslått fag med kun 7,5 vektall (som er NTNUs krav til størrelse på alle fag). De mente også at mange studenter ville være negative til et fag i biokjemi.

Dette er diskutert videre i avsnittet om Bioteknologi.

## 6. Digitalisering

Digitalisering er et meget omfattende begrep, men i MTKJ-studiet er det primært tolket som beregningsorientert bruk av digital teknologi, dvs. programmering og numeriske metoder. De siste fire årene har programmeringsspråket i IT grunnkurs vært Python, mens det tidligere var Matlab. Gruppen for digitalisering har utarbeidet en egen rapport (vedlegg 5) som diskuterer også andre aspekter ved digitalisering som kontroll og styring, datadrevne modeller, datalagring, digital teknologi i produksjon og informasjonsinnhenting. Når det gjelder programmering anbefales det å innføre en definert og koordinert progresjon i MTKJ-studiet og at denne progresjonen synliggjøres i emnebeskrivelsene under læringsformer og -aktiviteter, eventuelt også i beskrivelsene av studieretningene og i rekrutteringsmateriell. En mulig progresjon (streng) er gitt i rapporten (vedlegg 5). For å sikre at alle MTKJ-studenter har et godt grunnlag innen programmering, anbefales det at faglærere i studiets første 5 semestre samles og blir enige om progresjon, oppgavefordeling og undervisningsmetodikk. Det bør settes av ressurser til veiledning i programmering i mindre grupper (4-5 studenter) i utvalgte fag. Det bør også organiseres en tilsvarende diskusjon i studiets siste halvdel.

Det vil også være av verdi om IT grunnkurs kan gjøres mer spesifikt for å dekke behovet for MTKJ-studentene.

## 7. Bærekraft

Sannsynligvis er MTKJ det beste av alle sivilingeniørstudiene for å skaffe seg et faglig og teknologisk grunnlag for et bærekraftig samfunn. Konkrete eksempler der kjemi inngår sentralt er CO<sub>2</sub>-fangst, energilagring (batterier), vannrensing (RAS, fiskeoppdrett, vannkjemi), brenselceller, energigjenvinning og resirkulasjonsprosesser. Studieplanen er imidlertid meget full og det synes lite realistisk med et eget emne innen bærekraft, så fokus må være på å synliggjøre og forbedre det som allerede finnes i programmet. Dette kan for eksempel bli gjort ved å vise relevante eksempler i

forelesning og ved å inkludere temaet i øvingsopplegget. Det kan også kombineres med digitalisering (programmering) ved at det velges eksempler med spesiell relevans til bærekraft.

Det ble i arbeidsgruppen (se mer detaljer i vedlegg 6) diskutert hvorvidt bærekraft skal inngå i samtlige fag, eller kun i enkelte, utvalgte fag («signaturfag»). Å inkludere bærekraft i samtlige fag kan oppleves som unaturlig. Som egnede kandidater for signaturfag (hvordan bærekraft kan inngå er beskrevet i parentes) ble følgende foreslått:

- TMT4115 Generell Kjemi (øvingsopplegg)
- TBT4170 Bioteknologi (posteroppgave)
- TKP4120 Prosessteknikk (prosjektoppgave)
- TKP4105 Separasjonsteknikk (øvingsopplegg)
- Eventuelt revidert materialteknologifag

Det ble diskutert å inkludere mer generelle tema innen livsløpsanalyse, ressurstilgang og eksergianalyse. Det viktigste i fagene vil fremdeles være å beholde dybdekunnskapen fagene tilbyr og ikke å trekke inn flere elementer som kan føre til at fagene oppleves som «utvannet». Det bør vurderes om mer generelle temaer og ferdigheter kan inkluderes som K-emne (alle studenter har to slike) eller ingeniørfag fra annen linje (alle studenter har ett slikt).

