

# CONSTRUCTIEMECHANICA CIVIELE TECHNIEK, jaar 1 - cursus 2024/2025

## Vakken:

**CTB1110-17 : ConstructieMechanica 1 (CM1 - Statica), onderwijsperiode 1**

Evenwichtsbetrekkingen; krachten en momenten in statisch bepaalde staafconstructies; virtuele arbeid; Ethiekopdracht.

**CTB1310 : ConstructieMechanica 2 (CM2 - Sterkteleer), onderwijsperiode 3**

Normaal- en schuifspanningsverdeling in homogene staven met symmetrische doorsnede; vervorming van staven; verplaatsingen in statisch bepaalde staafconstructies ten gevolge van extensie en buiging; elementaire wringing. Inleiding statisch onbepaalde constructies.

## Docenten

|                                      |                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ir. J.W. (Hans) Welleman (CM1),      | kamer 6.55, <a href="mailto:J.W.Welleman@tudelft.nl">J.W.Welleman@tudelft.nl</a><br>URL <a href="http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/index.shtml">http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/index.shtml</a> |
| Ir. T.R.(Tom) van Woudenberg (CM1)   | kamer 6.45, <a href="mailto:T.R.vanWoudenberg@tudelft.nl">T.R.vanWoudenberg@tudelft.nl</a>                                                                                                    |
| Prof. dr. ir. J.G. (Jan) Rots (CM2), | kamer 6.71 <a href="mailto:J.G.Rots@tudelft.nl">J.G.Rots@tudelft.nl</a>                                                                                                                       |

## Studentassistenten

|                              |                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| kamer 6.41, tel. 015-2783654 | e-mail <a href="mailto:SA-mech-CITG@tudelft.nl">SA-mech-CITG@tudelft.nl</a><br>URL <a href="http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/SAs/Contact/">http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/SAs/Contact/</a> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Leermiddelen CTB1110 ( CM1 start september )

- ✓ *Mechanica*, (deel 1) – Evenwicht, C. Hartsuiker, Boon, Amsterdam, 3<sup>e</sup> druk, 2019, ISBN 9789024429257 (oude drukken ook bruikbaar)  
of de *Engelse uitgave*:
- ✓ *Engineering Mechanics*, Volume 1 : Equilibrium, C. Hartsuiker & J.W. Welleman, Springer, Dordrecht, 2006, ISBN 978-1-4020-4120-4 (hardcover).
- ✓ **BrightSpace** Civiele Techniek, CTB1110 – ConstructieMechanica 1
- ✓ Oude opnamen van colleges zijn te vinden via Brightspace / Collegerama
- ✓ Webpagina van de docent [http://icozct.tudelft.nl/TUD\\_CT/index.shtml](http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/index.shtml)
- ✓ Voor antwoorden van de belangrijkste vraagstukken uit het boek zie de web-pagina's van de docent [http://icozct.tudelft.nl/TUD\\_CT/boekantwoorden/](http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/boekantwoorden/)

## Leermiddelen CTB1310 ( CM2 start februari )

- ✓ *Mechanica*, (deel 2) – Spanningen, vervormingen, verplaatsingen, C. Hartsuiker, Boon, Amsterdam, 3<sup>e</sup> druk, 2020, ISBN 9789024429295 (oude drukken ook bruikbaar)  
of de *Engelse uitgave*:
- ✓ *Engineering Mechanics*, Volume 2 : Stresses, Strains, Displacements, C. Hartsuiker & J.W. Welleman, Springer, Dordrecht, 2007, ISBN 978-1-4020-4123-5 (hardcover)
- ✓ COZ – CM2, Opgaven voor computerondersteunde zelfstudie, J.G. Rots, Beschikbaar via BrightSpace.
- ✓ **BrightSpace** Civiele Techniek, CTB1310 – ConstructieMechanica 2.
- ✓ Oude opnamen van colleges zijn te vinden via Brightspace / Collegerama
- ✓ Voor antwoorden van de belangrijkste vraagstukken uit het boek zie de webpagina van de docent.

