

Domeinkeuzegids 2023-2024



Faculteit Techniek, Bestuur & Management
Bacheloropleiding Technische Bestuurskunde

Inhoud

Voorwoord.....	3
Inleiding	5
Energie & Industrie	7
Informatie & Communicatie.....	13
Transport & Logistiek.....	19

Voorwoord

Het eerste semester volgen jullie (eerstejaars TB-studenten) dezelfde modules. Daarna scheiden de wegen zich voor een deel. Je gaat dan namelijk ook onderwijs volgen in het toepassingsdomein van je keuze, in de modulekaart aangegeven met *Technologie-specialisatie*. Je kunt kiezen uit drie domeinen:

- **Energie & Industrie**
- **Informatie & Communicatie**
- **Transport & Logistiek**

Deze domeinkeuzegids kan je helpen bij het maken van je keuze. Lees de gids goed door, gebruik de informatie uit de miniprojecten, praat met ouderejaars, en maak, als je nog vragen hebt, een afspraak met één of meer domeincoördinatoren (de contactgegevens vind je aan het eind van de inleiding).

Op www.technischebestuurskunde.nl/modulekaart vind je de modulekaart, met verwijzingen naar de studiegidsbeschrijvingen.

Vul **vóór maandag 8 januari 2024** de Webquestionnaire in die je uiterlijk 30 november per mail krijgt toegestuurd en via Brightspace wordt gedeeld.

Inleiding

1. Technologiespecialisatie: drie toepassingsdomeinen

Een bestuurskundig ingenieur maakt, zoals elke ingenieur, ontwerpen. Bij een TB'er leidt de uitvoering van dat ontwerp echter niet altijd tot een zichtbaar 'ding'. Als een TB-ontwerp wordt uitgevoerd, dan verloopt bijvoorbeeld een technologie gerelateerd besluitvormingsproces soepeler, of verbetert de manier waarop bedrijfsprocessen georganiseerd zijn.

Bij Technische Bestuurskunde leer je een samenhangend pakket van gereedschappen om problemen met bestuurlijke en technische componenten op te lossen. Om met de technische specialisten te kunnen communiceren en de technische oplossingen die zij aandragen op hun waarde te kunnen schatten, kies je een verdiepingsrichting waarin je een technologieveld eigen maakt. Je hebt de keuze uit drie zogenaamde 'toepassingsdomeinen'.

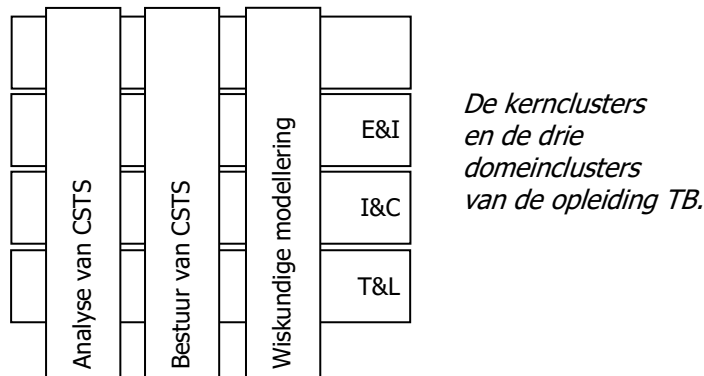
De domeinen zijn:

- **E&I:** Energie & Industrie
- **I&C:** Informatie & Communicatie
- **T&L:** Transport & Logistiek

Deze keuze is niet willekeurig. Doordat de genoemde gebieden volop in de maatschappelijke belangstelling staan, kom je daarin veelvuldig typische TB-vraagstukken tegen. Bovendien is er op genoemde onderzoeksvelden binnen TBM en de rest van de TU Delft veel expertise aanwezig. Een derde voordeel is dat ze inhoudelijk een behoorlijke spreiding vertonen, zodat hiermee een gevarieerde keus geboden wordt.

2. Plaats van de domeinen in de opleiding

In het eerste semester volgen alle eerstejaars dezelfde modules. Daarna ga je ook onderwijs volgen in het domein van je keuze. In de modules die je gemeenschappelijk blijft volgen, krijg je onderwijs in de kernvakken van TB uit de drie 'kernclusters': Analyse van complexe socio-technische systemen, Bestuur van CSTS, en Wiskundige modellering.



De basismodules uit deze clusters heb je inmiddels gehad: TB111 (*Probleemanalyse*) uit het Analyse-cluster; TB121 (*Bestuur en recht 1*) uit het Bestuur-cluster en TB131 (*Differentiaalvergelijkingen en Lineaire Algebra*) uit het Wiskunde-cluster.

In de kernclusters krijg je de methoden en technieken aangereikt waarmee je typische TB-problemen kunt oplossen die zich in de domeinen voordoen. Deze methoden en technieken bij elkaar vormen de gereedschapskist van de bestuurskundig ingenieur. In de kernmodules kom je ook in aanraking met de domeinen, want er wordt zoveel mogelijk gepoogd om de theorie toe te passen op 'real life'-casussen uit de drie domeinen. Je hebt dit bijvoorbeeld al gemerkt in de module *Probleemanalyse*. Een belangrijke doelstelling van het domeinonderwijs is je een gedegen kennis van de techniek in kwestie bijbrengen, omdat het zonder een technische verdieping niet mogelijk is om ingenieursvaardigheden te ontwikkelen.

3. Consequenties van je domeinkeuze

Wat heeft je keuze voor een bepaald domein voor gevolgen voor het verdere verloop van je studie? Verlies je na selectie van bijvoorbeeld het T&L-domein de twee andere domeinen volledig uit het oog? De volgende paragrafen geven op deze vragen antwoord.

Domeinkeuze en je verdere carrière

Vaak zal de keuze voor een bepaald domein ook betekenen dat je later in dat domein werkzaam zult zijn. Zeker bij het krijgen van je eerste baan kan inhoudelijke kennis een belangrijke rol spelen. Veel studenten bouwen hun verdere deskundigheid op rond dit vakgebied.

Relativering van het gewicht van je domeinkeuze

Vooraf voor de twijfelaars kan het volgende echter een geruststelling zijn. Zoals gezegd, wordt er in de modules uit het kerncurriculum voortdurend gewerkt met praktijkcasussen. Aangezien deze modules voor de hele groep bestemd zijn, wordt bij de casus-keuze voor een spreiding over de domeinen gezorgd. Zo kom je dus nog steeds in aanraking met de twee domeinen die je niet gekozen hebt. Dat neemt natuurlijk niet weg dat je je vooral gaat verdiepen in de technologie en problematiek binnen het domein van je keuze. Heb je het idee dat je je ook graag verder zou willen verdiepen in een ander domein, dan kun je gebruik maken van de minorruimte in het derde jaar.

4. Domeincoördinatoren

In de rest van deze gids worden de domeinen uitvoerig beschreven. Hieronder staan de domeincoördinatoren met wie je contact kunt opnemen als je meer informatie wilt.

domein	coördinator	telefoon (015-27...)	kamer
E&I	Lydia Stougje	87041 - secr.: 89341	TBM a3.320
I&C	Sepinoud Azimi Rashti	82972 - secr.: 82870	TBM b3.140
T&L	Jan Anne Annema	88912 - secr.: 81144	TBM a3.230

Energie & Industrie

1. Profielschets

In het E&I-domein staan twee sectoren centraal die voortdurend in het nieuws zijn: de energiesector en de industrie. Wat hebben deze sectoren met elkaar gemeen?

In de eerste plaats voorzien zij allebei in onze eerste levensbehoeften. Daarnaast zijn ze sterk in beweging. Dit komt niet alleen door de voortdurende technologische ontwikkeling en de innovatie van producten en productie, maar ook door ontwikkelingen zoals internationalisering, liberalisering van markten en de energietransitie. Voor deze sectoren is het een grote strategische uitdaging om goed op deze veranderingen te kunnen inspelen. Door de grootschaligheid en de lange levensduur van de installaties en de transportnetwerken kosten veranderingen nu eenmaal tijd. Elektriciteitscentrales, afvalverbrandings- en waterzuiveringsinstallaties, grote chemische fabrieken en (bio)raffinaderijen gaan vaak tientallen jaren mee en vragen enorme investeringen.

