Periodisk evaluering av studieprogrammet master i teknologi/sivilingeniør nanoteknologi, MTNANO 2020-2021

NTNU

Forord

Dette er evalueringspanelets rapport for den periodiske evalueringen av studie-programmet master i teknologi/sivilingeniør nanoteknologi, 5-årig, ved NTNU. Den periodiske evalueringen gjennomføres hvert 5te år, og er en del av kvalitetssikringen av studieprogrammer ved NTNU. Rapporten angir evalueringspanelets oppsummeringer og vurderinger basert på et skriftlig grunnlag utarbeidet av studieprogramrådet for MTNANO, og den videre prosessen våren 2021. Evalueringspanelets rapport er beskrevet under hvert kapittel, i tillegg er det oppsummerende beskrivelse og anbefalinger angitt etter innholdsfortegnelsen. Det er brukt en annen skrifttype for å angi evalueringspanelets vurderinger og anbefalinger.

Århus / Borre / Trondheim, 10 mai 2021

Trolle René Linderoth
Lektor, Inst. f. Fysik og Astronomi
Uddannelesansvarlig iNANO senter
Aarhus Universitet

Jeppe Vang Lauritsen
Professor, iNANO senter,
Aarhus Universitet

Kristin Imenes
Førsteamanuensis, Inst. for mikrosystemer
Universitetet i Sørøst-Norge, Campus Vestfold

Thomas Tybell
Professor, Inst. for elektroniske
systemer, NTNU

Bjørn Torger Stokke
Professor, Inst. for fysikk
NTNU

Anders Koldby Vestergaard
Studentrep. iNANO senter
Aarhus Universitet

Ingvild Eng Holck
Studentrep. MTNANO
NTNU

Brit Wenche Meland
Studieveileder MTNANO
NTNU

Innholdsfortegnelse

Forord 2
Innholdsfortegnelse 3
Executive summary 5
1. Introduksjon 8
1.1 Mandat for periodisk evaluering for MTNANO 2020 8
1.2 Evalueringsmetode for dybdeevaluering av MTNANO 2020 8
1.3 Evalueringspanel for dybdeevaluering av MTNANO 2020 9
2. Om studieprogrammet MTNANO 10
2.1 NTNUs strategier og studieprogrammet MTNANO 11
2.1.1 Panelets vurdering av strategisk relevans ved NTNU 13
2.2 Navn på studieprogrammet MTNANO 13
2.3 NTNUs portefølje innenfor integrert 5-årig master i teknologi og MTNANO 14
2.4 Relaterte utdanningsprogram innenfor nanoteknologi i Norge og Danmark 14
2.4.1 Universitetet i Oslo: studietilbud innen nanoteknologi 15
2.4.2 Nanoscience Bachelor og kandidat-uddannelsen på Universitetet i Bergen. 15
2.4.3.Universitetet i Sørøst-Norges studietilbud innen mikro- og nanoteknologi 15
2.4.4. Nanoscience Bachelor- og kandidat-uddannelsen på Aarhus Universitet 17
2.5 Nøkkeltall om MTNANO ved NTNU 18
3. MTNANO programdesign 20
3.1 Faglig progresjon 20
3.1.1 År 1 22
3.1.2. År 2 22
3.1.3 År 3 23
3.1.4 Studieretninger. 23
3.1.5 Mastergradsoppgaver 27
3.1.6 Nano-specifikke emner ved MTNANO på NTNU 27
3.1.7 Panelets vurdering 28
3.1.8 Panelets anbefalinger 29
3.2 Undervisnings- og vurderingsformer 29
3.2.1 Panelets vurderinger og anbefalinger 33

3.3 MTNANO og bærekraft 33
3.3.1 Panelets vurdering og anbefalinger - Hvordan kan bærekraft utvikles som en faglig integrert del av MTNANO? 34
3.4 MTNANO og numerisk ferdighetsstreng 36
3.4.1 Numerisk ferdighetsstreng de fem første semester i MTNANO 36
3.4.2.Studieretingsspesifikke deler for de tre studieretningene, semester 6-10: 37
3.4.3 Panelets vurderinger og anbefalinger: Numerisk ferdighetsstreng 39
4. Samfunns- og arbeidslivsrelevans 41
4.1 Intervju med arbeidsgivere 41
3.4.1. Panelets vurdering 43
5. Utfyllende beskrivelser, MTNANO 44
A. MTNANO Læringsutbyttebeskrivelse 44
Kunnskaper 44
Ferdigheter 45
Generell kompetanse 45
Læringsutbytte for studieretningene 45
B. Nanoteknologi - masterstudium (5-årig) Studiets oppbygning 48
C. Oversikt over fullførte masteroppgaver fra årene 2016 – juli 2020 61
D. Kartlegging av muligheter for integrasjon av bærekraft innenfor ulike emner i MTNANO studieprogrammet. 68
Notat til utvalgte faglærere for emner som inngår i MTNANO 68
TBT4170 Bioteknologi – svar på henvendelse fra studieprogram i MTNANO per 20.09.2020 om bærekraft. 71
Bærekraft TMT4320 Nanomaterialer 73
Elektromagnetisme (TFE4120) 77
E. Numeriske ferdigheter i MTNANO sine kurs 78
F. Samfunns og arbeidslivsrelevans - svar fra spørreundersøkelse 87
G. Oppdatert oversikt over læringsaktiviteter 130
H. Arbeidsprosessen til evalueringspanelet 138

Executive summary

Evaluation process

The 5-year evaluation of the MTNANO master program started from a comprehensive documentation report prepared by the local teaching committee. The evaluation panel held preparatory meetings to introduce the external panel members to the program, decide on the evaluation process and augment the initial list of focus points for the evaluation as outlined in the mandate from the Dean. Two half-day online meetings involved sessions with teachers from 3 selected groups of courses, current students and alumni, as well as company representatives. All panel members contributed to this final report, which is prepared based on the documentation report.

Recruitment and retention

Recruitment to the MTNANO program is competitive with 40 out of 175 applicants (on average) admitted and a high GPA limit. Retention on the program is satisfactory with over 60% completing and 10-20% changing to other programs within NTNU. Based on these numbers alone, there is basis to increase the uptake.

Program profile, comparison to other programs, anchoring in NTNU strategies.

Nanoscience programs in Norway range from interdisciplinary natural science (UiB; similar to AU Denmark), over quantum-based materials science (UiO) to micro- and nanotechnology within electronic engineering (USN). The MTNANO program has a unique profile by encompassing physics, chemistry, biotechnology/biophysics, materials science as well as electronics. There is strong focus on the use of the NTNU Nanolab with cleanroom and other relevant infrastructure. The panel recognizes the importance of the student union Timini in creating a unique identity among the students. *The strong interdisciplinary focus of MTNANO is a significant strength and should be kept as is.*

The MTNANO program is significantly different from other engineering programs at NTNU, and the panel finds the MTNANO program contributes importantly to fulfilling NTNU strategic goals. The MTNANO program relies on contributions from many departments and the panel underscores the importance of facilitating collaboration across these units to develop the program. *The panel recommends to further develop the collaborative praxis and to maintain and facilitate a strong ownership of the MTNANO education in the organization.*

Program structure.

The first three years of the MTNANO program has a relevant combination of compulsory courses; many followed with students form other study directions. The first three semesters have a large volume of common mathematics and Phil. Ex. courses, and students perceive the program as somewhat heavy in mathematics/physics, although this is recognized to be useful later on. Bio-related topics are more weakly represented and come relatively late in the program. There is a nano-introductory course already on the first semester, while other nano-specific courses come primarily on the fourth/fifth semester after a background in natural science has been build. The panel recognizes the work that has gone into piecing together a coherent program. Challenges with missing pre-requisites for a few individual courses are actively addressed by the program board. Since the content of individual courses may change, *it is an important ongoing process to be mindful of the coherence in the program.*

The last years of the program students select from three study directions. There is a common flagship specialization course (fordypningsemne) closely linked to the NTNU Nanolab and with modules dedicated to the three study directions. Students can choose from a very large and interesting selection of elective courses and more than half spend time abroad as exchange students. The program is finished by a 30 ECTS thesis work; a list of >100 thesis titles illustrate the very wide spectrum of project directions that can be followed based on the program.

Teaching and evaluation/exam methods.

Students express that many courses are evaluated based on written exams, and they would like to see more evaluations that included compulsory assignments made during the course. An overview of teaching and exam methods on the program was prepared as part of the evaluation, based on inputs from the respective teachers and beyond what could be extracted from the course descriptions. The panel finds there is potential for more varied teaching and exam forms including oral exams, reports/assignments, student presentations and posters in addition to the current focus on lectures/exercises and written exam. *The panel recommends a process to increase the knowledge and dialogue among teaching staff about possible alternative teaching and examination forms.*

Dedicated nanotechnology courses.

The dedicated nanotechnology courses on the program were presented to the panel in a special session focusing on interdisciplinarity and how "nano" aspects are brought out. The portfolio of dedicated courses is strong and includes nanomaterials, nanotools and biophysics at the molecular/cellular level. A dedicated statistical thermodynamics course is a strong concept that addresses many relevant topics. Skills gained in the flagship specialization course are beneficial for many ensuing thesis and PhD-projects. *The panel recommends that the ongoing work with coordination between the courses is continued, and in particular to include students in order to identify topics treated redundantly.*

Numerical skills.

The program has a very strong foundation of numerical skills introduced through first/second year faculty-wide mathematics/statistics courses. A common platform based on the Python programming language has been implemented, which is used also in subsequent courses. The panel did not identify any need for the introduction of further numerical skills. Examples of how numerical skills are used within nanotechnology would be good in the early courses, but is recognized to be difficult to implement. *A mapping of the use of numerical skills in subsequent courses may be beneficial to make explicit if or how specific skills are brought into play. Training in the use of statistical tools in planning/analysis of experiments should be strengthened.*

Sustainability

Several important topics within sustainability are already, or will become, part of the existing study program. Sustainability is highly motivational and important for the students who, however, emphasize that one should not introduce sustainability themes at the expense of core content in the course curriculum. The interviewed company representatives support this notion, asking mainly for basic knowledge on the relevance of sustainability from the candidates. Sustainability themes should be introduced as an embedded element in course content and can also be exposed through individual study elements such as posters and presentations. More in-depth treatment is best done in elective courses later in the program. The presented plans for sustainability will lead to a strong element of sustainability in the course program. *The panel recommends that a coordinating process*

is set into play to identify the most relevant sustainability themes with a strong element of nanoscience, in particular to identify and develop sustainability themes in relation to the three specialization directions and strengthen sustainability competences of the candidates.

Employability, job market.

The data presented to the panel, and the sessions with students, alumni and companies clearly showed that there is a high employability of the MTNANO students. The panel notes that a large part of the students pursue a PhD, and equally that the students are highly sought after by consulting companies. The multi-disciplinarily of the program is valued by the interviewed company representatives, who however place special emphasis on the final core competences of the individual student in the recruitment. It was conveyed by alumni and students that the study program was apprehended as a training towards PhD, as distinct career paths within nanotechnology in industry weren't always clear. The exposure of the candidates competences in a wider societal sphere is positive, albeit more akin to that for natural science programs than to that for vocationally oriented engineering programs. Based on the interviews the panel discussed that the study program should make possible career paths visible for students in a situation where nanotechnology is not so explicitly visible in the Norwegian job market. It would also be positive if the program could include awareness of the importance of promoting their background from the nano-program, for example by prepare students to formulate their competence profile and aid in selecting packages of elective courses that have a coherent competence profile. *The panel recommends a coherent effort to strengthen the students' visibility and knowledge about job market in technology companies. Such an effort could include: Mapping of alumni job profiles, also after periods of PhD-study and initial consulting jobs where they may find positions within the technology sector; use of guest lectures; exploring how applied engineering aspects of the program can be strengthened, for instance by identifying suitable selections of elective modules; mapping and strengthen innovation aspects in existing program to motivate entrepreneurial behavior within a nanotechnology context, possibly motivated by cases of entrepreneurship among students/alumni.*

1. Introduksjon

1.1 Mandat for periodisk evaluering for MTNANO 2020

Temaene er vurdert ut fra forslagene som er oppgitt i veiledningen for den periodiske evalueringen.

Følgende kvalitetsområder foreslås til å inngå i den periodiske evalueringen:

- **Om Studieprogrammet**
  - Hvordan er studieprogrammet forankret i NTNUs og fakultets strategier?
  - Er navnet på studieprogrammet faglig dekkende? Kommuniserer det godt overfor omverden?
    - Spesielt rettet mot hovedprofilnavnene
  - Hvordan står studieprogrammets profil i forhold til liknende studieprogram ved NTNU eller andre institusjoner i Norge?
    - Spesielt i forhold til andre studieretninger i studieprogrammet ved NTNU
  - Hvordan kan bærekraft utvikles som en faglig integrert del av MTNANO?
  - Hvordan kan numerisk ferdighetsstreng utvikles som en integrert del av MTNANO
- **Programdesign**
  - Er det hensiktsmessig variasjon og balanse i studieprogrammets undervisnings- og vurderingsformer?
    - Gir emnesammensetningene god faglig progresjon?
    - Hvordan fungerer fellesemnene som del av studieprogrammet?
- **Samfunns- og arbeidslivsrelevans**
  - Hvor relevant er studieprogrammet for samfunnets kompetansebehov?
  - I hvor stor grad knytter undervisning en i studieprogrammet an mot relevante problemstillinger fra arbeidslivet?
  - Ser studenten hvordan fag henger sammen og gir en kompetanse som er komplett innenfor området? Hvordan oppfatter studentene fagsammensetning?
  - Etter at studenten kommer ut i sin første jobb: føler de at studiet ga de tilstrekkelig kompetanse og erfaring i forhold til de utfordringer de møter?

1.2 Evalueringsmetode for dybdeevaluering av MTNANO 2020

I henhold til veiledning for periodisk evaluering av studieprogram ved NTNU, legges det opp til en metode som beskrevet som 3-trinns metoden.

Framdriftsplan for gjennomføring av 3-trinns metoden:

Programrådet jobber med å framskaffe dokumentasjon med målsetting om ferdigstillelse av skriftlig underlag for evalueringskomiteen i slutten av oktober 2020. Det innebærer at forberedelsesfasen vil strekke seg fram til 01.11.2020. I zoom møter med foreslått leder for evalueringskomiteen, Trolle Linderoth, iNano, Århus Universitet, har han gitt tilbakemelding om han vanskelig kan bidra til ferdigstillelse av rapporten med frist 31.12.2020. I tillegg ønsker han sterkt at det legges opp til en site-visit ved NTNU, og foreslår konkret at dette planlegges for fysisk site-visit i januar 2021 ved NTNU. Ut fra pandemisituasjonen er ikke dette noe som er lett å forutsi om er mulig eller ikke, men pr dato legges det opp til en slik mulighet.

Frist for ferdigstillelse av evalueringsrapport foreslås til 28.02.2021.

1.3 Evalueringspanel for dybdeevaluering av MTNANO 2020

Følgende medlemmer er forespurt og takket ja til å være med i evalueringspanel for dybdeevaluering av MTNANO 2020. Komiteen er sammensatt med eksterne og interne medlemmer hvor også de foreslåtte punkter i mandatet er lagt til grunn for forslagene. I tillegg har vi også vurdert kjønnsbalanse i komiteen.

Leder:

Centerleder, lektor Trolle René Linderoth
Uddannelsesansvarlig/studieleder Nanoscience, iNano interdisplinært Center for nanoteknologi, Aarhus Universitet, Danmark
Kontaktinformasjon: Trolle@inano.au.dk; tlf: +4523382363
Aktuelle URL: https://studerende.au.dk/studier/fagportaler/nanoscience/
https://inano.au.dk/research/senior-scientists/k-n/linderoth-trolle-rene/

Medlemmer:

Professor Jeppe Vang Lauritsen, iNano interdisplinært Center for nanoteknologi, Aarhus Universitet, Danmark

Førsteamanuensis Kristin Imenes,
Institutt for mikrosystemer, Universitetet i Sørøst-Norge
Fagansvarlig, master i mikro- og nanosystemteknologi, USN
Kontaktinformasjon: kristin.imenes@usn.no; tlf: +47 31 00 93 12
https://www.usn.no/om-usn/kontakt-oss/ansatte/kristin-imenes

Professor Thomas Tybell
Inst. for elektroniske systemer, NTNU

Professor Bjørn Torger Stokke
Inst. for fysikk, NTNU, studieprogramleder MTNANO

Studententrepresentanter:
Anders Koldby Vestergaard, iNano, Aarhus Universitet, Danmark
Ingvild Eng Holck, MTNANO studentt NTNU <ingvildeh@gmail.com>

Sekretær for evalueringspanelet
Rådgiver Brit Wenche Meland
Inst. for fysikk, studieveileder MTNANO

2. Om studieprogrammet MTNANO

Studietilbudet MTNANO ble opprettet for ca 15 år siden som en del av en strategisk satsning på omforent kompetanseutvikling ved NTNU innen fagfeltet. Den faglige basis ble utviklet ved hjelp av en internasjonal sammensatt komite, hvor det også var en representant fra Norges forskningsråd. Tidsmessig var dette også sammenfallende med betydelig fokus på fagfeltet internasjonalt, blant annet president Bill Clinton's annonsering av «National Nanotechnology Initiativ» i USA i 2001, og også faglig tunge initiativ i andre land. Siden opprettelsen av studietilbudet har dette blitt videreutviklet og oppdatert ved prosesseres i regi av studieprogramrådet for MTNANO i samspill med aktuelle fagmiljøer. Dette har vært særlig synlig ved at det i flere fagmiljøer har blitt rekruttert til flere faste vitenskapelige stillinger innen fagfeltet, og som på den måten også bidrar til å styrke den faglige utviklingen av studieprogrammet. Studieprogrammet er videre utformet med et betydelig innslag av utvikling av ferdigheter innenfor renromsbasert forskning og utvikling, noe som er helt sentralt for at en oppdatert kompetanse hos de uteksaminerte kandidatene. Studieprogrammet MTNANO bygger på og utvikles med utgangspunkt i ulike basisdisipliner, studentene lærer å definere, fabrikkere og analysere sammensatte nanoteknologiske problemstillinger. Dette inkluderer også utvikling av kompetanse for å treffe velbegrunnete valg av relevante strategier, metoder og instrumenter, og anvende disse på aktuelle problemstillinger. MTNANO er et studieprogram med en flerfaglig tilnærmelse til fagfeltet, og studentene lærer å bidra i utviklingen av helhetlige løsninger i ett flerfaglig perspektiv, men med hovedtyngde innenfor den del av fagfeltet de velger som sin studieretning.

Studieprogrammets læringsmål er presentert i vedlegg A og samlet bygger de emner som inngår i studieprogrammet opp om læringsmålene. Studieprogrammet leverer kandidater med relevant og høy kompetanse innenfor fagfeltet for næringsliv og offentlig sektor. Ferdigutdannede kandidater fra MTNANO opplever et godt arbeidsmarked, og de fleste kommer raskt ut i relevante jobber i næringsliv og offentlig forvaltning etter endt utdanning.

Studiet er forskningsbasert. Det er god kobling med mulige avtakere av kandidatene gjennom de ansattes faglige nettverk med næringslivet. Studentene er kvalifisert for videre doktorgradsstudier innenfor relevante områder, som avhenger av studieretningsvalg. De er videre populære kandidater til PhD stillinger i ingeniørfag eller anvendte fag. En betydelig andel av de ferdig uteksaminerte kandidatene fra MTNANO gjennomfører seinere en doktorgrad.

MTNANO er et 5-årig integrert studieprogram som leder fram til graden Master i teknologi / Sivilingeniør i nanoteknologi. Alle studieprogrammene som leder fram til denne type grad ved NTNU er organisert ved at det er et overfakultært forvaltningsutvalg som vedtar studieplanen, og ikke fakultetene selv. Dette forvaltningsutvalget for sivilingeniørutdanningen (FUS) har nedfelt flere prinsipper når det gjelder grunnleggende fellesemner for alle disse programmene. Dette gjelder matematiske emner, introduksjon til IT, naturvitenskapelige grunnlagsemner, men også krav til andel av komplementære emner, og annet. Flere av disse emnene er obligatoriske, og siden de er grunnleggende, er det naturlig at de er plassert tidlig i studieløpet slik at andre emner kan bygge på dem.

2.1 NTNUs strategier og studieprogrammet MTNANO

NTNU har strategier på ulike organisatoriske nivå i organisasjonen. Disse er organisert med ulik inndeling, og med ulik grad detaljering. For eksempel, er inngangen i presentasjonen av NTNUs strategi, se: https://www.ntnu.no/ntnus-strategi, inndelt i overordnete mål, kjerneoppgaver, og innsatsområder. Innenfor inngangsporten kjerneoppgaver er det for utdannings- og læringsmiljø angitt følgende:

«Utdannings- og læringsmiljøstrategien er tuftet på tre pilarer»

- *utdanning av internasjonalt fremragende kandidater*
- *kvalitet i utdanningen*
- *utvikling av et godt læringsmiljø*

NTNU er en attraktiv utdanningsinstitusjon *som tiltrekker seg de beste studentene. Våre kandidater er etterspurte i inn- og utland. De er faglig sterke og tverrfaglig orienterte og har relevant kompetanse for arbeidslivet.*

Våre studieprogram holder høy internasjonal kvalitet*. I samarbeid med fagmiljøer nasjonalt og internasjonalt har vi en relevant studieportefølje for livslang læring. Alle studieprogram gir innsikt i vitenskapelig litteratur, kritisk tenkning og etikk. Studieprogrammene har et solid faglig og utdanningsfaglig forskningsfundament. Den nære dialogen med arbeidslivet er avgjørende for å utvikle kvaliteten.*

Kunnskap skapes i et faglig fellesskap *der studentene bidrar til utvikling av innhold og læringsprosesser i et tilrettelagt læringsmiljø. Ny teknologi brukes for å gi studentene tilgang til aktiviserende og varierte lærings- og vurderingsformer og for å gi god tilgang til livslang utdanning. Gjennom læringsaktivitetene involveres studentene i fagmiljøenes forskning. Undervisning, arbeidspraksis og forskning kobles sammen, og vi drar nytte av arbeidsmåter og resultater fra våre sentre og tematiske satsinger.*

Underviseren på NTNU er engasjerende og fremtidsrettet*, og har sterk fag- og utdanningsfaglig bakgrunn. Vi utvikler god utdanningsledelse som fremmer kvalitetskultur gjennom systematisk evaluering og oppfølging. Vi er en aktiv samarbeidspartner på nasjonale og globale arenaer og en pådriver i deling av læringsressurser.»*

Omtalen av disse tre pilarene er ikke eksplisitt rettet mot et konkret studieprogram, men av mer overordnet karakter. Studieprogrammet MTNANO, slik det realiseres i samspill med fagmiljø ved ulike fakulteter og mange institutter strekker seg mot disse strategiske målene. Dokumentasjon på dette når det gjelder forskningsbase er frembrakt i forbindelse akkreditering av studieprogrammene.

Når det gjelder de mer fagspesifikke deler som inngår i MTNANO, har NTNU også elementer i sin overordnede strategi som er MTNANO er tuftet på. Innenfor tverrfaglig samhandling, har NTNU identifisert tre muliggjørende teknologier felles for hele universitetet. https://www.ntnu.no/forskning/muliggjorende-teknologier. Overordnet er dette omtalt som

> «*Muliggjørende teknologier NTNU Bioteknologi, NTNU Digital og NTNU Nano skal bidra til å utvikle nye næringer og nye produkter, og til nye løsninger på de fleste samfunnsområder som eksempelvis matproduksjon, energieffektivisering, transport og helsetjenester.*»

Og mer spesifikt for NTNU Nano:

> *«NTNU Nano er en satsing som fremmer og koordinerer forskning innen nanoteknologi, nanovitenskap og funksjonelle materialer.*
> *Forskning foregår i grenselandet mellom fagfelt som elektronikk, fysikk, materialteknologi, kjemi, biologi og medisinsk teknologi.*
> *NTNU Nanos NTNU NanoLab leder den nasjonale NorFab, Norwegian Micro- and Nanofabrication Facility.»*

Som tydeliggjort i den siste beskrivelsen, er satsningen på disse gjennomgående muliggjørende teknologier et instrument som primært fokuserer på forskningsdimensjonen av kjerneoppgavene. For det vitenskapelige personale involvert i forskningen i denne muliggjørende teknologien er det også slik at de bidrar sentralt til studieprogrammet MTNANO. På den måten er det også en faglig, strategisk forankring av MTNANO på overordnet nivå ved NTNU.

Som et studieprogram ser også MTNANO til de overordnede strategiene ved de ulike fakultetene ved NTNU (https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Strategier+for+NTNU). På tilsvarende måte som for NTNUs strategi, er fakultetenes strategi også en rettesnor for MTNANO på overordnet nivå. Når det gjelder den mer fagspesifikke dimensjonen, er den i de fleste tilfelle mer overordnet enn det som klart identifiserer den faglige aktiviteten hvor instituttene (nivå 3) er de sentrale.

Det er mange institutter ved NTNU som bidrar til emnene som inngår i MTNANO. Ved synliggjøring av den strategiske forankring av studieprogrammet på instituttnivå avgrenses presentasjonen her til de institutter som er ansvarlig for emner som i utgangspunkt er etablert med behov i MTNANO, og andre spesifikke nanoteknologiemner som er obligatorisk i fellesdelen (første 5 semester) og i hver studieretning. Dette er følgende institutter:

Inst. for elektroniske systemer, (IES) IE-Fak, https://www.ntnu.no/ies/om

Inst. for materialteknologi (IMA) NV-Fak, https://www.ntnu.no/materialteknologi/om-oss

Inst. for kjemi (IKJ), NV-Fak, https://www.ntnu.no/kjemi/om-oss

Inst. for fysikk (IFY), NV-Fak, https://www.ntnu.no/fysikk

Inst. for bioteknologi og matvitenskap (IBT), NV-Fak, https://www.ntnu.no/ibt/om

Inst. for klinisk og molekylær medisin (IKOM), MH-fak, https://www.ntnu.no/ikom/om

IES angir aktiviteter innenfor mikro- og nanoteknologi som er sentralt i forhold til MTNANO, men også fagområder som sensorteknologi og medisinsk teknologi og andre områder hvor mikro- og nanoteknologi kan representere en grunnleggende komponent.

IMA presenterer tydelige forankringer av aktiviteten sin i lys av bærekraftperspektivet, og forskningsaktivitet som skal peke fremover. Nanomaterial aspekter er i den kontekst

hovedsakelig implisitt omtalt i strategien. Informasjon er for øvrig tilgjengelig på nettsidene til IMA formidler stor aktivitet innenfor funksjonelle materialer og nanoskala dimensjon av materialer, i særlig grad innenfor faggruppen FACET.

IKJ har en strategi med tydelige forankringer av aktiviteten i bærekraftperspektivet, og forskningsaktivitet som skal peke fremover. I informasjon på nettsiden finner en identifisering av nanoskala aspektet særlig innenfor termodynamikk. I tillegg er grunnlag innenfor kjemi relatert til MTNANO f.eks. innenfor organisk kjemi, som inngår i fagplanen til MTNANO.

IFY har en strategi som setter målene ved instituttet i lys av bærekraftsmål. Omtalen av fagområder er mindre eksplisitt fremtredende i strategien, men informasjon som er tilgjengelig på nettsidene viser ulike forskningsaktiviteter relevant for MTNANO. Eksempler på dette inkluderer nanofotonikk, nanofysikk, bionanoteknologi. IFY er videre vertsinstitusjon for to SFF, det ene innenfor kvanteteknologi (spintronikk) og det andre innenfor porøse medier; som begge er faglig relevant i forhold til MTNANO.

IBTs strategi har en overordnet presentasjon av aktiviteten som et ledd mot en bærekraftig framtid. Nanoteknologi som begrep er ikke eksplisitt særlig fremtredende i strategien, men nanovitenskap kan ses på å ligge implisitt i forskning med innfallsvinkel på molekylært nivå.

IKOMs strategi er ikke eksplisitt når det gjelder innfallsvinkel relatert til nanoteknologi. På tilsvarende måte som for IBT, vurderes det allikevel at deler av aktiviteten underbygger studieprogrammet MTNANO.

I tillegg til de institutt som er angitt i oversikten over, er det også ytterligere institutt som bidrar med emnetilbud til MTNANO. Denne gjennomgangen av gjeldende strategier ved NTNU og tilgrensende lett tilgjengelig informasjon viser at fagfeltet/ene som MTNANO adresserer er godt forankret på ulike nivåer i organisasjonen. Det skal også nevnes i denne sammenheng at involveringen fra ulike institutt også er begrunnet ut fra at deres faglige domene er den del av utspringet for nanovitenskap og teknologi.

2.1.1 Panelets vurdering av strategisk relevans ved NTNU

Studieprogrammet MTNANO er godt fundamentert i NTNU sine strategier. Studiet støtter opp under NTNU sin hovedstrategi gjennom rekruttering av meget gode kandidater og gjennom å tilby tverrfaglig utdanning som legger til rette for kunnskap som skapes i felleskap. Vi merker spesielt at nanoteknologistudentene er meget aktive i videreutvikling av studiet via sin linjeforening Timini. Studiet støttes også opp av NTNUs strategiske satsing NTNU Nano, som bl.a. har NTNU Nanolab som sikrer renrom samt relevant infrastruktur. Satsingen på nanoteknologi er også synlig på fakultet- og instituttstrategisk nivå, endog studiet ikke nevnes eksplisitt. Med hensyn på studiets brede oppbygging og deltagelse av flere institutt/fakultet skulle panelet dog ønske at studiet hadde mer strategisk synlighet lokalt i organisasjonen, noe som skulle underlette strategisk utvikling av programmet på tvers av enheter.

2.2 Navn på studieprogrammet MTNANO

Studieprogrammet MTNANO ble etablert som en del av satsning på utvikling av kompetanse innenfor fagområdet for ca femten år siden. Dette ble gjennomført ved at det også ble rekruttert til faste vitenskapelige stillinger innenfor ulike spesialiseringer av fagområdet og

det ble etablert avansert forskningsinfrastruktur for fagområdet. Kombinert andre utviklingsbaner innenfor disipliner som er sentrale for fagområdet, er det etablert en faglig basis for studieprogrammet. Nå er det i midlertidig også slik at begrepet nanoteknologi ikke er velkjent utenfor akademia, forskningsinstitutter og relevant næringsliv. I noen litteratur / populærfremstilling er det også slik at mulige negative fasetter kan ha blitt vektlagt for sterkt. I hvilken grad begrepet og studieprogramnavnene, inklusive navn på studieretningene er derfor problemstilling som ble adressert ved spørreundersøkelsen (se kapitlene 4 og F).

2.3 NTNUs portefølje innenfor integrert 5-årig master i teknologi og MTNANO

Utdanningstilbudet innenfor teknologi ved NTNU er omfattende, og her listes de programmer med studieretninger som vurderes til å ligge nærmest i faglig profil til MTNANO. Hensikten med en kort gjennomgang her i deler av denne porteføljen å kunne gi et grunnlag for vurdering av mulig overlapp med tilgrensende studieprogram.

I forhold til MTNANO og studieretningen «Nanoteknologi for materialer, energi og miljø» vurderes mulighetene innenfor materialteknologi (MTMT, integrert femårig; https://www.ntnu.no/studier/mtmt) som mest faglig beslektet. Studieretningene «Materialer for energiteknologi; » https://www.ntnu.no/studier/mtmt/energiteknologi og «Ressurser, energi og miljø», https://www.ntnu.no/studier/mtmt/ressurser-energi-miljo angir begge hovedprofiler som til en viss grad også kan baseres på nanoteknologi. Disse utdanningsretningene av MTMT bygger på en materialteknologisk/kjemibasert emneportefølje, og ikke i like stor grad være flerfaglig slik MTNANO er. Den mer flerfaglig basis i MTNANO programmet er karakterisert ved sterkere innslag av biologiske rettede tema, og de spesifikke nanoteknologiemnene tidlig i studieprogrammet, enn MTMT. I tillegg, er det også en sterkere basis i el.mag.

Når det gjelder MTNANO og studieretningen nanoelektronikk, vurderes det at hovedprofilen «Nanoelektronikk og fotonikk» i studieprogrammet Elektronisk systemdesign og innovasjon, (MTELSYS, https://www.ntnu.no/studier/mtelsys) er den som er faglig mest beslektet. MTNANO vurderes til å en mer flerfaglig innfallsvinkel til nanoelektronikk området enn MTELSYS. MTNANO har emner innenfor materialteknologi, biologiske rettede emner og også de nanovitenskapelige spesifikke, til forskjell fra de mer kretstekniske i MTELSYS.

Studieretningen «Biofysikk og medisinsk teknologi» i studieprogrammet Fysikk og matematikk (MTFYMA, https://www.ntnu.no/studier/mtfyma) er den som vurderes til å være mest faglig beslektet med MTNANO, studieretning bionanoteknologi. Forskjellen på disse finner en i at MTNANO har sterkere innslag av materialteknologi og nanospesifikke emner, MTNANO, studieretning bionanoteknologi har også studieretningsspesifikke obligatoriske emner i 4de årskurs som gjør at har en egen innretning i forhold nevnte studieretning i MTFYMA.

For de tre studieretningene i MTNANO er et videre slik at fordypningsemnet i 5 årstrinn er designet som et emne med som gjennomføres ved laboratorieaktivitet i renrom (NTNU NanoLab). MTNANO er det eneste studieprogrammet ved NTNU som har et slikt renromsbasert emne.

2.4 Relaterte utdanningsprogram innenfor nanoteknologi i Norge og Danmark

2.4.1 Universitetet i Oslo: studietilbud innen nanoteknologi

Universitet i Oslo (UiO) tilbyr bachelor- og masterutdanning innen nanoteknologi. Studieprogrammene er beskrevet under.

Bachelor i Materialvitenskap for energi- og nanoteknologi

Bachelor-programmet gir innsikt i fremtidens energikilder, og fokuserer på hvordan nanoteknologi kan bidra i denne utviklingen. Fokus er tverrfaglig, med basis innen fysikk og kjemi, og inkluderer temaer og metoder for lagring og generering av energi. Effekt av nanoskala størrelse for materialers egenskaper er sentralt, og studiet gir innsikt i hvordan materialer er bygget opp. Studiet inkluderer lab, men spesielt er at de fra starten baserer seg i stor grad på simuleringer/beregningsvitenskap som verktøy. Lenke til studietilbudsside:
https://www.uio.no/studier/program/materialvitenskap/

Master i Materialvitenskap for energi- og nanoteknologi

Programmet er tverrfaglig og slik som bachelorstudiet ved UiO har programmet en tverrfaglig med basis i fysikk og kjemi. Studentene lærer om funksjonelle forbindelser, og det er mulig å fordype seg innen syntese, karakterisering eller modellering. 60 studiepoeng er teoretisk pensum, inkl. krav om et fag innen kvantmekanisk modellering, nanofysikk eller nanokjemi, og 60 studiepoeng er masteroppgave. Link til studietilbudsside:
https://www.uio.no/studier/program/materialvitenskap-master/

2.4.2 Nanoscience Bachelor og kandidat-uddannelsen på Universitetet i Bergen.

Bachelorprogrammet i Nanoscience ved Universitetet i Bergen (UiB) er naturvidenskabeligt (Realfag) funderet med emner inden for kemi, fysik, molekylærbiologi og matematik, og minder ganske meget om det på AU. De nano-specifikke emner omfatter ”NANO100 Perspektiv i nanovitskap og –teknologi (10 SP, semester 1)”, ” NANO161 Innføring i nanoteknologi og –instrumentering (10 SP, semester 4) samt ”NANO244 Material- og nanokjemi” (10 SP, semester 5). Programmet er beskrevet i detalje på siden https://www.uib.no/studier/BAMN-NANO hvor der er link til kursusbeskrivelser.
Sammenlignet med de første tre år af MTNANO er der ved UiB en større vægtlægning af molekylærbiologi og mindre vægtlægning af elektronik og rentrumsfabrikation. Der er et mindre omfang af matematik/statistik-kurser: 20 Studiepoint matematik (alle på første år) modsat 35 studiepoint ved MTNANO. Endvidere er Ex.Phil (10 SP) placeret valgfrit på 4. eller 6. semester, modsat 2. semester på MTNANO. Der er et 10 studiepoeng bachelorprojekt på 6. semester.
Kandidatprogrammet i Nanoscience ved UiB varer 2 år og omfatter 60 studiepoeng kurser og 60 studiepoeng masteropgave. De to kurser NANO300 Seminar i nanovitskap (5 studiepoeng) og NANO310 Nanoetikk (5 studiepoeng) er obligatoriske, øvrige kurser vælges individuelt i samarbejde med en vejleder. Materopgaven er spredt ud over de to studieår. Programmet er beskrevet på siden https://www.uib.no/studier/MAMN-NANO.
Sammenlignet med de sidste to år af MTNANO er den væsentligste forskel ved UiB den større master-opgave (og det tilsvarende fravær af fordybningsemne) samt det obligatoriske seminar-kursus, der behandler kritisk læsning af videnskabelig litteratur og træner de studerende i mundtlig/skriftlig fremstilling. Dertil kommer forskelle i det detaljerede kursusudbud.

2.4.3.Universitetet i Sørøst-Norges studietilbud innen mikro- og nanoteknologi

Institutt for mikrosystemer ved Universitet i Sørøst-Norge (USN) tilbyr utdanning på alle tre nivåer innen mikro- og nanoteknologi. Studieprogrammene er beskrevet under.