## Informatievoorziening – nadruk in deze studiewijzer ligt bij het eerste vak CM1

Alle informatie t.a.v. deze cursussen kan via **BrightSpace** worden gevonden. Wijzigingen en of actuele informatie worden via dit systeem doorgegeven. Voor vragen en/of uitleg kun je altijd terecht bij de studentassistenten op kamer 6.41. Zij organiseren ook inloop-sprekuren tijdens de luchtpauze. Voor, tijdens en na de on campus contactmomenten is er ook altijd gelegenheid om de docenten en assistenten vragen te stellen of om extra uitleg te vragen. Maak gebruik van deze mogelijkheden!

## Computer Ondersteunde Zelfstudie (COZ)

Om een regelmatige zelfstudie te bevorderen is men verplicht tweemaal per week een “blok” met opgaven te maken. Om deel te mogen nemen aan het tentamen moeten deze COZ-resultaten aan bepaalde minimumeisen voldoen. Zie hierna de “Voorwaarden tot deelname aan de tentamens”. Nadere informatie over COZ is te vinden op bladzijde 5 en 6.

## Toets Ondersteunde Zelfstudie (TOZ)

Om je studievoortgang te toetsen worden er zgn. TOZ toetsen aangeboden in de toetszaal aan de Drebbelweg. Deze toetsen zijn onder tentamencondities. Een gunstig resultaat telt voor 30% mee in het eindcijfer van het direct op het blok aansluitende tentamen, mits het tentamencijfer minimaal een 4,5 is. Deelname aan deze toetsen is *vrijwillig*. Nadere informatie over de toetsen is te vinden op bladzijde 6.

## Tentamens

CM1 en CM2 worden afzonderlijk en schriftelijk getentamineerd. De tentamens duren 3 uur, zorg voor wat te eten en te drinken. Als je moet reizen, vertrek op tijd en houd rekening met vertraging.

## Cijferregeling

CM1 en CM2 zijn twee afzonderlijke vakken. **Eindcijfers** van CM1 en CM2 tellen daarom afzonderlijk mee voor het bepalen van het aantal studiepunten voor het Bindend Studie Advies (BSA). Voor de zak- en slaagregeling: zie het Onderwijs- en ExamenReglement (OER).

## Voorwaarden tot deelname aan de tentamens CM1

- Deelname aan de schriftelijke tentamens is alleen toegestaan aan studenten die voor elke *willekeurige groep* van vier opeenvolgende blokken van COZ-opgaven ten minste 35% van het totaal aantal te behalen punten hebben gescoord, en voorts over alle blokken van COZ-opgaven gemiddeld ten minste 45% hebben gescoord. Als eenmaal aan deze COZ-eis is voldaan dan hoeft voor een volgend her-tentamen in het betreffende jaar, niet opnieuw aan deze COZ-eis te worden voldaan, echter oefenen kan in dat geval geen kwaad. De COZ-resultaten zijn NIET-houdbaar over meerdere jaren.
- Aanmelding voor het tentamen conform de eisen gesteld door de TU-Delft, lees informatie op studentenportal van de TU-Delft:

<https://www.tudelft.nl/studenten/>

Meld je voor het tentamen aan met de vakcode CTB1110-17 en houd de berichtgeving hierover in de gaten. De tentamendatum vind je in het rooster. Lees ook de informatie op het studentenportal van de faculteit CiTG voor studenten:

<https://www.tudelft.nl/studenten/faculteiten/citg-studentenportal/>

Daar kunnen alle regels en richtlijnen worden gevonden. Aanmelden van tentamens is essentieel, de docent kan en mag zich hier niet mee bemoeien. Studenten met een beperking doen er goed aan zich te melden, lees hierover ook de berichtgeving op de 'diverse webpagina' van de TU-Delft. Studenten met een beperking kunnen eventueel extra tijd krijgen tijdens het tentamen. Dit moet echter in de digitale systemen zijn verwerkt want anders kan dit niet worden georganiseerd.

- Op de tentamenzitting moet de student zich kunnen legitimeren en zijn/haar campuskaart kunnen tonen.

Is niet aan alle bovenstaande voorwaarden voldaan, dan wordt het tentamenwerk niet beoordeeld.