## 7.Arbeidslivsrelevans («myke» ferdigheter)

Hva som er viktig i arbeidslivet vil være avhengig av hvor man skal jobbe. Likevel er MTKJ-studiet vurdert til å dekke arbeidslivets behov godt når det gjelder det rent faglige («harde» ferdigheter). Det fokuseres derfor her på de myke ferdigheter. Eksempler på undervisningsformer som kan fremme myke ferdigheter er prosjektarbeid, problembasert læring og muntlige presentasjoner. Det er gjort en karlegging av de ulike fag når det gjelder undervisnings- og vurderingsformer. Sammenlignet med DTU er det mer vekt på eksamen som eneste vurderingsform. Det er en fare for at dette forsterkes ytterligere ved at NTNUs styre har vedtatt at man fra høsten 2022 ikke lenger kan ha såkalt «mappevurdering» der også prosjektoppgaver, lab, presentasjoner, osv. teller med i karakteren. Det anbefales likevel å innføre aktiviteter hvor studentene i større grad kan jobbe med prosjekt og presentasjon, selv om det ikke er mulig å la dette telle med på karakteren. På lengre siden bør det arbeides med å få tilbake mappeevaluering.

## 8.Bioteknologi

Bioteknologi er en av de fire studieretningene (spesialiseringene) i MTKJ-programmet, men det utmerker seg også ved at det er tatt inn i navnet på studieprogrammet. Dette er ikke misvisende for studenter som søker opptak til programmet fordi man spesialisere seg halve studiet innen bioteknologi, men det kan være misvisende for arbeidsgivere som kan tro at alle MTKJ-kandidatene kan mye bioteknologi, mens realiteten er at over halvparten kun har ett fag (TKP4170 Bioteknologi) som i tillegg er vurdert av studentene (del 3 av denne rapporten) til å være «overflattisk». På tross av dette anbefales det ikke å ta ut bioteknologi fra programnavnet. Mange av de andre fagene gir et grunnlag for arbeids med biokjemisk prosessindustri. Imidlertid bør man få inn flere bioteknologi-eksempler i de andre fagene (se også vedlegg 8 for mer detaljer).

For å styrke det faglige nivået for alle MTKJ-studentene kan man tenke seg å slå sammen dagens Bioteknologi og Biokjemi 1 slik studentene har foreslått (se avsnitt 4). Dette vil også frigjøre plass i studiet slik at Materialteknologi kan bli obligatorisk for alle. En sammenslåing virker imidlertid vanskelig innen begrensingen med 7,5 vektall. Det kan være riktig at det eksisterende faget i Bioteknologi er noe «overflatisk», noe som bekreftes av at faget ikke krever noen forkunnskaper og at ingen fag bygger direkte på det. Men når man ser på innholdet i faget så er det ganske omfattende. Det omfatter cellers strukturelle oppbygging hos prokaryote og eukaryote organismer; hva liv er, og hva det er som gjør evolusjon mulig; stoffgrupper; metabolisme og energiomsetning; enzymkatalyse; prosessene fra DNA via RNA til protein; mutasjoner og mutanter; rekombinant DNA-teknologi; utveksling av DNA mellom celler; -omics teknologier; CRISPR-teknologi, applikasjoner innen industri, miljøbioteknologi, medisin og landbruk. Det er også temaer innen bærekraft. En del av dette kan være kjent for studenter som har tatt biologi på videregående, men det gjelder på langt nær alle MTKJ-studenter. Ved DTU har man to separate fag i Bioteknologi og Biokjemi med 5 vektall hver. En slik løsning ville kanskje være mulig også på NTNU hvis mindre fag var tillatt.

På bakgrunn av dette anbefales det at dagens «overgangsordning» med valgfrihet mellom biokjemi og materialteknologi i 5. semester opprettholdes. Dette innebærer at studentene må velge bort en av de to tilsvarende studieretningene (bioteknologi eller materialteknologi) i 4. semester. Dette kan virke ulogisk siden valget av studieretning først skjer i 5. semester, men i realiteten er det neppe noe stort problem siden disse to studieretningene står lengst fra hverandre på den faglige skalaen. Dette kan også dokumenteres ved at det har vært svært få (om noen) studenter som har søkt om overgang mellom disse to retningene.

## **9.Deltagelse i Mattepilot (Marta) og flytting av fysikalsk kjemi**

På heldagsmøtet i oktober 2021 ble det orientert om «matte-piloten» ved NTNU der ELSYS-programmet foreløpig er den eneste deltager (se vedlegg 9). Program for Teknisk Kybernetikk blir med fra 2022 og det ble foreslått at også MTKJ blir med. «Matte-piloten» har en noe annen rekkefølge på delemnene enn det eksisterende opplegget og man har en bedre integrering med numeriske metoder, programmering og statistikk. Det søkes også en bedre samordning med behovet for matematikk i emner ved hvert program (f.eks. ELSYS eller MTKJ).