Bachelor i ingeniørfag, Elektronikkingeniør med studieretningen Mikro- og nanoteknologi

Bachelor-programmet gir en grunnleggende elektronikk-utdanning med programmering og digitale og analoge elektroniske kretser. Videre fordypningsfag inne mikro- og nano dekker materialteknologi, mikrofabrikasjonsteknikker og mikrosensorer. Studiet har fokus på hvordan anvende og fremstille systemer og teknologi på mikro- og nanoskala og studentene får trening i renromsarbeid.
Link til studietilbudsside:
https://www.usn.no/studier/finn-studier/mikro-og-nanoteknologi/

Master i Mikro- og nanosystemteknologi

Opptakskravet til masterprogrammet er en relevant bachelorgrad innen teknologi med et tilleggskrav om grunnleggende analog elektronikk, matematikk 3, C-krav og engelsk språkkrav. Studiet tilbys som ordinært heltidsstudium (2-årig) og som en industrimaster (3 år i kombinasjon med jobb i bedrift). Programmet er tverrfaglig og studentene lærer hvordan mikro- og nanosystemer designes, produseres og karakteriseres. 50 studiepoeng er obligatoriske og dekker matematikk, mekanikk, elektroniske målesystemer, materialteknologi/halvlederteknologi, mikrofabrikasjon og måle- og karakteriseringsteknologi. Fra andre semester velges spesialisering: *BioMEMS*, *Mikro/nano design*, *Mikro/nano-fabrikasjon* eller *Elektronikk for mikro- og nanosystemer*.

BioMEMS-spesialiseringen omhandler biologiske/biomedisinske MEMS der biologisk materie inngår. Studentene lærer hva for verktøy som kreves for å produsere bioMEMS enheter (silisiummikrofabrikasjonsmetoder, samt soft-litografiske prosesser), viktige biokjemiske prosesser, cellestruktur, biologiske påvisningsmekanismer, biokompatibilitet og biofouling. Anvendelse innen screening, diagnostikk, overvåking og terapi er også en viktig del av studieretningen.

De øvrige spesialiseringene har et felles kurs i design av mer tradisjonelle mikroelektromekaniske systemer og analyse og fremstilling av slike enheter. Studentene lærer modellering av MEMS-enheter basert på multifysikk og analyse ved hjelp av ekvivalent krets simulering og elementmetoden. Både tradisjonelle design caser og nyere fremskritt innen feltet gjennomgås.

Studenter som velger fordypning innen *Mikro/nano design* retningen går mer i dybden når det gjelder fysikken, modellering og design av MEMS-enheter basert på piezoresistive og kapasitive sensor-prinsipper. Hvordan dette anvendes for spesifikke applikasjoner er også sentralt.

Spesialisering innen *Mikro/nano-fabrikasjon* omhandler pakketeknologi, eller system-integrasjonsteknologi, og refererer til alle prosessene som trengs for å gjøre et mikrosystem-/mikroelektronikk-brikke eller -skive til et endelig produkt. Dette inkluderer montering, konnektering og innkapsling både på brikke- og skivenivå. Materialteknologi, termiskmekaniske egenskaper og pålitelighet er også temaer som dekkes.

Fordypning innen *Elektronikk for mikro- og nanosystemer* har fokus på front-end analoge kretser for MEMS-sensorer. Ulike sensorer og sensorsignaler gjennomgås og man ser på grensesnitt, kalibreringsteknikker og feilkilder, men også egenskaper ved front-end-kretser som støy, impedans, båndbredde og forsterkning.

Masteroppgaven er på 40 studiepoeng og skal gi en ytterligere fordypning innen den spesialiseringen som er valgt.

Valgemner utgjør 10 studiepoeng, og i tillegg til spesialiseringsemnene tilbys emner som *Optikk for MEMS*, *Varme og massetransport i mikro- og nanosystemer* og *Akustikk og ultralydteknologi*.

Link til studietilbudsside:
https://www.usn.no/studier/finn-studier/master-i-mikro-og-nanosystemteknologi/

Infrastruktur

USN har et renrom (ISO 5) på 400m^2 som inneholder utstyr for deponering, mønstring, etsning, sammenstilling og konnektering. I tillegg finnes laboratorier for materialbehandling og -karakterisering, måling (elektrisk og optisk) samt BioMEMS-laboratorier for forskning på biologiske systemer. Det finnes også utstyr for enkel miljøtesting av elektronikk. Labene er en av nodene i norsk infrastruktur for mikro- og nanofabrikasjon (NorFab) sammen med NTNU NanoLab, UiO og SINTEF MiNaLab.

MST-lab:
https://www.usn.no/forskning/hva-forsker-vi-pa/teknologi/micro-and-nanoelectromechanical-systems/mst-lab/

Norfab: https://www.norfab.no/lab-facilities/usn-mst-lab/

2.4.4. Nanoscience Bachelor- og kandidat-uddannelsen på Aarhus Universitet

Bachelor- og kandidatuddannelsen i nanoscience ved Aarhus Universitet (Danmark) er forankret ved Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO). Bacheloruddannelsens obligatoriske program består af kernestof relevant for nanoscience inden for søjlerne fysik, kemi, molekylærbiologi og matematik. Hertil kommer en række dedikerede kursusmoduler indenfor nanoscience, inklusiv nogle med fokus på eksperimentelt arbejde. Programmet er beskrevet i detalje på http://bachelor.au.dk/nanoscience/ (under "Uddannelsens opbygning").
Den obligatoriske søjle i fysik omfatter klassisk mekanik og termodynamik, elektromagnetisme og optik, kvantemekanik, samt statistisk fysik og faststoffysik. Kemisøjlen omfatter almen kemi, uorganisk stofkemi, organisk kemi, fysisk kemi og kemisk termodynamik, samt kemisk binding og spektroskopi. Søjlen i biologi/molekylærbiologi indeholder en bred introduktion til cellens struktur og cellulære processer, grundlæggende molekylærbiologi samt biologiske makromolekyler og biokemi.
Det dedikerede kursusprogram indenfor nanoscience starter med en introduktion til nanoscience på første år indlejret i kurset Biologi for Nanoscience. På andet år følge Eksperimentelle nanoøvelser 1 og 2, hvor der bl.a. laves øvelser i iNANOs forskningsrupper. Kurset Nanokarakterisering på 3. studieår dækker elektronmikroskopi, røntgenspredning, scanning probe metoder, elektron/røntgenspektroskopi og optik samt illustrerer teknikkernes anvendelsesmuligheder i interdisciplinær nanoscience. I det efterfølgende kursus Nanosyntese og Nanomaterialer gennemgås en række centrale syntesemetoder og materialeklasser indenfor nanoscience inklusiv rentrum-baserede lithografi-teknikker, uorganiske/organiske nanopartikler, biologisk self-assembly samt hybride nanomaterialer. Bacheloruddannelsens eksperimentelle forløb afsluttes med et 10 ECTS bachelorprojekt på sidste semester.
Kandidatuddannelsen i nanoscience består af 60 ECTS kurser fulgt på 4. studieår samt et 60 ECTS speciale på 5. studieår. Kursusprogrammet sammensættes individuelt inden for en af flg. fire specialiseringsretninger:

- Nanomaterials
- Biomedical Nanotechnology
- Structural Biology and Biophysics
- Organic Nanochemistry/Soft Matter

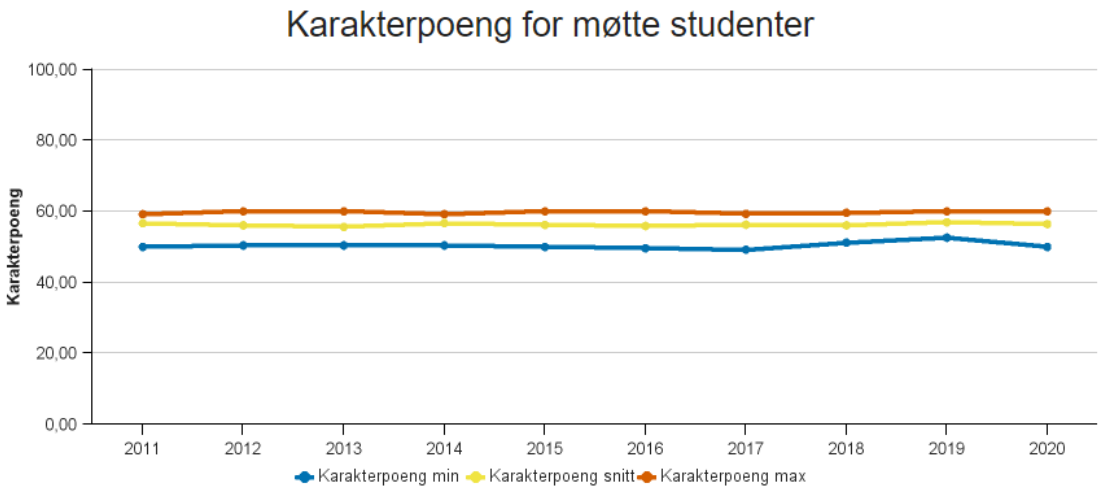
Alle specialiseringer inkluderer kurset "Trends in Nanoscience – Communication and Entrepreneurship" der kombinerer selvstændig mundtlig præsentation af et fagligt emne med ide-generering/forretningsudvikling inden for emnet.

Sammenlignet med MTNANO er der en større vægtning af molekylærbiologi-orienterede fag i nanoscience programmet ved AU, og en mindre vægting af elektronik og rentrums-fabrikation. Indholdet af de nano-specifikke fag er meget sammenligneligt. AU-programmet har et 10 ECTS bachelorprojekt og 60 ECTS speciale, modsat 30 ECTS masterprojekt ved NTNU, hvor der til gengæld også er et 30 ECTS fordybningsemne.

2.5 Nøkkeltall om MTNANO ved NTNU

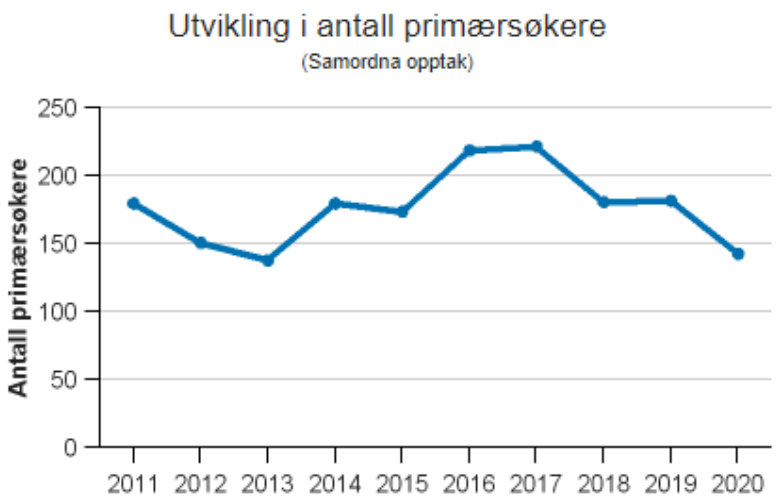
Studieprogram nanoteknologi er et 5-årig integrert studieprogram som leder fram til graden Master i teknologi / Sivilingeniør i nanoteknologi. Studieprogrammet er et tverrfaglig studieprogram hvor Fakultet for naturvitenskap, Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk, Fakultet for ingeniørvitenskap, Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk og Fakultet for medisin og helsevitenskap samarbeider. Fakultet for naturvitenskap er vertsfakultet for studieprogrammet.

MTNANO har helt siden opprettelsen av studieprogrammet i november 2005, med første opptak fra og med studieåret 2006/2007, hatt høye opptakskrav (Figur 1) og vært et av de studieprogrammene ved NTNU med høyest opptaksgrense. Rekrutteringen til studieprogrammet har i alle år vært meget god. Poenggrensen for å få tildelt studieplass i 2020 var 61,1 i førstegangskvoten og 62,2 i ordinær kvote.



Figur 1. Karakterpoeng fra videregående skole, uten tilleggspoeng (realfagpoeng, alder, utdanning osv.). Maks. karakterpoeng fra videregående skole er 60. Kilde: BEVISST Innsikt, NTNU: Datagrunnlag for NTNUs kvalitetsmelding for utdanning, 19.03.21.

I 2020 var det i underkant av 150 søkere som hadde studieprogrammet som sitt førstevalg. Figur 2 viser utviklingen i antall primærsøkere i perioden 2011-2020.

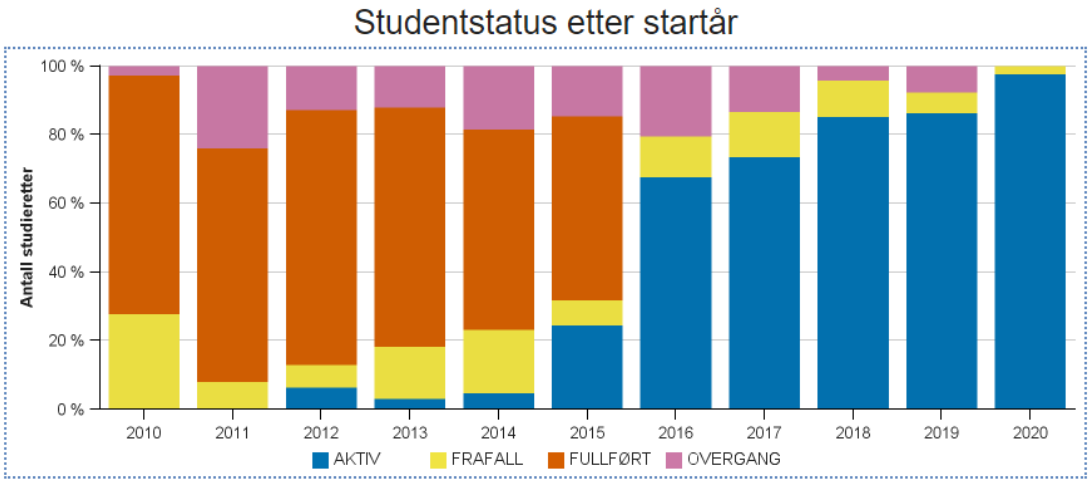


Figur 2. Søkere som har MTNANO som sitt førstevalg i perioden 2012-2020. (Kilde: BEVISST Innsikt, NTNU: Datagrunnlag for NTNUs kvalitetsmelding for utdanning, 19.03.21).

Opptaksrammen (antall studieplasser) var på 40 plasser og det var 40 studenter som møtte til semesterstart i august.

Frafall

Selv om nanoteknologi er et populært studium å søke seg til, så er det frafall også for dette studieprogrammet (Figur 3). Det er to typer frafall, 1) de som slutter helt på studiet (for MTNANO: ca. 10-15 %). Dette er studenter som slutter for å søke seg inn på helt andre studier, eller de ønsker å gjøre noe annet. I tillegg er det 2) frafall på grunn av at studenter søker overgang til et annet studieprogram ved NTNU (for MTNANO: ca. 10-20 %). Den sistnevnte kategorien frafall er mest vanlig, og de fleste MTNANO-studentene søker seg over til et annet sivilingeniørprogram ved NTNU (f.eks. datateknologi, kybernetikk og robotikk).



Figur 3 viser frafall til MTNANO. Kilde: BEVISST Innsikt, NTNU: Datagrunnlag for NTNUs kvalitetsmelding for utdanning, 19.03.21

Antall uteksaminerte kandidater:
I perioden 2017 – 2020 har det vært mellom 17 og 25 kandidater som har fullført studiet hvert år.

Studiebarometeret 2020:
Studiebarometeret er en nasjonal spørreundersøkelse i regi av NOKUT som blir sendt ut til ca. 70 000 studenter hver høst. Undersøkelsen spør om studentenes oppfatninger om kvalitet i studieprogrammer ved norske høyskoler og universiteter.
Formålet med Studiebarometeret er å styrke arbeidet med kvalitetsutvikling i høyere utdanning og gi nyttig informasjon om studiekvalitet. Spørreundersøkelsen sendes til studenter i 2. og 5. årskurs. Antall MTNANO-studenter som svarte på undersøkelsen: 51 studenter (75 %).

Tabell 1. Oppsummering endringer fra 2019-2020 for MTNANO-studenter
Skala 1-5 (1 = liten grad/ikke tilfreds; 5 = i stor grad /svært tilfreds)

	2019	**2020**
Undervisning (engasjerende, formidling av lærestoff, studentaktiv)	3,1	3,3
Tilbakemeldinger (fra faglig ansatte/veiledere)	3,3	3,2
Forventninger (fra faglig ansatte til studentene)	3,0	3,2
Læringsmiljø (sosialt og faglig)	4,3	4,4
Organisering (av timeplaner, studieplan, sammenheng mellom emner osv.)	3,4	3,4
Tilknytning til arbeidslivet	2,6	2,9
Inspirasjon (studieprogrammets evne til å inspirere)	4,0	3,9
Overordnet tilfredshet (alt-i-at-tilfredshet)	4,5	4,2
Eget engasjement (motivasjon for egeninnsats forberedt til undervisning osv.)	3,9	3,9
Tidsbruk (læringsaktiviteter + egenstudier	42,7	39,5
Vurderingsformer	4,1	4,1
Eget læringsutbytte	3,9	4,0
Medvirkning (innspill på innhold og opplegg i studieprogrammet)	3,6	3,8
Digitale verktøy		3,3 (ny)

Kilde: Studiebarometeret 2020 (studiebarometeret.no).

MTNANO har spesielt høy score når det gjelder godt læringsmiljø (sosialt og faglig). Studieprogrammet scorer også bra på alt-i-alt-tilfredshet.

Tabell 1 viser at MTNANO har lavest score når det gjelder arbeidslivsrelevans, tilbakemeldinger, undervisning og bruk av digitale verktøy. Dette er sentrale temaer for dybdeevalueringen av studieprogrammet.

3. MTNANO programdesign

3.1 Faglig progresjon

Innenfor disse rammene er MTNANO designet som et nanoteknologisk studieprogram med en tverrfaglig profil, med mulighet til økende grad av fordypning innenfor delområder ved valg av studieretning (etter fem semester), og også ved studentenes valg av emner innenfor hver studieretning.

Emnene som inngår i programmet de første tre årene er for en stor del obligatoriske. I tillegg er det et lite antall emner som er etablert ut fra behovet i MTNANO alene. Dette gjelder TFY 4350 Nanoteknologi introduksjon, TMT4320 Nanomaterialer, TKJ4215 Statisk termodynamikk i kjemi og biologi, TFY4330 Nanoverktøy og TFY4335 Bionanoteknologi. Disse emnene er uthevet i oversikten i Tabell 1. De øvrige emner i de tre første årene av studieplanen til MTNANO er emner som også inngår i andre studieprogram. Dette innebærer også et studentene i MTNANO følger emner sammen med studenter fra andre studieprogram. Selv om flere av disse emnene er av mer generisk karakter enn de som er spesifikt for MTNANO, vil det også være slik at studieprogramspesifikk relevans ikke er sterkt synlig, f.eks som spesifikke øvinger.

Tabell 2. Oversikt over emner i studieprogram MTNANO

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		
4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V
	5 Høst	Valgbart emne	TFY4335 Bionanovitenskap	TFY4330 Nanoverktøy	TMT4320 Nanomaterialer
2	4 Vår	TBT 4170 Bioteknologi	TFE4120 Elektromagnetisme	TFY4120 Fysikk II	TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi
	3 Høst	TMA 4130 Matematikk 4N	TMA 4240 Statistikk	TFY4185 Måleteknikk	TMT 4185 Materialteknologi
1	2 Vår	TMA 4105 Matematikk 2	TMA 4115 Matematikk 3	EX PH0300 Ex Phil, Natur&Tek	TMT4110 Kjemi
	1 Høst HMS Grunnkurs	TMA 4100 Matematikk 1	TFY4115 Fysikk	TDT 4110 Info.tekn gk	TFY4350 Nanoteknologi Intro

I vedlegg B er emner som inngår i studieprogrammet listet opp både når det gjelder de obligatoriske og valgbare emnene. Helt siden oppstarten av studieprogrammet har det vært godt samspill mellom studenter i ulike årskull i MTNANO. I tidligere evaluering er det pekt på at den relativt begrensede størrelse på kullene kan være av betydning i denne < sammenheng, samt andre faktorer som aktivitet i regi av linjeforeningen Timini (10^{-9}).

3.1.1 År 1

Emnene i første året er matematikk, grunnleggende informasjonsteknologi, kjemi, fysikk, introduksjon til nanoteknologi og Examen philosophicum for naturvitenskap og teknologi. Emnene i første semester er generelt introduksjonsemner til informasjonsteknologi og to naturvitenskapelige disipliner som også underbygger nanoteknologi som fagområde. Inkludering av fysikk og kjemi i MTNANO og tidlig i studiet er ikke primært basert på at disse fagområdene er grunnleggende for nanoteknologi, men de representerer en grunnleggende naturvitenskapelig basis for teknologiområdet generelt. Dette reflekteres til dels også i innholdet i disse to emnene, som da ikke retter seg i særdeleshet mot de delene av fagområdene som er mest relevant for MTNANO studenter. Den siste tiden har de i regi av ACT! Prosjektet blitt satt søkelys på videreutvikling av matematikkundervisningen (Ref: FTS delrapport 1), blant annet ved utvikling av digitale læringsressurser, og i den seinere tid også studieprogramtilpasning av grunnleggende matematikkemner. Piloten for studieprogramtilpasningen gjennomføres høsten 2020 for studieprogrammene MTELSYS og MTKJ. Resultater fra dette arbeidet og videre planer for tilpasning til alle teknologiprogrammene er ikke kjent.
Emnet TFY4350 Introduksjon til nanoteknologi erstattet et tidligere emne TFE4220 Introduksjon til nanoteknologi fra 2016. I denne versjonen av dette studieprogramspesifikke introduksjonsemne er det gitt en mer helhetlig tilnærmelse til fagfeltet.

Emnene i det første året vurderes til å følge en naturlig oppbygging av basiskunnskap rettet inn mot fagfeltet. En utfordring knyttet til den angitte studieplanen er plassering av fysikk emnet i 1te semester som gis før deler av matematikken som anvendes der er gjennomgått. Denne problemstilling vil utredes ytterligere høsten 2020 for eventuelt endring i rekkefølge på emner, med første mulighet for endring høsten 2021. Til tross for at denne konstellasjonen gjør at studentene opplever faget som krevende, er det også slik at resultatene studentene oppnår i dette fysikkemnet ikke står noe tilbake i forhold til resultater oppnådd i generelle fysikkemner som inngår i høyere årskurs i andre sivilingeniørprogram. Tidligere har det vært pekt på faktorer som generelt svært gode forkunnskaper, dyktige studenter og ekstra læringsaktiviteter, bidrar til at MTNANO studentene oppnår gode resultater også dette emnet. Emnet TMT4110 Generell kjemi er et introduksjonsemne innenfor kjemi vurdert til å være på rett faglig nivå, og bidrar til en god, relevant base som underbygger både spesifikke emner innenfor materialer som inngår i studieprogrammet, og nanoteknologi mer generelt.

Emnet EXPH0300 Examen philosophicum for Naturvitenskap og teknologi gjennomføres i vårsemesteret i første årskurs. I henhold til emnebeskrivelsen gir dette emnet en introduksjon til problemstillinger innen kunnskaps- og vitenskapsteori, etikk og politisk filosofi, hvor varianten rettet mot naturvitenskap og teknologi legger vekt på vitenskapsteoretiske temaer av spesiell relevans for matematisk-naturvitenskapelige fag og teknologi, samt forholdet mellom vitenskap, teknologi, etikk og samfunn. Studenter i MTNANO får også en første introduksjon til dette faglige området ved at det er en modul av dette tema spesielt rettet mot nanoteknologi i Nanoteknologi introduksjon. En refleksjon som er nedfelt i evalueringsrapporten fra 2016 av studieprogrammet er plassering av det vitenskapsteoretiske emnet seinere i studieforløpet trolig ville være gunstig for bedre læringsutbytte.

3.1.2. År 2

Introduksjonen til de grunnleggende tema innenfor kjemi, fysikk og matematikk blir ferdigstilt i løpet av det andre studieåret, og en starter også med noen tema som kan sies å bygge opp under de tre studieretningene som studentene kan velge mellom seinere. Dette

gjelder fagområder som materialteknologi (TMT4185 Materialteknologi), bioteknologi (TBT 4170
Bioteknologi) elektromagnetisme (TFE4120 Elektromagnetisme). Emnet TKJ4215 Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi, et av emnene som ble etablert opprinnelig ut fra særlig behov for MTNANO, retter seg spesielt inn mot tema innenfor varmelære for små systemer. En utfordring knyttet til organisering av emnene er at det ikke er en gjennomgående streng med spesifikke nanoteknologi emner gjennom de fire første semester. De nanospesifikke emnene i denne dele av studieprogrammet er i Nanoteknologi introduksjon og Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi.

3.1.3 År 3

Studentene velger studieretning med start i 6 semester. Emnene som inngår i studieplanen i 5. semester er mer spesialiserte emner innenfor ulike tema innenfor nanoteknologi. Mer spesifikt er de obligatoriske emnene i 5. semester TMT4320 Nanomaterialer; TFY4330 Nanoverktøy og TFY4335 Bionanovitenskap. Nanoverktøy er et emne rettet mot karakteriserings- og struktureringsteknikker med romlig oppløsning mindre enn 100 nanometer, som er for nanovitenskap og teknologi. Dette tema er av generisk karakter innenfor fagfeltet og vurderes å understøtte alle spesialiseringene. Emnet TMT4320 Nanomaterialer gir en innføring i grunnleggende kjemiske og fysiske prinsipper som ligger til grunn for fabrikkering av uorganiske nanomaterialer (nanopartikler, nanorør, nanotråder, tynne filmer, nanoporøse materialer).
TFY4335 Bionanovitenskap omfatter molekylære og cellulære aspekter av biofysikk som er nødvendig for anvendelser i bionanoteknologi; hvor konkrete anvendelser som bionsensorer, nanomedisin og mikrokanaler er angitt. Studieplanen inkluderer videre et emne som kan velges i 5. semester. Her forutsettes det at TKJ4102 Organisk kjemi, grunnkurs velges for av studenter som skal velge studieretningene bionanoteknologi eller nanoteknologi for materialer, energi og miljø.

3.1.4 Studieretninger.

De første 5 semester av studieprogrammet MTNANO gir ett flerfaglig grunnlag innenfor nanoteknologi, noe som også gir en god basis for spesialisering videre i studiet. Studenter i MTNANO kan velge mellom tre ulike spesialiseringer, men har samtidig også mulighet til å påvirke den faglige innretning av sin porefølge. På bakgrunn av et relativt lite antall studenter som tas opp til studieprogrammet, er det tidligere vurdert at 3 hovedretninger er tilstrekkelig.

Bionanoteknologi

Studieretningen gir en innføring i grunnleggende nano- og mikroaspekter innenfor bionanovitenskap, basert på fagsammensetning som kombinerer kunnskap fra biofysikk, fysikk, medisin, bioteknologi og materialteknologi, kombinert med opplæring og arbeid i NTNUs renromsfasiliteter. Studentene kan velge bredt både i teknologiske og livsvitenskapelige/medisinske fag. Utbyttet vil være tverrfaglig kompetanse for biologisk inspirerte nanomaterialer, biosensorer, modellsystemer, høyoppløsnings bildedannelse, terapeutiske tilnærmingsmåter, biokompatibilitet etc.

Emnene som inngår i programmet:

TBT4110 – Mikrobiologi.
Emnet gir en innføring oppbygning av og karakteristiske egenskaper hos prokaryote mikroorganismer, dvs. Bacteria og Archaea.

TBT4135 – Biopolymerkjemi.

Emnet omhandler kjemisk struktur, fysiske dimensjoner og kjedestivhet. Konformasjoner og konformasjonsoverganger. Termodynamiske egenskaper hos biopolymerer med hovedvekt på polyelektrolytter.

TFY4195 – Optikk.
Geometrisk optikk. Grunnleggende optiske avbildningssystemer: øye, kamera, teleskop, mikroskop. Matrisebeskrivelse av avbildningssystemer. Elektromagnetiske bølger. Bølgeteori og polarisasjon. Koherente og ikke-koherente lyskilder. Totalrefleksjon og optisk bølgeledning. Interferens og diffraksjon i fjernfelt.

TFY4265 – Biofysiske mikroteknikker.
Emnet gir en grundig innføring i virkeprinsippet til et utvalg måleinstrument som er viktige for studier av biologiske makromolekyler, celler og andre myke materialer

TKP4115 – Overflate og kolloidkjemi.
Emnet gir en oversikt over ulike kolloidale system og deres karakteristiske egenskaper. Videre gis det en innføring i grenseflatefenomen og intermolekylære krefter.

TMM 4175 - Plastkompositter.
Emnet har hovedfokus på relevante tema for mekanisk design og konstruksjon der polymerbaserte komposittmaterialer anvendes.

MOL3014 – Nanomedisin I – bioanalyse. (obligatorisk).
Emner dekker bioanalytiske anvendelser av mikro- og nanoteknologi utenfor kroppen, slik som biosensorer, høyoppløsnins bildedannelse, mikrofluidikk, mikrofabrikering, imaging, overflate biofunksjonalisering, 3D-printing og organs-on-chips. Litteraturoppgave.

MOL3015 - Nanomedisin II – terapi. (obligatorisk).
Emnet dekker terapeutiske anvendelser/aspekter av mikro- og nanoteknologi inne i kroppen, med hovedvekt på nanoskala drug delivery systems (medikamentlveringsystemer), tissue engineering (vevskonstruksjon og regenerering) og nanotoksikologi. Litteraturoppgave.

MOL3018 – Medisinsk toksikologi.
Farmakokinetiske modeller av toksiske kjemikalier med spesiell fokus på metoder for å bedømme menneskelig eksponering mot kanserøse og ikke-kanserøse agens.

MOL3005 – Immunologi.
Grunnleggende immunologi på cellulært og molekylært nivå, inkludert grunnleggende immunologiske mekanismer, betennelser, vaksinering, allergi, autoimmunitet, kreftimmunologi.

NEVR3001 – Basal nevrovitenskap.
Grunnleggende molekylær, cellulær og elektrofysiologiske mekanismer for sentralnervesystemets organisering, struktur og funksjon, inkludert grunnleggende nevrobiologi, cellemembran biofysikk, synaptisk overføring og nevroplastisitet samt molekylærgenetiske metoder. Litteraturoppgave.

TFY4260 – Cellebiologi og cellulær biofysikk (obligatorisk)
Struktur/funksjon til celler, kvantitativbeskrivelse av cellulære prosesser, transport, cellekinetikk, membran potensial, cellestress, sentrale eksperimentelle metoder. Praktisk laboratoriearbeid (6 ulike oppgaver, cellekultur, mikroskopi, membranpotensial mfl) med vitenskapelig rapport.

Nanoelektronikk

Studieretningen Nanoelektronikk fokuserer på teori rundt elektroniske og fotoniske egenskaper hos metall- og halvlederstrukterer, og tar for seg kvanteeffekter i systemer på nanometerskala.

Utover de fagene som er felles for alle studieretningene, inneholder denne retningen et utvalg timeplankoordinerte fag som studentene kan velge mellom. Obligatoriske fag i 4. årskurs er unngått for å gjøre det lettere å ta dette studieåret ved et utenlandsk universitet. Dette er det også mange studenter som gjør.
De timeplankoordinerte valgbare emnene på studieretning Nanoelektronikk er kort gjort rede for nedenfor.
3.klasse høst
TFE4146 – Halvlederkomponenter: (O)
Emnet gir en detaljert innføring i de viktigste klasser av elektroniske halvlederkomponenter.
3. klasse vår
TFY4235 - Numerisk fysikk: (VA)
Emnet gir kunnskap om et utvalg av numeriske metoder og hvordan disse kan anvendes for å løse problemer innen ulike områder av fysikk.
TDT4102 Prosedyre- og objektorientert programmering: (VA)
IT-fag som gir grunnleggende og praktisk orientert programmering med programmeringsspråket
TFE4130 Bølgeforplantning: (VA)
Fag som tar for seg matematisk behandling av elektromagnetiske og akustiske bølger.
4. klasse høst
FY2045 - Kvantemekanikk I: (VA)
Fag som tar for seg de sentrale delene av kvantemekanikk, grunnpostulat og viktige kvantemekaniske teorem.

FY3114 - Funksjonelle materialer: (VA)
Emnet gir kandidaten kunnskap om funksjonelle materialer, som er materialer som har én eller flere egenskaper som kan forandres på en kontrollert måte av ytre stimuli.
TFE4161 - Fotonikk I: (VA)
Elektromagnetisk optikk, polarisasonsoptikk, optiske bølgeledere, kontroll av lys, fotoniske komponenter og anvendelser innen optisk sensor- og måleteknikk.
TFE4169 – Nanoelektronikk: (VA)
Emnet behandler spesialiserte tema innen moderne nanoelektronikk.
TFY4205 - Kvantemekanikk II: (VA)
Videregående fag i kvantemekanikk som blant annet tar for seg approksimasjonsmetoder, spredningsteori, atomer og elektroner i magnetfelt, målinger og fortolkninger i kvantemekanikk og en introduksjon til elektronbånd i materialer.
4. klasse vår
TFE4166 - Fotonikk II: (VA)
Emnet skal gi studentene en grundig forståelse av fysiske prinsipper og effekter som danner grunnlaget for fotoniske komponenter og systemer.
TFY4210 - Kvanteteorien for faste stoffer: (VA)
Emnet gir studentene en videreføring og utfylling av stoffet i emnene FY2045/TFY4250 Kvantemekanikk I og TFY4205 Kvantemekanikk II.
TFY4245 - Faststoff-fysikk, videregående kurs: (VA)
Videregående kurs i faststoff-fysikk som tar for seg blant annet elektrodynamikk, superledning, dielektriske og magnetiske egenskaper, redusert dimensjonalitet, faseoverganger, kritiske fenomener, midlere feltteori, lineær respons-teori og mikroskopisk dynamikk.
TFY4340 – Nanofysikk: (VA)
Dette kurset vil ta for seg noen av de mest sentrale nano-skala-fenomenene, der både klassisk fysikk og kvantemekanikk benyttes i forståelsen.
5. klasse høst
TFE4575 - Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering, fordypningsemne: (M1A)
Kurset inneholder modulkurs ved NTNU NanoLab.

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø

Studieretningen fokuserer på formidling av kjemiske og fysiske prinsipper som bestemmer egenskaper av nanomaterialer og hvordan man kan lage disse. Kunnskap i metoder brukt for å produsere og karakterisere ulike typer nanostrukturer ble formidlet. I tillegg settes også fokus på de sosiologiske, økologiske, økonomiske og politiske faktorene som spiller inn når miljøutfordringene skal møtes og løses.

Emner som inngår i studieretningen (valgbare og obligatoriske):

TKJ 4205 Molekylmodellering
: Introduksjon til beregningsmetoder basert på molekylær kvantemekanikk, statistisk mekanikk og informatikk med fokus på molekylære systemer.

TKP 4155 Reaksjonskinetikk og katalyse
: Katalyse som nøkkelteknologi i bærekraftig kjemisk prosessindustri, ved energiproduksjon og i miljøteknologi.

TMT 4155 Heterogene likevekter
: Innsikt i energi og massebalanser, kjemisk termodynamikk, inklusive løsningers termodynamikk, kjemisk potensial og kjemisk aktivitet og standardtilstander i termodynamikken samt Gibbs faselov inklusive konstruksjon og bruk av faselikevekter for en, to og trekomponentsystemer.

TMT 4145 Keramisk materialvitenskap
: Oversikt over egenskaper, framstilling og konstruksjon med keramer inklusive nanostrukturerte keramer, filmer og belegg.

TKT 4146 Nanomekanikk
: Fokus på «state-of-the-art» innen vitenskapelig utvikling og oppdagelser innen både beregningsorientert og eksperimentell nanomekanikk, og studiet av mekaniske egenskaper hos materialer og strukturer med størrelse ned til nano meter skala.

TMT 4322 Solceller og fotovoltaiske nanostrukturer
: Fokus på elektronstruktur til halvledere og nanostrukturerte materiale, optiske prosesser, forskellige typer celler

TFY 4300 Energi- og miljøfysikk
: Metoder og det fysiske grunnlaget for å utnytte tradisjonelle (fossile brensler og kjernekraft) og fornybare energikilder (sol, vind, biomasse, havbølger, tidevann og geotermisk energi).

TMT 4222 Metallenes mekaniske egenskaper
: Eksperimentelle teknikker for karakterisering av mekaniske egenskaper, innføring i dislokasjonsteori, relasjonene mellom mikrostruktur og mekaniske egenskaper

TKP 4190 Fabrikasjon/anvendelse av nanomaterialer (obligatorisk)
: Termodynamiske grunnlaget og kinetikken for nukleering og vekst av nanopartikler med fokus på felling fra væskesystemer

TMT 4245 Funksjonelle materialer
: Innføring i fundamentale sammenhenger mellom kjemisk sammensetning, krystallstruktur og funksjonelle egenskaper for uorganiske materialer.

TFY4205 - Kvantemekanikk II
: Videregående fag i kvantemekanikk som blant annet tar for seg approksimasjons-metoder, spredningsteori, atomer og elektroner i magnetfelt, målinger og fortolkninger i kvantemekanikk og en introduksjon til elektronbånd i materialer.

TFY 4245 Faststoff-fysikk

Videregående kurs i faststoff fysikk som tar for seg blant annet elektrodynamikk, superledning, dielektriske og magnetiske egenskaper, redusert dimensjonalitet, faseoverganger, kritiske fenomener, midlere feltteori, lineær respons-teori og mikroskopisk dynamikk.

TMT 4166 Eksperimentell material- og elektrokjemi
Elektrokjemiske målemetoder, keramiske arbeidsmetoder, skannig elektron-mikroskopi og electron backscatter diffraction

TKP 4130 Polymerkjemi
Innføring i polymerkjemi basert på syntesemekanismer tilknyttet kjede- og trinnpolymerisajon, inkludert avanserte syntesemetoder som ATRP (Atom Transfer Radical Polymerization), levende polymerisasjon, og koordinasjonspolymerisering.

TKP 4180 Biodrivstoff og bioraffinering
Kjemisk oppbygning av råstoffet og relevante kjemiske reaksjoner, framstilling av biodrivstoff, bioraffinering, biokompositter, industrielle prosesser basert på biologisk råstoff.

TMM 4175 Plastkompositter
Emnet har hovedfokus på relevante tema for mekanisk design og konstruksjon der polymerbaserte komposittmaterialer anvendes.