N.B.: *Aan- en afmelden voor een tentamenzitting kan uitsluitend via het digitale systeem van de TU en niet via de docenten!*

## Formules op het tentamen

Op het tentamen CM1 mogen geen formulebladen of andere aantekeningen worden geraadpleegd. Op het tentamen CM2 wordt bij de tentamenopgaven een formuleblad uitgereikt. Andere formulebladen of aantekeningen mogen niet worden gebruikt.

N.B.: *Eigen aantekeningen zijn dus niet toegestaan!*

## Grafische Rekenmachine

Op het tentamen mag gebruik worden gemaakt van een grafische rekenmachine. Voor het oplossen van stelsels vergelijkingen is op de website van de studentassistenten een instructie te downloaden. Zorg dat je goed met de rekenmachine overweg kunt want dat scheelt veel tijd op het tentamen.

## Tentamenuitslagen

De tentamenuitslagen worden verzorgd door de onderwijsadministratie en gepubliceerd via **OSIRIS**. Telefonisch of per e-mail worden geen inlichtingen verstrekt.

## CONSTRUCTIEMECHANICA 1 – Statica, onderwijsperiode 1 (september)

### Vakbeschrijving

Evenwichtsbetrekkingen; krachten en momenten in statisch bepaalde staafconstructies; virtuele arbeid. Tevens wordt aandacht besteed aan de studievvaardigheden van studenten door middel van een ethiekopdracht.

### Thema's:

#### **EVENWICHT van statisch bepaalde (staaf)constructies**

*Tentamenstof:*

\* boek Hartsuiker, Toegepaste Mechanica – Deel 1, hoofdstuk 1 t/m 7.

#### **SNEDEKRACHTEN in statisch bepaalde (staaf)constructies**

*Tentamenstof:*

\* boek Hartsuiker, Toegepaste Mechanica – Deel 1, hoofdstuk 9 t/m 14 met uitzondering van paragraaf 14.1.3 t/m 14.1.5 en voorbeeld 4 in paragraaf 14.1.6.

#### **VIRTUELE ARBEID**

*Tentamenstof:*

\* boek Hartsuiker, Toegepaste Mechanica – Deel 1, hoofdstuk 15.

N.B.: Vergeet bij het bestuderen van de tentamenstof niet de zelf bij college en instructie gemaakte aantekeningen! Deze zijn zeer belangrijk (zoals maar al te vaak achteraf blijkt).

#### **ETHIEK – van middelbare schoolleerling naar academisch student - professional in opleiding**

*Opdracht – deeltijfer voldoende/onvoldoende -:*

Student zijn aan een academisch instituut zoals de Technische Universiteit Delft is heel iets anders dan leerling zijn op een middelbare school. Je zelf goed kennen en verantwoordelijkheid nemen voor je gemaakte keuze om een professional in opleiding te worden die over 5-6 jaar als TUD-ingenieur een grote verantwoordelijkheid krijgt, staat centraal bij deze ethiek-opdracht die is ingebed in het ROUTE60 (60 EC in eerste jaar) programma van het 1<sup>e</sup> jaar, het **werkboek** hiervoor is te vinden op **BrightSpace**.

#### **College/instructie, COZ, TOZ en workshop bijeenkomsten (on campus)**

Het college is een mengvorm van college (theorie/uitleg) en toepassing (opgaven/oefening) en wordt ook wel aangeduid met *ColStructie*.

1. Drie keer per week colleges (ma, di en vr). Per week kan het rooster wisselen en het is gebonden aan de 1<sup>e</sup> jaars groepsindeling A en B.
2. Daarna verwerk je de stof door te oefenen met de COZ-opgaven
3. Je controleert je studievoortgang met de TOZ-toets (3 stuks) en zorgt dat je “bij blijft”.
4. Er zijn twee workshops gepland met extra uitleg en oefening. (doe vooral mee!)
5. Als er iets onduidelijk is dan vraag je de docent voor of tussen de college-uren om wat hulp of ga je naar het inloopsprek uur van de student-assistenten in kamer 6.41 tijdens de lunch-pauze.

Er moet flink wat tijd gestoken worden in dit vak en het grootste risico is dat je een achterstand oploopt die moeilijk in te halen is. Volg daarom het rooster want colleges en COZ-opgaven zijn op elkaar afgestemd. Als je op de campus denkt dat je niets te doen hebt, ga met je mentor- of studiegroepje de COZ-opgaven samen maken. Stimuleer elkaar en zorg daarmee ook dat je in een goed studie-ritme komt. De opdrachten worden aangeboden m.b.v. het digitale toetsplatform **ANS**. Meer hierover vind je verderop op pag 5.