Hoeveel windmolens op zee zijn nodig om alle Nederlandse stroom te leveren? (TB141E)
Waardoor heeft een thermische elektriciteitscentrale in de zomer een lager rendement? (TB142E)

Daarbij komen de kosten en het beheer van de transportnetwerken. Denk maar aan het uitgebreide pijpleidingnetwerk voor aardgas, dat voor een deel geschikt gemaakt gaat worden voor transport van waterstof, de hoogspanningsleidingen en ondergrondse stroomkabels, en de waterleidingnetten.

Welke plannen zijn er om ons aardgasnetwerk geschikt te maken voor waterstoftransport? (TB141E)
Hoe bepaal je een warmtenetwerk met minimale investeringskosten voor een bestaande woonwijk? (TB341E)

Een andere gemeenschappelijke eigenschap is dat in al die netwerken op cruciale knooppunten chemische en fysische processen een rol spelen. Grondstoffen worden omgevormd tot gewenste producten, elektriciteit wordt opgewekt met brandstoffen en steeds meer wind- of zonne-energie, en uit oppervlaktewater wordt drinkwater gemaakt.

Welke rol spelen kritieke materialen in onze samenleving? (TB141E)
Hoe werkt een warmtepomp die restwarmte gebruikt om te koelen? (TB242E)
Hoe kun je plastic maken zonder fossiele grondstoffen? (TB243E)

Verder hebben deze sectoren een *grote invloed op de leefomgeving*. Ze onttrekken immers grondstoffen aan de natuurlijke omgeving, hebben een locatie nodig in ons dichtbevolkte land en bij de omzettingsprocessen kunnen afvalstoffen, bijproducten en emissies ontstaan die bij ongecontroleerde uitstoot of stort schadelijk zijn voor het milieu, zowel in de directe omgeving, als nationaal en internationaal.

Hoe warm zou het op aarde gemiddeld worden als we alle nu bekende economisch winbare voorraden gas, kolen en olie opmaken? (TB142E)
Hoeveel verontreiniging neemt een regendruppel op uit vuile lucht? (TB241E)
Hoe moet het petrochemisch cluster in Rotterdam zich aanpassen om de klimaatdoelen te behalen en toch ook winstgevend te blijven? (TB341E)

Ook is er een sterke interactie tussen de sectoren: energie is onmisbaar voor elke omzetting; afvalstoffen van industrie en waterzuivering worden soms weer ingezet als bijvoorbeeld brandstof in elektriciteitscentrales of in andere industriële processen (bijv. in de cementindustrie); de chemische industrie kan een rol spelen bij het balanceren van het elektriciteitsnet bij toenemend gebruik van wind- en zonne-energie. Ook is de aanwezigheid van bijvoorbeeld een elektriciteitsinfrastructuur, waterzuivering of afvalverwerking vaak de reden voor bedrijven om zich in een industriegebied te vestigen. Zo ontstaan industriële clusters met veel interactie tussen nutsbedrijven en traditionele industrie.

*Waardoor is elektriciteit een van de grootste kostenposten van afvalwaterzuivering?
(TB243E)*

Welk pompvermogen is er nodig voor een eetheentransportleiding van Antwerpen naar Pernis? (TB241E)

Tenslotte is een maatschappelijke kernvraag hoe het samenspel van elektriciteitsproducenten, industriële bedrijven, netbeheerders en consumenten kan veranderen om onze samenleving te verduurzamen.

*Wat is de impact van duurzame energie op de elektriciteitsmarkt? (TB321E)
Hoe kan Nederland 'van het gas af'? (TB321E)*

Complexe vraagstukken in het E&I-domein

Verwevenheid van de energiemarkt

De Nederlandse energievoorziening raakt steeds sterker verweven met die van de ons omringende landen en een belangrijk deel van het beleid wordt in Europa gemaakt. Door de liberalisering en internationalisering heeft de overheid minder controle over de sector gekregen, terwijl er juist nu ingrijpende veranderingen nodig zijn om de gevolgen voor het milieu en het klimaat te beperken. Hoe kan de overheid in een concurrerende markt sturen? Hoe kan de voorzieningszekerheid gehandhaafd blijven als steeds meer elektriciteit uit zonne- en windenergie geproduceerd wordt? Hoe kan het klimaatbeleid effectiever worden? Hoe besluiten bedrijven om te investeren in CO₂-reductie? Deze en veel andere vragen zijn van wezenlijk belang voor de energiesector, de overheid en de samenleving. Er ontstaat een geheel nieuw speelveld met ruimte voor nieuwe spelers en een nieuwe rolverdeling voor de oude spelers. Als TB'er bekijk je deze vraagstukken steeds zowel vanuit de technische als vanuit de bestuurskundige hoek.

De industriële concurrentiepositie

Niet alleen voor de burger, ook voor de industrie is de beschikbaarheid, prijs en kwaliteit van energie en water belangrijk. Nederland heeft veel energie-intensieve industrie die wereldwijd moet concurreren en afhankelijk is van olie en CO₂-emissieruimte. Die industrie staat daarmee voor de opgave de productiekosten voortdurend te verlagen en tegelijkertijd zijn processen en producten te innoveren om de concurrentie voor te blijven en te voldoen aan de emissie-eisen. Hoe kan het technologische innovatietraject versneld worden? Kun je industriële systemen anders inrichten, d.m.v. technologie en organisatie, waardoor ze sneller kunnen reageren op veranderingen in de markt? Is door slim beheer en operationeel management winst te behalen voor economie en milieu? Vaak zijn er door samenwerking grote kostenverlagingen mogelijk; fusies van bedrijven leiden tot een steeds kleiner aantal spelers op de wereldmarkt. Maar ook lokaal, op industrieterreinen, kunnen bedrijven enorme kostenbesparingen en milieuwinst realiseren door samen te werken in bedrijvenparken. Die samenwerking komt er niet vanzelf. Hoe gaan we er bijvoorbeeld voor zorgen dat de Tweede Maasvlakte zich ontwikkelt tot een concurrerend, duurzaam bedrijventerrein? Juist de bestuurskundige ingenieur kan helpen de belemmeringen voor samenwerking weg te nemen.

Het gaat daarbij om belemmeringen die verankerd zijn in de bedrijfscultuur, in de organisatie van bedrijven, in de wet- en regelgeving, in aansprakelijkheidsrisico's, enzovoort.

Infrastructurele netwerken

De complexiteit van de systemen in de industrie en de energiesector heeft veel oorzaken. Deze systemen zijn gebaseerd op complexe fysieke netwerken, vaak op Europese schaal, soms op lokaal of regionaal niveau. Op netwerkniveau spreken we meestal van infrastructuren. Misschien denk je bij dit woord alleen aan wegen en stroomkabels, maar ook in de industrie zie je complexe netwerken van fabrieken die rechtstreeks met elkaar zijn verbonden of nauw samenwerken: industriecomplexen of clusters.

De complexiteit van netwerken voor energie- en watervoorziening en industriële productie zit voor een deel in de technologie. Elektriciteit kan bijvoorbeeld (nog) niet op grote schaal opgeslagen worden. Het netwerk moet dus zodanig worden ingericht en beheerd dat er op elk moment van de dag, in elke tijd van het jaar, precies voldoende stroom geleverd wordt om aan de vraag te voldoen. Dat is niet eenvoudig, want het vraagpatroon vertoont grote pieken en dalen. Voor aardgas, water en industriële producten is dat iets gemakkelijker, omdat deze wel kunnen worden opgeslagen. Daar is het probleem vooral de grootschaligheid en kapitaalintensiteit van de productie-installaties. Ondercapaciteit is niet snel te verhelpen en overcapaciteit is een kostbare verliespost. Investerings moeten dus lang vooruit worden gepland, op basis van de verwachte ontwikkeling van de vraag.