3.1.5 Mastergradsoppgaver

En 30 studiepoengs mastergradsoppgave gjennomføres i 10de semester i alle 5-årig integrerte studieprogram innenfor teknologi ved NTNU. Studentene i MTNANO programmet gjennomfører denne under veiledning fra ulike fagmiljøer. I tillegg til fagmiljøer ved de tre fakultetene som er angitt i kap. 2.2 er det også andre fagmiljøer, eller samarbeid med eksterne partnere. I vedlegg C gis det en oversikt over fullførte masteroppgaver fra årene 2016 – juli 2020 for studenter som har gjennomført studieprogrammet MTNANO.

3.1.6 Nano-specifikke emner ved MTNANO på NTNU

Med henblik på dybere at forstå hvordan nanovidenskab og –teknologi indgår i MTNANO havde panelet en session hvor uddannelsens portefølje af direkte nano-relaterede kurser blev præsenteret af de respektive faglærere. Præsentationen rakte fra et indledende kursus med introduktion til nanoteknologi på første semester og et dedikeret kursus i statistisk fysik/kemi for nanosystemer på andet studieår, over kurser i nanomaterialer og nano-værktøjer samt biofysik for nanosystemer på 3. studieår og til et halv-årligt fordybningsemne på 4. studiår med stærkt fokus på anvendelse af NTNUs nanofabrikationsfacilitet. Kurserne beskrives kort nedenfor.

<u>TFY4350 Nanoteknologi Introduksjon: Pawel Sikorski</u>
Kurset er placeret på første semester, og giver de studerende en grundig forståelse af hvad nanoteknologi er, herunder sammenhængen til de underliggende fagdiscipliner. Kurset har bl.a. et historisk perspektiv hvor opdagelser, der ledte til nanoteknologi, belyses gennem originale forskningsartikler. Emnevalget er interdisciplinært og dækker kulstof nanomaterialer, nano-tools (SPM og Lithografi), nanoelektronik, self-assembly (DNA Origami), lab-on-a-chip samt nano-etik. Flere af kursets emner tages op igen senere på uddannelsen i større detalje.

<u>TKJ4215 Statistisk termodyn. i kjemi og biologi: Per O Åstrand</u>
Kurset er udviklet specielt til MTNANO og har som målsætning at anvende statistisk termodynamik som en introduktion til termodynamik (modsat klassisk termodynamik med fokus på varme, PV-arbejde etc.). Kurset behandler Maxwell-Boltzmann statistik, entropi og tilstandssummer med fokus på systemer taget fra kemi og biologi (Fermi-statistik for elektroner i

metaller/halvledere som relevant for faststoffysik dækkes dermed ikke). En række meget nano-relevante fænomener behandles, herunder overfladeadsoprtion og katalyse, Michaelis-Menten enzym-kinetik, polymerblandinger/foldning og elektrokemi. Et sådant dedikeret kursus i statistisk fysik/kemi for nanosystemer er et stærkt koncept.

TMT4320 Nanomaterialer: Sverre Magnus Selbach

Kurset giver en indføring i uorganisk materialekemi og indeholder også en kort introduktion til relevante karakteriseringsmetoder (der er ikke et lab-element i kurset). Kursets primære fokus er på syntesemetoder og morfologi samt på effekter af størrelse og dimensionalitet (1D, 2D og 3D), hvilket er helt centralt for nano- og meso-materialer. Der dækkes en lang række relevante syntesemetoder og principper incl. kolloid syntese, deponeringsteknikker og lithografi-teknikker. Nanoteknologiske anvendelser dækkes i mindre grad indenfor f.eks. katalyse, nanokompositter, sensorer samt miljø- og sundhedsmæssige aspekter af nanopartiker/materialer. Da kurset er fokuseret på uorganisk materialekemi er der nogle nano-relevante materialer/synteseprincipper som ikke dækkes, såsom SAMs/polymerer, bio-uorganiske hybrid-materialer (knogler etc.), og biologisk inspireret self-assembly.

TFY4330 Nanoverktøy: Magnus Nord

Kurset omhandler centrale teknikker indenfor nanoteknologi til karakterisering og strukturering med høj rumlig opløsning (bedre end 100 nm), herunder elektron- og skanning probe mikroskopi samt lithografiteknikker. Der er et stærkt hands-on element med laboratorie-træning. Som et innovativt koncept studeres en kommerciel mikro-chip (CPU) med en suite af teknikker, hvorved dens teknologi-generation og de anvendte fabrikationsprocesser kan identificeres. Fremadrettet planlægges også at inddrage Focused Ion Beam (FIB) teknikken til at nanostrukturere en magnetisk tyndfilm.

TFY4335 Bionanovitenskap: Catharina Davies

Kurset omhandler biofysik på cellulært og molekylært niveau som er central inden for nanoteknologi, herunder fysiske modeller for entropiske og elektrostatiske kræfter i opløsning, diffusion, væskers egenskaber på mikro- og nanoskale, molekylær selv-organisering, molekylære motorer og bio-elektricitet. Der er et interessant eksperimentelt element hvor bl.a. diffusionen af en nanopartikel karakteriseres med microfluidics og lysmikroskopi. Der dækkes nano-anvendelser inden for biosensorer, lab-on-a-chip, nanomedicin og nye eksperimentelle teknikker, ligesom der fra i år er indført et projektarbejde hvor de studerende har mulighed for en dybere behandling af et selvvalgt emne, herunder mange med en stærk bæredygtighedsdimension.

Nanoteknologi fordypningsemner: Bjørn Ove Fimland;

De studerende følger et af følgende tre fordybningsemner afhængig af faglig specialiseringsretning (E, B eller K): ”Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering” (E), ”Bionanoteknologi” (B) eller ”Kjemiske metoder for syntese og karakterisering av nanomaterialer” (K). Kurserne er modulopbyggede således at nogle moduler er fælles for to eller tre af kurserne, mens nogle moduler kun følges af studerende på det ene kursus. De fælles moduler har et stærkt fokus på ren-rumsbaserede fabkrikations- og karakteriseringsteknikker (samt sikkerhedsintroduktion), mens der i de specialiserede moduler gås dybere ned tyndfilmteknikker og processering (E), nanomaterialer og karakterisering ved røntgendiffraktion (K) samt microfluidics (B). Modulerne dækket i kurset er relevante for en stor del af de studerendes efterfølgende master projekt og/eller phd-projekt.

3.1.7 Panelets vurdering

Der er en relevant og overordnet set velfungerende sammensætning af obligatoriske kurser på uddannelsen. Programmet er opbygget så de studerende har de nødvendige forudsætninger for at følge de enkelte kurser. Der er enkelte eksempler på overlap i indholdet af nogle kurser, specielt mellem fordybningsemnerne og de forudgående kurser.

Der er en stærk portefølje af nano-relaterede kurser, hvoraf flere er udviklet specifikt i tilknytning til uddannelsen.

Første studieår er per konstruktion af NV studieprogrammer tungt i matematik og Phil. Ex. Kurser. Alligevel er det lykkedes at indpasse et introducerende kursus i nanoteknologi på første semester, hvilket uden tvivl bidrager til de studerendes motivation.
Kurserne i nanomaterialer og nanoværktøjer indeholder en bred vifte af relevante emner og flere innovative elementer. Bio-relaterede emner er svagt repræsenterede, formentlig på grund af kurserne institutmæssige forankring.
Fordybningsemnet har relevans for mange studerende i forhold til efterfølgende projekt-arbejde i speciale og PhD.
Entrepreneurskab og projekt-baseret arbejde synes ikke at være stærkt repræsenteret.

3.1.8 Panelets anbefalinger

Afdække om der er emner/teknikker som behandles redundant. Evt. nedsætte arbejdsgruppe af ældre studerende der kunne komme med anbefaling til dele af Fordybningsemnet som kunne fjernes fordi de har været behandlet tidligere (forslag fra studerende).
Fortsætte og styrke det eksisterende arbejde med koordinering og samspil mellem kurser. F.eks. gennem at skabe fora hvor der gensidigt orienteres om kursusindhold og sikre at de studerende ved hvordan emner de følger får relevans senere på studiet.
Overveje om bio-relaterede emner kunne integreres i Nanomaterialer (e.g. biologisk inspireret self-assembly, biomimetiske materialer, bio-mineraler…) samt Nanoværktøjer (e.g. karakterisering af prøver skabt ved multi-disciplinært approach, e.g. biomolekylære SAMS) eller om de dækkes tilfredsstillende andetsteds.
Overveje om entrepreneurskab/bedrifts-orienterede emner kunne inddrages i højere grad, evt. som projekt/fordybelsesdele på udvalgte kurser.
Overveje om de studerende i tilstrækkeligt omfang trænes i kritisk læsning af videnskabelig litteratur og præsentationsteknik (posters, korte og længere foredrag).
Synliggøre hvor studerende på nano-bioteknologi specialiseringen kan erhverve kompetence indenfor ”standard” molekylærbiologiske og cellebiologiske teknikker.
Synliggøre den stærke portefølje af videregående nano-relevante kurser på kandidatniveau, så de fremstår tydeligere som en del af uddannelsen.

3.2 Undervisnings- og vurderingsformer

Her listes undervisnings og vurderingsformer slik de er beskrevet på NTNUs hjemmeside. Først presenteres en oversikt for fellesdelen av studieprogrammet de første fem semestrene.

Tabell 3. Undervisnings og læringsformer for emner som inngår i første del av MTNANO

		Program-vare	Lab. demo	Lab.	Rapport	Presentasjon	Inst.
Semester 1							
TMA4100 Matematikk 1	Forelesninger, obligatoriske øvinger. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet. I mappen inngår skriftlig avsluttende eksamen (80%) og øvinger (20%).						IMF
TFY4115 Fysikk	Forelesninger, obligatoriske regneøvinger og labøvinger. Alle labøvinger og 2/3 av	Tracker; Latex;		1	1		IFY

	regneøvingene kreves godkjent før adgang til eksamen.	Matlab; Python					
TDT4110 IT, grunnkurs	Forelesninger, øvingsforelesninger, auditorieøvinger, obligatoriske øvinger (8 av 10 kreves godkjent).	Python			Øving: krever 8 av 10 godkjent		IDI
TFY4350 Nanoteknologi, intro.	Forelesninger, obligatoriske øvinger, laboratoriedemonstrasjoner og gruppearbeide.					Poster presentasjon	IFY
HMS0001							
Semester 2							
TMA4105 Matematikk 2	Forelesninger, øvinger. Obligatoriske momenter kan tilkomme. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet. I mappen inngår skriftlig avsluttende eksamen (80%) og øvinger (20%).	Maple		Matte-lab			IMF
TMA4115 Matematikk 3	Forelesninger og obligatoriske øvinger. Karakter basert på avsluttende skriftlig eksamen (100%)						IMF
EXPH0300 Examen philosophicum, naturvit. & teknologi	Undervisningen består i en kombinasjon av forelesninger og seminar/øvingstimer. Seminarene/øvingstimene er basert på arbeid i mindre grupper veiledet av faglærer. Obligatoriske aktiviteter For å kunne gå opp til eksamen kreves 80% deltakelse på seminar/øvingstimer og godkjenning av obligatoriske aktiviteter.						IFR
TMT4110 Kjemi	Forelesninger, øvinger og laboratorieøvinger. For adgang til eksamen kreves tilfredsstillende besvarelse av 50% av de ukentlige skriftlige øvinger. Alle laboratorieøvinger skal være utført tilfredsstillende. Det vil bli avholdt minst fem semesterprøver, hvorav tre må være bestått for adgang til eksamen. Eksamen kan inkludere problemstillinger som er			Ja			IMA

	belyst i laboratoriekurset. Karakter i emnet er basert på en skriftlig slutteksamen.						
Semester 3							
TMA4130 Matematikk 4N	Forelesninger og obligatoriske øvinger. Karakter basert på avsluttende skriftlig eksamen.	Jupyter					IMF
TMA4240 Statistikk	Forelesninger, anbefalte oppgaver og obligatoriske øvinger. Elektronisk (STACK) øving 4 godkjente øvinger fra Blokk 1 4 godkjente øvinger fra Blokk 2 Skriftlige innleveringer 3 godkjente innleveringer, hvorav minst 1 må være fra Blokk 1 og minst 1 fra Blokk 2	Elektron-iske øvinger i Stack					IMF
TFY4185 Måleteknikk	Forelesninger og obligatoriske regneøvinger. Obligatoriske laboratorieøvinger. Mappevurdering bestått/ikke bestått. 50% slutteksamen, 50% arbeider						IFY
TMT4185 Material-teknologi	Forelesninger (56 timer), obligatoriske regneøvinger (24 timer) og selvstendige studier (120 timer).						IMA
Semester 4							
TBT4170 Bioteknologi	Kurset vil bli basert på forelesninger, demonstrasjoner og gruppebaserte øvinger. Én obligatorisk gruppeøving i form av posteroppgave.					Poster presentasjon	IBT
TFE4120 Elektro-magnetisme	Forelesninger. Regneøvinger og laboratorieøvinger.						IES
TFY4170 Fysikk II	Forelesninger og obligatoriske øvinger. 2/3 av øvingene kreves godkjent for adgang til eksamen						IFY
TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi	Forelesninger og øvinger. Obligatoriske programmeringsøvinger i Python	Python					IKJ
Semester 5							
TFY4335 Bionano-vitenskap	Forelesninger, regneøvinger med rapporter, laboratorieøving med rapport.						IFY

	Fire av seks regneøvinger og labrapport kreves godkjent for adgang til eksamen. Labrapporten gis en karakter som teller på sluttkarakteren. Mappevurdering: bokstav. 60 skriftlig eksamen; 20+20% rapport						
TFY4330 Nanoverktøy	Forelesninger, regneøvinger, laboratorieøvingene: alle rapporter kreves godkjent for adgang til eksamen. Mappevurdering, bokstavkarakter. Skriftlig eksamen: 50%, arbeider 50%						IFY
TMT4320 Nanomaterialer	Basert på forelesninger og øvinger. 6 av 12 øvinger kreves godkjent for å fa gå opp til eksamen. Avsluttende eksamen er grunnlaget for karakteren i emnet.						IMA
TKJ4102 Organiske kjemi	Emnet er fakultetets teoretiske grunnkurs i organisk kjemi for teknologistudentene. Kurset består av en forelesningsdel (4 timer per uke) og en øvingsdel (2 timer per uke). 67% av øvingene kreves godkjent for adgang til eksamen, besvares i WileyPLUS digitalt læreverk. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet.						IKJ

Tabell 4. Undervisning- og vurderingsformer for emner som inngår enten som obligatoriske eller valgbare for studieretning bionanoteknologi:

		Program-vare	Lab. demo	Lab	Rapport	Presentasjon	Inst
TBT4110 Mikrobiologi	Forelesninger, obligatoriske øvinger.			Obl. lab.			IBT
TBT4135 Biopolymerkjemi	Forelesninger, obligatoriske øvinger.			Obl. lab.	Innlev.-oppgaver må være godkjent for å kunne ta eksamen		IBT
TFY4195 Optikk	Forelesninger og demonstrasjoner, regneøvinger			Obl. lab.			IFY
TFY4265 Biofys. mikroteknikker	Forelesninger og laboratorieøvinger	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	IFY
TKP4115 Overflate- og kolloidkjemi							IKP
TMM4175 Plastkompositter							IMP

MOL3014 Nanomedisin I – bioanalyse (obligatorisk)	Forelesning og semester/ litteratur-oppgave				semester/ litteratur-oppgave	Ja, men ikke obligatorisk	IKOM
MOL3015 Nanomedisin II – terapi (obligatorisk)	Forelesning og semester/litteratur-oppgave				semester/ litteratur-oppgave	Ja, men ikke obligatorisk	IKOM
MOL3018 Medisinsk toksikologi	Forelesninger						IKOM
MOL3005 Immunologi	Forelesninger, kollokvier						IKOM
NEVR3001 Basal nevrovitenskap	Forelesninger, team-basert læring, gruppebasert litteraturoppgave				semester/ litteratur-oppgave		INB
TFY4260 Cellebiologi og cellulær biofysikk	Forelesninger		Obl. Lab	Obl. Lab.	Ja, skrive vitenskap. rapport		IFY

I prosessen med evalueringen er det innhentet mer spesifikk informasjon om læringsaktiviteter og andre opplysninger knyttet til undervisningsopplegg for emner som inngår i første halvdel av studiet. Denne informasjonen er summert opp i vedlegg G.

3.2.1 Panelets vurderinger og anbefalinger

Oversikten over undervisnings og læringsaktiviteter viser at noen emner de første 5 semester inkluderer gruppesamarbeid for å utarbeide en poster og presentasjon av disse. Det er videre obligatorisk presentasjon av prosjekt i prosjektemnet i 9 semester. Når det gjelder utarbeidelse av rapporter fra laboratorieøvingene, konstaterer evalueringspanelet at det er flere emner hvor det inngår, men at det for tiden mangler en utførlig oversikt over omfanget på denne aktiviteten. Det reises spørsmål om denne ferdighetstreningen er tilstrekkelig, og om hvordan tilbakemeldingene gjennomføres på disse rapportene.

Evalueringspanelet registrerer at det er ingen emner som oppgir muntlig tellende eksamen. Videre er det ikke angitt læringsaktiviteter hvor studentene trenes i diskusjon og forsvar av prosjektarbeider ut over det som er angitt når det gjelder presentasjon av postere.

Mappevurdering brukes som vurderingsform, typisk med 10 – 20% tellende andel fra gjennomførte oppgaver, mens øvrig del er skriftlig slutteksamen. Det er videre emner som benytter seg av gjennomføringsgrad av øvinger som krav for adgang til eksamen. Denne organiseringen innebærer at resultatene fra gjennomføringen av øvingene ikke teller eksplisitt som en del av karakterene, men fungerer som et kriterium for adgang til vurdering. Ved at øvingene er spredt over semester er dette et insentiv til å jobbe gjennom semesteret med emnet.

Evalueringspanelet vurderer at tradisjonell skriftlig eksamen kan være benyttet i for noe stor grad, og det kan være potensiale for større variasjon.

3.3 MTNANO og bærekraft

Studieprogramrådet har invitert utvalgte emneansvarlige faglærere til å komme med innspill til hvordan bærekraft kan tydeliggjøres i MTNANO studieprogrammet (se vedlegg D). Strategien som ble valgt var å benytte en fagspesifikk tilnærmelse hvor

bærekraftsdimensjonen tilsynelatende kunne tydeliggjøres i noen emner. De emnene som var foreslått var også kommet fram til ved at de var relatert til studieretningene. Bortsett fra emneansvarlig for TFY4185 Måleteknikk, har alle emneansvarlige kommet med konstruktive tilbakemeldinger på hvordan bærekraft kan integreres/tydeliggjøres i de aktuelle emner. Emneansvarlig i TFY4185 Måleteknikk ga tilbakemelding om ikke er naturlig inngang til bærekraft som er fagspesifikk i det emnet, men pekte samtidig på at den dimensjonen er mer relevant i andre emner som det samme fagmiljøet er involvert i (TFY 4300 Energi og miljøfysikk; FY3201 Atmosfærefysikk og klimaendringer. Respons fra emneansvarlig i tre emner er inkludert i vedlegg D

Ut fra dette, planlegges en tydeliggjøring av bærekraft i emner som inngår i MTNANO, obligatoriske emner de 5 første semester som angitt i tabell 5.

Tabell 5. Oversikt over emner som er invitert til å komme innspill for å utdype bærekraft

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
	5 Høst	Valgbart emne	TFY4335 Bionanovitenskap	TFY4330 Nanoverktøy	TMT4320 Nanomaterialer
2	4 Vår	TBT 4170 Bioteknologi	TFE4120 Elektromagnetisme	TFY4120 Fysikk II	TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi
	3 Høst	TMA 4130 Matematikk 4N	TMA 4240 Statistikk	TFY4185 Måleteknikk	TMT 4185 Materialteknologi
1	2 Vår	TMA 4105 Matematikk 2	TMA 4115 Matematikk 3	EX PH0300 Ex Phil, Natur&Tek	TMT4110 Kjemi
1 Høst HMS		TMA 4100 Matematikk 1	TFY4115 Fysikk	TDT 4110 Info.tekn gk	TFY4350 Nanoteknologi Intro

Tilbakemeldinger fra emneansvarlig støttes mht. oppdatering av læringsutbytte i emner som er identifisert, og MTNANO vil bearbeide forslag til oppdatering av studieprogrammets læringsutbyttebeskrivelse.

3.3.1 Panelets vurdering og anbefalinger - Hvordan kan bærekraft utvikles som en faglig integrert del av MTNANO?

Baggrund

Panelet blev bedt om at kommentere på planer med at integrere bærekraft i studieprogrammet for MTNANO og komme med anbefalinger til fremadrettede tiltag. Til det formål blev der afholdt møde med underviserne for at kortlægge hvorledes bærekraft tænkes integreres i det eksisterende faglige program. Panelet fik fremlagt eksempler på hvordan bærekraft kan integreres i kurserne: Materialeteknologi, elektromagnetisme, bioteknologi, nanomaterialer. Derudover, havde panelet mulighed for at spørge nuværende og tidligere studerende indtil deres syn på emner indenfor bærekraft, ligesom virksomhedsrepræsentanterne blev rådspurgt.

Præsentation af plan for bærekraft i enkelte kurser

Materialteknologi: Bærekraft er ikke en del af de eksisterende emner, men kan blive stærkt integreret i kurset. I mange af kursets emner er der allerede en indbygget forståelse af bærekraft og genanvendelse. Nye aktiviteter vil blive rettet mod livscyklus analyser, miljøpåvirkning og grønt design af materialer.

Bioteknologi: Kurset er obligatorisk og giver en grundlæggende introduktion til bioteknologi. Der er mange bærekraft temaer allerede i kurset, og der er rig mulighed for at diskutere bærekraft. De studerende kan allerede vælge disse emner til, i form af arbejde med en poster præsentation. Nye aktiviteter kan inkludere livscyklus analyser, men større ændringer i kursets indhold kan være udfordrende da kursusændringer skal koordineres med flere andre studie-retninger.

Nanomaterialer: I kurset gives de studerende en meget grundig viden omkring nanomaterialers egenskaber, inklusiv deres syntese og karakterisering. Kurset har ikke stort fokus på anvendelse af materialer, mens bærekraft diskuteres hvor det er naturligt, f.eks. toksikologi. Bærekraft kan muligvis integreres tydeligere ved inddragelse af flere aktuelle eksempler på anvendelse af nanomaterialer i sammenhæng med bærekraft. Underviseren på kurset mente der var plads til et forøget fokus på dette fremadrettet i kursets program.
Elektromagnetisme: Kurset er i den nuværende form et klassisk elektromagnetisme kursus med fokus på den grundlæggende fysik. Der er begrænsede muligheder for at bygge ind bærekraft. Sådanne emner kunne være 'batterier' eller 'kapacitorer' til energilagring, men det bemærkes at den direkte forbindelse for disse emner til det er undervises i kun er svagt tilstede. Kursets underviser noterede, at de studerende formodentlig vil foretrække at bruge mere tid på kursets kernemateriale, der oftest anses som specielt svært. Dette blev bekræftet af de studerende. Derudover påtænkes bærekraft tematikker at være integreret i kurset bionanovitenskap.

Panelets vurdering
Panelets diskussion gav anledning til følgende generelle betragtninger:

- Mange vigtige emner inden for bærekraft bliver repræsenteret i det eksisterende studieprogram
- Dog kan det overvejes at sætte en koordinerende proces i gang med at identificere de mest relevante bærekraft-temaer der har stort element af nanoscience.
- Der efterspørges primært en almen viden og bevistgøring om bærekraft fra de studerende og arbejdsgivere, da der kan vælges detaljerede kurser i overbygningen på 4. og 5. år som går mere i dybden
- Introduktionen af bærekraft-temaer og detaljegraden skal balanceres i forhold til specialiserede kurser som de studerende kan vælge senere i studieprogrammet (f.eks. energiteknologier som behandles i detalje i andre kurser).
- Bærekraft kan med fordel bruges (og planlægges allerede) som element i individuelle studie aktiviteter, såsom poster præsentation.
- Det var uklart hvordan nanoteknologi 's anvendelse i vigtige energi teknologier til CO_2 reduktion bliver dækket i den nuværende studieprogram.

I diskussionen med de studerende fremgik det at:

- bærekraft er en meget vigtig motivation for de studerende ved MTNANO. Dog påpegede de studerende at nanoscience og uddannelsens tværfaglighed er mere end bare bærekraft og at integrationen af bærekraft i kurser skal ikke ske på bekostning af vigtige fag-specifikke emner.
- at det ikke er nødvendigt eller ønskeligt at omlægge store dele af kursusmaterialet, men at det blot vil være hensigtsmæssigt at opdatere enkelte kursuselementer med en introduktion til relevansen i forhold til bærekraft.
- De studerende efterspørger mere information om bærekraft dimensionen i nanoelectronics retningen

I diskussionen med erhvervsrepræsentanter fremgik det at:

- Mange af virksomhederne, der aftager studenter fra programmet, beskæftiger sig med forretningsområder, der har en stærk bærekraftsdimension f.eks. indenfor energi, materialer eller sundhed.
- Virksomhederne efterspurgte i deres rekruttering ikke specifikke detail-kompetencer indenfor bærekraft (f.eks. certificering), men lagde større vægt på generel faglighed.

Panelets anbefalinger
Panelet støtter forslaget til ændringer og tilføjelser i kursusindhold med fokus på bærekraft. Særligt for elektromagnetisme, er det anbefalingen at bærekraft temaer relateret til batterier med fordel placeres i andre kurser.
Elementet omkring livscyklusanalyse fremstår som en efterspurgt kompetence fra næringslivet.

Det vil være relevant at skabe overblik hvilke specifikke bærekraft emner som fremadrettet bør tilføjes eller fjernes i MTNANO uddannelsen efter færdiggørelsen af næstkommende studieår, for at afklare evt. mangler eller overlap.
Det vil være motiverende for de studerendes valg af faglig retning at synliggøre bærekraftsdimensioner for hver af de tre faglige specialiseringer.

3.4 MTNANO og numerisk ferdighetsstreng

NV har en målsetning om at kandidater ved fakultetet skal tilfredsstille framtidens behov for digital kompetanse og ferdigheter.

I tabellene under er det gjort en kartlegging av hvilke emner som understøtter numeriske ferdigheter i studieprogrammet MTNANO. Kartleggingen er gjort på bakgrunn av tilgjengelige læringsutbyttebeskrivelser (LUB) på nett per oktober 2020 for fag som er definert som enten obligatoriske (O) eller timeplankoordinert valgbare (VA). Mer detaljert konkret informasjon angående innhold numerisk ferdighetsstreng er summert opp i vedlegg E.

3.4.1 Numerisk ferdighetsstreng de fem første semester i MTNANO

Grønn: Sterk kobling til numeriske ferdigheter i LUB (eksplisitt)

Oransje: Svak kobling til numeriske ferdigheter i LUB (implisitt)

Tabell 6. Skjematisk oversikt over numerisk ferdighetselementer i emner i MTNANO

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
3	5 Høst	FY2045 Kvantemekanikk (VA)	TFY4335 Bionanovitenskap	TFY4330 Nanoverktøy	TMT4320 Nanomaterialer
		TFE Halvlederkomponenter (VA)			
		TKJ4102 Organisk kjemi			
2	4 Vår	TBT 4170 Bioteknologi	TFE4120 Elektromagnetisme	TFY4120 Fysikk II	TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi
	3 Høst	TMA 4130 Matematikk 4N	TMA 4240 Statistikk	TFY4185 Måleteknikk	TMT 4185 Materialteknologi
1	2 Vår	TMA 4105 Matematikk 2	TMA 4115 Matematikk 3	EX PH0300 Ex Phil, Natur&Tek	TMT4110 Kjemi
	1 Høst HMS Grunnkurs	TMA 4100 Matematikk 1	TFY4115 Fysikk	TDT 4110 Info.teknogk	TFY4350 Nanoteknologi Intro

3.4.2.Studieretingsspesifikke deler for de tre studieretningene, semester 6-10:

Nanoelektronikk

Tabell 7. Skjematisk oversikt over numerisk ferdighetselementer i emner i MTNANO – studieretning nanoelektronikk

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		
4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	TFE4166 Fotonikk II (VA)	TFE4166 Fotonikk II (VA)
				TFY4210 Kvanteteori for faste stoffer (VA)	TFY4210 Kvanteteori for faste stoffer (VA)
				TFY4340 Nanofysikk (VA)	TFY4340 Nanofysikk (VA)
	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	FY2045 Kvantemekanikk I (VA)	FY2045 Kvantemekanikk I (VA)
				FY3114 Funksjonelle materialer (VA)	FY3114 Funksjonelle materialer (VA)
				TFE4169 Nanoelektronikk (VA)	TFE4169 Nanoelektronikk (VA)
				TFY4205 Kvantemekanikk II (VA)	TFY4205 Kvantemekanikk II (VA)
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	TFE4167 Mikro- og nanofabrikasjon (O)	TFY4220 Faste stoffers fysikk (O)	TFY4235 Numerisk fysikk (VA)
					TDT4102 Prosedyre og objektorientert programmering (VA)
					TFE4130 Bølgeforplanting (VA)

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø

Tabell 8. Skjematisk oversikt over numerisk ferdighetselementer i emner i MTNANO – studieretning nanoteknologi for materialer, energi og miljø

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		

4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	TKP4190 Fabrikasjon og anvendelse av nanomaterialer (O)	TFY4245 Faststoff-fysikk, vk (VA)
					TMT4166 Eksperimentell material- og elektrokjemi (VA)
					TMT4245 Funksjonelle materialer (VA)
	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	TKJ4205 Molekylmodellering (VA)	TKJ4205 Molekylmodellering (VA)
				TKT4146 Nanomekanikk (VA)	TKT4146 Nanomekanikk (VA)
				TMT4145 Keramisk materialvitenskap (VA)	TMT4145 Keramisk materialvitenskap (VA)
				TMT4155 Heterogene likevekter og fasediagram (VA)	TMT4155 Heterogene likevekter og fasediagram (Va)
				TMT4322 Solceller og fotovoltaiske nanostrukturer (VA)	TMT4322 Solceller og fotovoltaiske nanostrukturer
				FY4300 Energi- og miljøfysikk (VA)	FY4300 Energi- og miljøfysikk (VA)
				TMT4222 Metallenes mekaniske egenskaper (VA)	TMT4222 Metallenes mekaniske egenskaper (VA)
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	TFE4167 Mikro- og nanofabrikasjon (O)	TFY4220 Faste stoffers fysikk (O)	TKP4115 Overflate- og kolloidkjemi (O)

Bionanoteknologi

Tabell 9. Skjematisk oversikt over numerisk ferdighetselementer i emner i MTNANO – studieretning bionanoteknologi

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		
4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	MOL3015 Nanomedisin II – Terapi (O)	MOL3018 Medisinsk toksikologi (VA)
					TBT4110 Mikrobiologi (VA)
					TKP4115 Overflate- og kolloidkjemi (VA)
					TMM4175 Plastkompositter (VA)

	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	MOL3014 Nanomedisin I – bioanalyse (O)	MOL3005 Immunologi (VA)
					NEVR3001 Basal nevrovitenskap (VA)
					TBT Biopolymerkjemi (VA)
					TFY 4195 Optikk (VA)
					TFY4265 Biofysiskee mikroteknikker (VA)
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	TFE4167 Mikro- og nanofabrikasjon (O)	TFY4220 Faste stoffers fysikk (O)	TFY4260 Cellebiologi og cellulær biofysikk (O)

NV-fakultetet har definert fem kompetansemål for digitalisering. Disse er gjengitt i tabellen under og koblet opp mot fag på MTNANO:

Grønn: Godt bidrag til oppnåelse av kompetansemål.

Oransje: Bidrar til oppnåelse av overordnet kompetansemål

Tabell 10. Skjematisk oversikt over kompetansemål 5 årige teknologiprogram og ferdighetselementer i MTNANO

Kompetansemål 5 årig program teknologi	Vurdering av hvordan emner som inngår i MTNANO bidrar til dette
Numerikk og numerisk løsning av likningssystem	Dekkes av mange emner i studieprogrammet. Eksempler på dette er TMA4130 Matematikk 4 (O)
Algoritmisk forståelse	Grunnleggende del av dette dekkes av TDT4100 Informasjonsteknologi grunnkurs (O). Emnet TDT4102 Prosedyre- og objektorientert programmering (VA – Nanoelektronikk) dekker dette inngående
Modellering og simulering	Dekkes i mange emner i studieprogrammet, eksempelvis TFY4335 Bionanovitenskap
Robotisering, IKT arkitektur	IKT arkitektur dekkes grunnleggende av TDT4100 Informasjonsteknologi grunnkurs (O). Det er ikke tydelig at robotisering blir dekt av fagplanen.
Statistisk forsøksplanlegging og statistisk analyse	Dekkes hovedsakelig av TMA4240 Statistikk

3.4.3 Panelets vurderinger og anbefalinger: Numerisk ferdighetsstreng

Hvordan jobbes det med samspill mellom emnene i MTNANO mht. numerisk ferdighetsstreng. Hva bør numerisk ferdighetstrening være i dette emnet.

Fokuspunkter: På studieprogramnivå for MTNANO: hvilke elementer innenfor numerisk ferdighetsstreng vurderes viktigst for studieprogrammet? Og de ulike studieretningene?

Følgende emner ble presentert under sesjonen:

TMA4100 Matematikk 1: Emnet tas av alle sivilingeniørstudenter ved NTNU og tar for seg numeriske ferdigheter. Godt gjennomarbeidet emne med mange digitale læringsressurser. Bruker Python og trener studentene i de ulike metodene og hvordan bruke dem. Studentene introduseres også for Jupyter Notebook. Emnet danner grunnlag for senere matematikk- og fysikkemner.
TMA4130 Matematikk 4N: Emnet er obligatorisk for flere programmer og omhandler en analytisk del og en numerisk del. Kort innføring i Python for numerikk og Jupyter Notebook brukes til forelesningsnotater, øving og illustrasjon.
TMA4240 Statistikk: Også et emne som tas av alle teknologistudenter (ca 1800 studenter) og dekker sannsynlighetsregning og statistisk inferens. Bruker ingen numerisk beregning/programvare, men utreder bruk av Python i emnet. Emneansvarlig poengterer at det er svært lite statistisk forsøksplanlegging i emnet.
TFY4185 Måleteknikk: Emnet dekker elektroniske kretselementer og kjører lab og prosjekt der studentene skal simulere kretser (PSpice), samt bygge og prøve ut et utvalg av elektroniske kretser. Det inngår i flere studieprogrammer slik at det kan være vanskelig å tilfredsstille alle behov og koordinering med andre emner er utfordrende. Innholdet i emnet er tettpakket, så om noe skal inn må noe annet ut.
TKJ4215 Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi: Emnet gir et grunnlag i statistisk termodynamikk med eksempler fra kjemi og biologi. Bruker Python i øvinger.
TFY4335 Bionanovitenskap: Emnet omfatter cellulær og molekylær biofysikk som er viktig for anvendelser i bionanoteknologi. Obligatoriske regne- og kodeøvinger som bygger på matematikk- og programmeringskunnskap (Python) som studentene har lært tidligere. Emnet virker å ha en god link til nano-programmet.

Panelets vurdering

Studentene får en solid opplæring og trening i numeriske ferdigheter. Matematikkemnene undervises for flere programmer og det er derfor lite rom for spesielle tilpasninger til nanoprogrammet. En tydeligere synliggjøring av hvordan og på hvilken måte matematiske metoder kan anvendes innen fagfeltet nano kunne vært nyttig særlig med tanke på motivasjon. Nå kommer i hovedsak den faglige anvendelsen av numeriske ferdigheter senere i studiet. Statistisk forsøksplanlegging blir i liten grad dekket og det etterlyses både blant faglærere og studenter. Videre er det panelets oppfatning at det kan være behov for noe mer koordinering mellom emnene.
Eksamensformen er i stor grad 100% skriftlig eksamen og som av studentene oppleves som en mindre god vurderingsform. Det er et ønske blant studentene at obligatoriske arbeider underveis i emnene kan telle inn i karakteren.

4. Samfunns- og arbeidslivsrelevans

Relevans av den kompetanse som de ferdige kandidatene forventes å tilegne seg i ved gjennomføring av MTNANO er videre undersøkt ved en spørreundersøkelse blant kandidater uteksaminert i årene 2012-2019. Den ble sendt ut pr e-post i to runder til ca. 150 tidligere studenter. Det er 47 som har besvart, dvs. svarprosent på ca. 31 %. Ved henvendelse til disse studentene ble det lagt til grunn kontaktinformasjon som ble samlet inn rett etter at hver kandidat ble uteksaminert. Siden den kontaktinformasjon kan være utdatert, er det ikke sikkert henvendelsen har kommet fram til alle.

I spørreundersøkelsen var det også med et spørsmål om noen av kandidatene kan tenke seg å stille opp til dybdeintervju utført at evalueringskomiteen. Det er 18 som har sagt seg villig til dette, og de har oppgitt e-postadressene sine slik at de kan bli kontaktet. For å opprettholde anonymiteten så er spørsmålet og svarene tatt ut.

Det ble utarbeidet spørsmål til denne spørreundersøkelsen som hadde til hensikt å adressere de dimensjoner som var angitt i mandatet. Spørsmålene er gjengitt sammen med svarene som er mottatt i kapittel F.

4.1 Intervju med arbeidsgivere

Hvor relevant er studieprogrammet for samfunnets kompetansebehov?
I hvor stor grad knytter undervisningen i studieprogrammet an mot relevante problemstillinger fra arbeidslivet?
Etter at studenten kommer ut i sin første jobb: føler de at studiet ga de tilstrekkelig kompetanse og erfaring i forhold til de utfordringer de møter?