#### **Toetsvorm**

- Deeltoets 1 : ethiekopdracht, onderdeel van ROUTE60 programma (voldoende/onvoldoende)
- Deeltoets 2 : schriftelijk tentamen (open vragen beoordeeld met een cijfer)

Eindcijfer wordt bepaald volgens standaard regeling uit het Onderwijs Examen Reglement (OER) op basis van deeltijfers. Deeltijfers moeten tenminste 5,0 of hoger zijn en eindcijfer wordt afgerond op hele en halve cijfers. Concreet betekent dit dat je geslaagd bent (en studiepunten voor de BSA krijgt) indien:

- Ethiekopdracht voldoende is beoordeeld en
- Ten minste een cijfer 5,8 behaald is voor het schriftelijk tentamen, aanmelden verplicht, voor data zie rooster.

## CONSTRUCTIEMECHANICA 2 – Sterkteleer , onderwijsperiode 3 (februari)

### Vakbeschrijving

Normaal- en schuifspanningsverdeling in homogene staven met symmetrische doorsnede; vervorming van staven; verplaatsingen in statisch bepaalde staafconstructies ten gevolge van extensie en buiging; elementaire wringing. Inleiding statisch onbepaalde constructies.

### Thema's:

#### **SPANNINGEN EN VERVORMINGEN in homogene staven met symmetrische doorsnede.**

*Tentamenstof:*

\* boek Hartsuijker, Toegepaste Mechanica, deel 2, hoofdstuk 1-6.

#### **VERPLAATSINGEN in statisch bepaalde (staaf)constructies.**

*Tentamenstof:*

\* boek Hartsuijker, Toegepaste Mechanica, deel 2, hoofdstuk 2, 7, 8.

#### **Inleiding STATISCH ONBEPAAALDE CONSTRUCTIES**

*Tentamenstof:*

\* collegeaantekeningen en eventuele hand-outs.

N.B.: Vergeet bij het bestuderen van de tentamenstof niet de zelf bij college en instructie gemaakte aantekeningen! Deze zijn zeer belangrijk (zoals maar al te vaak achteraf blijkt).

### **College/instructie en COZ**

Het college is een mengvorm van college (theorie/uitleg) en toepassing (opgaven/oefening) en wordt ook wel aangeduid met *ColStructie*. Voor de tijd en plaats van de colleges, zie het rooster op internet. Voor verwerken van de stof en oefenen wordt COZ gebruikt.

### **Toetsvorm**

Schriftelijk tentamen, aanmelden verplicht, voor data zie rooster.

## COZ - Computer Ondersteunde Zelfstudie

De eerstejaarsvakken ConstructieMechanica 1 en 2 dienen als basis voor veel andere vakken in de studie Civiele Techniek. De vakken hebben een sterk hiërarchische opbouw: dit betekent dat je de lesstof direct vanaf het begin goed moet beheersen wil je ook het vervolg goed kunnen begrijpen.

Om de stof grondig in de vingers te krijgen is het van groot belang dat onmiddellijk vanaf het begin regelmatig en voldoende tijd wordt uitgetrokken om de behandelde theorie te bestuderen en deze aan de hand van vraagstukken te oefenen. Dat oefenen doe je m.b.v. de COZ. Voor zowel CM1 als CM2 zijn weektaken samengesteld. Tweemaal per week moet een “blok” van opgaven worden gemaakt en moeten de antwoorden digitaal worden ingeleverd.

De COZ-opgaven worden aangeboden via het **ANS toetsplatform** dat via BrightSpace toegankelijk is. Je meldt je in ANS aan met je netid en het daarbij behorende wachtwoord. ANS is een platform dat web-based is en op alle devices draait. Je kunt op een tablet, laptop (Windows, Unix of Mac) of desktop computer de opgaven maken. Het eerste blok met opgaven is een oefenblok met uitleg over ANS en de opdrachten. Het oude Windows COZ-platform wordt niet meer gebruikt.