Natuurlijk heeft de bestuurskundig ingenieur daarbij ook oog voor de minstens zo grote bestuurlijke complexiteit. De fysieke netwerken leunen op complexe interorganisatorische netwerken, waarin vele partijen, private en publieke, met verschillende belangen, met elkaar tot overeenstemming moeten komen. In de private sector zijn belanghebbenden bijvoorbeeld de energiemaatschappijen en de offshore-sector. Maar ook maatschappelijke groeperingen als Natuurmonumenten, Greenpeace en de Waddenvereniging zullen hun belangen verdedigen. Bij de winning van aardgas en aardwarmte, en bij het drinkwater- en het energietransport kom je de overheid op verschillende niveaus tegen (rijk, provincie, gemeente). De overheidsinstantie kan (mede)eigenaar zijn of aandeelhouder, beheerder en toezichthouder. In de industrie speelt de overheid een grote rol waar het gaat om bestemmingsplannen, het creëren van aantrekkelijke vestigingscondities, milieu-effect-rapportages en de vergunningverlening.

Duurzame ontwikkeling

In het overheidsbeleid heeft de zorg voor milieubescherming zich toegespitst op het streven naar duurzame ontwikkeling. Daarmee wordt bedoeld dat we niet alleen rekening houden met de economische en ecologische belangen van de huidige generatie: er moet ook nog welvaart en welzijn mogelijk zijn voor de generaties na ons. Dat houdt in dat we zuinig omspringen met niet-hernieuwbare grondstoffen, dat we zorgvuldig omgaan met de beperkte ruimte, en een goede kwaliteit van natuur en leefomgeving bewaren. Bovendien is het vaak niet voldoende om te kijken naar Nederland alleen (bijv. met betrekking tot de CO₂-uitstoot). Duurzaamheidsvraagstukken moeten dan in de context van andere landen of zelfs werelddelen gezien worden.

Uniek

Deze focus op het raakvlak tussen techniek, bestuur en fysieke omgeving maakt TB uniek. De faculteit 3mE verzorgt weliswaar colleges energievoorziening, de faculteit TNW leidt chemici op tot procesontwerper en de faculteit CiTG heeft een grote vakgroep Gezondheidstechniek, maar alleen de opleiding Technische Bestuurskunde heeft een richting waarin de wisselwerking tussen energievoorziening en industrie en de bestuurlijke en fysieke omgeving centraal staat.

2. Onderwijs

Hieronder volgt een beschrijving van de domein-specifieke modules. Uiteraard vormen deze slechts een deel van het totale curriculum, dat je in de digitale studiegids vindt. Bovendien wordt het E&I-onderwijs regelmatig aangepast naar aanleiding van ontwikkelingen in de energiesector en de industrie.

Het eerste jaar

In het eerste jaar krijg je in het E&I-domein een brede ondergrond. In de module TB141E (*Introductie in Energie- & Industriesystemen*) wordt een basis gelegd voor het begrijpen en analyseren van een diversiteit aan systemen in de energiesector en in de industrie. De module behandelt de structuur en het gedrag van de massa- en energienetwerken die de ruggengraat vormen van de economie. Je leert uit welke hoofdfuncties (winning, opslag, transport, conversie, gebruik) infrastructuren bestaan, hoe deze tot stand zijn gekomen, eenvoudige analyses van E&I-systemen opzetten en uitvoeren en je krijgt een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen in de vraag naar producten en diensten en het aanbod van de grondstoffen. In de verdiepende module TB142E (*Analyse van energiesystemen*) wordt ingegaan op de werking en analyse van thermische centrales, zoals warmtekrachtcentrales, kerncentrales, zonne-energiecentrales en waste-to-energy en wordt gerekend aan energieopslag. Daarnaast wordt bij deze module ingegaan op de samenhang tussen deze systemen en hun omgeving door aandacht te besteden aan milieu- en klimaateffecten.

Het tweede jaar

In het tweede jaar volg je drie technologische verdiepingsmodules. De eerste is module TB241E (*Fysische transportverschijnselen*) en gaat in op warmteoverdracht, stoftransport en stromingsleer. De onderwerpen worden toegelicht aan de hand van voorbeelden uit de energiesector en de industrie, zoals diffusie van een oplosmiddel in kunststof en het pompvermogen voor waterleidingen. Daarnaast worden windturbines en waterkracht behandeld. De module TB242E (*Processen in de energiesector*) behandelt de thermodynamica achter energieprocessen en zoomt in op onderdelen van een elektriciteitscentrale. Ook maak je kennis met warmtepompen, brandstofcellen en elektriciteitsproductie uit zonne-energie. In de module TB243E (*Analyse van industriële systemen*) verdiep je je in de belangrijkste industrieën van Nederland, zoals de staalindustrie, de chemie, de agro-industrie en industriële processen in de Rotterdamse haven. Ook wordt ingegaan op elektrificatie, waterstofproductie, drinkwaterbereiding, afvalwaterzuivering en afvang/opslag van CO₂. Je leert de basisonderdelen van een productieschema (flowsheet) te herkennen en hun samenhang op basisniveau te begrijpen.

Het derde jaar

In de derdejaarsmodule TB341E (*Prestatieanalyse in Energie & Industrie*) staat de analyse van de prestatie van systemen, netwerken en processen in de energiesector en de industrie centraal. Je leert om netwerkanalyse en lineaire optimalisatie op verschillende systeem-niveaus toe te passen. Je houdt daarbij rekening met diverse relevante prestatiecriteria op het gebied van economie, milieu en betrouwbaarheid en maakt gebruik van de software Python en Linny-R.

Naast dit vak volg je de module TB321E (*Governance specialisatie E&I*). Als leidend onderwerp is in deze module gekozen voor regulering van de energiemarkten. Hier leer je hoe de energiemarkten werken en hoe zij (moeten) veranderen om duurzaam te worden. De kernvraag van het vak is hoe overheden kunnen ingrijpen in het complexe, socio-technische energiesysteem om de energietransitie te realiseren. Zowel de elektriciteitssector als het havenindustriële complex van Rotterdam en ruimteverwarming komen aan bod.

In de bacheloropleiding zijn 30 EC uitgetrokken voor keuzeruimte in de vorm van een minor. Deze minor kun je gebruiken om je verder te verdiepen in het domein, maar je kunt hem ook gebruiken om je kennis te verbreden. Ter afsluiting van de bachelorfase wordt het *Bachelorproject TB* (TB351) gedaan. Hier kun je bewijzen dat je de tijdens de opleiding verkregen kennis en vaardigheden ook zelfstandig kunt toepassen.

3. Bachelorproject

Voorbeelden van bachelorprojecten uitgevoerd door E&I-studenten zijn:

- Hoe kan TenneT op economisch-efficiënte wijze de integratie van groene elektriciteit faciliteren zonder dat dit ten koste gaat van de voorzieningszekerheid?
- Hoe kan het petrochemische cluster in het Rotterdamse havengebied zijn concurrentiepositie behouden?
- Wat zijn de voor- en nadelen van het bouwen van windparken dicht bij de Nederlandse kustlijn?
- Hoe kan een warmtenetwerk in Zuid-Holland het beste gerealiseerd worden gezien de grote investeringen en de afhankelijkheden tussen aanbieders van warmte, het netwerkbedrijf, woningcorporaties, projectontwikkelaars en particuliere huiseigenaren?
- Hoe zal de biomassaketten zich in de komende eeuw ontwikkelen en hoe kunnen effecten van beleidsopties worden doorgerekend?
- Hoe gaat de afvalprijs zich ontwikkelen en wat betekent dit voor de winstgevendheid van de Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties?
- Hoe kan Shell het beste investeren in biobrandstoffen?
- Hoe kan een power-to-gasinstallatie het beste ontworpen worden?
- Hoe kunnen zonnepanelen de elektriciteitsvoorziening op het platteland van Kenia verbeteren?
- Welke factoren hebben invloed op de maatschappelijke acceptatie van compressed air energy storage in Nederland?