Følgende arbeidsgivere var med på intervjuene:

- Anders Høgset, PCIBiotech
- Frode Sundal, Microchip
- Ida Marie Høiaas, CrayoNano
- Geir Fonnum, Thermofisher (ekstramøte onsdag 28 april)

CrayoNano
Bruker nanomaterialer for å utvikle elektronikk og UVC-LEDs til desinfeksjon og bekjempelse av virus. Benytter seg av nanolabene på NTNU til utvikling. For bedriften er det viktig at studenter/ansatte får renromserfaring. Har ikke ansatt noen fra nano i fulltidsstilling, men har hatt flere studenter inne i praksis og som har gjort masteroppgave. Ida Maria Høiaas kommer selv fra nano-programmet.

MicroChip
Amerikansk teknologiselskap med utviklingsavdeling i Trondheim (tidl. Atmel) der det er 110 ansatte. Utvikler mikrokontrollere. Rekrutterer fra NTNU, hovedsakelig fra kybernetikk men også noen fra Nano. Bedriften jobber tett med fabrikkene som produserer elektronikken og i det samarbeidet er det viktig med nanokompetanse og prosessforståelse.

PCI Biotech
PCI Biotech PCI er et biofarmasøytisk selskap som fokuserer på utvikling og kommersialisering av terapeutiske løsninger for behandling av kreftpasienter gjennom fotokjemiske internalisering (PCI). Innvolvert i flere EU-prosjekter. Høgseth har liten kjennskap til nano-programmet, men har tidligere vært gjesteforeleser ved NTNU.

Thermofisher Scientific, Norge

Forskningsavdelingen i Norge utvikler mikro/nano-kuler for medisinsk bruk. Fokuserer på syntese/framstilling av kuler og overflatebehandling. Lager tester for blodprøver (3-4 milliarder prøver årlig), celleterapi, T-celler, lymfekreft. Leverer ferdige kit til forskningsmarkedet og partikler + buffer til de store medisinske selskapene.
Bedriften har ~40 % PhD, <10 % BSc og ~50 % MSc. Har ikke så mange nano-studenter ansatt. Avdelingene ansetter/foretrekker som oftest folk med spisskompetanse.

Rekruttering. Er Nanostudiet relevant for arbeidsmarkedet i Norge?
Ved ansettelser ser bedriftene etter:
MicroChip

- Praktisk erfaring i lab
- Spesifikke fagkombinasjoner (fysikk, elektronikk, programmering)
- Bred og sterk bakgrunn – stor forståelse for hvordan elektronikken er laget
- Som oftest ansettes folk med kybernetikkbakgrunn. Men, nanostudenter ofte faglig veldig dyktige og dersom riktig fagkombinasjon/interesser er de veldig aktuelle.

CrayoNano

- Nanostudenter er ikke aktuelle dersom de ikke har noe programmering. Bør kjenne til et skriftspråk, typ. C-programmering. Selv om Phyton brukes utstrakt i emner på studiet erfarer bedriften at det er varierende hvor komfortable studenten er med programmering. Derfor viktig med et eget programmeringsemne.
- Kjennskap til nanopartikler. Kunne designe nye nanopartikler for legemiddellevering
- Laberfaring
- Interesse for elektronikk
- Generelt oppleves studenter fra NTNU som gode til å presentere og til samarbeid.

PCI Biotech

- Kjennskap til nanopartikler og hvordan designe nanopartikler for legemiddel-levering
- Designe eksperimenter
- Tverrfaglighet
- Bred kompetanse er viktig

Thermofisher Scientific, Norge

- Nano er multidisiplinært og kan være en stor fordel for bedriften
- Kommet til en størrelse der spesialistkompetansen er dekket
- Når vi skal inn på nye områder/nye applikasjoner er det behov for multidisiplinær kompetanse.
- I hvilken grad man skal ha kompetanse på flere felt eller ha ekspertkompetanse på ett felt er noe som vil variere fra bedrift til bedrift. Thermofisher har så langt valgt spesialistkompetanse.

Bærekraft

- Forstå materialer og prosesser. Generelt mangler det ikke på bevissthet om bærekraft blant studentene.
- MicroChip: Effekt/strømforbruk/arealbruk i elektronikkapplikasjoner. Utviklingsavdelingen i Trondheim har ikke spesielt fokus på bærekraft, det er det andre deler av bedriften som har.
- PCI BioTech: Å bidra til bærekraftmålet «God helse» er noe som ligger til grunn for det bedriften driver med, men utover det er det lite fokus på bærekraft. Produktene er i forholdsvis små mengder og har liten effekt på miljø. Viktigere med fokus på å redusere bruk av giftige kjemikalier i produksjon.
- Thermofisher Scientific: Grønn produksjonsteknologi blir mer og mer viktig, kundene etterspør det (sertifisering). Lage systemer som i seg selv er grønne. Gå bort fra organiske løsemidler. Forpakning av varer – unngå å sende pakker kaldt. «God helse»-perspektivet tas for gitt og det fokuseres ikke så mye på det. Ser ikke behovet for et obligatorisk «bærekrafts»-emne i studieprogrammet, men tilby som valgfag.

Internasjonalisering

- For et globalt selskap er det verdifullt å ha vært på utveksling, men fagkombinasjonen er viktigst
- Å kunne kommunisere skriftlig og muntlig på engelsk er viktig, og utveksling kan absolutt hjelpe i så måte
- Å ta deler av utdanningen i utlandet er ikke viktig, men kan være en fordel dersom man har vært i kontakt med et fagmiljø som jobber med tilsvarende problemstillinger som bedriften

Nanoteknologi som begrep/navn på studiet

- Mano har møtt mer motstand de senere årene pga sikkerhet – ikke samme «hype» som når studieprogrammet startet opp.
- Ikke så mange bedrifter i Norge som har nanoteknologi som sin kjernevirksomhet. Mange flere som har det som en del av sitt produkt/produktsortiment
- I markedsføring – få frem historier fra bedrifter som har suksess med bruk av nanoteknologi

3.4.1. Panelets vurdering

Tverrfagligheten i studieprogrammet verdsettes av bedriftene, men samtidig er studentenes endelige fagkombinasjon det som avgjør om de er aktuelle for ansettelse. Hvilken fagkombinasjon som er den beste, vil variere fra bedrift til bedrift.

5. Utfyllende beskrivelser, MTNANO

A. MTNANO Læringsutbyttebeskrivelse

Studiets læringsutbyttebeskrivelse:

Sivilingeniøren i nanoteknologi har en kunnskapsbasis innen de grunnleggende fagområdene fysikk, kjemi, biologi og matematikk kombinert med bred og detaljert kunnskap om produksjon, analyse og bruk av nanosystemer. Sivilingeniøren har breddekunnskaper som gir forståelse for bruk av nanoteknologi innen bioteknologi, elektronikk, fornybar energi, materialteknologi, medisin og spisskompetanse for selvstendig å kunne implementere nanoteknologi innen minst ett av områdene. Sivilingeniøren har også en solid bakgrunn innen teknologi og etikk som grunnlag for å kunne adressere samfunnsnytten av nanoteknologi i relasjon til etiske aspekter og miljøaspekter.

Studiet gir en kombinasjon av generisk og spesifikk kompetanse som kan anvendes i industri, forskning, innovasjon, konsulentvirksomhet og offentlig sektor. Denne kompetansen danner en plattform for direkte verdiskaping og for videre studier og forskning innen fagområder som tar i bruk nanoteknologi. Sivilingeniøren i nanoteknologi har kunnskaper og ferdigheter til initiere forandringer/utvikling i teknologi mot nanoteknologi og kan møte kontinuerlige endringer i fremtidens teknologi og forståelsen/implementeringen av nanoteknologi. Forøvrig har kandidaten den generelle kompetansen som er felles for sivilingeniørkandidater fra NTNU.

Kunnskaper

Nanoteknologen har:

- Brede basiskunnskaper innen matematikk, kjemi, fysikk og biologi samt grunnleggende datatekniske kunnskaper, som kandidaten kan benytte for å beskrive avanserte nanoskala-fenomen og -system og deres opprinnelse og egenskaper.
- Solide kunnskaper og forståelse av egenskaper til systemer basert på nanoteknologi og deres anvendelse, samt metoder for produksjon og analyse av slike systemer, som gir grunnlag for metodeforståelse, anvendelser, faglig fornyelse og omstilling innen nanoteknologisk virksomhet.
- Dybdekunnskaper innenfor en av spesialiseringene bionanoteknologi, nanoelektronikk eller nanoteknologi for materialer, energi og miljø kombinert med reflektert forståelse for relasjoner til andre fagområder.
- Dyptgående innsikt i sammenhengen mellom makroskopiske og mikroskopiske egenskaper til systemer og komponenter.
- Inngående kunnskaper om metoder for kontrollert generering av strukturer og karakterisering av disse.
- Innsikt i filosofi- og vitenskapshistorie, vitenskapsteori, etikk og argumentasjonsteori for å bli i stand til å forholde seg reflektert til sitt fagområde, og kan problematisere om implementering av nanoteknologi.
- Innsikt i utvalgte temaer innen økonomi, prosjektledelse, industriell økologi, miljørisiko, helse miljø og sikkerhet for å kunne lede prosjekter og industriell

virksomhet basert på nanoteknologi på en økonomisk, sikkerhetsmessig forsvarlig og bærekraftig måte.

Ferdigheter

Kandidaten kan:

- Anvende sine kunnskaper innen nanovitenskap og nanoteknologi til løse teknologiske utfordringer innen industri og forskning på en selvstendig og systematisk måte ved å analysere problemstillinger, formulere deloppgaver og frambringe innovative løsninger, også i nye og ukjente situasjoner, herunder designe, produsere, teste og implementere nye systemer basert på nanoteknologi.
- Integrere kunnskaper innenfor fysikk, kjemi, biologi og materialer med metoder for å generere og karakterisere nanostrukturer med spesifikke egenskaper for å skape nye produkter og teknologiske løsninger.
- Utvikle og implementere nanoteknologimetoder innen tradisjonelle fagområder og industri.
- Arbeide selvstendig og i tverrfaglige grupper, samarbeide effektivt med spesialister og ta egne initiativ.
- Fornye og omstille seg faglig, herunder kunne utvikle sin faglige kompetanse på eget initiativ.
- Gjennomføre et selvstendig, avgrenset forsknings- eller utviklingsprosjekt innen nanoteknologi under veiledning.

Generell kompetanse

Nanoteknologen kan

- Kommunisere effektivt om eget arbeid, som for eksempel løsning av oppgaver, kunnskapsformidling, gjøre vurderinger og komme med presise konklusjoner både for fagfolk og ikke-spesialister (inkl. rapportering og presentasjoner, samt yte vesentlige bidrag til vitenskapelige publikasjoner).
- Vurdere teknologiske, etiske og samfunnsmessige effekter av eget arbeid og ta ansvar for arbeidets virkning på en bærekraftig og samfunnsmessig utvikling samt økonomi.
- Bidra til nytenkning og innovasjon basert på sin nanoteknologiske kompetanse.

Læringsutbytte for studieretningene

Bionanoteknologi

Læringsutbytte

Kandidaten med studieretning Bionanoteknologi har følgende spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Har dyptgående kunnskap om og forståelse av fysiske fenomen relevante på cellulært og sub-cellulært nivå.

- Har inngående kunnskap i molekylærbiologi, molekylærmedisin og bioteknologi, kunnskap som kandidaten kan benytte for god og effektiv kommunikasjon med forskere utøvende leger og annet helsepersonell innen medisin.
- Har dyptgående kunnskaper innenfor viktige områder av nanofabrikasjon for anvendelse av nanoteknologi i medisinsk forskning og medisinsk diagnostikk, så vel som i andre områder innen bionanteknologi.
- Har inngående erfaring i bruk av avanserte karakteriseringsvertøy for analyse av biologiske systemer, inkludert karakterisering på nm-skala.
- Har dyptgående ferdigheter i utvalgte områder som nanofabrikasjon og biologisk funksjonalisering av organiske og uorganiske nanostrukturer.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen et eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor.

Nanoelektronikk

Kandidater med studiestudieretning nanoelektronikk skal ha inngående kunnskaper om hvordan nye funksjoner i nanoskala materialer kan benyttes for å skape sensorer og elektroniske komponenter på nanoskala.

Spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Har brede og grundige teoretiske og praktiske kunnskaper om fabrikasjon av nanoskala komponenter, inkludert elektroniske, optiske, magnetiske og bio/kjemisk-grenseflate-baserte komponenter.
- Har spisskompetanse innen halvlederfysikk, faststoff-fysikk og avansert kvantemekanikk og anvendelser innen nanoelektronikk/kvanteelektronikk, eksempelvis enkelt-elektron-transistorer og mikro- og nanoelektromekaniske systemer.
- Har spisskompetanse innen utvalgte områder av avansert elektromagnetisme, nano-magnetisme, elektrooptikk/laserfysikk, fotoniske krystaller og metamaterialer og anvendelser innen optiske og magnetiske komponenter på nanoskala, eksempelvis nano-fotonikk/nano-optoelektronikk, optiske sensorer/detektorer, spintronikk, og magnetiske minner.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen et eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor.

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø omfavner et bredt område innenfor nanoteknologi. Kandidater med denne studiestudieretning skal ha inngående kunnskaper om framstilling, bearbeiding og fabrikasjon av ulike typer nanostrukturer. I tillegg skal kandidaten ha grunnleggende forståelse av hvordan materialenes kjemiske sammensetning og indre struktur, kombinert med størrelseseffekter styrer deres bruksegenskaper.

Spesifikke kunnskaper og ferdigheter:

- Kandidaten har brede og inngående teoretiske og praktiske kunnskaper om ulike fabrikasjonsmetoder for nanopartikler, nanostaver, nanorør, nanotråder, 3-D nanostukturer og porøse nanomaterialer. I disse metodene inngår blant annet våtkjemiske syntesemetoder, gassfasereaksjoner og fysiske deponeringsteknikker. Materialene som kandidaten skal ha kjennskap til inkluderer polymerer, keramer, metaller, biomaterialer, uorganiske materialer og myke materialer.
- Kandidaten har gode kunnskaper innenfor selvmontering av nanostrukturer for å danne nye og sammensatte funksjonelle materialer.
- Kandidaten har dyptgående kunnskaper om og kan karakterisere materialer med funksjonelle egenskaper som elektronisk og ionisk ledningsevne, isolerende, optiske, magnetiske, katalytiske og mekaniske egenskaper. Størrelseseffekter er også en viktig del av både teori og praksis innenfor dette feltet.
- Kandidaten kan bruke avansert vitenskapelig utstyr for syntese og karakterisering av ulike nanostrukturer og nanostrukturerte materialer.
- Kandidaten har inngående kunnskaper om hvordan ovennevnte materialer og egenskaper kan implementeres i ulike teknologiske anvendelser spesielt rettet mot energi og miljø, men også noe kunnskap innenfor informasjon- og kommunikasjonesteknologi, og medisinsk teknologi. Innenfor nanomaterialer for energi og miljø skal kandidaten også kunne definere fundamentale prinsipper og konsepter for de ulike anvendelsene.
- Kandidaten skal demonstrere nytenkning og kunne arbeide med innovative løsninger av materialrelaterte problemstillinger ved valg av materialer, strukturer og framstillingsmetoder for implementering i spesifikke anvendelser innenfor nanoteknologi for energi og miljø.

I en forskningsrettet yrkessammenheng skal kandidatene være i stand til å planlegge og gjennomføre forskningsoppgaver innen ett eller flere av de områdene som er nevnt ovenfor.

B. Nanoteknologi - masterstudium (5-årig) Studiets oppbygning

Kull 2020:

År: 1

Høst

Kode	Navn	Poeng	Status
TDT4110	Informasjonsteknologi, grunnkurs	7,5	O
TFY4115	Fysikk	7,5	O
TFY4350	Nanoteknologi, introduksjon	7,5	O
TMA4100	Matematikk 1	7,5	O
HMS0001	HMS-kurs for 1. årskurs	7,5	O

Vår

1.år

Kode	Navn	Poeng	Status
EXPH0300	Examen philosophicum for naturvitenskap og teknologi	7,5	O
TMA4105	Matematikk 2	7,5	O
TMA4115	Matematikk 3	7,5	O
TMT4110	Kjemi	7,5	O

Kull 2019

År: 2

Høst

Kode	Navn	Poeng	Status
TFY4185	Måleteknikk	7,5	O
TMA4130	Matematikk 4N	7,5	O
TMA4240	Statistikk	7,5	O
TMT4185	Materialteknologi	7,5	O

Vår

2. år

Kode	Navn	Poeng	Status
TBT4170	Bioteknologi	7.5	O
TFE4120	Elektromagnetisme	7.5	O
TFY4170	Fysikk 2	7.5	O
TKJ4215	Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi	7.5	O

Kull 2018

3.år

Høst

Nanoteknologi - høst 3. år

TKJ4102 Organisk kjemi, grunnkurs er obligatorisk emne for de som skal velge studieretning Bionanoteknologi eller Nanoteknologi for materialer, energi og miljø på våren.

Kode	Navn	Poeng	Status
TFY4330	Nanoverktøy	7.5	O
TFY4335	Bionanovitenskap	7.5	O
TMT4320	Nanomaterialer	7.5	O
FY2045	Kvantemekanikk I	7.5	VA
TKJ4102	Organisk kjemi, grunnkurs	7.5	VA
TFE4146	TFE4146 Halvlederkomponenter	7,5	VA

Bionanoteknologi - 3. år

Vår

Obligatoriske og valgbare emner - vår 3. år

TBT4170	Bioteknologi	7.5	O
TFE4120	Elektromagnetisme	7.5	O
TFY4170	Fysikk 2	7.5	O
TKJ4215	Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi	7.5	O

Nanoelektronikk - 3. år

Vår

Kode	Navn	Poeng	Status
TFY4220	Faste stoffers fysikk	7.5	O
TIØ4252	Teknologiledelse	7.5	O
TDT4102	Prosedyre- og objektorientert programmering	7.5	VA
TFY4235	Numerisk fysikk	7.5	VA
TFE4167	Mikro- og nanofabrikasjon	7,5	O
TFE4130	Bølgeforplantning	7,5	VA

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø – 3. år

Vår

Kode	Navn	Poeng	Status
TFY4220	Faste stoffers fysikk	7.5	O
TIØ4252	Teknologiledelse	7.5	O
TKP4115	Overflate- og kolloidkjemi	7.5	O
TFE4167	Mikro- og nanofabrikasjoon	7,5	O

Kull 2017

År: 4

Bioteknologi – 4. år

Høst

Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Emnet TBT4135 (høst) er anbefalt emne for studenter som planlegger fordypningsprosjekt eller master ved Institutt for bioteknologi.

Emnet TFY4265 (høst) er anbefalt valgbart emne.

Kode	Navn	Poeng	Status
MOL3014	Nanomedisin I - bioanalyse	7.5	O
MOL3005	Immunologi	7.5	VA
NEVR3001	Basal nevrovitenskap	7.5	VA
TBT4135	Biopolymerkjemi	7.5	VA
TFY4195	Optikk	7.5	VA
TFY4265	Biofysiske mikroteknikker	7.5	VA

Komplementære emner - 4. år

Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB
SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB
TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB
SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Bioteknologi – Vår

Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Kode	Navn	Poeng	Status

MOL3015	Nanomedisin II - terapi	7.5	O
MOL3018	Medisinsk toksikologi	7.5	VA
TBT4110	Mikrobiologi	7.5	VA
TKP4115	Overflate- og kolloidkjemi	7.5	VA
TMM4175	Polymerer og kompositter	7.5	VA
EKSPERTER I TEAM		7,5	V

Nanoelektronikk
Høst
Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Kode	Navn	Poeng	Status
FY2045	Kvantemekanikk I	7.5	VA
FY3114	Funksjonelle materialer	7.5	VA
TFE4161	Fotonikk I	7.5	VA
TFY4205	Kvantemekanikk II	7.5	VA
TFE4169	Nanoelektronikk	7,5	VA

Komplementære emner - 4. år
Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB
SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB
TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB
SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Nanoelektronikk - Vår
Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Kode	Navn	Poeng	Status
TFE4166	Fotonikk II	7.5	VA
TFY4210	Kvanteteori for mangepartikkelsystemer	7.5	VA
TFY4245	Faststoff-fysikk, videregående kurs	7.5	VA
TFY4340	Nanofysikk	7.5	VA
EKSPERTER I TEAM		7,5	V

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø
Høst
Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Kode	Navn	Poeng	Status
TKJ4205	Molekylmodellering	7.5	VA
TKP4155	Reaksjonskinetikk og katalyse	7.5	VA
TKT4146	Nanomekanikk	7.5	VA
TMT4145	Keramisk material vitenskap	7.5	VA
TMT4155	Heterogene likevekter og fasediagram	7.5	VA
TMT4322	Solceller og fotovoltaiske nanostrukturer	7.5	VA
FY2045	Kvantemekanikk I	7.5	VB
TFY4300	Energi- og miljøfysikk	7.5	VB
TMT4222	Metallenes mekaniske egenskaper	7.5	VB

Komplementære emner - 4. år
Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB
SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB
TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB
SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø – 4. år
Vår
Obligatoriske og valgbare emner - 4. år

Kode	Navn	Poeng	Status

TKP4190	Fabrikasjon og anvendelse av nanomaterialer	7.5	O
TFY4245	Faststoff-fysikk, videregående kurs	7.5	VA
TMT4166	Eksperimentell material- og elektrokjemi	7.5	VA
TMT4245	Funksjonelle materialer	7.5	VA
TKP4130	Polymerkjemi	7.5	VB
TKP4180	Biodrivstoff og bioraffinering	7.5	VB
TMM4175	Polymerer og kompositter	7.5	VB
EKSPERTER I TEAM		7,5	V

Kull: 2016

År 5

Bionanoteknologi

Høst

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
HMS0003	HMS-kurs for masterstudenter	0	O
TFE4575	Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering, fordypningsemne	7.5	M1A
TFY4525	Bionanoteknologi, fordypningsemne	7.5	M1A
TMT4515	Kjemiske metoder for syntese og karakterisering av nanomaterialer, fordypningsemne	7.5	M1A
MOL4500	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TBT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFE4570	Nanoelektronikk og fotonikk, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFY4520	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKJ4530	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKP4570	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKT4540	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMM4550	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B

Komplementære emner - 5. år

Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB
SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB

TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB
SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Bionanoteknologi – 5.år

Vår

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
MOL4901	Masteroppgave i nanoteknologi	30	M1C
TBT4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFE4925	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFY4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKJ4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKP4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKT4930	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMM4940	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMT4910	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C

Nanoelektronikk – 5. år

Høst

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
HMS0003	HMS-kurs for masterstudenter	0	O
TFE4575	Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering, fordypningsemne	7.5	M1A
TFY4525	Bionanoteknologi, fordypningsemne	7.5	M1A
TMT4515	Kjemiske metoder for syntese og karakterisering av nanomaterialer, fordypningsemne	7.5	M1A
MOL4500	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TBT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFE4570	Nanoelektronikk og fotonikk, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFY4520	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKJ4530	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKP4570	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKT4540	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMM4550	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B

Komplementære emner - 5. år

Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB
SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB
TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB

SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Nanoelektronikk – 5. år

Vår

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
MOL4901	Masteroppgave i nanoteknologi	30	M1C
TBT4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFE4925	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFY4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKJ4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKP4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKT4930	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMM4940	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMT4910	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø – 5. år

Høst

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
HMS0003	HMS-kurs for masterstudenter	0	O
TFE4575	Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering, fordypningsemne	7.5	M1A
TFY4525	Bionanoteknologi, fordypningsemne	7.5	M1A
TMT4515	Kjemiske metoder for syntese og karakterisering av nanomaterialer, fordypningsemne	7.5	M1A
MOL4500	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TBT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFE4570	Nanoelektronikk og fotonikk, fordypningsprosjekt	15	M1B
TFY4520	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKJ4530	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKP4570	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TKT4540	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMM4550	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B
TMT4510	Nanoteknologi, fordypningsprosjekt	15	M1B

Komplementære emner - 5. år

Ett komplementært emne skal velges. Det tas ikke hensyn til emnene ved time- og eksamensplanleggingen. Enkelte emner kan være adgangsbegrenset, se emneopptak - Frist for å søke opptak er 1. juni.

Kode	Navn	Poeng	Status
BSOL4610	Strategi og endring	7.5	VB
FI3107	Bioteknologi og etikk	7.5	VB
FI5205	Corporate Responsibility and Ethics	7.5	VB
FI5206	Technology for a Good Society	7.5	VB
GEOG3518	Knowledge Management in a Global Economy	7.5	VB
IIKG3000	Introduksjon informasjonssikkerhet	7,5	VB
MFEL3010	Medisin for realfag- og teknologistudenter	7.5	VB
SANT3600	Kulturforståelse for et internasjonalt arbeidsliv	7.5	VB

SPRÅK3501	Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører	7.5	VB
SØK1151	Makroøkonomi for ledere	7.5	VB
TIØ4146	Finans for teknisk-naturvitenskapelige studenter	7.5	VB
TIØ4201	Risikohåndtering, samfunnssikkerhet og beredskap	7.5	VB
TIØ4215	Kontraktsrett og kontraktsforhandlinger	7.5	VB
TIØ4295	Bedriftsøkonomi	7.5	VB
TMM4220	Innovasjon ved Design Thinking	7.5	VB
TMR4137	Bærekraftig utnyttelse av marine ressurser	7.5	VB
TPD4114	Visuell formidling	7.5	VB
TPD4142	Design Thinking	7.5	VB
TPK4120	Industriell sikkerhet og pålitelighet	7.5	VB
TPK4141	Innovasjon, design og produksjon 1	7.5	VB
TPK5100	Prosjektplanlegging og styring	7.5	VB
TSOL415	Human Resource Management	7.5	VB
TSOL425	Teamledelse og teknologi	7.5	VB
TTK4220	Dynamikk i sosiale systemer	7.5	VB
TEP4285	Materialstrømanalyse	7.5	VB
SØK2012	Atferdsøkonomi	7.5	VB

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø – 5. år

Vår

Fordypningsemner og masteroppgave

Det skal velges ett fordypningsemne som er best tilpasset valgt fordypningsprosjekt.

Kode	Navn	Poeng	Status
MOL4901	Masteroppgave i nanoteknologi	30	M1C
TBT4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFE4925	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TFY4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKJ4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKP4905	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TKT4930	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMM4940	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C
TMT4910	Nanoteknologi, masteroppgave	30	M1C

C. Oversikt over fullførte masteroppgaver fra årene 2016 – juli 2020

Under Studieretning (SR): BT= Bionanoteknologi; NE= Nanoelektronikk; NMEM= Nanoteknoloi for materialer, energi og miljø

Kandidat	Emnekode	SR	Masteroppgavetittel	Veileder
2016				
Lars Grønmark Holmen	TFE4925	NE	Simulation and Fabrication of a Photonic Crystal Mach-Zehnder Interferometer	Astrid Aksnes
Ine Mari Vevang	TFE4925	NE	Hyperspectral Fluorescence and Reflectance Imaging of Bacteria and Oral Mucosa a feasibility study	Lise Lyngsnes Randeberg
Hans Henrik Scheline Urdahl	TFE4925	NE	Exploring supermagnetism in patterned thin films of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$	Erik Folven
Marie Helene Gunnsdatter Hernes	TFE4925	NE	Quantitative checking of nanoscale transistor models	Trond Ytterdal
Einar Standal Digernes	TFE4925	NE	Patterning of Hard Mask on (111)-0riented BTO/LSMO Heterostructures on STO Substrates	Per Thomas Martin Tybell
Trond Rypdal Henninen	TFY4905	NE	Chemical Vapour Deposition and Electron Microscopy Analysis of Graphene	Antonius T. J. Van Helvoort
Marianne Etzelmüller Bathen	TFY4905	NE	Strongly Coupled Spin, Heat and Charge Currents in Superconducting Hybrids	Jacob Linder
Andreas Garmannslund	TFY4905	NE	Refinement of the ζ-factor Method for Quantitative Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy in Scanning Transmission Electron Microscopy	Antonius T. J. Van Helvoort
Theodor Secanell Holstad	TFY4905	NE	Characterization of $BaTiO_3/La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ Thin Films on $SrTiO_3$(111) Substrates	Randi Holmestad
Astri Fjelde Maaland	TFY4905	BT	Expression of two Cell Membrane Proteins, CD37 and PD-L1, in Acute Myeloid Leukemia Cell Lines	Catharina de Lange Davies
Ane Tefre Eide	TFY4905	BT	Development and Characterisation of a Nanotechnology-Enhanced Electrochemial Biosensor	Pawel Sikorski
Ida Sofie Jorstad	TFY4905	BT	Optimization, Cellular Uptake and Cytotoxicity of Lipid Nanoparticles	Catharina de Lange Davies
Mia Kvåle Løvmo	TFY4905	BT	Effekten av akustisk strålingskraft på levering av nanopartikler til kreftvev	Catharina de Lange Davies
Jakob Balsliemke Vinje	TFY4905	NMEM	Photochemistry of a Nucleobase Relevant to the Formation of Malignant Melanoma. Using Spectroscopic Techniques to Study the UV-Induced Damage of Thymine on MoS_2	Justin Wells

Tina Bergh	TFY4905	NMEM	Transmission Electron Microscopy Characterization of Sintered and Hot-Pressed Silicon Carbide	Antonius T. J. Van Helvoort
Erik Dobloug Roede	TKP4905	NMEM	FIB/SEM Characterization of Paper Materials	Øyvind Weiby Gregersen
Henrik Riis	TKP4905	NEMEM	Utvikling av strukturelle karakterinseringsmetoder for PVA/nanocellulose kompositmembraner	Øyvind Weiby Gregersen
Ingrid Andersen Eidsvaag	TMT4910	NMEM	The Influence of Polarization on the Wetting of Anodes in the Hall-Héroult Process	Espen Sandnes
Rasmus Vester Thøgersen	TMT4910	NMEM	First-Principles Calculations of Oxygen Vacancy Formation in Epitaxially Strained La1-xCaxMnO3	Sverre Magnus Selbach
Solveig Stubmo Aamlid	TMT4910	NMEM	The Effect of Thermal History on the Structural and Dielectric Properties of Tetragonal Tungsten Bronzes	Tor Grande
Hanna Sandvoll Vassmyr	TMT4910	NMEM	Development of Hydrophobic Surfaces for Anti-Icing Applications	Hilde Lea Lein
Lars-Henrik Nysteen	TMT4910	NMEM	Exploring lithium ion batteries for wind powered water injection	Fride Vullum-Bruer

2017

Amalie Solberg	TBT4905	NMEM	Hydrazide Conjugated Oligoguluronates	Bjørn E. Christensen
Erlend Grøndahl Jansen	TFE4925	NE	Boundary Conditions and Fresnel Equations for Weakly Spatially Dispersive Media	Johannes Skaar
Hanna Heggheim Lee	TFE4925	NE	Micromagnetic Modelling of Thermally Induced Errors in Nanomagnetic Logic	Erik Folven
Eirin Mærk Wehn	TFE4925	NE	Density functional theory investigations of octahedral connectivity in [001] and [111] directional perovskite superlattices	Per Thomas Martin Tybell
Marte Bondø Augdal	TFY4905	NE	Towards a New Ceramic-Glass Fiber Femtosecond Laser in the 2-3 Micrometer Wavelength Range. Cr2+ Doped Ceramic Glass Fibers and Graphene Saturable Absorber Mirrors	Irina Sorokina
Stian Ruud Schikora	TFY4905	NE	Studying the chemistry of complex transition metal systems. A spectroscopic investigation of the interplay between Dy and MoS_2	Justin Wells
Adam Götz	TFY4905	NE	Iron-Mediated Growth of Graphene on SiC for Radiation Detection	Justin Wells
Steinar Myklebost	TFY4905	NE	Developing Quantitative Image Processing of Scanning Electron Microscopy Data Sets to Evaluate Nanowire Growth	Antonius T. J. Van Helvoort
Sigurd Hanstad	TFY4905	BT	Cellular Uptake of Nanoparticles by Sonoporation	Catharina de Lange Davies
Maja Bjerke Drøyli	TFY4905	NE	Spectroscopic Ellipsometry of InAs/(Al)GaAs Quantum Dots for Intermediate Band Solar Cells	Turid Dory Reenaas
Kristin Lønsethagen	TFY4905	NMEM	Recrystallization of silicon core fibers by CO2 laser annealing	Ursula Gibson

Hogne Lysne	TFY4905	NMEM	3D TEM characterization of silver implanted silicon for intermediate band solar cells	Randi Holmestad
Otto Magnus Evenstad	TKT4930	NE	Two Novel Methods in the Electrical Characterization of Single Metal-Coated Polymer Spheres	Jianying He
Vegard Hornnes	TMT4910	NMEM	Surfaces and coatings for anti-icing applications	Hilde Lea Lein
Ingeborg Treu Røe	TMT4910	NMEM	Finite temperature ab initio simulations of the lattice thermal conductivity of XNiBi, X=(Sc, Y, La), based half-Heuslers	Sverre Magnus Selbach
Andreas Nicolai Norberg	TMT4910	NMEM	Exploring Silica from Diatom Frustules as a High Performance, Low Cost and Environmentally Friendly Anode Material for Lithium Ion Batteries	Ann Mari Svensson
Sebastian Holand Hansen	TMT4910	NMEM	Investigation of bubble distribution and evolution in solar cell quartz crucibles	Marisa Di Sabatini
Marte Orderud Skare	TMT4910	NMEM	A Method for Controlled Oxide and Carbon Coating of Silicon Nanoparticles as Anode in Lithium-Ion Batteries	Ann Mari Svensson
Henning Kaland	TMT4910	NMEM	On the Cycling Performance and Stability of Silicon-Based Anodes in Lithium-Ion Batteries	Ann Mari Svensson

2018

Tonje Marie Vikene Nedal	MOL4901	BT	miR-27 in Multiple Myeloma Bone Disease, with regards to Osteoblast Differentiation	Therese Standal
Christian Holmvik	TBT4905	BT	Depolymerisation and Characterisation of Xanthans. A study of rheological and structural properties for Enhanced Oil Recovery	Bjørn E. Christensen
Mia Othelie Stein	TFE4925	NE	Simulations and Fabrication of Photonic Crystal Waveguides and a Computational Study of Two-Dimensional Photonic Crystal Cavity Resonators	Astrid Aksnes
Størk Avelsgaard Lien	TFE4925	NE	Simultation and Fabrication of a Photonic Crystal Transmission Filter for Biosensing Applications	Astrid Aksnes
Jonathan Reichelt Gjertsen	TFE4925	NE	Wireless MEMS Accelerometer with Nanoampere Current Consumption for the Internet of Things	Astrid Aksnes
Snorre Braathen Kjeldby	TFE4925	NE	Surface-Enhanced Raman Scattering for Biosensor Probes	Astrid Aksnes
Anders Strømberg	TFE4925	NE	Micromagnetic modelling and magnetic force microscopy of supermagnetism in patterned nanomagnetic arrays	Erik Folven
Ingerid Gjeitnes Hellen	TFE4925	NE	Simulation and fabrication of two-dimensional photonic crystal drop filters for biosensing	Astrid Aksnes

Jon Anders Danielsen	TFY4905	NMEM	Fabrication of Diffractive Honeycomb Structures on Silicon Using Photolithography and Maskless Aligner and Investigation of Optical and Electrical Properties of the Structures	Justin Wells
Håkon Ivarssønn Røst	TFY4905	NE	Transfer-Free and Patterned Growth of Epitaxial Graphene on Insulator	Justin Wells
Sopisa Benjakul	TFY4905	BT	Composite PACA Nanoparticle-Alginate Microspheres for Sustained Drug Delivery	Catharina de Lange Davies
Are Sæle Bruvold	TFY4905	BT	Macromolecular interactions at the single-molecule level. Fluctuation analysis of bound states	Bjørn Troger Stokke
Sindre Ullmann	TFY4905	BT	TLR2 heterodimerisation dynamics. Establishing an advanced microscopy method to investigate protein-protein interactions	Pawel Sikorski
Ruth Gong Li	TFY4905	BT	Engineering a vascular model based on microfluidics for studying microbubbles in an acoustic field	Catharina de Lange Davies
Kristine Andreassen	TFY4905	BT	Addressing the barriers for delivery of liposomal nanoparticles to tumors	Catharina de Lange Davies
Caroline Einen	TFY4905	BT	Composite PACA Nanoparticle-Alginate Microspheres for Sustained Drug Delivery	Catharina de Lange Davies
Ingunn Hanson	TFY4905	BT	Solid Stress and Nanoparticle Microdistribution in Xenografts: Effects of Ultrasound and Microbubble Cavitation	Catharina de Lange Davies
Mats Hanssen Estensen	TFY4905	NE	Simulation of a Mercury Cadmium Telluride Avalanche Photo Diode	Jon Andreas Støvneng
Gaute Osaland Hådem	TKP4905	NMEM	Nanoscale investigations and modifications of catalytic model systems	Hilde Johnsen Venvik
Sandra Karen Tonstad	TKP4905	NMEM	Construction of Nanocellulose Microcapsules for Research and Sensor Applications	Kristin Syverud
Birger Langebro	TKT4930	NMEM	Towards Novel Metal-Polymer Interface Thermal Transport Model Systems	Jianying He
Frode Håskjold Fagerli	TMT4910	NMEM	Exploring V2C MXene as a New Cathode Material for Rechargeable Magnesium Batteries	Fride Vullum-Bruer
Frida Sveen Hempel	TMT4910	NMEM	Hydrothermal syntheis and characterization of BaTiO3 nanoparticles	Sverre Magnus Selbach
Nils Runar Mulder	TMT4910	NMEM	The Effect of LiFSI Salt Concentration and Electrolyte Additives on the Performance of Silicon Anodes for Lithium-Ion Batteries	Ann Mari Svensson
Sigrun Sofie Berg	TMT4910	NMEM	Environmentally friendly batteries made with SiO2 from diatoms	Fride Vullum-Bruer

2019

Miriam Rosvold From	MOL4901	BT	Evaluation of photochemical internalization of Caelyx in cholangiocarcinoma cell lines	Markus Haug
Helene Solhaug	MOL4901	BT	Nanoplastics - A Potential Threat To Human Health?	Asbjørn Magne Nilsen