Uavhengig av dette med mattepilot, ble det på heldagsmøtet i oktober 2021 fremsatt bekymring fra studentene om at Fysikalsk kjemi termodynamikk fra 2021 var flyttet fra 4. til 2. semester. Begrunnelsen fra flyttingen var å få det før Fysikalsk Kjemi Molekylær struktur (som undervises i 3. semester), men studentene mente at termodynamikkdelen i 2. semester ble for krevende for studentene. De dokumenterte dette ved å vise til store forskjeller i eksamenskarakter for våren 2021 da to kull av MTKJ-studenter (fra 2. og 4. semester) hadde faget samtidig. Er forslag var å flytte begge Fysikalsk kjemi fagene senere (til 4. og 5. semester), men dette vurdert vanskelig siden 5. semester allerede er fullt.

En løsning som ingen tenkte på i oktober 2021 dukket opp i januar 2022 da det kom spørsmål fra de ansvarlige for «matte-piloten» om MTKJ kunne flytte Statistikk fra 5. til 2. semester fordi dette ville være gunstig for Matte 3. Da ble det plutselig mulig å «slå to fluer i en smekk» og få til den ønskete flyttingen av Fysikalsk Kjemi. Disse endringene er nå vedtatt å gjelde for studentene som begynner i 1. klasse fra høsten 2022, dvs. MTKJ blir med på den nye «matte-piloten» med statistikk i 2. semester og samtidig flyttes begge fagene i Fysikalsk Kjemi ett år senere (se vedlegg 10).

## 10.Konklusjon/Anbefaling

**Digitalisering:** Det må være en klar streng gjennom hele studiet med bruk av programmering (Python pr. i dag), slik at studentene ser programmering (Python) som et naturlig redskap i sitt daglige arbeid. Siden fagoppleggene kan endre fra år til år vil dette kreve en kontinuerlig koordinering mellom fagene.

**Bærekraft:** Vi mener at MTKJ er det studieprogrammet i Norge som best bygger opp den teknologiske basisen for å kunne lage et bærekraftig samfunn. Vi tenker da på basiskompetansen i kjemi, biologi, ingeniørfag og systemkompetansen. I det innledende faget i Generell kjemi kan det gis en innledende oversikt over bærekraft. Ellers skal bærekraft inngå som et element i de fleste dag, f.eks. gjennom øvinger. En mulighet for å styrke fokuset ytterligere er å innføre såkalte «Signaturfag» for bærekraft. MTKJ-studiet utmerker seg i forhold de fleste andre studiene ved NTNU ved at man lærer kjemisk teori som er grunnlaget for nye bærekraftige løsninger. Det er viktig å synliggjøre dette. Rent konkret foreslås det i emnebeskrivelsene tar inn mot slutten en setning eller to for hver emne (der det er aktuelt):

**Bioteknologi:** MTKJ har bioteknologi i navnet på studieprogrammet og for å understreke må det tas inn eksempler om bioteknologi i flere fag, f.eks. i prosessfagene (prosessteknikk, separasjonsteknikk, kjemisk reaksjonsteknikk). I dag inngår ikke biokjemi som en obligatorisk del av MTKJ-studiet, men det bør vurderes å ta inn noe, f.eks. i det obligatoriske bioteknologi-faget. Dette kan også gjøre det mulig å gjøre 5. semester likt for alle studentene. I dag har man en «permanent overgangsordning» der studentene må velge mellom Biokjemi 1 og materialteknologi.

**Arbeidslivsrelevans.** Studiet er vurdert til å dekke arbeidslivets behov godt når det gjelder det rent faglige («harde» ferdigheter). Når det gjelder de «myke» ferdigheter så kan disse styrkes ved å ta i bruk mer prosjektarbeid og muntlige presentasjoner. Disse burde telle med i sluttkarakteren, men dette synes nå vanskeligere ved at NTNUs styre har vedtatt at man fra høsten 2022 ikke lenger kan ha såkalt «mappevurdering».