4. Arbeidsmarkt

Na de bacheloropleiding kiezen veel studenten ervoor om bij TBM een MSc-opleiding te volgen. Met een specialisatierichting in het E&I-domein kun je in verschillende beroepen terecht komen. Als ingenieur met kennis op E&I-gebied en bestuurskunde ben je zeer gewild en breed inzetbaar. Je vindt E&I'ers dan ook in de energiesector, in de industrie en bij de overheid.

In de industrie kun je denken aan functies als kwaliteitsmanager of medewerker in een ontwerpteam, bij grote multinationals zoals Shell of Heineken of bij kleinere bedrijven.

Bij de overheid kun je beleidsmedewerker worden, bijvoorbeeld op het gebied van energie-infrastructuren bij het Ministerie van Economische Zaken. Je kunt bij een provincie of een gemeente gaan werken, bijvoorbeeld als specialist op het gebied van de vergunningverlening aan industriële bedrijven.

Maar ook bij nutsbedrijven ben je welkom. In de energiesector werken steeds meer E&I'ers op strategische plekken, bij elektriciteitsproducenten en netwerkbedrijven.

Veel afgestudeerde E&I'ers treden in dienst als ontwerper bij een ingenieursbureau of als adviseur bij een consultancybureau. En niemand houdt je tegen om zelf zo'n bureau te starten.

Natuurlijk kun je ook je opleiding en ontwikkeling verder voortzetten door promotie-onderzoek te gaan doen aan een (technische) universiteit. Dit kan bij TBM, maar ook bij verwante faculteiten in Groningen, Eindhoven en Twente.

5. E&I-dispuut

Het E&I-dispuut organiseert regelmatig lezingen, borrels en excursies waarbij je in contact kunt komen met bedrijven, medewerkers van de E&I-sectie en studenten die voor het E&I-domein hebben gekozen.

Meer informatie over de activiteiten van het E&I-dispuut kun je vinden op Instagram: <https://www.instagram.com/tb.energieindustrie> en op Brightspace (E&I: energie & industrie, <https://brightspace.tudelft.nl/d2l/home/44120>).

Informatie & Communicatie

1. Profielschets

"Ik heb voor het I&C-domein gekozen, omdat I&C vaak centraal staat bij het oplossen of juist veroorzaken van complexe vraagstukken, terwijl ik er inhoudelijk niet veel vanaf wist. Bij het I&C-domein krijg je een solide basis over de technologie en hoe ze in organisaties toegepast worden. Je ontwikkelt dus eigenlijk kennis op twee niveaus: hoe werkt een bepaalde technologie, en hoe kan ik die managen? Daarnaast ontwikkel je relevante vaardigheden, zoals veelgebruikte programmeertalen. Dit doe je aan de hand van actuele projecten. Wat ik ontzettend leuk en nuttig vind, is dat ik de concepten en vaardigheden die ik in dit domein heb geleerd ook direct toepas als werkstudent bij een digitale startup! Denk hierbij aan onderwerpen als softwareontwikkeling en het beheer van informatiesystemen. Vandaar dat ik bij mijn master ook de I&C-track volg!"
(Iris van der Wel, CoSEM I&C'er)

Zonder I&C ben je nergens!

I&C vormt dé sleutel voor vrijwel alle grote maatschappelijke uitdagingen van deze tijd. Of het nu gaat om duurzaamheid, logistiek, transport of veiligheid: écht slimme oplossingen zijn enkel mogelijk via de inzet van I&C-technologieën, inclusief technologieën die verwerkt zijn in apps, smartphones, sensoren, algoritmen en databases. Tegelijkertijd leidt I&C ook tot nieuwe uitdagingen, denk aan cybersecurity en privacy van burgers.

Natuurlijk ken je I&C al uit je dagelijks leven. Je belt niet meer maar stuurt berichten via WhatsApp, overlegt over projecten via Teams of Zoom, gebruikt sociale media om uit te vinden wat je vrienden vanavond doen, verkoopt je oude mobiele telefoon via Marktplaats, streamt series wanneer jij het wilt via je tablet, en zet je eigen videofilmmpjes op Instagram of TikTok. Dankzij I&C bepaal jij hoe en waar je werkt of communiceert.. of is dat toch het algoritme? De fysieke en digitale wereld is zo volledig met elkaar verweven. Maar ook in de 'echte' wereld worden steeds meer systemen programmeerbaar. Denk aan slimme meters of mobiliteitsoplossingen. Dit gaat verder dan het automatiseren van het huidige systeem. Wat nu ontstaat is een **digitale transformatie**. Door deze digitale transformatie kunnen bijvoorbeeld proactievare diensten richting burgers worden ontwikkeld, kan meer transparantie worden gegeven van wat de overheid doet, en kunnen bedrijven innovatievere producten ontwikkelen.

Ook organisaties zijn steeds meer afhankelijk van informatie-uitwisseling, hierbij komt continu innovatie kijken. Er komen in hoog tempo allerlei technische innovaties bij. Denk aan AI gedreven diensten zoals ChatGPT. Artificial intelligence en big data bieden grote kansen voor organisaties. Web3 en Blockchain maken het mogelijk om transacties te doen zonder dat er nog tussenpersonen zoals banken nodig zijn. Innovaties zoals data wallets bieden burgers regie op gegevens. Met Internet-of-Things transformeren fysieke infrastructuren naar 'cyber-physical systems'. De continue verbondenheid van I&C leidt tegelijkertijd tot grote uitdagingen voor cybersecurity. Met 5G krijgt vrijwel elk apparaat een breedbandverbinding. Met Internet verbonden auto's maken radicaal nieuwe toepassingen mogelijk op het gebied van mobiliteit. Als gevolg hiervan ontstaan geheel nieuwe diensten, waarbij tijd en plaats een steeds geringere rol gaan spelen. Dit vraagt wel om een gedegen ontwerp en een heroriëntatie van de organisatie die de diensten aanbiedt. Overheid, bedrijfsleven en de burger krijgen in toenemende mate met deze veranderingen te maken. Gereedschappen en methoden voor het ontwerp van nieuwe, ICT-ondersteunde diensten zijn hierbij cruciaal.

De missie van het I&C-domein is je te leren om programmeerbare systemen te ontwerpen. Je leert op een fundamenteel niveau om programmeerbare systemen te bouwen, en hierdoor snap je hoe nieuwe technologieën een bijdrage kunnen leveren aan maatschappelijke problemen. Laten we naar een paar voorbeelden kijken.

Hoe kun je maatschappelijke problemen oplossen met I&C?

I&C kan worden toegepast bij het ontwerp, de aanleg, exploitatie en het beheer van andersoortige infrastructuren, zoals de transportinfrastructuur (wegen, spoorwegen, vaarwegen), de energie-infrastructuur, de infrastructuur voor oppervlaktewater, etc. Zo zou bijvoorbeeld de keuzemogelijkheid van eindgebruikers voor groene stroom of de invoering van intelligente energiemeters niet mogelijk zijn zonder I&C. Ook het optimaliseren van logistieke ketens vereist I&C, zoals het inzetten van sensoren in supermarktketens en containertransport.

I&C draagt bij aan efficiënte, leefbare en duurzame steden wat betreft reizen, energie, financiën, detailhandel en openbare diensten, van gezondheid tot onderwijs. ICT biedt een unieke gelegenheid om veel stedelijke kwalen te verhelpen, zoals congestie, segregatie, polarisatie. Dit wordt mogelijk met behulp van ICT door de integratie van open data, simulatie, en nieuwe vormen van burgerparticipatie.

Wat is de rol van artificial intelligence en big data in publieke en private organisaties?