Ragnhild Sofie Ragnhildstveit Sætra	MOL4901	BT	Membrane damage and inflammasome activation during Mtb infection	Kai Beckwith Sandvold
Jorunn Synnøve Fauskanger Tepstad	TBT4905	BT	Solubility Patterns in Relation to Coating of Mineral Supplements	Turid Rustad
Thorstein Wang	TFE4925	NE	Magnetic Force Microscopy of Magnetic Nanodisk Arrays at Room Temperature	Erik Folven
Eivind Jülke Røer	TFE4925	NE	Optimization and Fabrication of Photonic Crystal Drop Filters for Optical Biosensing	Astrid Aksnes
Lars Olav Skrebergene	TFE4925	NE	Optimization and fabrication of a fiber-to-waveguide silicon-on-insulator grating coupler	Astrid Aksnes
Ragni Maria Skjervold Olsson	TFY4905	BT	Characterization of cerium oxide nanoparticles and their toxicity in Caenorhabditis elegans	Rita de Sousa Dias
Knut Olav Schnell	TFY4905	NE	Fourier ptychography for computationally enhanced imaging in two and three dimensions	Dag Werner Breiby
Sander Øglænd Hanslin	TFY4905	NE	Theory of Antisymmetric Exchange in Metallic Antiferromagnetic Thin Films	Arne Brataas
Yngve Maximilian Ender	TFY4905	NMEM	Characterization of particles from dissolved 5049 aluminum alloys, and the micro-structure from billet to extruded and drawn tubes	Randi Holmestad
Markus Joel Benjamin Ristola	TFY4905	NE	Processing and characterization of tungsten-implanted silicon for intermediate band solar cells	Arne Brataas
Daniel Martin Lundeby	TFY4905	NE	Improving the accuracy of TEM-EDX quantification by implementing the zeta-factor method	Antonius T. J. Van Helvoort
Marianne Elise Lia	TFY4905	BT	The impact of tumor associated macrophages in delivery of nanoparticles to tumor cells	Catharina de Lange Davies
Simon Høgås	TFY4905	NE	Improvements to nm scale crystal phase and orientation mapping by physical model comparison	Antonius T. J. Van Helvoort
Mette Wirak	TFY4905	NE	Spin dynamics in magnetic structures: A numerical study	Arne Brataas
Ingvild Hansen	TFY4905	NE	Correlated Structural and Optical Characterisation of Individual AlGaN Nanowires on Graphene	Antonius T. J. Van Helvoort
Kristian Bottegård Næss	TFY4905	NE	Thermoelectric Properties of (Anti)-ferromagnet - Superconductor Hybrid Junctions	Arne Brataas
Karoline Bråten	TFY4905	BT	Nanopartikkelstabiliserte mikrobobler og fokusert ultralyd for levering av kreftmedisin til tumorer - Karakterisering i den korioallantoiske membran-modellen	Catharina de Lange Davies
Christopher Devik Fjeldstad	TKJ4905	BT	Data-Driven Prediction of Band Gaps of Multi-element Crystalline Compounds	Per-Olof Harald Åstrand
Kristiane Søvde Oftebro	TKP4905	NMEM	Synthesis and Characterization of Bismuth-containing Nanomaterials for Photocatalytic Ammonia Synthesis	Magnus Rønning

Lene Hollund	TKT4930	NMEM	Nanostructuring Cu Surfaces for Efficient CO2 Condensation	Jianying He
Ada Louise Heyerdahl Jervell	TMT4910	NMEM	Multi-layer Material Flow Analysis of Lithium-ion Battery Anodes Made from Diatom Frustules	Fride Vullum-Bruer
Mari Nyhaug	TMT4910	NMEM	Dye-sensitized solar cells with zinc oxide electrodes - Improving the electrodeposition of ZnO and investigating the electrode lifetime.	Svein Sunde
Henrik Erring Hansen	TMT4910	NMEM	Assessment of the Recombination Resistance in Dye-Sensitized Solar Cells by Photoelectrochemical Techniques	Svein Sunde
Sigmund Sørensen Kielland	TMT4910	NMEM	Development of An Asymmetrical Membrane for Oxygen Exchange and Production	Sverre Magnus Selbach
Viviann Hole	TMT4910	NMEM	Hydrothermal synthesis of SrxBa1–xNb2O6 on nanostructured substrates	Mari-Ann Einarsrud
Steinar Åsmund Fagervoll	TMT4910	NMEM	Synthesis and Characterisation of NMC622 Cathodes for Lithium-Ion Batteries	Sverre Magnus Selbach
Lars-Arne Øvredal Boge	TMT4910	NMEM	Exploring V2C MXene as Cathode Constituent for Rechargeable Magnesium Batteries	Fride Vullum-Bruer

2020

Alenka Djarmila Behsen	MOL4901	BT	Nanomaterials – Therapeutic or Toxic? Effects of PVC and PACA Drug Delivery Nanoparticles on Human Monocytes and Macrophages	Asbjørn Magne Nilsen
Nicolai Winter-Hjelm	MOL4901	BT	Development of a tailored microfluidic platform with improved electrical signal detection for in vitro studies of neural networks and neural network pathology	Peter Köllensperger
Isak Kyrre Lichtwarck Bjugn	MOL4901	BT	Structural effects on the computational capacity of neural networks	Ioanna Sandvig
Simon Lunde Midtvedt	TBT4905	BT	Microbial Therapeutics and Oral Delivery Systems – An Evaluation of Microencapsulation of Microbiota	Astrid Aksnes
Håvard Hem Toftevaag	TFE4925	NE	Ultraviolet Optoelectronic Devices Based on GaN/AlGaN Nanowires Grown on Graphene Substrates	Bjørn-Ove Fimland
Amanda Langørgen	TFE4925	NE	Magnetic Force Microscopy and Micromagnetic Simulations of Nanoscale Magnetic Structures and Modified Artificial Spin Ices	Erik Folven
Roman Malyshev	TFE4925	NE	A finite element model of plasmonic particle arrays for glucose sensing by surface-enhanced Raman scattering	Astrid Aksnes
Matilde Maardalen	TFY4905	BT	Examining immune responses and nanoparticle uptake in tumors caused by Acoustic Cluster Therapy	Catharina de Lange Davies
Krister Vikedal	TFY4905	BT	Examining immune responses and nanoparticle uptake in tumors caused by Acoustic Cluster Therapy	Catharina de Lange Davies

Trond Hjerpekjøn Haug	TFY4905	NE	Ultrafast Two-Magnon Excitation in Two-Dimensional Antiferromagnetic Insulators	Arne Brataas
Hanne Mørkeseth	TFY4905	NMEM	The effect of Fe and Mn on precipitation in an Al-Cu-Mg-Si alloy - A transmission electron microscopy study	Randi Holmestad
Sigrid Wanvik Haugen	TFY4905	NE	Structural and Optical Characterisation of AlGaN Nanostructures for UV-LEDs by Correlated Electron Microscopy	Antonius T. J. Van Helvoort
Ivan Ushakov	TFY4905	NE	Phase diagram of an extended Kane-Mele-Hubbard model in strongly correlated regime	Arne Brataas
Aase Mellingen Langan	TFY4905	BT	MRI-Based Radiomics Analysis for Predicting Treatment Outcome in Rectal Cancer	Kathrine Røe Redalen
Tollak Hauk Braaten	TFY4905	BT	Silica nanoparticle mediated tissue bridging for wound healing applications	Rita de Sousa Dias
Maria Stadheim	TFY4905	BT	Development of macrophage characterization assays	Catharina de Lange Davies
Sigrid Steinsli Austad	TKP4905	NE	Development of membranes containing novel 2D scaffolds decorated with nanoparticles for CO2 separation	Liyuan Deng
Ingvill Andrea Røed	TKP4905	BT	Low Temperature Selective Hydrogenation Using Pd/Al2O3 Catalysts	Magnus Rønning
Simen Ringdahl	TKT4930	NMEM	Machine Learning and Atomic Simulations to predict Nanoscale Ice Adhesion	Zhiliang Zhang
Sigurd Opdal Eidem	TMT4910	NMEM	Synthesis of Hexagonal Yttrium and Ytterbium Manganites	Mari-Ann Einarsrud
Nora Statle Løndal	TMT4910	NMEM	Effects of material structure on the electrical properties of ferroelectric plastic crystal tetramethylammonium bromotrichloroferrate(III)	Mari-Ann Einarsrud
Ingrid Flatebø Holsen	TMT4910	NMEM	Borated Salt Additives in LiFSI Based Electrolytes and Their Compatibility with Silicon Anodes, Aluminum Current Collectors and NMC Cathodes in Li-ion Batteries	Ann-Mari Svensson
Øyvind Lindgård	TMT4910	NMEM	The Effect of Li Salts, Cosolvents, and Additives on the Performance of Silicon Anodes in Ionic Liquid Electrolytes for Lithium-Ion Batteries	Ann Mari Svensson
Hennie Marie Johnsen	TMT4910	NMEM	Stability and cell viability studies of silicon nanoparticles for drug delivery applications	Ragnhild Aune

D. Kartlegging av muligheter for integrasjon av bærekraft innenfor ulike emner i MTNANO studieprogrammet.

Notat til utvalgte faglærere for emner som inngår i MTNANO

NTNU har stort fokus på bærekraft og det er ulike prosesser på gang som skal implementere dette i aktiviteten. Ved NV fakultetet er det vedtatt at bærekraft skal operasjonaliseres i studieprogrammene ved at minst tre emner i hvert studieprogram skal ivareta denne dimensjonen. I det følgende gis det en oppsummering av studieprogrammet MTNANO (emneoversikt), en ikke-uttømmende beskrivelse av bærekraft, og et forslag til hvordan MTNANO ber om innspill til hvordan dette kan realiseres. Det konkluderes med et forslag til struktur på tilbakemelding fra faglærer i emner som vurderes relevante å vurdere i en slik sammenheng.

Emneoversikt studieprogram MTNANO

Tabell 1 viser emner som i 2020 inngår i studieprogrammet MTNANO. I denne tabellen er de emner som ble introdusert med særskilt behov i MTNANO angitt med gult. Det er også et betydelig tilfang av emner med tydelige læringsmål innenfor fagfeltet nanovitenskap og teknologi som enten er studieretningsspesifikke og valgbare fra og med 6 semester.

Tabell 1. Oversikt over emner i studieprogram MTNANO

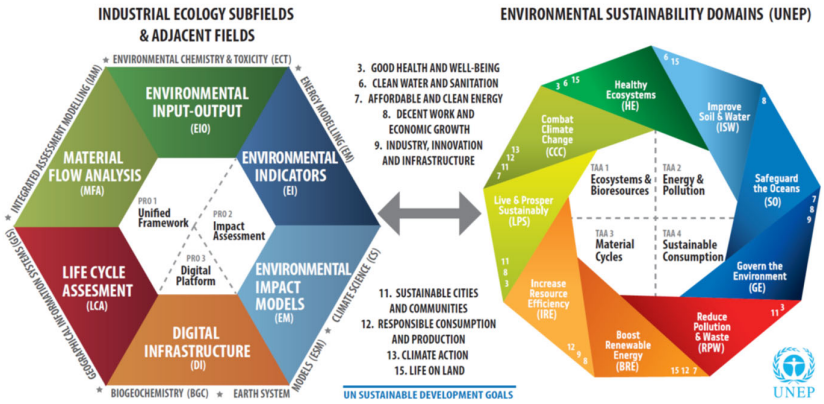
År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		
4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V
	5 Høst	Valgbart emne	TFY4335 Bionanovitenskap	TFY4330 Nanoverktøy	TMT4320 Nanomaterialer
2	4 Vår	TBT 4170 Bioteknologi	TFE4120 Elektromagnetisme	TFY4120 Fysikk II	TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi
	3 Høst	TMA 4130 Matematikk 4N	TMA 4240 Statistikk	TFY4185 Måleteknikk	TMT 4185 Materialteknologi
1	2 Vår	TMA 4105 Matematikk 2	TMA 4115 Matematikk 3	EX PH0300 Ex Phil, Natur&Tek	TMT4110 Kjemi
	1 Høst HMS Grunnkurs	TMA 4100 Matematikk 1	TFY4115 Fysikk	TDT 4110 Info.tekn gk	TFY4350 Nanoteknologi Intro

Bærekraft og studieprogram MTNANO

FN's bærekraftsmål spenner vidt (se: https://sdgs.un.org/goals og det er nasjonalt arbeid på gang i forhold til bærekraftsdimensjonen og høyere utdanning (https://www.uib.no/en/sdgnorway.)

Mulighetene for integrasjon av bærekraftdimensjonen i studieprogrammet MTNANO er mange. Egenarten og behovet for faglige tema som inngår MTNANO er blant annet begrunnet ut fra behovet for ren, fornybar energi, overgang fra oljebasert til fornybart råstoff, elektroniske kretser som har mindre energiavtrykk, prinsipper for energiomsetning som har redusert utslipp av drivhusgasser, og annet. Eksempler på emner i MTNANO hvor slike faglige tema inngår er Materialteknologi, Nanomaterialer, Bioteknologi, Elektromagnetisme.

Som et ytterligere perspektiv gjengis her en oversikt over tema som vektlegges i program for industriell økologi ved NTNU i det videre (fra presentasjon til Helge Brattebø, leder IndEcol, 22.11.2018) (Fig 1).



Figur 1. Oversikt over ulike aspekter ved INDECOL og samspill med FNs bærekraftsmål.
(fra presentasjon til Helge Brattebø, leder IndEcol, 22.11.2018).

Flere av de tema som er summert i Fig 1 kan relateres til faglige tema som inngår i MTNANO. Eksempler på dette er økt ressurseffektivitet knyttet til nedskalering av materialer, mindre materialbruk, forbedring i fornybar energi. Samtidig er det også slik at mange av de konkrete verktøyene som brukes i forbindelse med analyser, f.eks., livsløpsanalyse, materialstrømsanalyse, ikke hittil er integrert som læringsaktivitet i stor grad i MTNANO. I tabell 2 er det identifisert emner som tilsynelatende kan integrere bærekraftperspektivet for videreutvikling av kvalitet og relevans.

Tabell 2. Oversikt over emner i studieprogram MTNANO – bærekraft

År	Semester	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp	7.5 Stp
5	10 Vår	Hovedoppgave innenfor valgt retning (20 uker)			
	9 Høst	IKKETEK 4 Valgfritt	Fordypningsemne (prosjekt + støtteemner)		
4	8 Vår	Eksperter i Team	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
	7 Høst	Perspektiv emne	Valgfritt emne	Studieretnings emne	
3	6 Vår	TIØ 4256 Tekn ledelse	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V	Studieretningsspesifikke O og V

	5 Høst	Valgbart emne	TFY4335 Bionanovitenskap	TFY4330 Nanoverktøy	TMT4320 Nanomaterialer
2	4 Vår	TBT 4170 Bioteknologi	TFE4120 Elektromagnetisme	TFY4120 Fysikk II	TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi
	3 Høst	TMA 4130 Matematikk 4N	TMA 4240 Statistikk	TFY4185 Måleteknikk	TMT 4185 Materialteknologi
1	2 Vår	TMA 4105 Matematikk 2	TMA 4115 Matematikk 3	EX PH0300 Ex Phil, Natur&Tek	TMT4110 Kjemi
	1 Høst HMS	TMA 4100 Matematikk 1	TFY4115 Fysikk	TDT 4110 Info.tekn gk	TFY4350 Nanoteknologi Intro

Faglærere til disse emnene (TMT 4185 Materialteknologi; TMT4320 Nanomaterialer; TFE4120 Elektromagnetisme; TBT 4170 Bioteknologi; TFY4185 Måleteknikk og TFY4335 Bionanovitenskap) inviteres til å komme med tilbakemelding på hvordan de kan integrere bærekraft i disse emnene. Studieprogramrådet er kjent med at emner som er inkludert her allerede har dette perspektivet i emnebeskrivelsen, men samtidig er ikke kjent med læringsaktiviteter knyttet til dette.

Vi ber om tilbakemelding fra hver emneansvarlig når det gjelder

Oppdatert emnebeskrivelse
Læringsmål for emnet
Beskrivelse av læringsaktiviteter som bygger opp under kompetanseutvikling mot læringsmålene
Forslag til overordnede læringsmål for MTNANO innenfor bærekraft (se også UNESCOS overordnede
Mulig tidsplan for aktuelle endringer relatert til bærekraft

Vi ber om tilbakemelding på dette innen 15 oktober 2020; med oversendelse til studieprogramleder MTNANO, Bjørn Torger Stokke, pr epost: bjorn.stokke@ntnu.no

På vegne av studieprogramrådet MTNANO

Zhiliang Zhang, Hilde Meussen Elholm og Bjørn Torger Stokke

Liste over mottakere:

TMT 4185 Materialteknologi; emneansvarlig: Hilde Lea Lein
TMT 4320 Nanomaterialer; Inst. for materialteknologi v/Instituttleder
TFE4120 Elektromagnetisme; Inst. for elektroniske systemer v/Instituttleder
TBT 4170 Bioteknologi; emneansvarlig Berit Løkensgard Strand
TFY4185 Måleteknikk; emneansvarlig Patrick Espy
TFY4335 Bionanovitenskap; emneansvarlig Catharina Davies

Instituttleder Einar Magne Hjorthol, Inst for materialteknologi
Instituttleder Odd Kr Pettersen, Inst. for elektroniske systemer
Instituttleder Kjetil Rasmussen, Inst. for bioteknologi og matvitenskap
Instituttleder Erik Wahlstrøm, Inst. for fysikk

TBT4170 Bioteknologi – svar på henvendelse fra studieprogram i MTNANO per 20.09.2020 om bærekraft.

Under følger en generell tilbakemelding om bærekraft i TBT4170 Bioteknologi per i dag og perspektiver for framtida, før en spesifikk tilbakemelding i henhold til etterspurte punkter.

Generell tilbakemelding:

Bærekraft er per i dag ikke synliggjort i emnebeskrivelse, læringsmål eller læringsaktiviteter i TBT4170 Bioteknologi, men er i høyeste grad tilstede i applikasjonsdelen av bioteknologifaget. Jeg ser det som naturlig at bærekraft inkluderes videre i dette faget på to måter:

1: Synliggjøring av eksisterende aktivitet i emnebeskrivelse og læringsmål

2: Utvide med aktiviteter knyttet til bærekraft, fortrinnsvis opp mot eksisterende faglig innhold.

1: Eksisterende aktiviteter inkluderer

- fornybare ressurser: bioraffinering, bioenergi/biobrensel, materialer og kjemikalier
- genmodifiserte planter for økt produksjon og næringsinnhold
- medisinsk bioteknologi for bedre helse: genterapi, stamceller (kloning)
- mikroorganismer: samfunn og biologisk mangfold

2: Utvidelse av aktiviteter passer nok umiddelbart best under tematikk om fornybare ressurser slik som bioraffinering, bioenergi/biobrensel, materialer og kjemikalier fra fornybare ressurser. Utvidelse kan gjerne knyttes opp mot for eksempel forelesning med tilhørende øving i faget som omhandler en form for livsløpsanalyser. For å gjøre dette på en solid måte (om det er mulig i et begrenset format) vil det være behov for samarbeide og ressurser fra industriell økologi. Jeg tror det vil være nyttig at det er problematikk knyttet til bærekraft som studentene aktivt jobber med i form av for eksempel en obligatorisk øving.

En annen mulig utvidelse kan være innen GMO planter og FNs bærekraftmål om å utrydde sult, eventuelt «lab-kjøtt» som også er eksempler fra forelesning. Men siden disse eksemplene er etisk betente, så kan det potensielt være vanskeligere å bruke disse eksemplene i bærekraftsøyemed (bærekraft og etikk diskuteres med studentene). Til sist, så er også medisinsk bioteknologi (genterapi, stamceller, kloning) en del av tematikken i faget med mål om å bidra til FNs bærekraftmål om «god helse».

Oppdatert emnebeskrivelse (som beskrivelse på nett – noe mindre oppdatering planlagt)
Kurset vil gi en bred innføring i moderne bioteknologi med vekt både på grunnleggende forståelse av cellefunksjon på et molekylært nivå, og på anvendelser. I de senere år har den faglige utviklingen vært svært mye influert av metodiske gjennombrudd, og de viktigste av disse metodene vil derfor bli gjennomgått. Forøvrig kan følgende stikkord gi et inntrykk av hvilke temaer som vil bli tatt opp: 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; applikasjoner innen industri, miljøbioteknologi, medisin og landbruk; etiske problemstillinger

Læringsmål for emnet (som beskrivelse på nett – noe mindre oppdatering planlagt)
Kunnskapsmål:
- Ha oversikt over hvilke stoffgrupper (nukleinsyrer, proteiner, metabolitter etc) en celle består av og

hvilken funksjon de har i cellene.
- Forstå prinsippene for hvordan de basale reguleringsmekanismene i celler virker.
- Forstå hvordan den basale kunnskapen om cellefunksjon kan anvendes til ulike viktige samfunnsformål.
- Ha kunnskap om sentrale deler av de etiske konsekvensene av bioteknologiens utvikling.

Ferdighetsmål:
- Kunne definere de sentrale molekylærbiologiske begrepene.
- Kunne koble sammen ulike deler av kunnskapsbasisen til å løse enkle problemstillinger av anvendt eller vitenskapelig karakter.
- Være i stand til å forsvare viktige etiske standpunkter.

Generell kompetanse:
- Kunne se sammenhengen mellom innholdet i kurset og øvrige deler av naturvitenskapen (enzymkatalyse versus ikke-enzymtaisk katalyse, termodynamikkens lover og levende systemer etc.).

Beskrivelse av læringsaktiviteter som bygger opp under kompetanseutvikling mot læringsmålene (som beskrivelse på nett – noe mindre oppdatering planlagt)
Kurset vil bli basert på forelesninger, demonstrasjoner og gruppebaserte øvinger. Én obligatorisk gruppeøving i form av posteroppgave.

Forslag til overordnede læringsmål for MTNANO innenfor bærekraft (se også UNESCOS overordnede
Basert på vurderingen for TBT4170 Bioteknologi gitt innledningsvis vil fornybare ressurser kunne implementeres i de overordnede læringsmål for MTNANO innenfor bærekraft. Dette er noe som per idag undervises i bioteknologifaget. Forslag til læringsmål: «Kunnskap: Studentene skal ha kunnskap om fornybare ressurser og hvordan disse kan utnyttes på en optimal måte
Ferdighet: Studentene skal kunne være i stand til å diskutere ulike kilder til fornybare ressurser opp mot potensielle konflikter.» Dette er per i dag implementert i TBT4170 Bioteknologi for biologiske ressurser, men inkluderer ikke andre former for fornybare ressurser.

Mulig tidsplan for aktuelle endringer relatert til bærekraft
For å gjennomføre endringer som skissert over i TBT4170 bioteknologi vil synliggjøring av eksisterende aktiviteter kunne implementeres i en revidert versjon av emnebeskrivelser i 2020. For nye aktiviteter, for eksempel livsløpsanalyser, så vil dette kreve samarbeide med industriell økologi og vil antakelig ikke kunne skisseres i revidert programbeskrivelse før høst 2021 med påfølgende aktivitet fra vår 2022.

Hilsen
Berit Løkensgard Strand,
Faglærer i TBT4170 Bioteknologi
Cc:
Instituttleder, Institutt for bioteknologi og matvitenskap: Kjetil Rasmussen
Nestleder undervisning, Institutt for bioteknologi og matvitenskap, Leder for studieprogramråd i MBIOT5, underviser i TBT4170 Bioteknologi: Per Bruheim
Nestleder undervisning, Institutt for bioteknologi og matvitenskap, Anita Nordeng Jakobsen
Underviser i TBT4170 Bioteknologi: Trygve Brautaset

Bærekraft TMT4320 Nanomaterialer

Oppdatert emnebeskrivelse (fra EpN):

Anbefalte forkunnskaper
Grunnleggende emner innen kjemi, materialteknologi eller faststoffysikk.

Faglig innhold
Emnet skal gi en innføring i grunnleggende kjemiske og fysiske prinsipper for å lage uorganiske nanomaterialer, samt grunnleggende prinsipper for størrelseseffekter til nanomaterialer. Det vil også bli en enkel gjennomgang av ulike metoder brukt for å produsere og karakterisere ulike typer nanostrukturer. Emnet forutsetter basiskunnskaper i kjemi, fysikk og materialteknologi. Emnet skal gi grunnlag for videre undervisning i TKP4190 Fabrikasjon og anvendelse av nanomaterialer.

Kursmateriell
Annonseres ved semesterstart. (Se oppdatert liste over kursmateriell til slutt.)

Læringsformer og aktiviteter
Basert på forelesninger og øvinger. 6 av 12 øvinger kreves godkjent for å få gå opp til eksamen. Avsluttende eksamen er grunnlaget for karakteren i emnet. Sluttkarakteren angis med bokstavkarakter. Forventet tidsbruk: Forelesninger: 70 timer, Øvinger: 30 timer. Selvstudium: 100 timer.

Mer om vurdering
Ved utsatt eksamen (kontinuasjonseksamen) kan skriftlig eksamen bli endret til muntlig eksamen.

Læringsmål for emnet (fra EpN):
Etter avsluttet kurs skal studenten kunne:
- Beskrive kvalitativt hvordan størrelsen på nanopartikler kan innvirke på morfologi, krystallstruktur, reaktivitet og elektriske egenskaper.
- Beskrive flere syntesemetoder for å lage uorganiske nanopartikler, endimensjonale nanostrukturer (nanorør, nanostaver, nanotråder), tynne filmer, nanoporøse materialer, og bulkmaterialer som er sammensatt av nanostrukturerte byggeklosser, samt kunne beskrive hvordan forskjellige typer litografi kan brukes for å lage strukturer på nanoskala. Studenten skal forstå den generelle teorien for syntese/produksjon av nanomaterialer.
- Utføre enkle geometriske beregninger av overflateenergi, koordinasjonstall og volumfraksjon knyttet til nanoskala egenskaper og syntese, samt enkle kjemiske beregninger knyttet til syntese.
- Bruke kunnskapen til å vurdere hvilke syntesemetoder som kan være best egnet til å produsere nanostrukturerte materialer av forskjellige uorganiske forbindelser (metaller, halvledere, oksider, fullerener) og sammensetninger av disse.
- Identifisere grunnleggende etiske, helsemessige og miljømessige hensyn knyttet til nanopartikler og nanomaterialer generelt.

Beskrivelse av læringsaktiviteter som bygger opp under kompetanseutvikling mot læringsmålene:
Digitale forelsninger og øvinger med auditorieveiledning.

Forslag til overordnede læringsmål for MTNANO innenfor bærekraft (se også UNESCOS overordnede

Mulig tidsplan for aktuelle endringer relatert til bærekraft

Jeg er emneansvarlig for første gang siden 2012 i dette emnet og vil sannsynligvis ikke være det igjen med det første pga en nyansettelse i faggruppa.

Reading materials:

Lectures: All slides in the lecture presentations are part of the curriculum and should give a good indication of what is most important in this course.

Guest lectures: This is uncertain at this point in time. If we manage to do this: These are intended mainly for motivation and as a showcase for interesting research going on at NTNU. I will not ask questions specifically from the guest lectures, unless the topic has also been covered in the ordinary lectures.

Problem sets: Part of the curriculum, just like the lecture slides.

Textbook: Cao & Wang, Nanostructures and Nanomaterials, 2nd Edition, World Scientific 2011.
Guide to reading:

Chapter 1 Introduction

Everything is relevant.

Chapter 2 Physical Chemistry of Solid Surfaces

Everything is relevant.

Chapter 3 Zero-dimensional nanostructures: Nanoparticles

Everything is relevant, with the following comments:

- 3.2.2: Not expected to know all the equations describing growth after the nucleation step.
- 3.2.3–3.2.7: Not expected to remember specific synthesis routes in detail – focus on the general methods and what the synthesis routes have in common.
- 3.3.1: Note that the term in parenthesis in (3.50) is identically equal to –1.
- 3.4–3.5: Same as before, understanding the general methods is more important than memorizing specific details.

Chapter 4 One-dimensional nanostructures: Nanowires and nanorods

Again, general methods are more important than specific examples (this is a very general remark for the whole course!). Also:

- 4.2.1.1: Not expected to know all the equations describing growth.

Chapter 5 Two-dimensional nanostructures: Thin films

- 5.2: See comment about 3.3.1
- 5.3: Read and understand the equations, but don't memorize them.

- 5.11: Same here – focus on the qualitative meaning of the equations rather than their explicit form.

Chapter 6 Special nanomaterials

- Carbon materials: Slides contain more information than in the book for some of this content, particularly carbon nanocones. The Dresselhaus review is essential reading on CNTs.
- 6.3.1 (p. 318): Bioactive glasses are *widely* studied, not *wildly*.
- The following parts are less relevant than the rest (but you should still read through them):
  - 6.8 Inverse opals
  - 6.9 Bio-induced nanomaterials

Chapter 7 Nanostructures fabricated by physical techniques

- The following parts are less relevant than the rest (but you should still read through them):
  - 7.2.6 Neutral atomic beam lithography
  - 7.3.3 NSOM/SNOM

Chapter 8 Characterization and properties of nanomaterials

- 8.2.2: No need to remember the SAXS intensity equations, focus on what the technique can tell us about nanomaterials.
- 8.3.1 and 8.3.3: Not covered in detail in lectures, but nice sections to read through on your own. Table 8.1 and the four summary points on pp. 460–461 make for a good overview.
- 8.4.3 and 8.4.4: This has not been covered much in lectures. Focus on obtaining a qualitative overview of the content, not on the equations!
- 8.4.6: Note that the slides (lectures 18 and 19) contain more information on magnetism than in the book.

Chapter 9 Applications of nanomaterials

- We have not gone through this book chapter in detail. Read through to obtain a high-level overview.

Additional sources: The lecture slides (should) contain references or links where resources other than the textbook by Cao & Wang have been used. The following review papers and books are especially useful (all are available online, with links on Blackboard):

- Bréchignac, Houdy and Lahmani (Eds.): *Nanomaterials and Nanochemistry*, Springer 2006.
  - Sections that have been explicitly used in preparation of lectures:
    - 1.2.2 Equilibrium shape of nanometric crystals (Wulff construction, crystal facets, surface energy)
    - 1.2.3 Morphology of supported particles (convolution in SPM)
    - Chapter 18 Colloidal methods and shape anisotropy (especially 18.2 and 18.3) (colloidal synthesis with reverse micelles)
  - In general, this book overlaps a lot with the one by Cao & Wang, but is organized quite differently. Use it as supplementary information whenever needed.
- M. S. Dresselhaus, "Future directions in carbon science", *Annu. Rev. Mater. Sci.* **27**, 1–34 (1997)
  - Section on carbon nanotubes is required reading, but everything is enjoyable and recommended.
- Oberdörster × 3, "Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles", *Environ. Health Persp.* **113** (7), 823 (2005)

    - Concepts and broad overview – you are not expected to know all the biology/medicine terminology.
- Butt, Graf and Kappl: *Physics and Chemistry of Interfaces*, Wiley 2003. This book is only supplementary reading, not required, as the level of mathematical detail is higher than we generally need. The most relevant parts are probably:
    - Chapter 4, which gives a more thorough treatment of the electrical double layer than Cao & Wang. Section 4.3.2 summarizes nicely what is meant by the Stern layer and zeta potential, which are central concepts.
    - Chapter 9 on adsorption, which treats both the Langmuir (9.3.1) and BET (9.3.4) adsorption isotherms. The focus should not be on the equations, but rather on the principle of the methods, and how we can use them to characterize nanomaterials.)

Elektromagnetisme (TFE4120)

Anbefalte forkunnskaper

Basic mathematics, vector analysis (Matematikk 1 og 2 eller tilsvarende).

Faglig innhold

- Electrostatics: Coulomb's law, scalar potential, Gauss' law, dielectric media, capacitance, currents, resistance, electrostatic energy, electrostatic energy storage and batteries (1).
- Magnetostatics: Biot-Savart's law, Ampere's law, Laplace laws, vector potential, magnetic materials and circuits, energy and forces.
- Electrodynamics: Electromagnetic induction, Faraday's law, inductance, transformers, displacement current. Maxwells equations. Introduction to electromagnetic waves and Lorenz potentials. Remote energy transfer via E.M. waves, electromagnetic pollution (2).
- Brief introduction to mechanical wave theory in connection with laboratory tasks.

Læringsformer og aktiviteter

Lectures. Theoretical exercises and laboratory exercises.

Læringsutbytte

Knowledge. The candidate has: (1) good knowledge of the laws of electrostatics: Coulomb's law, potential, Gaussian law, dielectric media, capacitance, currents and resistance, electrostatic energy; (2) good knowledge of the laws of magnetostatics: Forces between current elements, Ampere’s law, vector potential, magnetic media and circuits, energy and forces; (3) good knowledge of the generalization of electro- and magnetostatic laws of electrodynamics, i.e. electromagnetic induction, Faraday's law, inductance, transformers, displacement current; (4) good knowledge of the Maxwell's equations, retarded potentials, wave equations and related parameters; (5) general knowledge of mechanical wave theory

Skills. The candidate can: (1) apply the laws of electrostatics, i.e. Coulomb's law, potential, Gaussian law, dielectric media, capacitance, currents and resistance, electrostatic energy; (2) use the laws of magnetostatics: forces between current elements, Ampere’s law, LaPlace laws, vector potential, magnetic media and circuits, energy and forces; (3) understand the physical principles in classical electromagnetism, i.e. solve problems in classical electromagnetics using mathematics and physical understanding; (4) use the fundamental theory of electromagnetics to see possibilities and limitations in circuit theory; (5) understand the relevance of electromagnetics for the description of physical phenomena and technology.

General competence. To work individually with theory exercises; to solve simple lab exercises.

(1) The general problem of the storage of electrostatic energy will be introduced, starting from the early concepts of the battery (Volta) to an overview of modern approaches such as super-capacitors. A 1h lecture will be devoted to this subject.

(2) Why can we send communication signals by means of an E.M. wave but we cannot charge a cellular phone remotely? The dream of energy transfer in free-space and practical limitations. In addition, the effects of E.M. fields on living bodies depending on the frequency.

E. Numeriske ferdigheter i MTNANO sine kurs

Kartlegging av faginnhold relevant for numeriske ferdigheter i MTNANO sine kurs på bakgrunn av emnebeskrivelser på nett.

1. klasse høst:

TDT4110 Informasjonsteknologi, grunnkurs: (O)

- Grunnleggende IT-fag med IKT-teori og programmering
    - Grunnleggende IKT kompetanse
    - Programmeringsferdigheter
    - Grunnleggende datasikkerhet
    - Algoritmisk forståing

TMA4100 Matematikk 1: (O)

- Matematikkfag som blant annet tar for seg numeriske metoder for løsning av ikke-lineære ligningssystem og hvilke og begrensninger som ligger i bruk av matematisk programvare. Tar også for seg eksempel på matematisk modellering innenfor naturvitenskap, teknologi og økonomi.
    - Numerikk og numerisk løsning av ligningssystem
    - Modellering og simulering

TFY4115 Fysikk 1: (O)

- Fysikkfag om mekanikk og varmelære.
    - Få trening i å bruke IKT-verktøy for matematisk modellering og numeriske beregninger

TFY4350 Nanoteknologi, introduksjon: (O)

- Introduksjonsfag til sentrale temaer innen nanoteknologi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse i læringsutbyttebeskrivelsene

1. klasse vår:

TMA4105 Matematikk 2: (O)

- Matematikkfag som blant annet tar for seg formulering og løsning av problem innenfor matematikk og naturvitenskap/teknologi ved hjelp av flervariabelanalyse *om nødvendig supplert med bruk av matematisk programvare*.
    - Modellering og simulering

TMA4115 Matematikk 3: (O)

- Matematikkfag som blant annet tar for seg formulering og løsning av problem innenfor matematikk og naturvitenskap/teknologi ved hjelp av lineæralgebra *om nødvendig supplert med bruk av matematisk programvare*.
    - Modellering og simulering

TMT4110 – Kjemi: (O)

- Kort repetisjon av grunnleggende kjemiske begreper.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse i læringsutbyttebeskrivelsene

EXPH0300 - Examen philosophicum for naturvitenskap og teknologi: (O)

- Emnet gir en introduksjon til problemstillinger innen kunnskaps- og vitenskapsteori, etikk og politisk filosofi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse i læringsutbyttebeskrivelsene

2. klasse høst:

TMA4130 Matematikk 4N: (O)

- Matematikkfag som blant annet tar for seg formulering og løsning av problem innenfor matematikk og naturvitenskap/teknologi med hjelp av Fourierteori, ordinære og partielle differensialligninger og numerikk *om nødvendig supplert med bruk av matematisk programvare*.
    - Numerikk og numerisk løsning av ligningssystem
    - Modellering og simulering

TMA4240 Statistikk: (O)

- Matematikkfag som blant annet tar for seg identifisering og analyse av data fra enkle statistiske situasjoner innenfor teknologi og naturvitenskap, om nødvendig med bruk av matematisk programvare og deskriptive metoder.
    - Statistiske metoder
    - Bruk av fagspesifikke dataverktøy

TFY4185 Måleteknikk: (O)

- Elektroniske kretselementer. Laboratorium i kretsteknikk
    - Studentene skal lære å bygge og analysere aktive kretser basert på operasjonsforsterkere og transistorer, samt analysere disse vha numerisk verktøy.

TMT4185 – Materialteknologi: (O)

- Introduksjonsemne innen Materialteknologi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse i læringsutbyttebeskrivelsene

2. klasse vår:

TFE4120 Elektromagnetisme: (O)

- Grunnleggende fag i elektromagnetisme.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse i læringsutbyttebeskrivelsene

TKJ4215 - Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi: (O)

- Emnet skal gi studentene et grunnlag i statistisk termodynamikk med eksempel fra kjemi og biologi.
    - Formulere egne modeller basert på de grunnleggende prinsippene innen statistisk termodynamikk.

TBT4170 - Bioteknologi : (O)

- Kurset vil gi en bred innføring i moderne bioteknologi med vekt både på grunnleggende forståelse av cellefunksjon på et molekylært nivå, og på anvendelser.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4170 - Fysikk 2: (O)

- Studenten skal ha grunnleggende kunnskap om bølger, kvantemekanikk, atomer, molekyler og faste stoff.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

3. klasse høst:

TFY4330 – Nanoverktøy: (O)

- Emnet behandler karakteriserings- og strukturingsteknikker med en høy romlig (mindre enn 100 nm) oppløsning, som er relevant for nanoteknologi.
    - Det er mulig understøtting av digitaliseringskompetanse i emnet, men dette kommer ikke tydelig frem i læringsutbyttebeskrivelsen

TFY4335 – Bionanovitenskap (O)

- Emnet omfatter cellulær og molekylær biofysikk som er essensiell for anvendelser i bionanoteknologi.
    - Implementere noen av de fysiske modellene diskutert i kurset til datasimuleringer i Matlab eller Python.

TFY4320 – Nanomaterialer (O)

- Emnet skal gi en innføring i grunnleggende kjemiske og fysiske prinsipper for å lage uorganiske nanomaterialer, samt grunnleggende prinsipper for størrelseseffekter til nanomaterialer. Det vil også bli en enkel gjennomgang av ulike metoder brukt for å produsere og karakterisere ulike typer nanostrukturer.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

3. klasse vår:

TFE4167 - Mikro- og nanofabrikasjon: (O)

- Emnet gir en innføring i mikro- og nanofabrikasjon med fokus på silisium teknologi for framstilling av sensorer og aktuatorer.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4220 - Faste stoffers fysikk: (O)

- Emnet søker ved en teoretisk og eksperimentell tilnærming å gi en grunnleggende innsikt i faste stoffers fysikk.
    - Analysere problemstillinger innen faststoff-fysikk med matematiske og numeriske metoder, inkludert IKT-verktøy

TIØ4252 – Teknologiledelse: (O)

- Emnet er områdeemne for sivilingeniørprogrammene ved NTNU. Det er plassert innenfor ledelsesfeltet og skal gi studentene en mulighet til å gjenkjenne viktige problemstillinger innenfor etablering, utvikling og drift av teknologibaserte virksomheter og organisasjoner.
    - Gjennom regneøvinger og en økonomisimulator skal studentene trene seg i å beherske teknikker og verktøy for å vurdere bedriftens økonomiske situasjon.

Spesialiseringer

Nanoelektronikk

3.klasse høst

TFE4146 – Halvlederkomponenter: (O)

- Emnet gir en detaljert innføring i de viktigste klasser av elektroniske halvlederkomponenter.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

3. klasse vår

TFY4235 - Numerisk fysikk: (VA)

- Emnet gir kunnskap om et utvalg av numeriske metoder og hvordan disse kan anvendes for å løse problemer innen ulike områder av fysikk.

- Studenten kan, med utgangspunkt i et gitt problem, formulere en strategi for å løse problemet med en eller flere relevante numeriske metoder, konkretisere denne strategien ved hjelp av prosedyreorientert programmering i et egnet programmeringsspråk, kompilere og kjøre programmet, foreta en kritisk analyse av oppnådde resultater, vurdere hvordan resultatene best kan presenteres, og kommunisere sitt arbeid skriftlig i et format som ligger nært opp til standarden for artikler i internasjonale fysikktidsskrifter.

TDT4102 Prosedyre- og objektorientert programmering: (VA)

- IT-fag som gjev grunnleggende og praktisk orientert programmering med programmeringsspråket C++.
  - Grunnleggende IKT kompetanse
  - Programmeringsferdigheter
  - Grunnleggende datasikkerhet
  - Algoritmisk forståing

TFE4130 Bølgeforplantning: (VA)

- Fag som tar for seg matematisk behandling av elektromagnetiske og akustiske bølger. Herunder bruk av dataverktøy (MATLAB) til visualisering av bølger og vektorfelt i fritt rom og bølgeledere.
  - Digital kompetanse innenfor visualisering
  - Bruk av fagspesifikke dataverktøy (MATLAB)
  - Modellering og simulering

4. klasse høst

FY2045 - Kvantemekanikk I: (VA)

- Studenten har kunnskap om de sentrale delene av kvantemekanikk, grunnpostulat og viktige kvantemekaniske teorem.
  - løse Schrödingerligningen numerisk for enkle problem (potensiallbrønner) og bruke perturbasjonsteori
  - lære hvordan numerisk fysikk kan bidra til å løse og forstå kvantemekaniske problem.

FY3114 - Funksjonelle materialer: (VA)

- Emnet gir kandidaten kunnskap om funksjonelle materialer, som er materialer som har én eller flere egenskaper som kan forandres på en kontrollert måte av ytre stimuli (temperatur, elektriske / magnetiske felt osv.) og derfor brukes i et bredt spekter av teknologiske enheter.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFE4161 - Fotonikk I: (VA)

- Elektromagnetisk optikk, polarisasonsoptikk, optiske bølgeledere, kontroll av lys, fotoniske komponenter og anvendelser innen optisk sensor- og måleteknikk.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFE4169 – Nanoelektronikk: (VA)

- Emnet behandler spesialiserte tema innen moderne nanoelektronikk.
  - kombinere kunnskap for å lage modeller av elektroniske komponenter.

TFY4205 - Kvantemekanikk II: (VA)

- Approksimasjonsmetoder i kvantemekanikk. Spredningsteori. Atomer og elektroner i magnetfelt. Koherente tilstander. Tetthetsmatrisen. Kvantisert strålingsteori. Kvante-

statistikk. Målinger og fortolkninger i kvantemekanikk. Intro til elektronbånd i materialer.

- Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

4. klasse vår

TFE4166 - Fotonikk II: (VA)

- Emnet skal gi studentene en grundig forståelse av fysiske prinsipper og effekter som danner grunnlaget for fotoniske komponenter og systemer. Emnet skal også gi en oversikt over praktiske fotoniske komponenter, samt gi en innføring i anvendelser av disse innen optiske kommunikasjonssystemer.
  - Det er mulig understøtting av digitaliseringskompetanse i emnet, men dette kommer ikke tydelig frem i læringsutbyttebeskrivelsen

TFY4210 - Kvanteteorien for faste stoffer: (VA)

- Emnet gir studentene en videreføring og utfylling av stoffet i emnene FY2045/TFY4250 Kvantemekanikk I og TFY4205 Kvantemekanikk II.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4245 - Faststoff-fysikk, videregående kurs: (VA)

- Elektrodynamikk, superledning, dielektriske og magnetiske egenskaper, piezoelektrisitet, ferroelektrisitet, dia- og paramagnetisme, ferro- og antiferromagnetisme, magnetisk resonans, redusert dimensjonalitet, struktur, faseoverganger, kritiske fenomener, midlere feltteori, lineær respons-teori, felt og susceptibiliteter, mikroskopisk dynamikk.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4340 – Nanofysikk: (VA)

- Dette kurset vil ta for seg noen av de mest sentrale nano-skala-fenomenene, der både klassisk fysikk og kvantemekanikk benyttes i forståelsen.
  - Studenten skal lære å analysere effekter og fenomener i nanofysikk med bruk av grunnleggende klassisk fysikk og kvantemekanikk, standard matematiske metoder og enkle numeriske beregninger.

5. klasse høst

TFE4575 - Fysiske metoder for nanostrukturering og karakterisering, fordypningsemne: (M1A)

- Kurset inneholder modulkurs ved NTNU NanoLab.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

Fordypningsprosjekt: (M1B)

- Selvvalgt fordypningsprosjekt

5. klasse vår

- Masteroppgaven

Bionanoteknologi

3.klasse høst

TKJ4102 Organisk kjemi, grunnkurs: (O)

- Emnet er fakultetets teoretiske grunnkurs i organisk kjemi for teknologistudentene.
  - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

3. klasse vår

TFY4260 - Cellebiologi og cellulær biofysikk

- Studenten får kunnskap om cellens struktur og funksjon, kvantitativ beskrivelse av cellulære prosesser og relevante eksperimentelle metoder. Lab.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

4. klasse høst

MOL3014 - Nanomedisin I – bioanalyse: (O)

- Emnet gir grunnleggende kunnskap og evner innen mikro- og nanoteknologier for analytisk biomedisin som diagnostisering, forskning og vevsmodeller.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

MOL3005 – Immunologi: (VA)

- Emnet diskuterer grunnleggende immunologi, som m.a. cellulære og molekylære prosesser som representerer det menneskelige immune systemet.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

NEVR3001 - Basal nevrovitenskap: (VA)

- Emnet introduserer nøkkelmekanismer av molekylær, cellulær og elektrofysisk art som er relevante for organiseringen, strukturen og funksjonen til det sentrale nervesystemet.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TBT4135 – Biopolymerkjemi: (VA)

- Kjemisk struktur med hovedvekt på polysakkarider. Fysiske dimensjoner og kjedestivhet. Konformasjoner og konformasjonsoverganger. Molekylvektfordeling. Termodynamiske egenskaper hos biopolymerer med hovedvekt på polyelektrolytter.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4195 – Optikk: (VA)

- Studenten skal få en introduksjon til optikk som fagdisiplin og dens rolle i det moderne samfunnet
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TFY4265 - Biofysiske mikroteknikker: (VA)

- Emnet gir en grundig innføring i virkeprinsippet til et utvalg måleinstrument som er viktige for studier av biologiske makromolekyler, celler og andre myke materialer.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

4. klasse vår

MOL3015 - Nanomedisin II – Terapi: (O)

- Emnet fokuserer på anvendelser av nanoteknologi i terapi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

MOL3018 - Medisinsk toksikologi: (VA)

- Emnet gir en innføring i generelle toksikokinetiske modeller.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TBT4110 – Mikrobiologi: (VA)

- Emnet gir en innføring i mikrobiologi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TKP4115 - Overflate- og kolloidkjemi: (VA)

- Emnet gir en oversikt over ulike kolloidale system (suspensjoner, emulsjoner, selvorganiserende system) og deres karakteristiske egenskaper.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TMM4175 – Plastkompositter

- Emnet har hovedfokus på relevante tema for mekanisk design og konstruksjon der polymerbaserte komposittmaterialer anvendes.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

5. klasse høst

TFY4525 - Bionanoteknologi, fordypningsemne: (M1A)

- Kurset inneholder modulkurs ved NTNU NanoLab.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

Fordypningsprosjekt: (M1B)

- Selvvalgt fordypningsprosjekt

5. klasse vår

- Masteroppgaven

Nanoteknologi for materialer, energi og miljø

3.klasse høst

TKJ4102 Organisk kjemi, grunnkurs: (O)

- Emnet er fakultetets teoretiske grunnkurs i organisk kjemi for teknologistudentene.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

3. klasse vår

TKP4115 - Overflate- og kolloidkjemi: (O)

- Emnet gir en oversikt over ulike kolloidale system (suspensjoner, emulsjoner, selvorganiserende system) og deres karakteristiske egenskaper.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

4. klasse høst

TKJ4205 – Molekylmodellering: (VA)

- Det gis en introduksjon til beregningsmetoder basert på molekylær kvantemekanikk, statistisk mekanikk og informatikk med fokus på molekylære systemer.
    - Metodene som presenteres er Hartree-Fock og densitetsfunksjonalteori, kraftfeltsmetoder, molekyldynamikk og Monte Carlo simuleringer, energiminimeringer og konformationsanalyse, solvatiseringsmodeller og frie energiberegninger, periodiske systemer og kjemoinformatikk.

TKP4155 - Reaksjonskinetikk og katalyse: (VA)

- Betydningen av katalyse som nøkkelteknologi i bærekraftig kjemisk prosessindustri, ved energiproduksjon og i miljøteknologi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TKT4146 – Nanomekanikk: (VA)

- Kurset har fokus på «state-of-the-art» innen vitenskapelig utvikling og oppdagelser innen både beregningsorientert og eksperimentell nanomekanikk, og studiet av mekaniske egenskaper hos materialer og strukturer med størrelse ned til nano meter skala.
    - grunnleggende kunnskap om eksperimentelle og beregningsorientert nanomekanikk
    - Potensialer og metodikk for å kunne utføre molekylær dynamiske simuleringer
    - Beregne elastisitetsmodul ved både beregningsorientert og eksperimentell nanomekanikk metodikk

TMT4145 - Keramisk materialvitenskap: (VA)

- Emnet gir en oversikt over egenskaper, framstilling og konstruksjon med keramer inklusive nanostrukturerte keramer, filmer og belegg.

- Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TMT4155 - Heterogene likevekter og fasediagram

- Emnet skal gi en innsikt i energi og massebalanser, kjemisk termodynamikk, inklusive løsningers termodynamikk, kjemisk potensial og kjemisk aktivitet og standardtilstander i termodynamikken samt Gibbs faselov inklusive konstruksjon og bruk av faselikevekter for en, to og trekomponentsystemer.
    - Anvende blandingers termodynamikk til å analysere eksperimentelle data og kunne anvende modeller for ideelle og regulære løsninger av faste og flytende metallegeringer og uorganiske materialer.
    - Beregne kjemisk aktivitet og aktivitetskoeffisient fra eksperimentelle data og relatere disse til løsningsmodeller.

TMT4322 - Solceller og fotovoltaiske nanostrukturer: (VA)

- Elektronstruktur til halvledere og nanostrukturerte materialer.
    - Formulere matematiske kontinuumsmodeller relatert til prosessene, og kunne anvende disse innen tolkning av målinger og beregning av solcellers egenskaper.

TFY4300 - Energi- og miljøfysikk: (VA)

- Studentene skal kunne beskrive og forklare opphavet til globale effekter på miljøet som skyldes menneskelige aktiviteter.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TMT4222 - Metallenes mekaniske egenskaper: (VA)

- Emne om metallenese mekaniske egenskaper.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

4. klasse vår

TKP4190 - Fabrikasjon og anvendelse av nanomaterialer: (O)

- Emnet tar for seg det termodynamiske grunnlaget og kinetikken for nukleering og vekst av nanopartikler med fokus på felling fra væskesystemer.
    - Databehandling og lineær regresjon.

TFY4245 - Faststoff-fysikk, videregående kurs: (VA)

- Elektrodynamikk, superledning, dielektriske og magnetiske egenskaper, piezoelektrisitet, ferroelektrisitet, dia- og paramagnetisme, ferro- og antiferromagnetisme, magnetisk resonans, redusert dimensjonalitet, struktur, faseoverganger, kritiske fenomener, midlere feltteori, lineær respons-teori, felt og susceptibiliteter, mikroskopisk dynamikk.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TMT4166 - Eksperimentell material- og elektrokjemi: (VA)

- Emnet gir en generell innføring i HMS og risikovurdering samt en bred innføring i grunnleggende eksperimentelle teknikker og arbeidsmetoder relevant innen materialteknologi, elektrokjemi og materialkjemi.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

TMT4245 - Funksjonelle materialer: (VA)

- Emnet skal gi en innføring i fundamentale sammenhenger mellom kjemisk sammensetning, krystallstruktur og funksjonelle egenskaper for uorganiske materialer.
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

5. klasse høst

TMT4515 - Kjemiske metoder for syntese og karakterisering av nanomaterialer, fordypningsemne: (M1A)

- Kurset inneholder modulkurs arrangert av NTNU NanoLab
    - Ingen synliggjort understøtting av digital kompetanse

Fordypningsprosjekt: (M1B)

- Selvvalgt fordypningsprosjekt

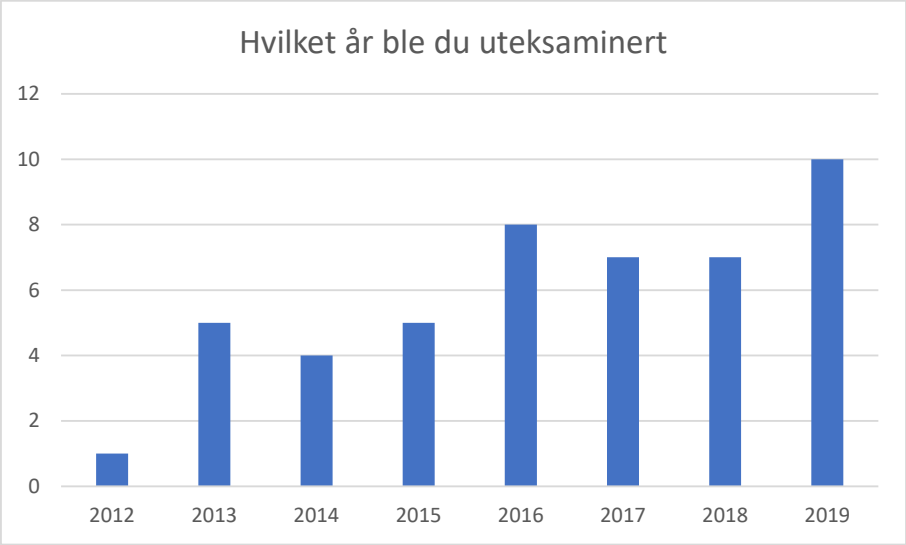
5. klasse vår

- Masteroppgaven

F. Samfunns og arbeidslivsrelevans - svar fra spørreundersøkelse

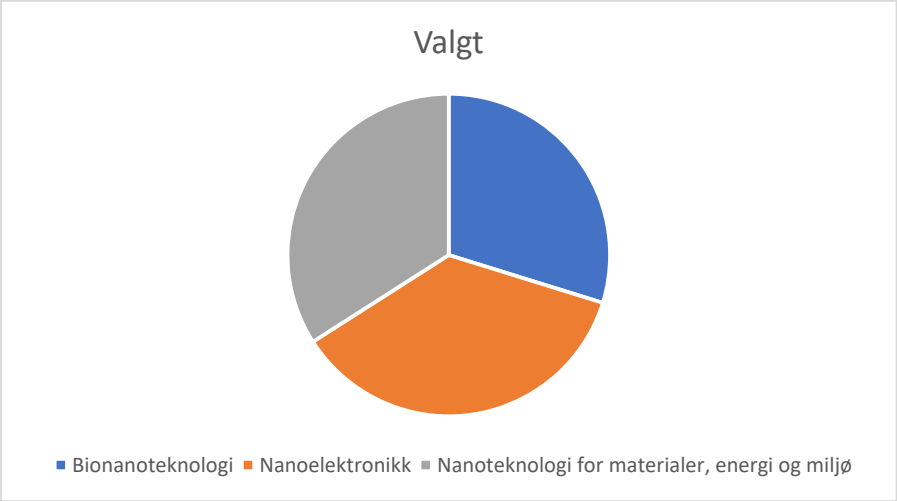
I det følgende listes svar fra 47 respondenter på spørreundersøkelse sent til uteksaminerte kandidater fra MTNANO (2012- 2019), totalt ca 150 henvendelser.

1. Hvilket år ble du uteksaminert?



2. Hvilken studieretning valgte du?

Bionanoteknologi:	14
Nanoelektronikk:	17
Nanoteknologi for materialer, energi og miljø:	16



3. Hvor jobber du nå og hva er arbeidsoppgavene dine i nåværende stilling?

3	Jeg jobber i reMarkable, som webutvikler/frontendutvikler på hjemmesidene
4	Institut for material teknologi og produksjon, NTNU phd-stipendiat
5	Doktorgrad i fotonikk ved Universitetet i Twente. Jeg gjør renromsarbeid, simuleringer og optiske eksperimenter.
6	Universitetet i Oslo, PhD-stipendiat i fysikk. Arbeidsoppgaver innen forskning, mye eksperimentelt.
7	Jobber som IT-konsulent i Sopra Steria i Oslo. Arbeider med IT-infrastruktur og cloudteknologi.
8	Statnett. It, ledelse, elkraft.
9	NORCE Norwegian Research Centre AS, forsker. Arbeider med oppdragsforskning for prosessindustrien og mot energisystemer.
10	Universitetet i Oslo, PhD-stipendiat i uorganisk kjemi (batterimaterialer)
11	Postdoc. Designe og utføre eksperimenter.
12	Texas Instruments, jobber med embedded programmering.
13	Stipendiat ved IMA på NTNU, arbeidsoppgavene mine er forskning og undervisning
14	IT-selskap/startup, jobber som customer success manager i kundeavdelingen, med ansvar for spesifikke kunder og verdirealisering ved bruk av våre produkter. Varierte arbeidsoppgaver, alt fra å støtte opp under kundenes digitale transformasjonsprogram (rådgivende), identifikasjon og prioritering av digitale samarbeidsområder, utvikling av spesifikke løsninger for deres bedrift og opplæring i bruk av våre produkter.
15	Postdoktor. Forskning, populærvitenskap - og teknologiutvikling
16	Abbott, kvalitetsingeniør. Jobber med metodevalidering og kvalitetssikring av produksjon og gjennomføring av PoC-tester.
17	Jeg jobber som stipendiat ved IMA og forsker på batterimaterialer.
18	Vitensenteret i Trondheim, Vitenskapsformidler. Vitenskapsforestillinger live, digital formidling, videoproduksjon.
19	PhD-kandidat. Har levert avhandling. Forsker på halvledermaterialer, veileder masterstudenter, undervisning, popvit-kommunikasjon, ++

20	NTNU Technology Transfer. Jobber som innovasjonsleder som har ansvar for kommersialisering av teknologi fra NTNU.
21	Oncoinvent AS NæringsPhD/forsker Forskning og utvikling av radiofarmasøytika, inkl. pre-kliniske dyrestudier, in vitro studier, generelt labarbeid, samt produksjon av radiofarmasøytika til klinisk bruk.
22	IT/Management konsulent. Programmering, PowerPoints, IT, prosjektledelse og kompetanseutvikling.
23	Jeg jobber i If forsikring som leder for et team som driver med markedsføring.
24	Elkem, R&D ingeniør. Forsøksledelse, prosjektledelse, forskning.
25	Jobber i Tunable AS, i stillingen MEMS/Nano Engineer. Mine arbeidsoppgaver er meget varierte, fra design av fotolitografi-masker, trådbonding, bygging og programmering av systemer for mikrobrikkeproduksjon, bygging av automatisk gasskalibreringsanlegg til utvikling av gassanalysatorer, IR-spektrum analyser og tolkninger, feilsøking, og veldig mye programmering i octave(matlab klone) og labview, og noe begrenset programmering i python.
26	Jeg er student igjen, og tar PPU med sikte på å bli lektor innen matematikk og fysikk.
27	Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung i Berlin som vitenskapleg assistent/doktorgradstipendiat
28	Jeg jobber i Sopra Steria, og arbeidsoppgavene mine sentrerer seg rundt skytjenester
29	Jeg tar en doktorgrad om batterier. Arbeidsoppgavene er forskning med syntese og strukturkarakeriesering.
30	Programvareingeniør hos Silicon Labs. Arbeidsoppgavene består primært av å skrive C-kode for mikrokontrollere, samt utvikle tester og forbedre testsystemet.
31	Mercell, produktsjef
32	Nåværende jobb: Capgemini Stilling: IT-konsulent Arbeider med programmering: automatisering ved bruk av RPA
33	Stipendiat
34	St Olavs hospital og NTNU. Forsker.
35	Forsker, fornybar energi. Prototech. Jobbber på lab / teoretisk med fornybare energisystemer.

36	Jeg ble akkurat ferdig med min doktorgrad og ser etter ny jobb. Som doktorgrad student var jobben min å karakterisere biofarmasøytiske legemidler gjennom diverse celle- og dyre-forsøk.
37	Bekk Consulting. Jobber som programmering. Lite relevant.
38	Københavns universitet, postdoc i nanokjemi
39	Jeg er doktorgradsstipendiat på IMA på NTNU
40	Institutt for energiteknikk. Avdeling for batteriteknologi. Jobber på rentrom og kjemilab med utvikling av nye materialer som anoder i Li-ionebatterier.
41	Oppstartsbedrift: "VR Traveler", jeg er vitenskapelig ansvarlig. Jeg kartlegger vitenskapen vi bruker i prosjektene vi er involvert i.
42	Inmeta - IT konsultent. Jobber med Data Science
43	NTNU Technology Transfer, stilling: Innovation Manager Project manager and business developer. - Technology and market evaluations - Industry collaboration - Intellectual Asset Management and IPR - Technology licensing Working to create value and business opportunities out of research results and good ideas from NTNU and Helse Midt-Norge, aiming that these innovations reach the market as new products or services that benefit the society.
44	Teknisk trainee i Elkem
45	THEMA Consulting Group - analyser rundt problemstillinger i kraftbransjen.
46	Genus AS. IT-konsulent: Modellering, kundekontakt, noe prosjektstyring.
47	Doktorgradsstipendiat - forsker.
48	NTNU Institutt for elektroniske systemer, PhD-stipendiat.
49	Jeg er stipendiat ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Forskningstemaet omhandler sjøis og interaksjon med strukturer, det vil si et tema som ligger en del utenfor det jeg studerte.

4. Har du skiftet arbeidsgiver? Hvis ja, hvor har du arbeidet tidligere?

3	Ja, jobbet først i Capgemini og deretter 3,5 år i Bekk
4	Nei
5	Har jobbet fire måneder ved NTNU NanoLab
6	Nei.
7	Nei.
8	Nei.
9	Tok doktorgrad ved IFY etter masteren.
10	Ja. Tidligere jobbet som konsulent i PA Consulting
11	Ja. NTNU.
12	Nei
13	Nei
14	Ja, jobbet tidligere hos Kearney, et av verdens ledende selskap innenfor strategisk rådgivning.
15	Nei.
16	Ja. Forsker hos Nordic Nanovector.
17	Nei
18	Nei
19	Nei
20	Ja, har jobbet som forsker ved IMA.
21	Nei
22	Nei
23	Tidligere jobbet jeg for PA Consulting
24	Nei, har vært i Elkem siden studieslutt men begynte som trainee.
25	Nei.

26	Ja. Jeg jobbet tidligere som Software Engineer for Cisco.
27	Var ansatt ved GenØk
28	Ja, jeg startet opprinnelig som PhD stipendiat ved Radiumhospitalet i Oslo
29	Nei
30	Nei.
31	Ja. Har tidligere arbeidet i Sogeti Norge, og Netlight AS.
32	Nei
33	SINTEF, crayonano
34	Nei
35	Ja. NTNU, RISE-PFI.
36	Nei
37	Tok PhD ved NTNU før jeg begynte i Bekk.
38	Ja. Stipendiat og førstelektor ved NTNU
39	Nei
40	Nei
41	Jobbet ved FHNW og ved 1Drop Diagnostics, begge i Sveits. Begynte også på en PhD ved UiB/UiO om jeg senere måtte avbryte.
42	Ja. Tidligere BearingPoint og Unacast
43	Nei
44	Nei
45	Nei
46	Nei.
47	Nei
48	Nei

49	Jeg har ikke skiftet arbeidsgiver. Jeg har jobbet ved NTNU siden 2018, men jeg hadde problemer med å få meg jobb for første gang.

5. Opplevde du at bedriftene visste hva nanoteknologi var og hvilke oppgaver de kunne gi deg? Utfyll gjerne i kommentarfeltet.

3	Nei, men nå valgte jeg ikke akkurat den mest relevante jobben heller. På rekrutteringsarrangementer var det særdeles få bedrifter som viste interesse for nanoteknologi, eller for så vidt nanoteknologistudenter.
4	Min brede tverrfaglige kompetanse fra studiet var en veldig viktig faktor i ansettelsen. Min veileder og gruppen jeg er en del av jobber teoretisk med en rekke fenomener direkte relatert til studiet.
5	Ja
6	Jeg søkte stort sett PhD-stillinger på universitet eller sykehus. Jeg opplevde at intervjuere hadde en viss oversikt over nanoteknologi.
7	Jeg hadde sommerjobb i selskapet mellom 4. og 5. klasse, og opplevde at selve studieretningen nanoteknologi ikke var så faglig relevant - det som var viktig var en grunnleggende sivilingeniørutdannelse. Nanoteknologi-studiet har et godt rykte, og det ble nok tatt med i vurderingen på relevans også. Fikk gode og relevante oppgaver basert på mine interesser.
8	Nei.
9	Arbeidsoppgavene mine er ikke direkte relevante for mastergraden, men bedriften visste hva nanoteknologi var.
10	Da jeg søkte konsulentjobber var det nok ikke så mye kunnskap om det. I bedriften jeg ble ansatt i hadde de hatt en tidligere nanostudent, så der visste de det bedre. Oppgavene var overhodet ikke direkte relevant til nanoteknologi. På UiO har de bedre kjennskap til studieprogrammet. I forbindelse med undervisningsplikt mener de at kjemibakgrunnen er for tynn til å kunne brukes i rene kjemifag.
11	Ja, men har kun jobbet i akademia.
12	Nei
13	Ja (bedriftene i mitt tilfelle er universitetet)
14	Nei, ikke relevant
15	Holdt meg i akademia

16	Nei, men jeg opplever stadig at de syns bakgrunnen er spennende og interessant pga tverrfagligheten.
17	Ja, men det er nok noe fordi instituttet står for store deler av nanoteknologien på NTNU
18	Nei
19	Nei egentlig ikke.
20	Det viktigste "salgsargumentet" for nanoteknologibakgrunnen var at studiet har gitt bred innsikt i de fleste naturvitenskapelig fagdisipliner.
21	Ja, de anså feks erfaring fra renrom som veldig relevant
22	Litt usikker på hvilke bedrifter dere tenker på her. Underveis i studiet var det tydelig at bedrifter som ikke var spesifikt rettet mot nanoteknologi ikke visste så mye om oss annet enn at vi var flinke og kunne brukes til mye forskjellig.
23	Ingen av bedriftene jeg har jobbet i hadde særlig kjennskap til nanoteknologi.
24	Folk vet hva nanoteknologi er, men arbeidsoppgavene jeg får er sjelden relatert til nanoteknologi, heller materialteknologi.
25	Det varier mye avhengig av hvem i en bedrift man har kontakt med. I Tunable er det flere nøkkelpersoner med noe kjennskap til nanoteknologi, hovedsakelig innenfor fotolitografi og optikk. Dette gjorde at jeg fikk relevante oppgaver tidlig. Men ettersom jeg arbeider i en oppstartsbedrift, på kanten av overgang til produksjon, har jeg fått en stor mengde meget varierte arbeidsoppgaver, hvor relativt få er knyttet til nanoteknologi.
26	Jeg opplevde at det primært avhenger av hva jeg forteller selv. Med mindre man vil inn i forsikning eller industri spesifikt innen nanoteknologi synes jeg ikke man kan forvente at arbeidsgiver vet noe om studiet. Det er heller viktig at studentene selv er klar over hva de kan tilby.
27	I mitt fagfelt forventest det generelt att ein har studert enten fysikk eller kjemi, så dei blir litt forvirra når eg seier at eg har studert nanoteknologi. I industrien veit bedriftene enda mindre, med mindre dei jobbar tett opptil fagfeltet.
28	Jeg opplever at personer har en veldig generell forståelse av hva nanoteknologi er, og nei, jeg føler ikke at de vet ordentlig hvilke oppgaver de kan gi meg.
29	Jeg har hovedsaklig søkt hos universiteter, som vet hva nanoteknologi er. Samtidig opplever jeg at de er skeptiske til tverrfaglighet, og ønsker ikke å gi meg arbiedsoppgaver (som undervisning) som trenger fysikk- eller kjemierfaring

30	Bedriften har tidligere ansatt flere nanoteknologer, og var godt kjent med innholdet i studieprogrammet. Stillingen jeg søkte på var derimot ikke særlig nano-relevant, og arbeidsoppgavene mine reflekterer dette.
31	Jeg jobber ikke innenfor nanoteknologifeltet
32	Jeg søkte ulike typer stillinger. Blant PhD-stillinger og på SINTEF er det god forståelse. I jobben som IT-konsulent er det lite/ingen kunnskap om nanoteknologi.
33	Ja og nei
34	Ikke relevant.
35	Ja og ja
36	Ja
37	De har hørt om det som i at det er en "hype", men de vet ikke hva det er. De vet ikke hva utdanningen betyr for hva vi kan jobbe med. Men en positiv ting nano-utdanninga gir deg er at du automatisk blir sett på som veldig smart og læredyktig person.
38	Ja, siden jeg kun har jobbet for universiteter
39	Ja og nei. Jeg opplevde at mange hadde hørt om nanoteknologistudiet, men at en del ikke helt hadde oversikt over hva det innebar (enkelte ganger ble man møtt med innstillingen: "Har du studert nanoteknologi? Ja, da er du flink!", som selvsagt er hyggelig, men ikke nødvendigvis betyr at du får arbeidsoppgaver som passer til utdannelsen). Trondheimsbaserte bedrifter er stort sett unntatt fra dette etter min erfaring (dvs de har rimelig god oversikt over hva studiet er), og også forskningbaserte bedrifter som IFE og SINTEF
40	Ikke rett ut, men ved å forklare at det er en sammenstilling av kjemi og fysikk, men på nanoskala var det lettere.
41	Mine tidligere arbeidsgivere - da dette var tilknyttet universiteter - hadde innsikt, men dette gjelder ikke alle jeg var i kontakt med hadde dette under disse periodene.
42	Nei. Ingen jobber har vært faglig relevante
43	Ja, de visste hva det var, men tok det mest som et tegn på at jeg var flink. Jeg jobber ikke veldig rettet mot nanoteknologi, men mest med innovasjon og forskning på et bredt spekter.
44	Ja, men måtte også iblant forklare selv hva en nanoteknolog er god på og at vi kan brukes til alt.

45	De var mest interessert i flinke sivilingeniører med gode analytiske evner enn at jeg hadde nanoteknologi-bakgrunn. Retningen og masteroppgaven men var om relevante problemstillinger for jobben.
46	Nei. Men jobber med IT, så det har heller ikke vært et problem siden alt det faglige på jobb er ganske langt fra nanoteknologi.
47	Gruppa mi på NTNU hadde veldig god kjennskap til det og var veldig interessert i i studenter fra MTNANO generelt.
48	I liten grad. Sjelden jeg spilte på nanoteknologi som spesialkompetanse, men skiltet mer med en bred forståelse og dyktighet.
49	Når jeg søkte etter jobber fikk jeg inntrykk av at de fleste bedriftene hadde hørt om studieprogrammet nanoteknologi. Problemet jeg opplevde var heller at det ikke var helt klart hvilken kompetanse man hadde, eller hvorfor bedriften skulle ha behov for spesialkompetansen man satt på. Det opplevde jeg også at var vanskelig å forklare til potensielle arbeidsgivere.

6. Har du vurdert å jobbe i utlandet/ har du inntrykk av hvordan arbeidsmarkedet er internasjonalt for nanoteknologer?

3	Etter masteren var jeg fast bestemt på at jeg ikke ønsket å gå videre innen akademia. Siden jeg gikk nanotelektronikk anså jeg det umulig for å få relevant jobb i en bedrift som jobbet med anvendt forskning i Norge. Jeg søkte ikke akkurat opp samtlige bedrifter i verden, men så for meg at jeg fort måtte ha relokert til USA eller Øst-Asia. I etterkant har jeg skjønt at det nok er flere bedrifter i Norge også, men under studiet kom ikke dette tydelig frem.
4	Nei Jeg har lite oversikt over det internasjonale arbeidsmarkedet for nanoteknologer
5	Jeg har nesten utelukkende vurdert å arbeide med nanoteknologi i utlandet. Jeg opplever at studiet har forberedt meg på å jobbe i en industri som ikke eksisterer i Norge.
6	Ja, da i akademia, på er senere tidspunkt. Jeg vet ikke noe om arbeidsmarkedet utenom akademia.
7	Nei.
8	Nei.
9	Nei
10	Ja. Innen enkelte emner er det nok godt, f.eks. batterimaterialer som jeg er inne i nå. Det er jo ikke nødvendigvis nanorelatert, men materialkompetansen jeg fikk på spesialiseringen hjelper jo her. For de som gikk nanoelektronikk tror jeg det er større muligheter for relevant jobb innen elektroniske komponenter og evt. solceller og andre tyngre fysikkrelaterte retninger.
11	Jobber i utlandet nå.
12	Ja
13	Ja, jeg flytter til utlandet for å jobbe i 2021. Har ikke inntrykk av at de bryr seg så mye om nanoteknologigraden, det er PhDen og innholdet i den som teller.
14	Ja - har vurdert det, nei - har ikke noe særlig inntrykk av hvordan arbeidsmarkedet for nanoteknologer er.
15	Nei. Ikke vært relevant
16	Nei
17	Jeg har vurdert/vurderer det, men har ikke noe voldsomt inntrykk av det internasjonale arbeidsmarkedet.

18	Nei
19	For halvlederfysikere er det bra internasjonalt, særlig hvis du har erfaring med å lage transistorer. For nanoteknologer generelt tipper jeg det er helt greit. Det er ikke så mange jobber innen nanotek. Men, hvis man klarer å kommunisere det, så får man alltids overbevist arbeidsgivere om at man er god på problemløsing og å tenke analytisk.
20	Har vurdert det, men har dessverre ikke noe innsikt i hvordan de vurderer en nanoteknologi bakgrunn.
21	Ja, men har ikke noe spesielt inntrykk av markedsutsiktene
22	Jeg har ikke vurdert det veldig sterkt. Jeg tror at det finnes mange relevante jobber internasjonalt, men at de kanskje kan være vanskelig å finne uten nettverk inn mot miljøene i byene der de holder til.
23	Jeg har vurdert det, men har ikke gjort noe med det fordi jeg ikke vet hvordan man bør gå frem for å finne jobb i utlandet.
24	Nei, har kun erfaring med arbeidsmarkedet i Norge.
25	Nei, dette har ikke vært av interesse.
26	Har ikke vurdert det aktivt.
27	Ja. Opplever at arbeidsmarkedet er større i Europa, ser óg at nanoteknologi som begrep blir brukt meir og meir i utlysningstekstar.
28	Nei, jeg har ikke vurdert dette
29	Jeg har ikke tilstrekkelig erfaring
30	Nei.
31	Jeg jobber ikke innenfor nanoteknologifeltet
32	Nei
33	Har vurdert det, skal kanskje det etter ferdig doktorgrad
34	Ikke vurdert.
35	Nei. Bedre enn i Norge!
36	Jeg søker jobb i Tyskland nå. Jeg har innrykk av at de fleste ikke helt vet hva slags kompetanse man har som nanoteknolog.