Door I&C verandert de informatie-uitwisseling tussen publieke en private organisaties. Zo wordt het gemakkelijker voor bedrijven in de logistieke sector om informatie te delen met douane en belastingdienst. Bekend en berucht zijn de algoritmes van de overheid die beslissingen nemen op basis van zelflerendheid. Veel van de slimme systemen van de overheid worden inmiddels door marktpartijen geleverd. Door gebruik te maken van sensoren maar ook slimme manieren van data delen in een zogeheten 'pipeline' wordt informatie meer accuraat en toezicht verbeterd. De uitdaging is hoe deze informatie-infrastructuren te ontwerpen zodat die geadopteerd worden door de veelheid aan publieke en private stakeholders die er gebruik van maken.

In de laatste paar jaren zijn overheden en bedrijven zich bewust geworden van het potentieel van hun interne informatiesystemen voor de gemeenschap als geheel. Het open stellen en combineren van deze databronnen met behulp van AI kan leiden naar nieuwe toepassingen van groot belang voor derden, zij het andere bedrijven, overheden maar ook burgers. Echter, data en AI brengen vele vragen met zich mee. **Hoe moeten overheden omgaan met privacy en veiligheid?** Wie kan open data gebruiken en voor wat? En uiteindelijk ook wie moet voor de kosten van open data opdraaien?

I&C-Infrastructuren en cybersecurity

ICT innovaties roepen echter zelf ook weer vraagstukken op. Een aansprekend voorbeeld is cybersecurity: hackers die door middel van phishing tactieken de persoonlijke gegevens van internetgebruikers achterhalen en deze vervolgens verkopen aan de hoogste bidder. Overheden vragen zich dan ook af wat zij eraan kunnen doen om de burger en zichzelf tegen dit soort tactieken te beschermen. En het openstellen van data door overheden waardoor bedrijven innovatieve applicaties kunnen bouwen (bv. Buienradar) klinkt leuk, maar wat als de privacy van burgers in gevaar komt? Zo ook AirBnB: een geweldige applicatie voor de gebruikers en een goede bron van inkomsten voor wie zijn huis tijdelijk wil verhuren, maar hoe zorgt een gemeente ervoor dat er geen overlast voor burens ontstaat of dat de veiligheid (denk aan brandweervoorschriften) wel in orde is?

Missie van het I&C-domein

De missie van het I&C-domein is om studenten te leren om programmeerbare systemen te ontwerpen.

Dit bereiken we met leren 'door het te ervaren': je wordt opgeleid als ingenieur door theoretische en praktische ervaring, vooral om goed thuis te zijn in programmeren.

Je leert op een fundamenteel niveau over I&C-technologie. En door die fundamentele kennis, leer je begrijpen hoe nieuwe technologieën kunnen helpen om maatschappelijke problemen aan te pakken.

Veelgestelde vragen over onze missie

Wat is 'onderhoudbaar'?

Bij I&C ontwerpen niet alleen eenmalige toepassingen van een digitale technologie. We zorgen ook dat ze kunnen worden geïmplementeerd en onderhouden. Het gaat hierdoor niet om het stukje programmacode op zich, maar om hoe die code wordt gebruikt in en tussen organisaties.

Wat is programmeerbaar?

Bij I&C richten we ons vooral op software. Maar dan wel software die wordt gebruikt in een multi-actor systeem, en vaak direct invloed heeft op een infrastructuur zoals energie, mobiliteit, transport of de informatiehuishouding van de overheid.

Is het alleen ontwerpen?

Zeker, bij I&C leer je om software te bouwen. Maar voor je begint met bouwen of ontwerpen, moet je het systeem en zijn omgeving begrijpen. Daarom is analyse bij ons altijd een voorwaarde voor het ontwerpen.

Leer ik over de nieuwste trends of ook de basis van het programmeren?

Beiden! Juist door de fundamentele kennis te hebben van I&C-technologie kun je de nieuwste technologie echt begrijpen. Bijvoorbeeld: nieuwe technologieën zoals cloud computing en edge computing begrijp je pas echt als je de basis hebt geleerd over hoe het internet werkt. Hetzelfde geldt voor blockchain: om dit te snappen moet je basiskennis hebben over databases.

Hoe goed word ik in programmeren?

Ons doel is om studenten goed te laten worden in typische ingenieursvaardigheden in het I&C-domein. En bij I&C is dat natuurlijk programmeren. Je leert dat op drie niveaus: (1) scripts schrijven (bv met Python), (2) objectgeoriënteerd programmeren (bv met Java) en (3) low-code programmeren (bv met Mendix).

Als je meer wilt weten over wat programmeren inhoudt en of dit bij jou past kun je deelnemen aan onze workshop op 7 december. Vraag ook gerust (oud) I&C-studenten hoe zij het programmeren hebben ervaren, bijvoorbeeld bij de informatiemarkt na de domeinpresentaties of via Curius.

Wat betekent: maatschappelijke problemen aanpakken?

Twee dingen! Het bijdragen aan oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken (d.w.z. programmeerbare systemen voor slimme energie- of mobiliteitsdoeleinden). Maar ook voorkomen van nieuwe maatschappelijke problemen (bijv. privacy, veiligheid, ethiek).

2. Onderwijs

Het eerste jaar

In het eerste vak (TB141I) ervaar je hoe het is om een software engineer te zijn. Omdat het de eerste cursus is, beginnen we met het introduceren van ICT in een TB-context: wat zijn informatiesystemen, wat betekent het dat systemen 'programmeerbaar' zijn en hoe wordt ICT gebruikt in een multi-actor context? In het grootste deel van de cursus leer je denken en handelen als een software engineer. Je leert methoden (bv. agile) en modelleringsbenaderingen (bv. UML) om softwaresystemen te creëren. Je leert snel een behoorlijk complex software-prototype in elkaar te zetten, door bestaande componenten te koppelen. Hiervoor leer je 'low-code' programmeertaal (bv. Mendix opgericht door een voormalig TUDelft student).

TB141I loopt parallel met TB133. TB133 is een vak voor elke TB-student, waarin je de basis leert van programmeren in Python. Python is bedoeld voor 'scripting': het maken van kleine softwareprogramma's om eenvoudige taken te automatiseren. Dus aan het einde van dit kwartaal kunnen alle TB-studenten scripts maken voor relatief eenvoudige taken (TB133), maar alleen de I&C-studenten kunnen complexe softwareprogramma's samenstellen door bestaande softwarecomponenten te combineren (TB141I).

Het tweede vak (TB142I) gaat in op 'data science'. Elk I&C-systeem genereert data en data is de brandstof voor artificial intelligence (AI). Eerst leer je de basis voor het opslaan, openen en verwerken van gegevens. Vervolgens leer je hoe je statistische modellen bouwt en hoe je AI-algoritmen maakt. Om de statistische modellen te bouwen, bouw je voort op je kennis over statistiek (TB134). Voor het maken van de AI-algoritmen bouw je voort op je kennis van scripting in Python (TB133) en leer je dit gebruiken voor het ophalen en verwerken van data.

Het tweede jaar

In het tweede jaar verdiept het eerste vak (TB241I) je vaardigheden en conceptueel begrip van programmeren. Je leert Java: een objectgeoriënteerde programmeertaal. Java is een industriestandaard op bedrijfsniveau voor het bouwen van software. Vergeleken met Python krijg je met Java een dieper inzicht in object georiënteerd programmeren.

In dit vak leer je om de talen die je tot nu toe hebt geleerd te positioneren. Je snapt hierdoor wanneer je wat kunt gebruiken: low-code (TB141I), scripting (TB133; TB142I) en Java (TB241I). Naast het leren programmeren in Java, leer je ook hoe je eisen aan software opstelt, evenals de basisprincipes van hoe algoritmen omgaan met computer hardware.

Het volgende vak (TB242I) verbindt programmeren met de technische systemen van andere TB-domeinen. Door digitalisering raken 'dingen' steeds meer verbonden met internet. Eerst leer je de basis van hoe internet werkt, inclusief de communicatieprotocollen (bijv. TCP/IP) en gedistribueerde systemen. Vervolgens leer je hoe deze technologieën Internet-of-Things en cyber-fysieke systemen mogelijk maken. Als praktisch onderdeel bouw je een prototype om data op te halen uit een IoT-apparaat, gebruikmakend van je kennis van Python (TB133) en data retrieval (TB142I). Ook leer je over risico's van ICT, en specifiek IoT, op het gebied van privacy en security.

Vervolgens leer je in TB243I hoe je risico's in ICT beoordeelt en overwint om ervoor te zorgen dat systemen op de lange termijn onderhoudbaar zijn in complexe omgevingen met meerdere actoren en geen nieuwe risico's creëren. Je leert verschillende hardware-componenten kennen en systeemontwerpen op verschillende schalen te begrijpen. En hoe je risico's kunt beoordelen en strategieën kunt toepassen om deze risico's te verminderen.

Het derde jaar

In het laatste vak van het domein (TB341I) vertalen we je technische know-how naar een TB-context. Je leert modelleringsbenaderingen om te begrijpen hoe ICT waarde kan creëren voor actoren (bijv. waardenetwerkanalyse, enterprise-architecting). Je verkent nieuwe technologische paradigma's (bijvoorbeeld blockchain, AI), terwijl je voortbouwt op je basiskennis van data science (TB142I). Je leert reflecteren over hoe ICT kan bijdragen aan oplossingen voor maatschappelijke problemen. Maar ook over de negatieve implicaties van ICT, bijvoorbeeld vanuit een ethisch, privacy- en beveiligingsperspectief – voortbouwend op je begrip van ICT-risicobeheer (TB243I). Dit vak loopt parallel aan het bachelor eindproject, waarin je op dezelfde manier TB-problemen analyseert in een I&C-context.

Ook volg je de module TB321I (*Governance specialisatie (I&C)*). In deze module analyseer je met behulp van TB-theorieën governance vraagstukken in de ICT-sector. In combinatie met cases rondom auteursrechten in het digitale tijdperk, de privacy wet- en regelgeving, het reguleren van het Internet, en de introductie van innovatieve diensten door bv. Open Data, verkennen we alle tools en processen voor governance.

In de bachelor fase zijn 30 EC uitgetrokken voor keuzeruimte in de vorm van een *minor*. Je kunt de minorruimte gebruiken om te verbreden, of een tweede TBM-domein kiezen. Enkele voorbeelden van minor keuzes van I&C studenten zijn: Bedrijfskunde in een high-tech omgeving, health innovation & entrepreneurship, serious gaming Dream Team, International entrepreneurship & Development, software ontwikkelen en toepassen, User experience & interaction Design.

3. Bachelorproject

Met het zelfstandig uitvoeren van een project rond je je bacheloropleiding af. Voorbeelden van bachelorprojecten uitgevoerd door I&C-studenten zijn:

Een aantal recente voorbeelden van bachelor projecten met een *I&C*-accent zijn:

- **Digitale platformen voor de eerstelijns zorg:** Het landschap van ICT-systemen in de zorg is buitengewoon complex en gefragmenteerd. Hoewel er standaarden bestaan (bv HL7V2), worden die in de praktijk nauwelijks gebruikt. Wat zijn de redenen daarachter? Je moet het probleem analyseren, zowel vanuit technisch oogpunt (vereiste IT-architectuur) als vanuit maatschappelijk oogpunt, rekening houdend met de perspectieven van de verschillende gebruikers en stakeholders.
- **GovTech en publieke sector innovatie.** Maatschappelijke opgaven zoals armoede, klimaattransitie en arbeidsmarktekorten nopen publieke organisaties om met nieuwe technologieën te experimenteren. Denk hierbij aan AI-gedreven digitale assistenten, data wallets en digitale tweelingen. In de praktijk zien we dat publieke organisaties worstelen met het toepassen van deze nieuwe technologieën. In je bachelor project zoom je in op de drempels voor publieke sector innovatie. Daarnaast ontwerp je enkele oplossingsrichtingen, en toets je deze bij diverse stakeholders, van gebruikers tot beleidsmakers.
- **Open data.** Om maatschappelijke problemen rondom bijvoorbeeld gezondheidszorg, klimaatverandering en de energietransitie beter te kunnen begrijpen en mogelijke oplossingen voor deze problemen te kunnen ontwikkelen is openbare, toegankelijke data essentieel. Je onderzoekt welke barrières overheden, onderzoekers, bedrijven en burgers hebben om hun data openlijk te delen en data van anderen te hergebruiken en wat gedaan kan worden om deze barrières weg te nemen, bijvoorbeeld door middel van interviews, een case study, focusgroepen of een enquête.

Uiteraard kun je na je Bachelor je opleiding vervolgen met de Master CoSEM waarbinnen we je verder trainen in het daadwerkelijk ontwerpen en implementeren van *I&C*-toepassingen en applicaties.

4. Arbeidsmarkt

Er is grote vraag naar ingenieurs met een I&C-specialisatie. Organisaties hebben grote moeite ingenieurs te vinden met kennis van I&C die bereid zijn verder te kijken dan technologie alleen. Immers, alle grote en kleine bedrijven en overheidsorganisaties hebben te maken met het toenemende belang van informatie- en communicatietechnologie en de ontwikkeling van nieuwe diensten. Een dag zonder I&C is een dag zonder omzet.

Je kunt vele kanten op. Vind je het leuk om als **consultant** aan de slag te gaan, dan kun je denken aan het geven van advies voor het opzetten van nieuwe elektronische diensten en wie daaraan moeten meewerken. Hoe ziet de architectuur van die dienst eruit, welke technische mogelijkheden zijn er, wie krijgt welke verantwoordelijkheden om de dienst goed te laten verlopen en wie gaat het betalen? Een andere consultant zal juist betrokken zijn bij het beoordelen van businessplannen van bedrijven in de ICT-sector bijvoorbeeld als een bedrijf op overnamepad is. Zij kan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van ICT goed inschatten om te zien waar innovatieve kansen liggen en dus zo'n overname op waarde schatten. Gerenommeerde **adviesbureaus** zoals TNO, McKinsey, PWC, KPMG, Dialogic, Kwink, Berenschot, Cap Gemini, Accenture en Stratix, maar ook bedrijven als IBM, Microsoft en Oracle bieden uitdagende afstudeeropdrachten en vacatures voor I&C-studenten.

Binnen **commerciële bedrijven** raakt ICT steeds meer verweven met de business processen. Digitale transformatie gaat verder dan het op elkaar aansluiten van de core business en de ICT: door digitalisering kunnen geheel andere manieren van samenwerking ontstaan binnen of tussen organisaties. Voorbeelden zijn logistieke bedrijven zoals TNT, Schiphol Group, Havenbedrijf Rotterdam, maar ook de media/communicatie, de veiligheids- of de zorgsector. Het ontwikkelen van nieuwe business modellen voor services waarbij een ICT component een essentiële rol vervult en het leiden van projecten om dit te realiseren is hier de kern. Ook bij **telecom-operators en mediabedrijven** als KPN of Vodafone/Ziggo zijn er interessante mogelijkheden voor TB'ers met een *I&C*-achtergrond.

Bij **overheden** liggen ook vele mogelijkheden. Je brengt bv. in kaart hoe informatie moet worden aangeleverd via een digitale portal, en hoe daarvoor de werkprocessen van de ambtenaren over diverse afdelingen heen opnieuw moeten worden ingericht. Bij dit alles moet je rekening houden met wettelijke vereisten aan de publieke dienstverlening, maar vooral ook met gevoeligheden bij diverse actoren. Willen ze hun monopolie op informatie wel delen met anderen? En wie is er verantwoordelijk voor als een elektronische dienst uitvalt? Denk ook aan het beleidsmatige vlak bijv. bij de Ministerie van Verkeer en Waterstaat, of een grote uitvoeringsorganisatie als de Belastingdienst. De inzet van ICT bij de overheid voor primaire publieke taken zoals voor het monitoren van dijken of de inzet van camera's voor veiligheidstoepassingen en binnen het verkeer & vervoer groeit enorm doordat er technisch steeds meer mogelijk is.