37	Nei
38	Ja. Jeg tror det er større marked for det enn i Norge.
39	Ja, men jeg har ikke orientert meg ordentlig om det internasjonale arbeidsmarkedet
40	Nei
41	Ja, jeg har også jobbet internasjonalt. Var også på et jobbintervjju i Østerrike før jeg fikk min nåværende stilling.
42	Nei
43	Nei, ønsker å være i Trondheim.
44	Nei
45	Nei
46	Ikke vurdert seriøst. Har ingen inntrykk av arbeidsmarkedet internasjonalt for nanoteknologer.
47	Fikk tilbud om PhD i Sveits samtidig som tilbudet fra NTNU. Fikk ikke inntrykk av at de hadde spesielt stor kjennskap til MTNANO som sådan, men regner med at fagsammensetningen må ha sett OK ut, i alle fall.
48	Jeg har vurdert å jobbe i utlandet, og føler at det finnes flere muligheter der som er fagspesifikke.
49	Nei, jeg har ikke lett etter jobber i utlandet.

7. Opplever du at studiet ga deg tilstrekkelig kompetanse til de utfordringer du møter i jobben din? Utdyp gjerne svaret.

3	Mja. Jeg angrer ikke på at jeg gikk nanoteknologi, men skulle jeg valgt studieretning på nytt, så ville jeg nok valgt datateknologi.
4	Ja. Studiet ga meg både en bred tverrfaglig utdannelse samtidig som jeg lært om de nødvendige teoretiske verktøyene til å jobbe med modelering. Jeg har selvfølgelig måttet lese meg opp i etterkant på det jeg spesifikt jobber med, men studiet ga meg en god grunnkompetanse som det var enkelt å bygge videre på.
5	Ja, jeg har en faglig bakgrunn som er verdifull for Nederlandsk nanofotonikkindustri og forskning. Jeg har hatt både praktiske og teoretiske fag som gir meg kompetanse mine mer spesialiserte kollegaer mangler.
6	Ja, i veldig stor grad.
7	Tja. Jeg jobber meg noe som er litt utenfor "nanoteknologi"-området. Men som sivilingeniør føler jeg at det har vært et godt studieprogram.
8	Ja.
9	Arbeidsoppgavene mine er ikke direkte relevante for mastergraden, men jeg har hatt god bruk for fysikk og kjemi fra studiet.
10	I første jobb: Ja, lærte å takle problemstillinger og tilegne med kunnskap. Hadde ikke behov for direkte fagkompetanse. I andre jobb: Delvis, men pga. det brede omfanget av ulike fag på MTNANO så er det en del grunnleggende fag jeg gjerne skulle ha hatt (sett i bakspeilet). Se også svar på spørsmål 9.
11	Stort sett.
12	Ja
13	Ja. Jeg setter spesielt pris på erfaringen med tverrfaglighet og større laboppgaver/prosjekter som krever kritisk tenking.
14	Nei, da måtte jeg nok valgt en annen studieretning
15	Ja. Men skulle gjerne hatt mer statistikk, eksperimentdesign og programmering.
16	Nei, jeg mener at fokuset på bio-delen av studiet er veldig liten sammenlignet med de andre retningene. Dette er spesielt tydelig når det kommer til feks laboratorierelatert arbeid i arbeidslivet. Jeg har for eksempel fått flere spørsmål om hvorfor det ikke har vært labfag med større fokus på celledyrking og andre basismetoder som brukes daglig i en forskningslab i bioteknologibransjen. Derfor burde det vært større fokus på å få inn flere bio-relaterte labfag, hvertfall i bionanoretningen. Uten å kunne celledyrking eller andre basismetoder er det svært

	vanskelig å være relevant for feks ingeniørstillinger eller forskerstillinger der dette regnes som en forutsetning.
17	Ja. Jeg føler stort sett at studiet har gitt meg kompetanse på flere områder som jeg har fått nytte av i min nåværende jobb.
18	Jeg jobber ikke så relevant med nanostudiet. Studiet ga meg solid kompetanse i alle naturfag, det har vært relevant nok for jobben min.
19	Ja, definitivt,
20	Ja. Det er alltid veldig mye nytt å lære i en jobb, men nanostudiet gir et veldig godt fundament.
21	Ja, mye laberfaring ifm masteroppgaven, arbeid med celler og renromsteknikk ga et solid grunnlag
22	Jeg har ikke en relevant jobb, så svaret på dette spørsmålet er ikke relevant for andre.
23	Studiet har gitt meg en bred bakgrunn som gjør at jeg enkelt tilegner meg ny kunnskap, men ikke spesifikk kompetanse som har hjulpet meg i jobben min nå.
24	Ja, har fått bruk for de fleste av fagene vi hadde under studiet i arbeidslivet.
25	Delvis. Jeg følte at fag som nanomaterialer fokuserte litt for mye på spesifikke metoder for å produsere bestemte materialer, som gir veldig lite kunnskap hvis man ikke arbeider innenfor nøyaktig det området. Fag som nanoverktøy, derimot, har vært veldig nyttig, da det har gitt en god forståelse for hvordan man kan gå frem for å løse forskjellige problemer, og hvilke verktøy man har for å studere ting på nano-nivå. Det var en større andel av studenter i mitt kull som tok ekstra programmerings-fag som C++ ved siden av studiene, og nå har jeg endelig skjønt hvorfor, da programmering antageligvis er det jeg gjør mest av i min jobb. Likevel er det vanskelig å anbefale at mer programmering blir sentralt, da jeg føler jeg fikk nok innføring til å lære det jeg trenger på egenhånd i ettertid. Det viktigste jeg føler jeg lærte på studiet var evnen til å oppsøke informasjon om en problemstilling på egenhånd, og løse den. Om dette innebærer å oppsøke personer med kunnskap på område, faglitteratur, eller tråle internett for løsninger, føler jeg at dette har hjulpet meg enormt for å løse de oppgavene og problemstillingene jeg møter i hverdagen som utviklings-ingeniør.
26	Ikke faglig, men jeg valgte selv en jobb utenfor fagfeltet nanoteknologi.
27	Både fordelen og ulempa med studiet er at det er tverrfagleg. I min jobb mangla eg spesielt "mengdejobbing" på kjemilab.

28	Ja, i den forstand at jeg har lært meg å løse problemer, men det er en bratt læringskurve i den nye jobben, da mye av det jeg jobber med ikke har vært tema på studiet.
29	Absolutt, jeg mener jeg har spesielt lært meg å sette meg inn i nye oppgaver.
30	Jeg føler at studiet har gitt meg et godt fundament for å gjøre mange ulike jobber, men studiet var ikke veldig relevant for jobben min. Det er kun et fåtall av fagene jeg har hatt som er relevante, og mye av den relevante kompetansen jeg hadde da jeg begynte kom fra ting jeg hadde lært på fritiden eller gjennom sommerjobber. De siste to årene av studiet var jeg relativt sikker på at jeg ville arbeide med noe innen programvareutvikling, og forsøkte å velge fag og masteroppgave som gjorde at jeg kunne fokusere mer på dette. Derfor var det viktig for meg at studieprogrammet tillot såpass stor fleksibilitet i valg av fag og oppgaver.
31	Jeg jobber ikke innenfor nanoteknologifeltet
32	For meg som IT-konsulent har studiet faglig sett vært lite relevant. Derimot har studiet vært veldig bra for evnen til å lære seg nye ting og takle ulike typer utfordringer
33	Ja
34	Ja. Ville valgt mer matte og fysikk om jeg skulle valgt igjen.
35	Ja uten tvil! Føler jeg har mestret aller jobbene mine godt!
36	Ja.
37	Nei, men jeg har skiftet beite, da
38	Nanostudiet er ganske bredt, på godt og vondt. Ofte har jeg følt at min spesialkompetanse innenfor enkelte felt er mangelfull. Samtidig vet jeg at jeg har en større bredde enn mange. Jeg tror bredde kunnskap kommer til å bli mer og mer relevant i årene som kommer, da samarbeid på tvers av disipliner er viktig for å løse kommende utfordringer.
39	Absolutt! Jeg bruker kunnskap jeg opparbeidet meg i studiet hver dag i min forskning (dette gjelder selvsagt i stor grad masterfag innenfor materialteknologi som ligger tett opptil det jeg driver med nå, men også mer grunnleggende fag innen matte, fysikk og kjemi, som ligger til grunn for det jeg driver med og er essensielt for min forståelse av det jeg gjør). I tillegg gjør tverrfageligheten til nanoteknologi meg i stand til å forstå fagfelt som ligger utenfor mitt eget
40	Jeg sitter med en følelse av at vi var innom mye men aldri ordentlig nede på noe. Så kompetansen er bred, men jeg er ingen «kjemiker» eller «fysiker».

41	Nå jobber jeg igjen innen forskning, men jeg føler at det jeg lærte via studiene på NTNU var å arbeide hardt, mye og presist. Jeg fikk jo via dette mye generell innsikt, men det er ikke veldig mye jeg direkte har hatt nytte av. Men holdningen til arbeid har vært grei å ta med seg.
42	Nei
43	Nei. Det var et veldig teoretisk og forskningsrettet studie. Skulle vært mer: - gruppearbeid, prosjektarbeid, holde presentasjoner - innovasjon og entreprenørskap
44	Skulle gjerne hatt større spesialkompetanse innenfor ett felt som feks kjemi. Men siden vi kan litt om alt så går det for å sette seg inn i nye ting likevel.
45	Ja, nano studiet er veldig variert og man må sette seg inn i mange ulike disipliner på en gang. Det er til en viss grad likt arbeidshverdagen.
46	Nei, ikke faglig sett, men det var jeg innforstått med da jeg tok en jobb som IT-konsulent.
47	Som stipendiat er det alltid noen ting jeg gjerne skulle ha kunnet BEDRE, men det tror jeg nesten er uunngåelig. Bredden man forsøker å dekke på nano er nesten nødt til å gå utover dybden. På den annen side har fagsammensetningen på nano gjort at jeg nesten alltid har hørt om et eller annet aspekt ved problemstillinger jeg kommer over, uansett om det er mekanikk, materialvitenskap, kjemi, fysikk elelr elektronikk. Det er gøy! Jeg tror ikke det er så mange linjer som har det på den måten.
48	Vanskelig å svare på. Mye har blitt lært utenom studiet gjennom linjeforening og andre engasjement.
49	På mange måter føler jeg at studieprogrammet ga meg god generell kunnskap om forskning og akademia, samt relevante ferdigheter innenfor området. Jeg vil si at det frivillige arbeidet i linjeforeningen også var svært viktig, og ga meg mye nødvendig kompetanse både for studiet og for min nåværende jobb som ikke ble dekket særlig godt av studieprogrammet (det gjelder for eksempel programmering og andre IT-ferdigheter, kunnskap om programvare man trenger for å lage figurer, samt hvordan man bruker verktøy som LaTeX og BibTeX til å skrive oppgaver og artikler). Studiet ga meg også et bredt grunnlag innenfor de grunnleggende fagene. Derimot føler jeg ikke at studieprogrammet ga meg mye kompetanse innenfor fagfeltet jeg holder på med nå, men det er forståelig da fagfeltet er såpass annerledes.

8. Hvor relevant er studieprogram nanoteknologi i forhold til det du opplever er samfunnets kompetansebehov? (angi antall stjerne fra 1-5)

Gjennomsnittlig vurdering: **3.43**

Svar fra hver enkelt:

Id	Svar	Id	Svar
3	3	26	3
4	3	27	4
5	3	28	3
6	5	29	4
7	4	30	4
8	3	31	3
9	3	32	3
10	3	33	3
11	4	34	2
12	5	35	2
13	5	36	4
14	2	37	1
15	4	38	4
16	2	39	4
17	4	40	5
18	3	41	2
19	3	42	3
20	5	43	2
21	5	44	3
22	4	45	3
23	4	46	4
24	5	47	4
25	4	48	2
		49	3

9. Er navnet på studieprogrammet etter din mening faglig dekkende? (ja/nei svar med tekstfelt for kommentarer)

3	Ja
4	Ja
5	Ja, nanoteknologi er et greit navn for å dekke et veldig stort felt. Nanoelektronikk er ikke helt presist for meg som har tatt mest fag i fotonikk.
6	Ja
7	Ja.
8	Ja
9	Ja – det er et minste felles multiplum av de tre retningene
10	Nja. Siden det blir så bredt så lærer man mye forskjellig som gir mange knagger å henge ting opp på siden. Men man spesialiserer seg sent, og det gir en ulempe i at man ikke rekker å ha nok fag til å virkelig lære seg det. Har merket det godt som stipendiat. Blir mye mer man må sette seg inn i siden enn man kanskje kunne forvente etter fem års studium. Dette blir jo en balansering på spisskompetanse vs. bredde. Jeg synes f.eks. at bioteknologibiten var det minst relevante i ettertid, men jeg er jo for så vidt fornøyd med å ha hatt det.
11	Ja.
12	Ja
13	Nei. Fjern energi og miljø fra nanomaterial-retningen (det gjør det mer snevert og diffust enn det egentlig er)
14	Ja, det er det for så vidt. Selv om det nok er mange som ikke helt forstår hva nanoteknologi faktisk er
15	Ja men kunne også hett noe som 'geberalist med tyngdekompetanse på mikro og nano-teknologi.
16	Ja
17	Ja, og det er et buzzword så veldig fengende/spennende
18	Ja,
19	Ja

20	ja
21	«Nanoteknologi» er ok, men synes kanskje «bionanoteknologi» kunne vært mer dekkende hvis det i tillegg inneholdt ord som (bio)medisin eller bioteknologi. Jeg vet ikke om næringslivet kjenner så godt til hva bionanoteknologi innebærer.
22	Ja
23	Ja
24	Ja.
25	Ja, men det er jo naturligvis meget bredt. Jeg mener at en person som velger å studere nanoteknologi for å forstå nanoteknologi, har valgt rett, men at sannsynligheten for å jobbe med nanoteknologi etter endt studie er relativt liten. Dette er mer knyttet til hvor få bedrifter som driver med aktiviteter som faktisk kan defineres innenfor nanoteknologi-begrepet, og hvor dyrt det er å arbeide med slik teknologi. Med andre ord er navnet faglig dekkende for hva du kommer til å lære, men ikke nødvendigvis dekkende for hva man kommer til å jobbe med i etterkant, men det kan ikke studiet få skylden for.
26	Navnet på studiet er greit. Navnet "nanoelektronikk" på retningenen opplevde jeg ikke som dekkende mens jeg gikk på NTNU, da det heller var nanofysikk jeg studerte. Hadde noe uflaks med hvilke semester fag ble holdt, så fikk ikke mulighet til å ta mer elektronikk-rettede fag.
27	Ja
28	Ja
29	Ja
30	ja.
31	Ja
32	Ja
33	
34	Ja.
35	Ja
36	Ja
37	Joda, det syns jeg forsåvidt. Men det er et hype-ord, men det er dere vel klar over ;)

38	Ja.
39	Kanskje ikke helt dekkende siden studeiet favner så bredt, men jeg har ikke noe bedre alternativ
40	Ja
41	Ja.
42	Ja
43	Ja
44	Ja
45	Ja, men material-retningen er mer mye mer materialteknologi enn at det også handler om energi og miljø.
46	Ja. Vet ikke hva det ellers skal hete.
47	Ja - men jeg mener nanoelektronikk heller burde hett nanofysikk.
48	Det er dekkende, men kunne gjerne vært mer beskrivende. Dette ville dessverre blitt et veldig langt navn.
49	Ja, jeg føler det er dekkende for det jeg studerte.

10. Hvordan skulle du ønske utdanningen var lagt opp for å gjøre deg bedre rustet i arbeidslivet?

3	Dette spørsmålet er ikke helt relevant. Men jeg skulle ønske at fordypning kunne velges tidligere. Jeg hadde bestemt meg for nanoelektronikk veldig tidlig, og fag som organisk kjemi og bionano var derfor særdeles lite motiverende
4	Arbeidslivet krever først og fremst studenter som er i stand til å sette seg inn i nye temaer fort. Dette er studiet gode på. Samtidig vil det alltid være en prioritering mellom et mer spisset studieløp og det å holde på tverrfagligheten.
5	Det vet jeg ikke fordi jeg ikke har hatt en ordentlig jobb.
6	Jeg er fornøyd med måten utdanningen var lagt opp.
7	Kunne nok med fordel hatt mer generell IT (relevant overalt) og mer prosjektbasertarbeid/samarbeid. Veldig individuelt fokus på studiet, i motsetning til arbeidslivet.
8	Mer praktisk arbeid underveis, utflukter til industri.
9	Studiet slik jeg opplevde det var bra. Den kompetansen jeg har savnet i etterkant dekkes av andre studieprogrammer (industriell kjemi, fysikk og matematikk) som kanskje er mer relevante for jobben min.
10	Spesielt matematikkfagene burde vært mer praktiske og rettet mot faktisk problemløsing. Mye tapt potensiale her. Matematikere burde ikke lage pensum for ingeniører. Å ha godt ut med mer trening i å faktisk anvende matematikken. Nå sitter jeg igjen med matematikk som et språk jeg forstår, men ikke snakker så godt. Det skyldes også at vi brukte det mindre og mindre i problemløsing senere i studiet. Synes også at programmering burde ha vært en langt større del av studiet. La alle lære Python i starten, og så bruke det gjennom alle fag senere. På den måten blir man vant med å løse problemer, og man ser hvilke muligheter som ligger her. Det hadde gjort en mye bedre rustet til å løse ethvert problem senere, uansett om jobben er særskilt relevant eller ikke.
11	Studieprogrammet kunne hatt enda mer praktisk/eksperimentelt arbeid.
12	Syns det var helt ok.
13	Mer prosjektbasert læring (på fagene i 3. og 4. klasse spesielt) Mer fokus på skriving av prosjektrapporter (den rent tekstlige/språklige formen som kreves i vitenskapelige sammenhenger) Mer presentasjoner Mer koding/skripting/plotting av store datasett (involvere python i flere emner)
14	Jeg har jo da valgt en yrkesretning som ikke er noe særlig relatert til nanoteknologi, så det blir litt rart å skulle tilpasse utdanningen basert på det. Men på generell basis kunne det nok vært interessant/nyttig å lære litt mer om ting som er mer

	industrinært, og ikke bare forskningstunge områder. Det ville gjort en litt mer fleksibel med tanke på ulike jobbmuligheter. Opplever til en viss grad at nanoteknologer er litt for 'light' på domene og litt for tungt nede i forskning til at vi kan finne så mye relevant arbeid i dagens industri (utenom akademia). Det ble litt sånn at ~50% tok doktorgrad, og ~50% begynte å jobbe med noe helt annet (konsulentvirksomhet, IT, ..). Skulle gjerne sett at det fantes en mellomting
15	Holdt meg til akademia, og for det var nano bra as is
16	Jeg ville gjerne hatt flere praktiske fag, flere laboratoriefag, flere programmeringsfag, flere ledelses- og prosjektledelsesfag. Færre fysikkfag. Ekstremt lite jeg har brukt av dette videre. Er også ikke kunnskap som etterspørres i arbeidslivet, og særlig innen bioteknologi og medisinsk industri.
17	Jeg har ingen konkrete forslag
18	Mangler kompetanse i prosjektledelse
19	Mer programmering sammenlignet med i 2016. Gjerne Python i stedet for MATLAB. C++ bør integreres i år 3.
20	-
21	Da jeg var student slet jeg med å få studierelevant jobb under studiene selv om jeg hadde gode karakterer og var aktiv i frivillig arbeid, inkludert bedriftskontakten til Timini. Jeg fikk et inntrykk av at man sto på bar bakke dersom man ville få seg en relevant jobb, at det var få valgmuligheter, og at man var avhengig av nettverk.
22	Tettere bånd til arbeidsplasser. Mer spisskompetanse på problemstillinger som er relevant for dagens arbeidsliv. Da jeg gikk på studiet var det mer som en forskerutdanning enn en ingeniør-utdanning.
23	For mitt arbeid kunne jeg nok hatt nytte av mer ledelses- og IT-relaterte men jeg mener at her skulle jeg heller ha valgt et annet studie.
24	To ting jeg manglet fra studiet var (1) mer erfaring med å presentere og (2) hvordan man finner og henter informasjon ut av vitenskapelige artikler.
25	Jeg skulle ønske det var flere oppgaver underveis hentet fra virkelige problemstillinger i arbeidslivet som studiet gjør oss istand til å løse. Jeg mener at det var et par som ble beskrevet som slike, men mye av det vi arbeidet med var ofte så teoretisk at det ble vanskelig å forene med virkelige behov fra arbeidslivet. Men jeg er generelt fornøyd med de forsøkene som ble gjort for å koble studiet til arbeidslivet, og mener at mange av oppgavene vi fikk var veldig relevante for forskning, for de som havnet innenfor den retningen.
26	Mer elektronikk.

27	Meir sjølvstendig jobbing på lab, noko som liknar prosjektoppgåve tidlegare i studieløpet.
28	Jeg skulle ønske det var litt mer fokus på programmering, da dette er svært relevant for samfunnet i dag, og de fleste jeg kjenner har bruk for dette i jobben sin i dag.
29	Jeg hadde nok hatt behov for flere kjemifag, siden syntese og/eller prosessfag ofte er relevant i materialrelatert forskning.
30	Jeg skulle ønske det kunne vært et valg å ta matte 4K i stedet for 4N. Det hadde også vært fint å kunne begynne å velge fag i større grad litt tidligere i utdanningsløpet, men dette har jeg inntrykk av at har blitt mulig for senere kull. Ellers så hadde det vært fint om man kunne velge et ingeniørfaglig emne fra en annen disiplin, slik jeg har hørt at noen av de andre siving-linjene kan.
31	Jeg jobber ikke med nanoteknologi, men jeg kan si at jeg hadde ønsket større mulighet for å eksperimentere med fag slik at man i større grad har muligheten til å oppdage egne interessefelt. Slik norsk utdanningsløp er lagt opp nå, må man lukke svært mange dører når man starter på høyere utdanning. En større mulighet til å utforske fagområder tror jeg vil være sunt for motivasjon og prestasjon.
32	Jeg mener studiet er godt lagt opp for PhD-stillinger og andre typer forskerstillinger For min egen jobb (IT-konsulent) var utdanningen forholdsvis lite relevant
33	Mer programmering
34	Mindre praktisk arbeid, som man uansett lærer seinere, mer teori, som man ikke lærer seinere.
35	Syns det var bra slik det var.
36	Det vet jeg ikke
37	Mer programmering. Mindre random fag i hytt og pine. Vi var vel litt prøvekaniner, for vi hadde masse random fag som sprika veldig etter vi var ferdig med standarden for alle sivinger. De fleste av mine klassekamerater mener de burde gått noe mer spesialisert, feks fysikk, fordi vi fikk ikke fordypet oss i noen fag. Jeg kjenner at jeg føler jeg hadde litt for lite avansert matematikk, litt for lite avansert fysikk. Vi fikk bare drypp. Måleteknikk, materialteknologi, fysikk 2, fast-stoff, halvleder, overflatefaget.. Alle disse fagene var veldig sånn random, føltes det som, og alle var spennende men det ble for mye random på en gang etter min mening. På utvekslingsåret hadde vi også mye random!
38	Ingen kommentar.
39	Jeg vet ikke om det ville gjort meg bedre rustet for arbeidslivet, men jeg skulle gjerne flyttet nanolaberfaringen til tidligere i studieløpet

40	Mer fokus på lesing og forståelse av artikler, oppdatert forskning.
41	Gitt mer informasjon om søknadsprosesser og jobbmuligheter; kanskje et eget fag.
42	Mer fokus på praksis i næringslivet
43	Prosjektarbeid, "problemløsning" med caser fra næringslivet Mer fokus på innovasjon og entreprenørskap. Hvordan skape Norges nye arbeidsplasser innenfor nanoteknologi?
44	Usikker på dette
45	Skulle gjerne hatt mer innovasjon og/eller oppgaver fra næringslivet. Fokus på hvordan nanoteknologi også kan være relevant selv om man ikke ønsker å bli forsker.
46	Kanskje noe mer kontakt med/informasjon om faglig relevante bedrifter og institusjoner. Bonus at man da også blir kjent med det som kan bli potensielle arbeidsgivere etter fullført studie. Savnet mer innsikt om jobbmarkedet og nanoteknologi i norsk industri og forskning.
47	Har ingen store endringsønsker.
48	Mer fokus på helhetlig tverrfaglighet. Mye repetisjon i noen fag, og noen hopp i andre. Dette kunne skreddersys mye mer. I tillegg, hva med å høre fra norsk arbeidsliv hva de ønsker av kompetanse?
49	Dette er en utfordring ettersom det er såpass begrenset behov for fagfeltet i næringslivet. Studiet inneholder svært mye spesialkompetanse fra andre studieår og utover, kompetanse jeg opplever nærmest kun var nyttig som stipendiat innenfor de riktige fagfeltene eller ved nokså få bedrifter i Norge. En betydelig andel utdannede studenter går videre til jobber innen konsulentbransjen med begrenset bruk for majoriteten av fagene en har hatt i løpet av studiet. Ideelt sett kunne kanskje tettere kontakt med næringslivet bidratt til å gjøre fagene mer relevante for arbeidslivet. Problemet her er at det relevante arbeidslivet er begrenset og i stor grad forskningsbasert.

11. Hvilken arbeidslivskontakt hadde du i løpet av studiet på NTNU?

3	Satt i bedriftskontakten i Timini og var leder for Kjemidagen i 2011. Utover dette snakket jeg mye med bedrifter på stands, og dro på de bedriftspresentasjonene som var åpne for nanoteknologistudenter. Jeg hadde sommerjobb i Silicon Labs og i Capgemini.
4	Jeg jobbet med undervisning og utvikling av undervisningsmateriell gjennom studietiden
5	Mange bedriftspresentasjoner og messer.
6	Jeg deltok på noen bedriftpresentasjoner, og årlig på kjemidagen, og grey goo symposium. Jeg kom i kontakt med en bedrift som jeg jobbet i under studiet her, og som jeg fikk tilbud om å fortsette i etter uteksaminering.
7	En del arbeid i linjeforeningens bedriftskontakt. Var på en del bedriftspresentasjoner. Hadde sommerjobb mellom 4. og 5. Jobbet også som IT-ansatt ved NTNU IT (tidl. Reakeltjenesten) som deltidsjobb.
8	Forskningsjobb om sommeren, studass i ulike fag, rekruttering ved NV-fak
9	To sommerjobber på Sintef Energi.
10	Bedriftspresentasjoner hele tiden, var en del av NDP i Timini (bedriftskontakten). Hadde en relevant sommerjobb.
11	Bedriftspresentasjoner, stands, internships.
12	Skjønner ikke spørsmålet.
13	Kontakt med faggruppen der jeg har jobb nå. Hadde liten/ingen kontakt med privat næringsliv (men heller ingen interesse av det)
14	Sporadiske sommerjobber, deltok på bedriftspresentasjoner, karrieredager og var med å arrangere Kjemidagen. Møtte min første arbeidsgiver på karrieredag på NTNU.
15	Husker ikke
16	NTNU Alumni
17	Jeg hadde flere sommerjobber hos Sintef og Powel under studiet mitt, og ellers hadde jeg noe kontakt gjennom bedriftskontakten til studiet
18	Var studass
19	Bedriftspresentasjoner, sommerjobber hos SINTEF og Kongsberg

20	Hadde sommerjobb som "forsker" ved IMA under studiet.
21	Mye kontakt mot næringsliv på vegne av Timini og studieprogrammet gjennom bedriftskontakten («NDP»), ellers hadde jeg bare NTNU som arbeidsgiver (studass) av det som var relevant
22	Bed-press, sommerjobber, helgetur til Oslo, omvisninger, jobb-intervjuer og søknadsprosesser.
23	Jeg hadde sommerjobber, deltok på bedriftspresentasjoner og -turer.
24	Jeg jobbet som studentassistent og hadde sommerjobb på Norsk Elektro Optikk og IFE.
25	Jeg var med på flere bedriftspresentasjoner, og besøkte drøssevis av stands i de mange forskjellige anledningene bedrifter ble invitert til Gløshaugen. I den sammenheng føler jeg at vi ofte ble presentert med forskjellige og relevante bedrifter, mye takket være arbeid fra linjeforeninger. Men jeg kunne ønsket meg noen flere situasjoner hvor oppgaver i studiet kom direkte fra en bedrift. Jeg jobbet også som studentassistent underveis i studiene, som jeg antar er en form for arbeidslivskontakt.
26	Ganske god. Hadde to relevante sommerjobber, var på bedriftsbesøk i Horten og diverse bedpreser.
27	Var ansatt ved Hydro, fyrst som ferieavløysar og så som "internship". Var óg ansatt som studentassistent ved NTNU.
28	Avd et jeg vet, så hadde jeg ikke dette
29	Ingen
30	Jeg var på næringslivsdager, deltok på bedriftspresentasjoner, og hadde relevante sommerjobber de to siste somrene i løpet av studiet.
31	Sommerjobber hver sommer.
32	* Sommerjobber * Bedriftspresentasjoner
33	Husker ikke
34	Sykehus.
35	Bedpresser
36	Jeg hadde en sommerjobb der jeg jobbet med materialer.
37	Vet ikke hva det er

38	Bedriftspresentasjoner og næringslivsdager. Sommerjobb hos institutter på NTNU samt fiskeforedlingsbedrift.
39	Bedriftspresentasjoner. I tillegg hadde jeg sommerjobb hos SINTEF
40	Usikker om jeg forstår spørsmålet. Men jeg snakket med bedrifter på bedriftspresentasjoner, og på den måten fikk kontakt. Fikk sommerjobb på IFE etter 3. året og har på den måten fått master her også videre arbeidskontrakt.
41	Jeg organiserte selv et internship ved en forskningsklinikk da jeg hadde utveksling ved UCSD. Jeg hadde også en sommerjobb ved NTNU Nanolab som skulle forberede meg til masteroppgaven.
42	Først og fremst med fakultet på NTNU
43	Lite. Mest gjennom bedriftsdager. Hadde noen sommerjobber, men var i akademia.
44	Sommerjobb i Pfi og Sintef Energi
45	Relevante sommerjobber, karrieredager, bedriftspresentasjoner og rekrutteringsarrangement som følge av campusbesøk av bedrifter.
46	Stort sett bare det som linjeforeningen Timini arrangerte i form av bedpreser, samt et bedriftsbesøk til en klynge med nano-relevante bedrifter i Horten.
47	Hadde et par sommejobber som var veldig relevante rent teknisk.
48	Flere deltidsjobber og sommerjobber, både på NanoLab og også i mikrokontrollerindustrien. Sistnevnte opplevdes relevant som arbeidsplass, men lite relevant for det faglige ved studiene.
49	Nokså lite. Jeg deltok på bedriftspresentasjoner arrangert av linjeforeningen samt karrieredager. Jeg kom over sommerjobber hovedsaklig via kontakter, jeg opplevde at det var begrenset med direkte relevante sommerjobber når jeg lette.

12. Hvor nyttig har jobberfaringen vært i senere kontakt med arbeidslivet?

3	Jeg antar at det er snakk om sommerjobb her. Vil si den var veldig nyttig.
4	Erfaringen kom godt med, men var ikke alt om å gjøre
5	Jeg har fått oversikt over hva som finnes av store og mellomstore bedrifter i Norge.
6	Veldig nyttig.
7	Veldig - særlig sommerjobb + deltidsjobb.
8	Ganske nyttig.
9	Jobberfaringen fra Sintef har vært veldig relevant for min nåværende jobb.
10	Ikke direkte, annet enn at det har vært godt å ha på CV. Arbeidet gjennom bedriftskontakten gjorde jo at man fikk litt bedre forståelse for arbeidsmarkedet.
11	Svært nyttig.
12	Nyttig
13	Veldig nyttig.
14	Under studiene? Ikke så veldig.
15	Vanskelig å si
16	Ganske nyttig
17	Veldig nyttig
18	Lærer at arbeidslivet tenker annerledes enn studenter
19	Veldig!
20	Lite, studiet var det viktigste.
21	Ikke spesielt
22	Veldig nyttig. Det går som regel an å trekke frem ett eller annet relevant.
23	Sommerjobber gav et visst innblikk i hvordan det er å jobbe i en bedrift, som var nyttig.
24	Veldig nyttig, lærte mye av sommerjobbene om hvordan det er å komme ut i arbeidslivet, og det var bra å være forberedt på det.

25	Begrenset, men bedre enn ingenting. Jeg syntes det var vanskelig å finne relevante deltidsjobber underveis i studiet, og derfor ble det hovedsakelig deltidsjobber som ikke var spesielt relevante i ettertid.
26	Veldig. Valgte å ikke fortsette innen samme bedrifter, men det er uansett utrolig viktig å ha erfaringer fra arbeidslivet.
27	Veldig nyttig
28	Det har vært svært nyttig. Det var på denne måten jeg fikk min første jobb etter endt studie
29	-
30	Sommerjobberfaringen har vært veldig nyttig.
31	Det har jo vært greit å ha jobberfaring på generelt plan.
32	Jobberfaring har vært svært relevant for å forstå arbeidsoppgaver man møter på i arbeidslivet, og forskjeller i ulike fagområder
33	
34	Ja.
35	?
36	Lite nyttig
37	Se over
38	Selvstendig arbeid ga selvtillit.
39	Veldigg nyttig. Synes det er bra at man må ha arbeidserfaring ila studiet. Det gjør at man aktivt prøver å få kontakt med bedrifter under bedriftpresentasjoner mm
40	For meg, helt gull. Den fikk jeg inn døra.
41	Internshippet ved UCSD var veldig inspirerende. Men det var bare flaks at jeg gjorde det, da jeg tilfeldigvis kom i prat med en tilfeldig amerikaner på en skolebuss-tur, hvor han skrøt av hva han hadde gjort og forslo at jeg burde gjøre det samme. Internship ved utveksling burde vært mye bedre tilrettelagt. Og internship under studiene i Norge hadde også vært veldig lærerikt. Dette håper jeg er bedre organisert nå.
42	Lite

43	Jeg jobbet mest forskningsrettet. Angrer på at jeg ikke søkte meg til sommerjobber som var mer næringslivsrettet.
44	Svært nyttig
45	Veldig nyttig. Hadde sommerjobber som var relevant for det jeg jobber med nå.
46	Ikke veldig nyttig, mye pga jobben jeg har valgt.
47	Ikke veldig så langt, men håper at det kan vise seg nyttig hvis jeg slutter i akademia.
48	Enhver jobberfaring har vært nyttig.
49	Hvis dette spørsmålet refererer til den begrensede jobberfaringen jeg fikk via sommerjobber, så vil jeg ikke si at det var veldig relevant for senere kontakt med arbeidslivet.

13. Har du hatt ett eller flere utenlandsopphold gjennom studiene?

3	Ja
4	Nei
5	Ja.
6	Nei.
7	Ja - Santa Barbara (UCSB) i USA.
8	Ja
9	Nei
10	Ett år i München på TU München.
11	Ett.
12	Ja
13	Ja, et studieår
14	Ja
15	Nei, jeg hadde Ingen utenlandsopphold
16	Nei
17	Ja, et i München
18	Ja, 1
19	Ja, hele 4. året ved UCSD i USA
20	Ja
21	Ja
22	Ja. Universitetet i Twente, Enschede, Nederland.
23	Jeg hadde ett opphold i utlandet.
24	Ja.

25	Jeg har hatt et par korte utenlandsopphold, knyttet til aktiviteter med linjeforeningen. Disse var trivelige, og spesielt ekskursjon til Kina var et lærerikt møte med en annen kultur.
26	Ja. Madrid i 6 mnd.
27	Ja, var eitt år på utveksling.
28	Ja
29	Jeg var et halvt år på utveksling i Wien
30	Nei
31	Ja, ett.
32	Ja, ett år i Singapore
33	Ja
34	Som phd og postdoktor x 4.
35	Ja, ett år i Frankrike på master, 7 mnd i USA på PhD
36	Nei
37	Ja
38	2 mnd ved University of Texas at Austin.
39	Ja, ett på UC Berkeley i 4. året
40	Nei
41	Hatt ett år ved UCSD.
42	Ja
43	Ja, ett år på utveksling i USA fjerde året
44	Nei
45	Ja - 1 år i Tokyo
46	Ja. Ett semesters utveksling til Bologna, Italia.
47	Ja, ett opphold over to semester.

48	Ja.
49	Ja, jeg har hatt et utenlandsopphold i Tyskland, ved det tekniske universitetet i München.

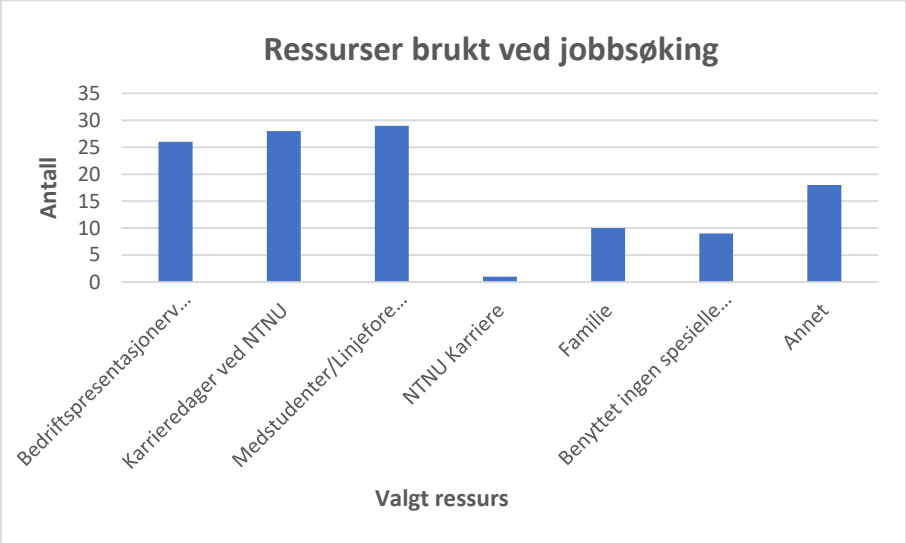
14. Hvis ja, hvor nyttig har utenlandsoppholdet vært senere i arbeidslivet?