Bovendien zijn veel *I&C*-studenten tijdens hun studie al actief op de arbeidsmarkt, bijvoorbeeld in een **eigen bedrijf**. Er zijn diverse programma's binnen TBM die het opzetten van een eigen bedrijf stimuleren.

Kortom: Het *I&C-domein* is een goede keuze als je van een dynamische omgeving houdt met volop kansen om jouw TBM-kennis en -vaardigheden in te zetten in infrastructuren, systemen, producten en diensten die een belangrijke rol spelen in het leven van mensen en organisaties!

Transport & Logistiek

1. Profielschets

De landelijke dagbladen staan vol met nieuwsberichten of achtergrondverhalen over verkeer en vervoer. Het onderzoeksgebied van het T&L-domein staat in het brandpunt van de maatschappelijke belangstelling: iedereen, van leek tot techneut, van particulier tot ondernemer heeft wel een mening over wegen, treinen, bussen, rekeningrijden en vliegvelden. Transport en logistiek brengen veel positieve maatschappelijke effecten met zich mee maar leiden ook tot maatschappelijke problemen in de vorm van verkeersonveiligheid, milieuverontreiniging en files. Door de verscheidenheid aan problemen en de vele belanghebbende actoren die bij de problemen én mogelijke oplossingen daarvan betrokken zijn, is de bestudering van dit vakgebied een wetenschappelijke uitdaging.

Complexe vraagstukken in het T&L-domein

Het transport van passagiers en vracht groeit gestaag. De nadelen van het groeiend aantal verplaatsingen, vooral die met gemotoriseerde vervoermiddelen, zijn duidelijk. Onze leefruimte wordt aangetast door asfalt, er zijn veiligheidsproblemen, wij hebben last van het lawaai en de uitlaatgassen dragen bij aan klimaatverandering en luchtverontreiniging. We staan soms uren in de file.

Naast deze maatschappelijke vraagstukken hebben bedrijven en organisaties te maken met interne en externe logistieke problemen, die er voor kunnen zorgen dat de voor hen noodzakelijke goederen niet op tijd en niet tegen een redelijke prijs kunnen worden aan- of afgevoerd.

Als TB'er in het T&L-domein zoek je oplossingen. In de eerste plaats zou de groei van het aantal verplaatsingen beheerst kunnen worden, mogelijk met prijsbeleid. In de tweede plaats kan er mogelijk meer gebruik gemaakt gaan worden van omgevingsvriendelijke vervoerwijzen, zoals de trein of de metro, de boot, de fiets. Maar hoe bereik je deze verandering? Voor de verplaatsing van een bepaald type goederen (oliën, gassen) kun je ook denken aan het vervoer via buisleidingen. Ten derde zouden technologische doorbraken voor oplossingen kunnen zorgen, zoals elektrische voertuigen, waterstof als brandstof of autonome voertuigen. Naar de precieze voor- en nadelen van deze technische oplossingen doe je onderzoek. Op een lager niveau, bijvoorbeeld op het bedrijfsniveau, heb je in dit domein te maken met vraagstukken rond logistiek: hoe krijgen bedrijven goederen betrouwbaar, goedkoop en milieuvriendelijk aangeleverd of verzonden naar hun klanten?

Sturing van het transportsysteem

Het is duidelijk dat de overheid in de oplossingen van de grote uitdagingen van transport en logistiek een belangrijke taak heeft. Zonder 'sturing' (een term die je in het cluster 'Bestuur van complexe socio-technische systemen' veelvuldig zult tegenkomen) zijn de maatschappelijke doelstellingen niet te bereiken. Zou je het verkeer en vervoer helemaal aan de marktwerking overlaten, dan zou milieu en verkeersveiligheid deels geofferd kunnen worden aan het winststreven van particuliere ondernemingen en aan het eigenbelang van het individu. Zo leer je dat je als TB'er in het T&L-domein veel te maken krijgt met inzicht in overheidsbeleid en sturingsmaatregelen. Je krijgt kennis en doet projecten over de mogelijke consequenties van sturing, zowel de maatschappelijke en logistieke consequenties, als de organisatorisch, bestuurlijke en beleidsmatige.

Complexe beleidsvraagstukken rondom verplaatsingen in het personen- en goederenvervoer worden vanuit verschillende vakgebieden benaderd. (o.a.: verkeerskunde, psychologie,

ruimtelijke ordening, economische wetenschappen) De analytische benadering staat centraal.

Logistieke processen

Bij de bestudering van logistieke processen domineert het 'integrale ketendenken'. Door deze oriëntatie wordt de T&L-student een brede oriëntatie geboden op integraal 'customer-service-beleid'. Je leert logistieke systemen te ontwerpen en te beoordelen met de wensen van de klant als richtlijn.

Je leert het logistieke systeem uiteen te rafelen (in ketens) tot de volgende componenten:

- de resources: oftewel de bronnen waar je gebruik van maakt. In de eerste plaats is van belang wat daarvan de omvang is. Verder leer je rekening te houden met de technische mogelijkheden van de bronnen en de randvoorwaarden (bijvoorbeeld de economische) voor toepassing. De technische kennis is ontleend aan methoden en technieken uit de mechanica, stromenleer en de verkeerskunde.
- functionele taken voor iedere bron: als je een logistiek plan maakt is het belangrijk om vast te stellen welke taken bij de verschillende resources vervuld moeten worden.
- procedure-afspraken over specifieke taakuitvoeringen: deze kunnen juridisch vastgelegd en gecontroleerd worden. Een logistiek plan is een aaneenschakeling van goed op elkaar afgestemde procedures die in de organisatie zijn ingebed.
- de informatie-uitwisseling tussen verschillende procedures: om integraal customer-beleid mogelijk te maken is informatie-uitwisseling noodzakelijk. Het is voor de logistiek ingenieur dan ook vanzelfsprekend dat nieuwe ontwikkelingen op het gebied van informatica en telematica, voor zover bruikbaar in de logistiek, nauwgezet worden gevolgd.
- de beleidsmatige implementatie van een logistiek systeem: omdat de gehele logistieke keten in ogenschouw wordt genomen betekent dit dat er rekening gehouden moet worden met vele belanghebbenden. Daarom leer je dat strategisch management van diverse (vaak commerciële) belangen gedurende het totale ontwerp- en implementatieproces een kritische succesfactor is.
- Je moet over goede modelleringsvaardigheden beschikken om logistieke ketens te kunnen analyseren en ontwerpen, want ze zijn erg complex. Als je daarover beschikt dan ben je in staat de meest geschikte beschrijvingstechnieken te selecteren. Deze kunnen informeel zijn of de vorm hebben van formele wiskundige notaties. Je leert deze te hanteren met behulp van diverse geautomatiseerde instrumenten.

2. Onderwijs

Hieronder volgt een globale beschrijving van de domeinspecifieke modules. Uiteraard vormen deze slechts een gedeelte van het totale curriculum. Een overzicht daarvan vind je in de digitale studiegids.

Het eerste jaar

In het eerste jaar wordt basiskennis gedoceerd, zowel op het gebied van transport als op het gebied van logistiek.

In module TB141TB (*Analyse van het transportsysteem*) leer je de elementen van het transportsysteem die bestaan uit techniek (wegen, auto's, driewegkatalysatoren enzovoort), maar ook uit gedrag van mensen en bedrijven en uit ontwikkelingen in de ruimte. Je leert hoe deze elementen samenhangen (met behulp van conceptuele modellen). Je leert te analyseren wat de oorzaken zijn van zowel de positieve (bereikbaarheid) als de negatieve effecten (milieuschade, ongevallen) van het transportsysteem. Je leert technische rekenmethoden om effecten van het transportsysteem te schatten op bereikbaarheid, veiligheids- en uitstoot te schatten.

In TB142T (*Logistiek 1*) komt basis logistieke kennis aan bod zowel vanuit een ondernemingsperspectief als vanuit overheidsperspectief.

Het tweede jaar

Het tweede jaar biedt in een drietal modules een voortzetting van de basiskennis van het transportsysteem en van logistieke processen, waarbij er sprake is van een grotere complexiteit dan in het eerste jaar.

TB242TB (*Verbeteren van het transportsysteem*) bevat een voortzetting van de analytische kennis die je hebt opgedaan in TB141TB (*Analyse van het transportsysteem*). Je bedenkt oplossingen om het transportsysteem te verbeteren. Je leert de effecten op bereikbaarheid, milieu en veiligheid van deze oplossingen te waarderen. Oplossingen zoals prijsbeleid, nieuwe wegen of spoorlijnen aanleggen, elektrische auto's stimuleren, subsidies voor waterstofvrachtauto's, enzovoort. Je leert de methode van 'maatschappelijke kosten-batenanalyse' toepassen.

In TB241TA (*Logistics 2*) ligt de nadruk op operations management. Operations management tracht een kwantificering van de doelmatigheid te geven van ingrepen op operationeel, tactisch en strategisch besluitvormingsniveau in de supply chain. Daarmee is dit vak een voortzetting van het meer kwalitatieve TB142T (*Logistiek 1*). Diverse methoden en technieken uit de operations research komen in TB241TA aan bod.

Tenslotte is er CTB1420 (*Transport & Planning*). Dit vak, verzorgd door Civiele Techniek, volg je samen met studenten uit de BSc-opleiding Civiele Techniek. Het vak sluit aan bij TB141TB (*Analyse van het transportsysteem*) en TB242TB (*Verbeteren van het transportsysteem*). Het bestaat uit: ruimtelijke planning en vervoerplanning; netwerkontwerp en infrastructuurplanning; geometrisch wegontwerp alsmede verkeersstroomtheorie en verkeersmanagement.

Het derde jaar

Het derde jaar biedt verdere verdieping. In het derde jaar volg je – nadat je in het eerste semester een minor gekozen hebt – twee theoriemodules.

Binnen de module TB341T (*Kwantitatieve modellen voor transport*) worden de meest gangbare modeltypen voor het personenvervoer en goederenvervoer behandeld binnen de context van transportbeleid. Deze module omvat een aantal gebieden waarbinnen een aantal modelleringstechnieken wordt toegelicht: nutsgebaseerde logitmodellen en stated choice dataverzameling, spijtgebaseerde logitmodellen, alsmede bereikbaarheidsmodellen. Voor elk gebied van modelvorming wordt ingegaan op de karakteristieken. Beperking worden aangeduid, zodat de student expertise ontwikkelt de juiste modeltechniek te selecteren bij een gegeven probleeminstelling.

Verder volg je de module TB321T (*Governance specialisatie (T&L)*). In deze module staan beleidsstrategieën van de overheid op de transportmarkt centraal. Op de transportmarkt speelt van oudsher de overheid een belangrijke rol. De overheid is niet alleen behartiger van publieke belangen, maar ook een belangrijke speler op de markt. Er is vaak sprake van een grote en complexe relatie tussen marktpartijen (waaronder privé-automobilisten, verladers, vervoerders) en de overheid. Hoe opereert de overheid in de transportmarkt? Waarom grijpt ze in? Is dat ingrijpen effectief en efficiënt? Wat zou ze beter kunnen doen? Dit zijn belangrijke vragen die in dit vak aan de orde komen.

In de bachelorfase zijn 30 EC uitgetrokken voor keuzeruimte in de vorm van een *minor*. Deze minor zou je kunnen gebruiken om je verder te verdiepen in het domein, maar je kunt het

ook gebruiken om te verbreden. Wanneer je de domeinkeuze moeilijk vindt en het domein T&L is voor jou op de tweede plaats geïndiceerd, zou je kunnen overwegen naast je eerste keuze de minor CT-Mi-127 (*Transport, Infrastructuur en Logistiek*) te kiezen. Deze minor bevat een aantal van de bovenbeschreven modules.

3. Bachelorproject

Met het zelfstandig uitvoeren van een project rond je je bacheloropleiding af. Voorbeelden van bachelorprojecten uitgevoerd door T&L-studenten zijn:

- Welke factoren bij consumenten spelen een rol (en in welke mate) wanneer ze kiezen tussen personenvervoerswijzen?
- Welke factoren bepalen (en in welke mate?) het accepteren van nieuwe transporttechnologieën? Zowel nieuwe technologieën voor personenvervoer zoals e-bikes, e-auto's, waterstofauto's als voor vrachtvervoer zoals cargobikes enzovoort.
- Wat is de maatschappelijk kosten en batenverhouding van nieuwe transport infrastructuur of nieuw transportbeleid in het algemeen?
- Wat zijn de voor- en nadelen van nieuwe logistieke concepten? Hoe haalbaar zijn deze concepten zowel vanuit economisch als vanuit maatschappelijk perspectief?
- Wat zijn de maatschappelijke effecten van het introduceren van autonome voertuigen?

4. Arbeidsmarkt

Hoewel het hier om gaat om domeinkeuze in de bacheloropleiding, willen we ook vast even naar de toekomstmogelijkheden kijken. Veel studenten volgen na afronding van hun bacheloropleiding eerst een masteropleiding voordat ze aan hun eerste baan beginnen. Het T&L-domein in de bacheloropleiding is een goede voorbereiding op een tweetal masteropleidingen:

- studenten die in hun bacheloropleiding de voorkeur geven aan vakken op het gebied van organisatie en management, beleid en beleidsanalyse, e.d., kiezen veelal voor de masteropleiding Complex Systems Engineering & Management (domain specialisation Transport & Logistiek);
- studenten die in hun bacheloropleiding de voorkeur geven aan vakken op het gebied van transport en logistiek, kiezen veelal voor de interfacultaire masteropleiding Transport, Infrastructure & Logistics. Dit is een gezamenlijke, interdisciplinaire masteropleiding van de faculteit TBM (Techniek, Bestuur en Management) samen met de faculteiten CiTG (Civiele Techniek) en 3mE (Werktuigbouwkunde) waarin je samenwerkt met studenten met verschillende achtergronden. Er zijn vier specialisaties:
 - Policy: infrastructure, planning & environment,
 - Design: transport systems & networks,
 - Operations: traffic, technology & control,
 - Engineering: transport, logistics and supply chains.

Maar er zijn veel meer masters mogelijk als vervolgopleiding.

De arbeidsmarkt voor de T&L-ingenieur is zeer gevarieerd. Hij kan bij Schiphol terecht komen, bij de NS op bij bedrijven in de Rotterdamse haven. Hij kan daar projectleider worden of innovatieplanner. Maar ook bij de overheid staan tal van functies voor hem open: hij kan bijvoorbeeld beleidsmedewerker worden bij ministeries, gemeenten of provincies. Of hij kiest voor de consultancy. Een aantal T&L-studenten heeft zelfs een eigen adviesbureau opgericht.

Concrete voorbeelden van functies/beroepen van afgestudeerden in de T&L-richting:

- promovendus aan de TU Delft;
- transportconsultant bij Goudappel Coffeng, Royal Haskoning DHV of Arcadis;

- logistiek adviseur bij KLM Cargo;
- logistiek/transportconsultant bij Ecorys;
- logistiek manager bij Philips;
- consultant openbaar vervoer;
- beleidsmedewerker bij het Ministerie van I&M of EL&I;
- medewerker bij Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart;
- stafmedewerker logistiek bij Heineken;
- logistiek consultant bij PwC;
- logistiek projectmanager TNT of PostNL;
- medewerker bij NS, ProRail, Havenbedrijf Rotterdam of Schiphol;
- medewerker bij het Ingenieursbureau van de gemeente Amsterdam.