3	På en skala fra 1-5 vil jeg si 3. Jeg tror ikke nødvendigvis jeg tilegnet meg så mye faglig som gjorde meg mer attraktiv, men jeg tror utenlandsopphold kan se positivt ut på CVen.
4	N/A
5	Jeg har knyttet et par kontakter som har vært greie å ha senere.
6	N/A
7	Ganske nyttig språklig og kulturelt. Faglig en stor utfordring, men nyttig erfaring. Har også mange kolleger i dag som var samme sted :)
8	Veldig bra, tilpasse seg ny arbeidskultur
9	Ikke relevant.
10	Ikke direkte, men ser nok bra ut på CV å ha vært i utlandet. Jeg er veldig glad for utenlandsoppholdet, og skulle ikke vært det foruten. Lærte meg også tysk til et nivå der jeg kan snakke det, men har ikke vært veldig viktig for meg i arbeidssammenheng.
11	Svært nyttig.
12	Nyttig
13	Veldig nyttig, sees på som en veldig positiv del av utdanningen
14	Ikke direkte relevant, men for så vidt nyttig med enda bredere forståelse for ulike kulturer, samt litt bedre språkkunnskap
15	Ikke relevant
16	Nei
17	Veldig nyttig! Jeg lærte å samarbeide med folk med forskjellig bakgrunn og kultur, samt at det ga et større perspektiv på ting

18	Mer nyttig for meg som person og sammfunnsborger enn arbeidstaker.
19	Svært nyttig. Jeg ble veldig god i engelsk, og det ser bra ut på CVen
20	Veldig nyttig. Siden nanoteknologistudiet er nytt har utenlandsoppholdet fungert som et ekstra kvalitetsstempel på utdanningen.
21	Ikke så veldig nyttig for akkurat arbeidslivet kanskje, men rent faglig sett var det jo flere momenter som har vært nyttig for jobben jeg har idag.
22	Jeg tok en del K-emner på utveksling som har vært relevant. Ellers alltid relvant med innsikt og erfaring fra andre kulturer.
23	Ikke direkte nyttig, men kulturell og språklig utvikling er bra
24	Utenlandsoppholdet var mer for gøy, ser ikke på det som at det var nyttig for senere arbeidslivet bortsett fra å komme litt ut og se verden.
25	Det har vært nyttig å forstå hvor forskjellige kulturer kan være, men det har ærlig talt ikke vært spesielt nyttig ellers. De korte utenlandsturene jeg har hatt i forbindelse med arbeid har ikke vært særlig sammenliknbare med "turist"-turene under studiet.
26	Har ikke opplevd det som viktig i det hele tatt i arbeidslivet. Mulig det ble vurdert når jeg søkte på jobber, men det var ikke det arbeidsgiver hadde størst fokus på.
27	Nyttig, ettersom eg flytta tilbake til byen eg var i utveksling på for å ta doktorgrad.
28	Ikke veldig nyttig, annet enn at det ga meg kulturelle erfaringer og fagene jeg tok
29	Ikke vært nyttig enda
30	-
31	Ikke fått noen spesifikk nytte av det som jeg klarer å peke på nå.
32	Jeg synes det har vært veldig nyttig med tanke på: * Å bli mer stabil i engelsk språk, særlig muntlig * Å lære seg å tilpasse seg ulike kulturer og arbeidsmåter * Veldig positivt i jobbsøkerprosessen Faglig sett var det begrenset nytte, men jeg hadde noen fag (datafag) som jeg har fått bruk for i arbeidslivet.
33	Svært nyttig
34	Veldig nyttig.
35	Veldig nyttig!
36	Nei

37	Faglig? Ikke noe
38	Fikk sett at ting kan gjøres på flere ulike måter. Fikk meg til å se at gruppedynamikk og - kultur er veldig viktig for trivselen.
39	Ikke så veldig nyttig, iallfall ikke direkte, men indirekte har det vært nyttig med erfaring fra andre miljøre
40	Blank
41	Det har ikke vært voldsomt nyttig, men litt likevel. Det har vært en morsom referanse som jeg har kunnet trekke frem.
42	Lite
43	Nyttig med internasjonal erfaring, språk
44	Nei
45	Ikke direkte nyttig, men lærte mye om samarbeid og selvstendighet som er viktig i arbeidshverdagen - samtidig oppfatter jeg at arbeidsgiver ser positivt på utenlandsopphold.
46	Ikke veldig nyttig. Ikke fra et faglig perspektiv i hvert fall, men de personlige erfaringene og opplevelsene ville jeg ikke vært foruten.
47	Ikke direkte relevant, men jeg tror det er en veldig nyttig "meta"-erfaring, i den forstand at man ser ett eksempel på hvordan mange ting kan organiseres annerledes. Dessuten har fagene jeg hadde der vært relevant for forskningen min.
48	Utenlandsoppholdet var eksremt givende, faglig og sosialt, og ga inspirasjon til min valgte karrierevei. Ikke direkte nyttig, men inspirerende.
49	Det var nyttig å oppleve et annet forskningsmiljø i utlandet, med annen kultur og dermed endringer i holdninger og perspektiver. Sosialt sett opplevde jeg det også som nyttig.

15. Hvilke ressurser benyttet du deg av når du startet jobbsøkingen?



Ressurser brukt ved jobbsøking

Valgt ressurs	Antall
Bedriftspresentasjonerved NTNU	26
Karrieredager ved NTNU	28
Medstudenter/Linjeforeninger	29
NTNU Karriere	1
Familie	10
Benyttet ingen spesielle ressurser	9
Annet	18

16. Har du andre kommentarer og forslag vedrørende organisering og kvalitet på studiet?

3	Nei
4	Nei
5	Nei
6	Nei
7	Satt en periode i Fagteam da jeg satt i linjeforeningens styre. Merket den gang (2012-2017) at studiet falt mellom noen stoler institutt- og fakultetsmessig, og at det derfor var varierende kvalitet på fag/støttefunksjoner avhengig av fagretning. Valgfagmuligheter ble endret noen ganger i løpet av studiet. Veldig bra. Arbeidet rundt NTNU Nano har hjulpet mye. Studieveilederne dedikert til studiet var/er avgjørende for å sørge for at studenter kommer seg gjennom!
8	Mer programmering i starten.
9	Nei
10	Generelt å tilstrebe et mer helhetlig tilbud, der man i mye større bruker relevante verktøy for å løse oppgaver. Mer fokus på intuisjon i læringen i stedet for å lære metodikk som fungerer i begrensede situasjoner. Og endre på de forferdelige øvingsoppleggene. Det er så mange innleveringer at det er lett å falle bakpå, og da kopierer bare folk av hverandre og eksisterende løsningsforslag uten noe særlig læringsutbytte. Å skulle lære et fag bare for å stå på eksamen har vist seg, for mitt vedkommende i hvert fall, å ikke gi noe utbytte i fremtiden, fordi man i realiteten ikke lærer noe som sitter igjen senere.
11	Nei.
12	Var veldig fornøyd med studiet. Det eneste jeg ikke var fornøyd med er oppfølging under masteroppgaven. Tilnærmet hele klassen hadde symptomer på depresjon, det kunne og burde vært unngått.
13	Generelt et veldig bra studium, som begynner å bli kvitt voksesmerter og ungdomsproblemer!
14	Nei
15	Ingen andre Kommentarer
16	Nei. Dekket av spørsmålene over.
17	nei

18	Det har skjedd mange reformer siden min tid så vet ikke hvirdan det er bygget opp nå.
19	Nei
20	-
21	Ingen kommentar
22	Økt fokus på og midler til entreprenørskap og høyteknologisk innovasjon. Hvordan ta produkter fra labben til markedet er noe man ikke lærer over hodet. Studiet er kanskje litt for bredt til at man blir spesielt attraktiv for noen spesielle bransjer. Jeg har inntrykk av at studenter som kommer fra mer spissede linjer, men peiler seg inn på nanoteknologi mot slutten av utdanningsløpet har mer suksess med å finne relevante jobber.
23	Nei
24	Nei.
25	Det var noe varierende kvalitet på veiledning av masteroppgaver, spesielt hvis disse oppgavene kom fra en ekstern bedrift. Jeg har full forståelse for at det kan være vanskelig å følge opp eksterne oppgaver, men det virket for meg som om NTNU ikke hadde særlig interesse av at masteroppgaver ble utført i samarbeid med arbeidslivet, som føltes litt forvirrende. For meg har det mer verdi å løse en oppgave for en bedrift, enn å løse en teoretisk oppgave innenfor forskningsområde, når målet mitt var å komme meg ut i arbeidslivet og finne en relevant jobb. Men for de som ønsker å gå videre til en doktorgrad, gir det kanskje mer mening å jobbe med mer forskningsrelaterte oppgaver. Jeg syntes ihvertfall det var vanskelig å finne en ekstern oppgave, og lite støtte å få fra NTNU på hvordan jeg kunne få dette til å fungere. Jeg fikk derimot meget god hjelp fra enkelte ansatte ved NTNU, og det løste seg til slutt.
26	Nei.
27	Nei
28	Nei
29	Det er vanskelig å vite hva som er utviklingen etter min tid. Da jeg studerte var det problemet med driften av studiet manglende midler i studieprogramrådet og dermed manglende evne til å skreddersy fag for nanostudentene, der instituttene heller prioriterte "sine" studieretninger. Som svar på dette ønsket vi oss noen som skulle ha spesielt ansvar for studiet, om det skulle være ett institutt eller nanolab eller lignende. Hvordan dette har utviklet seg etter jeg sluttet kan jeg ikke si noe om.

30	Særlig siste året har folk veldig ulike arbaidsoppgaver. Da er det viktig at hele kullet kan få plass på samme lesesal for å kunne beholde en felles identitet og et samhold i kullet gjennom hele studietiden.
31	Jeg syns generelt at forelesningene og pensumlitteraturen kunne vært mer pedagogisk.
32	Personlig kunne jeg ønske det var mer nanoelektronikk-relaterte fag tidligere i studiet. For min del hadde jeg så å si alle disse disse fagene (inkludert kvantemekanikk) 4. året - da jeg var på utveksling. Nanoelektronikk-fagene kunne gjerne gått på bekostning av fag som er mer relevante for andre retninger, f. eks. organisk kjemi og nanobiovitenskap.
33	
34	Godt studium, men jeg oppfatter det å være lite arbeidsmarked utenfor akademia.
35	Høy kvalitet og god organisering. En fordel ville kanskje vært å flytte noen emner til en annen del av studiet, siden de gøyeste emnene var det året alle dro på utveksling.
36	Nei.
37	Ahhh mange.. Men som sagt, vi var nok prøvekaniner, det føltes i alle fall sånn. Men altså, enten må vi velge retning tidligere eller så må studiet splittes. Å ha nanoteknologi som en linje er jo litt som ha en master i fysikk&elektronikk&kjemi&materialteknologi&bioteknologi. Det sier seg selv at det er umulig å presse inn dybdekunnskap på alle disse emnene ila 2.5 år, og med et utvekslingsår gjenstår det ikke mye tid til å bli kjent med det fagfeltet man med stor sannsynlighet skal ta doktorgrad i. Folkene på nano har klart seg pga av at de allerede er svært smarte og bra folk før de kommer inn og slik er de smarte og bra folk når de kommer ut også. I tillegg har vi hatt et usedvanlig bra miljø, og det har vært helt fantastisk. Jeg var vitass for nye nano for noen år siden, og er redd for at å fjerne jentepoeng og at inntakskravene bare har steget har gjort at det ikke er mulig å ha et så bra miljø lenger. Jeg hadde ikke fullført studiet hvis det ikke var for miljøet. Da hadde jeg bytta eller begynt på en helt ny utdannelse.
38	Nei
39	Ikke egentlig utover svaret i oppgave 10
40	Nei
41	Ikke annet enn at studentene burde forbredes bedre på jobbsøking, og at internships (både i utlandet og i Norge) burde være bedre tilrettelagt, samt anbefalt/foreslått for studentene.
42	Nei

43	Man bør ansette folk som brenner for formidling og undervisning. Istedet møtte vi lite engasjerte professorer som helst vil forske, ikke lage undervisning. Man bør få inn flere fra næringslivet til å snakke om problemer de opplever. Man bør ha mer prosjektarbeid, med reelle problemstillinger fra næringslivet.
44	Jobbe mer med sammensetning av og hvilket år de ulike fagene er lagt opp i studiet.
45	Det er viktig at nanoteknologistudet er noe eget - ikke bare noe man kan få som en spesialisering innen andre retninger. Mitt inntrykk er at arbeidsgivere ser på nanoteknologistudenter som veldig gode søkere av høy kvalitet. Det er viktig å bevare allsidigheten - selv om mange studenter maser etter mer dybde i alle retningene man er innom ila studiet. Man kan også jobbe med å vise studentene relevans i arbeidslivet fra starten av studieløpet. Nanoteknologibakgrunnen er nyttig i mange yrker selv om man ikke jobber med noe som er nano.
46	Ikke øk størrelsen på kullene med det første. Det sosiale blir fort dårligere, og integreringen av nye studenter svakere, når størrelsen på kullene øker fortere enn man (støtteapparatet rundt studiet, men også linjeforeningen) klarer å håndtere. På Nano er dessuten linjeforeningen tett og sterkt knyttet til studentenes faglige prestasjoner og utbytte, så slike ting får konsekvenser begge veier (både for det sosiale og det faglige).
47	Personlig mener jeg at det, for de av oss som går nanoelektronikk, hadde vært veldig gunstig å ha matte 4K i stedet for 4N. Det finnes gode fag i numeriske metoder som ikke forutsetter 4N, men det er vanskelig å erstatte det man lærer i 4K med ett enkelt fag - de fleste emner som har med komplekse tall å gjøre forutsetter 4K.
48	Studieprogrammet lider litt av mangel på en helhetlig organisering, og oppleves til tider stykkevis og delt. Den største samlende kraften er studentfrivilligheten som organiseres gjennom linjeforeningen. Dette gir en slags eierskapsfølelse til studiet, men ideelt sett hadde denne jobben blitt gjort gjennom NTNU.
49	Nei.

45	Ja. thorstein.wang@vikenfiber.no

17. Har du andre kommentarer som ikke dekkes av spørsmålene over?

1	Nei
2	Takk for en veldig fin periode på NTNU. Hadde noen utfordring for å komme i mål med studiet (leverte master 2019), og jeg fikk uvurderlig hjelp fra flinke studieveiledere. Tusen takk!
3	Alt i alt er jeg fornøyd med studiet, men ser at det mye rom for forbedring.
4	Nei.
5	Nei
6	Nei.
7	Ingen flere kommentarer
8	nei
9	Studieveilederen på nanoteknologi var fantastisk flink til å veilede og finne tid til studenter som slet med å finne frem i et hav av muligheter og forvirringer. Hun fortjener mer ros enn jeg kan uttrykke her, og jeg er meget takknemlig for at hun alltid stilte opp og hjalp til med alt av henvendelser.
10	Nei
11	Beklager, jeg husker ikke så mye detaljer.. føles lenge siden!
12	Nei
13	Sikkert, men nå må jeg jobbe!
14	Nei
15	De fleste av foreleserne var veldig flinke, og det var fint at de også var tilgjengelig for spørsmål etter forelesninger.
16	Anbefaler å kopiere modellen til ELSYS, elektronisk systemdesign og innovasjon. De har masse praktisk i opplæringen. Ta kontakt med Torstein Bolstad.

17	Merk at min opplevelse av studiet antageligvis ikke er typisk, jeg hadde problemer med å få jobb etter endt studie. Det var delvis forårsaket av at jeg ble betydelig forsinket i studieløpet, og at jeg ikke begynte å søke jobber før jeg var ferdig. Jeg deltok på bedriftspresentasjoner og karrieredager i løpet av studiet, men ikke på slutten da det kanskje var mest relevant. For min del tror jeg det hadde vært nyttig med mer direkte kontakt med arbeidslivet i løpet av studiet. Kun et krav om at man må klare å få tak i en relevant sommerjobb for å få lov til å uteksamineres føler jeg ikke var nyttig i den forstand.

G. Oppdatert oversikt over læringsaktiviteter

Semester 1	Beskrivelse av undervisning- og vurderingsform	Program-vare	Øvinger / Lab. / Lab.demo	Rapport	Presentasjon	*Inst.
**TMA4100 Matematikk 1	Forelesninger, obligatoriske øvinger. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet. I mappen inngår skriftlig avsluttende eksamen (80%) og øvinger (20%).					IMF
TFY4115 Fysikk	2 forelesninger pr uke, obligatoriske regneøvinger – 1 per uke med tilgang til studentassistenter. 1 test deg selv øving pr uke. Alle lab.øvinger og 2/3 av regneøvingene kreves godkjent før adgang til eksamen. Lab.rapport teller 10 % av endelig karakter. Eksamen teller 90 %.	Trecker; Latex; Matlab; Python	1 stykk lab. som er fordelt på 4 økter gjennom semesteret. Her skal de modellere en løsning for deretter å måle og verifisere om beregningene reflekterer de målte verdiene. Studentene arbeider i grupper på 4.	Del av lab.øvingen. Rapporten leveres en første gang, de får tilbakemelding på den, slik at de kan rette opp med utgangspunkt i tilbakemeldingene, før endelig rapport leveres. Til slutt får de en endelig vurdering på rapporten, som inngår i mappevurderingen		IFY
TDT4110 IT, grunnkurs	Forelesninger, øvingsforelesn., auditorieøvinger, oblig. øvinger (8 av 10 kreves godkjent).	Python		Øving: krever 8 av 10 godkjent		IDI
TFY4350 Nanotekn., intro.	Forelesninger 4t/uke, obligatoriske øvinger (2t / uke), laboratoriedemonstrasjoner og gruppearbeid. Veiledning i små grupper, arbeide med diskusjon av vitenskapelig publikasjoner		Demo: Planlagt besøk i renrom NTNU Nanolab var ikke mulig H2020 pga pandemi		2 poster prosjekter i grupper, med avsluttende presentasjon Gruppearb. og presentasjon i etikk-modulen	IFY

	som har ledet til etablering av nanoteknologi og ny forskning og teknologi. Avsluttende skriftlig eksamen					
HMS0001						
Semester 2	Beskrivelse av undervisning- og vurderingsform	Program-vare	Øvinger / Lab. / Lab.demo	Rapport	Presentasjon	*Inst.
**TMA4105 Matematikk 2	Forelesn., øvinger. Oblig. momenter kan tilkomme. En oversiktsforeles. (2 x 45 minutter) og en interaktiv forelesn. (2 x 45 minutter). I tillegg tilbyr vi plenumsregning (=oppgaveregning på tavlen) hver uke (2 x 45 minutter) som et supplement til forelesn. spesifisert over. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet. I mappen inngår skriftlig avsluttende eksamen (80%) og øvinger (20%). De interaktive forelesn. er delvis basert på ideen om omvendt undervisning Skriftlig skoleeksamen, 4 timer, ingen trykte hjelpemidler tillatt. Bestemt, enkel kalkulator tillatt. (Kode D) Merk at studentene får bestått/ikke		Skriftlige innleveringer (omtrent en per måned) STACK-tester (en hver uke, rettes automatisk) Anbefalte oppgaver (ikke obligatorisk og leveres ikke inn) Alle øvingene besvares individuelt. For å få tilgang til eksamen må studentene få godkjent **minimum** 2 av 4 skriftlige innleveringer og 6 av 12 STACK-tester. (Vi har skrudd opp kravet til 8 av 12 STACK-tester i år, men vurderer å gå tilbake igjen til 6 av 12 straks SARS-CoV-2 situasjonen er mer under kontroll.) Mattelab			IMF

	bestått i år da eksamen må være en digital hjemmeeksamen. Mappen er delt i to deler (en del som teller 80 % og en som teller 20 %). Delen som teller 80 % kommer fra eksamen og delen som teller 20 % kommer fra øvingsopplegget (godkjente øvinger). Mappen teller bare positivt					
TMA4115 Matematikk 3	Forelesninger og obligatoriske øvinger. Karakter basert på avsluttende skriftlig eksamen (100%)					IMF
EXPH0300 Examen phil. for natur. & tekn.	Undervisningen består i en kombinasjon av forelesninger og seminar/øvingstimer. Forelesning: 2*45 min hver uke i tolv uker. Seminar: 2*45 min hver uke i 9 uker. Seminarene/ Øv.timene er basert på arbeid i mindre grupper veiledet av faglærer. Arbeidskrav: Øvingsoppgave i gruppe. Godkjent/ikke godkjent Hjemmeeksamen Flervalgstest				Muntlige presentasjoner for mindre grupper er en integrert del av seminar-arbeidet	IFR
TMT4110 Kjemi	Forelesninger, øvinger og		Ja.			IMA

	laboratorieøvinger. For adgang til eksamen kreves tilfredsstillende besvarelse av 50% av de ukentlige skriftlige øvinger. Alle laboratorieøvinger skal være utført tilfredsstillende. Det vil bli avholdt minst fem semesterprøver, hvorav tre må være bestått for adgang til eksamen. Eksamen kan inkludere problemstillinger som er belyst i laboratoriekurset. Karakter i emnet er basert på en skriftlig slutteksamen.					
Semester 3	Beskrivelse av undervisning- og vurderingsform	Program-vare	Øvinger / Lab. / Lab.demo	Rapport	Presentasjon	*Inst.
TMA4130 Matematikk 4N	Forelesninger og obligatoriske øvinger. Karakter basert på avsluttende skriftlig eksamen.	Jupyter				IMF
TMA4130 Statistikk	Forelesninger, anbefalte oppgaver og obligatoriske øvinger. Elektronisk (STACK) øving 4 godkjente øvinger fra Blokk 1 4 godkjente øvinger fra Blokk 2 Skriftlige innleveringer 3 godkjente innleveringer, hvorav minst 1 må være fra Blokk	Elektron-iske øv. i Stack				IMF

	1 og minst 1 fra Blokk 2					
TFY4185 Måleteknikk	Forelesninger og oblig. regneøvinger. Oblig. lab.øvinger. Mappevurdering bestått/ikke bestått. 50 % slutteksamen, 50 % arbeider					IFY
TMT4185 Material-teknologi	Forelesninger (56 timer), oblig. regneøvinger (24 timer) og selvstendige studier (120 timer).					IMA
Semester 4	Beskrivelse av undervisning- og vurderingsform	Program-vare	Øvinger / Lab. / Lab.demo	Rapport	Presentasjon	*Inst.
TBT4170 Bioteknologi	Kurset vil bli basert på forelesn. 2x2 timer pr uke, 10 – 11 uker), Én obligatorisk øving. Grupper (3- 6 stk), 6 x 2 timer arbeide med pluss presentasjon av plakat Frivillige øvinger deles ut, løsningsforslag, 2 – 5 stk Omvendt klasserom delvis innført i Corona tida (i stedet for tradisjonelle forelesninger) Avsluttende skriftlig eksamen				Muntlig presentasjon av poster	IBT
TFE4120 Elektro-magnetisme	4 timer forelesninger pr uke, 14 uker. Hver uke; 4-5 øvingsoppgaver foreslås for studentene; under veiledningssesjon: 10 studentassistente		2 lab.-aktiviteter, hver på 3timer, gjennomføres i grupper av 2 studenter.	4 skriftlige, obligatoriske rapporter. Disse innleveringsoppgavene består av øvingsoppgaver (langsvar) og flervalgsoppg. Tilbakemelding: bestått / ikke		IES

	r i 10 break-out-rom veileder studentene, disse øvingene er ikke oblig., men det oppmuntres sterkt til å gjøre de. Eksamen: langsvar og flervalgsoppgaver			bestått. Det kreves 3 godkjente rapporter for adgang til eksamen.		
TFY4170 Fysikk II	Forelesninger og obligatoriske øvinger. 2/3 av øvingene kreves godkjent for adgang til eksamen 4t forelesninger/uke, 2t øvingstid pr uke. Avsluttende skriftlig eksamen					IFY
TKJ4215 Statistisk term. i kjemi og biologi	Forelesninger 4t per uke i 14 uker. I prinsipp: 2 timer /kap i pensumbok 4t øvinger per uke hele semesteret Obligatoriske programmeringsøvinger i Python (se neste kolonne). Ut over Python baserte oppgaver: regneoppgaver fra boken og eget kompendium med oppgaver (disse er ikke obligatoriske). Undervises normalt på engelsk da emnet er åpent for utvekslings-studenter. Åpen bok eksamen (kan bruke lærebok, notater etc. som hjelpemiddel)	Øvinger: Noen av timene dedikert til 5 obligatoriske Python oppgaver. Disse må være godkjent for adgang til eksamen.				IKJ

Semester 5	Beskrivelse av undervisning- og vurderingsform	Program-vare	Øvinger / Lab. / Lab.demo	Rapport	Presentasjon	*Inst.
TFY4335 Bionanoviten-skap	Forelesninger, regneøvinger med rapporter, laboratorieøving med rapport. Fire av seks regneøvinger og labrapport kreves godkjent for adgang til eksamen.Lab.-rapporten gis en karakter som teller på sluttkarakteren. Mappevurdering: bokstav. 60 % skriftlig eksamen; 20+20% rapport					IFY
TFY4330 Nanoverktøy	Forelesninger, Forelesninger , Pan-opto 4timer per uke hele semesteret. Tilgjengelig i forelesnings-sal, på video live og video. Mappevurdering, bokstavkarakter. Skriftlig eksamen: 50%, arbeider 50%		4 stk omfattende oppgaver. Alle rapporter kreves godkjent for adgang til eksamen. Karakter på laboppgaver (arbeider)			IFY
TMT4320 Nano-materialer	Basert på forelesninger og øvinger. 6 av 12 øvinger kreves godkjent for å få gå opp til eksamen. Avsluttende eksamen er grunnlaget for karakteren i emnet.					IMA
TKJ4102 Organisk kjemi	Emnet er fakultetets teoretiske grunnkurs i organisk kjemi for teknologistudent ene. Kurset består av en					IKJ

	forelesningsdel (4 timer per uke) og en øvingsdel (2 timer per uke). 67% av øvingene kreves godkjent for adgang til eksamen, besvares i WileyPLUS digitalt læreverk. Mappevurdering gir grunnlag for sluttkarakter i emnet.					

*Institutter: IBT: Institutt for bioteknologi og matvitenskap; IES: Institutt for elektronisk systemdesign; IFY: Institutt for fysikk; IKJ: Institutt for kjemi; IMA: Institutt for materialteknologi; IMF: Institutt for matematiske fag

**Videre informasjon ang. Matematikk 1 og Matematikk 2:

TMA4100 Matematikk 1 og TMA4105 Matematikk 2 har vært gjenstand for omfattende utviklingsarbeid fra 2013 og frem til i dag. Undervisningen er lagt om fra å være to klassiske forelesninger per uke til å ha en mer oversiktspreget forelesning («oversiktsforelesning») som ønsker å introdusere studentene til nytt stoff og en forelesning der studentene skal jobbe med stoffet og diskutere stoffet sammen med en faglærer («interaktiv forelesning»). Denne omleggingen har blitt tatt svært godt imot av studentene.

For tiden jobbes det med å fornye våre digitale læringsressurser, blant annet muligheten for å inkludere mer beregningsorientert matematikk, inkludert bruk av programmering, der dette er velegnet.

H. Arbeidsprosessen til evalueringspanelet

I henhold til veiledning for periodisk evaluering av studieprogram ved NTNU, ble det lagt opp til en metode som er beskrevet som 3-trinns metoden. Framdriftsplan for gjennomføring av 3-trinns metoden blir beskrevet i kapittel 1, avsnitt 1.3.

Det var opprinnelig en målsetting om å ha klart skriftlig underlag for evalueringskomiteen i slutten av oktober 2020, noe som innebar en forberedelsesfase frem til 01.11.2020. Det var også planlagt site-visit ved NTNU i januar 2021 dersom pandemisituasjonen tillot det. Frist for ferdigstillelse av evalueringsrapport var opprinnelig foreslått til 28.02.2021.

På grunn av utenforliggende årsaker så ble fremdriftsplanen forskjøvet. Dette ble avklart med prodekan for utdanning Karina Mathisen ved NV-fakultetet. Evalueringskomiteen ble forsterket med ytterligere en representant fra iNano, Aarhus: Jeppe Vang Lauritsen.

Selve arbeidsprosessen fra planlegging av kick-off frem til innlevering av rapporten er beskrevet i tabell 1: *Evalueringskomiteens prosess for evaluering av MTNANO*.
Det ble ikke gjennomført site-visit ved NTNU på grunn av at pandemisituasjonen ikke gjorde det mulig. Alle møter ble derfor gjennomført digitalt på zoom.

Møte	**Tema**	**Ansvar**	**Gjennomført**
Premøte med komiteleder, programrådsleder og sekretær	Utarbeidelse av foreløpig tidsplan, som inkluderte ant. møter/intervjuer etc. som må på plass innen den endelige evalueringsrapporten kan utarbeides.	NTNU	02.03.21
Kick-off med evalueringskomiteen	Presentere plan for prosess og modifisere tidsplan / arbeidsfordeling Rammer for dybdeevaluering	Leder	11.03.21
2 planleggingsmøter	Hvordan skal halvdagsmøtene gjennomføres, planlegge spørsmålsbatteri. Hva skal belyses? Gjennomgang av emne-liste. Panelets input til spørsmålene baserte på bakgrunnsrapporten. Identifikasjon av spørsmål til panelene.	Leder	22.03.21 og 13.04.21
Intervjurunde 1 (halvdagsmøte)	• Utvalgte faglærere for sentrale emner i de 3 første årene av studiet, og for hver studieretning (invitasjon; emneinnhold + relasjon til andre kurser på programmet). • Nåværende studenter (1 student fra hvert studieår). 45 min. Separat møte med studentene først, og så deltar de videre med hele veien. • Invitere utvalgte faglærere for emner hvor bærekraftsdimensjonen er integrert eller er tydeliggjort (3-4)	NTNU identifiserer deltakere	21.04.21 4 møter, hver på 45 min. + 15 min. pause mellom hvert møte.

	• Invitere faglærere for emner som understøtter numeriske ferdigheter i studieprogrammet (3-4)		
Intervjurunde 2 (halvdagsmøte)	Samfunns- og arbeidslivsrelevans: Tidligere studenter: • Opplever kandidatene at de har tilstrekkelig kompetanse og erfaring i forhold til de utfordringer de møter? • Belyse om de uteksaminerte kandidatene har relevans som møter arbeidslivets kompetansebehov og problemstillinger • Intervju med arbeidsgivere.	NTNU identifiserer deltakere	27.04.21 2x 45 min. til paneler. 90 min. til follow-up av de to halvdagsmøtene.
Siste møte	Ferdigstillelse av rapport	Hele komiteen	07.05.21

Tabell 1: Evalueringskomiteens prosess for evaluering av MTNANO

Gjennomføring av halvdagsmøte 1 den 21. april (intervju med utvalgte faglærer og studenter)

Møter med tre grupper av faglærere:

- De som underviser «nanofag»
- Bærekraft
- Numerisk ferdighetsstreng

I tillegg var det eget møte med studenter, representert med en student fra hvert årskurs.

«Nanofag»:

Det er et lite antall emner i de fem første semestrene av studiet som er etablert ut fra behovet i MTNANO. Emnene er listet opp i tabellen under.

Emne	**Faglærer**
TFY4350 Nanoteknologi, introduksjon	Pawel Sikorski
TKJ4215 Statistisk termodynamikk. i kjemi og biologi	Per Olof Åstrand
TMT4320 Nanomaterialer	Sverre Magnus Selbach
TFY4330 Nanoverktøy	Magnus Nord, Morten Kildemo
TFY4335 Bionanovitenskap	Catharina Davies
Nanoteknologi fordypningsemner	Bjørn-Ove Fimland

Bestillingen som ble sendt til faglærerne og diskutert på møtet:

- 2-3 slides om emnet: faglig innhold; læringsmål i emnet (overordnet)
- Samspill mellom emner – hva er det/ hvordan jobbes?

Bærekraft:

Utvalgte faglærere ble invitert til å komme med innspill til hvordan bærekraft kan tydeliggjøres i studieprogram MTNANO. De emnene som vises i tabellen under er foreslått fordi de også er relatert til studieretningene.

Emne	Faglærer
TMT4185 Materialteknologi	Hilde Lea Lein
TFE4120 Elektromagnetisme	Emiliano Descrovi
TBT4170 Bioteknologi	Berit Løkensgard Strand
TFY4335 Bionanovitenskap	Catharina Davies
TMT4320 Nanomaterialer	Sverre Magnus Selbach

Bestillingen som ble sendt til faglærerne og diskutert på møtet:

- 2-3 slides om emnet: faglig innhold
- Hvordan er bærekraft inkludert i dag?
- Hva bør bærekraft være? (i emnet)
- For MTNANO: hvilke bærekraftsdimensjoner vurderes viktigst for programmet/ studieretning?
- Samspill mellom emner mht. bærekraft.

Numerisk ferdighetsstreng:

Kapittel 3.4 beskriver at studieprogramrådet har gjort en kartlegging av hvilke emner som understøtter numeriske ferdigheter i studieprogrammet MTNANO. Kartleggingen er gjort på bakgrunn av tilgjengelige læringsutbyttebeskrivelser (LUB) for emner som enten er obligatoriske eller er timeplankoordinert valgbare.

Emnene som ble invitert i forbindelse med halvdagsmøtet (vist i tabellen under), er vurdert å ha sterk kobling til numeriske ferdigheter i LUB.

Emne	Faglærer
TMA4105 Matematikk 2	Marius Thaule
TMA4130 Matematikk 4N	Markus Grasmair
TMA4240 Statistikk	Håkon Tjelmeland
TFY4185 Måleteknikk	Patrick Espy
TKJ4215 Statistisk termodynamikk i kjemi og biologi	Per Olof Åstrand
FY2045 Kvantemekanikk I	Jens Oluf Andersen
TFY4335 Bionanovitenskap	Catharina Davies

Bestilling som ble sendt til faglærerne og diskutert på møtet:

- 2-3 slides om emnet: faglig innhold
- Hvordan er numerisk ferdighetsstreng inkludert i dag?
- Hva bør numerisk ferdighetsstreng være? (i emnet)
- For MTNANO: hvilke numeriske ferdighetsstrenger vurderes viktigst for programmet /studieretning
- Samspill mellom emner mht. numerisk ferdighetsstreng

I tillegg var det også et eget møte med nåværende MTNANO-studenter i 1. - 5. årskurs:

1. årskurs: Patrick Thomassen
2. årskurs: Ellinor Lindström
3. årskurs: Kasper Klausen
4. årskurs: Alv Johan Skarpeid
5. årskurs: Håvard Katle Fjon

Diskusjonen med studentene tok utgangspunkt i de samme tre temaene som møtene med faglærerne:

«Nanofag»:
Spørsmål som ble stilt til studentene: hvordan oppleves progresjonen mellom emnene, overlapp, undervisning og vurderingsformer?

Bærekraft
Hvor viktig er det for dere å høre om bærekraftdimensjonen? Er det motiverende? Er det en drivkraft for utdannelsen?
Ønskes det små drypp om bærekraft eller er det ønskelig at det er mer strukturert gjennom flere emner, f.eks. 3-4 emner? Hva vil fungere best?

Numeriske ferdigheter
Mangler noe med tanke på numeriske ferdigheter? Hvordan oppleves de store fellesemnene som alle sivilingeniørstudenter tar?

Gjennomføring av halvdagsmøte 2 den 27. april (intervju med uteksaminerte studenter og arbeidsgivere)

Møte med uteksaminerte studenter:
Høsten 2020 ble det sendt ut en spørreundersøkelse til kandidater som ble uteksaminert årene 2012-2019 (vedlegg F). I spørreundersøkelsen var det også med et spørsmål om noen av kandidatene kunne tenke seg å stille opp til dybdeintervju utført at evalueringskomiteen. Det var 18 som sa seg villig til det. Av disse så var det 4 som hadde anledning til å stille opp på halvdagsmøtet, men en av kandidaten måtte melde avbud kvelden før møtet, slik at det var 3 som til slutt ble intervjuet.

- Mira Thoen Feiring (uteksaminert 2016, studieretning Nanoelektronikk), jobber i reMarkable.
- Frida Sveen Hempel, (uteksaminert 2018, studieretning Nanoteknologi for materialer, energi og miljø). Hun er ph.d.-stipendiat ved Universitetet i Oslo.
- Marit Kjærvik, (uteksaminert 2015, studieretning Nanoelektronikk), ph.d.-stipendiat ved Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin.

Spørsmål som blant annet ble diskutert:
Opplever de at studiet ga tilstrekkelig kompetanse og erfaring i forhold til de utfordringer de møter?
Savnes læringsaktivitet og kompetanse som knytter nanoteknologi til bærekraft i de jobbene dere har i dag, og blir dere med en slik dimensjon mer konkurransedyktige i fremtidige jobber?

Møte med arbeidsgivere:
Som en del av evalueringen ble representanter fra arbeidsgiversiden i næringslivet intervjuet. Formålet var blant annet å finne ut samfunnets behov for nanoteknologer, om de selv ansetter nanoteknologer og om de mener ar studiet er relevant i forhold til arbeidsgivers kompetansebehov.
Tabellen under viser hvem som ble intervjuet, stilling og bedrift.

Navn	Stilling	Bedrift
Geir Fonnum	Forskningssjef	Thermo Fisher Scientific
Anders Høgset	Forskningssjef	PCI Biotech
Ida Marie Høiness	Teknologisjef	CrayoNano
Frode Sundal	HMID Product Development Manager	Microchip

De to halvdagsmøtene har vært med på å danne grunnlaget for rapporten, og både utfordringer og anbefalinger som gis er delvis på bakgrunn av det som har vært diskutert i disse møtene.