Alle studenten maken dezelfde opgaven, maar met verschillende getallen. Het wordt aanbevolen op vaste tijden online te werken en in kleine groepjes van bijv. vier personen of je mentorgroepje. Het van elkaar aanhoren en aan elkaar uitleggen van problemen betreffende de lesstof is uiterst leerzaam.

Houd je aan de deadlines voor het inleveren want de lesstof en de COZ-opgaven zijn op elkaar afgestemd. De score van ieder blok opgaven kun je vinden in ANS. Om je daarbij een beetje te helpen is een verplichte minimumscore ingevoerd.

Van een geldige deelname aan het tentamen CM1 is alleen sprake als de student(e) in geen enkele willekeurige groep van vier opeenvolgende blokken van COZ-opgaven minder dan 35% van het totaal aantal te behalen COZ-punten heeft behaald. Voorts moet de gemiddelde score over alle blokken van COZ-opgaven tenminste 45% bedragen. Deze regeling geldt ook voor het hertentamen en houdt in dat tenminste eenmaal aan de COZ-verplichting moet zijn voldaan in het betreffende academische jaar. De COZ resultaten zijn NIET-houdbaar over meerdere jaren.

De COZ-opgaven helpen je de afzonderlijke technieken te oefenen. Daarmee zijn de COZ-opgaven in het algemeen eenvoudiger dan de tentamenopgaven. Op het tentamen komen alle onderdelen samen. Daarom is het belangrijk om de voorbeelden uit het boek en oude tentamenopgaven te bestuderen.

### Uiterste invoerdata voor de COZ-blokken CM1 (september)

| <i>blok</i> | <i>0.</i> | <i>inleverdatum</i> | <i>vr</i> | <i>06-09-24</i> | - intro blokje met uitleg, direct doen!           |
|-------------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|---------------------------------------------------|
|             | 1.        |                     | zo        | 08-09-24        | - COZ inleveren uiterlijk op zo 23:00 uur!        |
|             | 2.        |                     | wo        | 11-09-24        | plan in op vrijdag met uitloop t/m zondag         |
|             | 3.        |                     | zo        | 15-09-24        |                                                   |
|             | 4.        |                     | wo        | 18-09-24        |                                                   |
|             | 5.        |                     | zo        | 22-09-24        |                                                   |
|             | 6.        |                     | wo        | 25-09-24        |                                                   |
|             | 7.        |                     | zo        | 29-09-24        |                                                   |
|             | 8.        |                     | wo        | 02-10-24        | LET OP : Afwijkingen van deze data zijn mogelijk, |
|             | 9.        |                     | zo        | 06-10-24        | de docent zal dat in het college melden.          |
|             | 10.       |                     | wo        | 09-10-24        |                                                   |
|             | 11.       |                     | zo        | 13-10-24        |                                                   |
|             | 12.       |                     | wo        | 16-10-24        |                                                   |
|             | 13.       |                     | zo        | 20-10-24        |                                                   |
|             | 14.       |                     | wo        | 23-10-24        |                                                   |

### TOZ CM1 - Toetsen Ondersteunde Zelfstudie

Voor CM1 worden 3 zgn. TOZ-voortgangstoetsen afgenomen onder tentamencondities (campuskaart meenemen). Deelname aan deze TOZ-toetsen is *niet verplicht*. Het is echter een prima moment om je eigen vorderingen te toetsen en een goed resultaat wordt beloond. De drie TOZ-toetsen bestaan uit vergelijkbare opgaven als de COZ die binnen een vastgestelde tijd moeten worden beantwoord.

De TOZ-toetsdata voor CM1 zijn:

- Toets 1: do 12 sep. indicatie lesstof: zie COZ blok 0 t/m 2
- Toets 2: do 26 sep. indicatie lesstof: zie COZ blok 1 t/m 6
- Toets 3: do 17 okt. indicatie lesstof: zie COZ blok 1 t/m 12

De twee workshops CM1 worden gehouden op:

- Workshop 1: wo/do 2 of 3 okt. oefenen met oplegreacties en vakwerken
- Workshop 2: ma/di 21 of 22 okt. oefenen met momentenlijnen

Groepsindeling en aanvangstijden en locatie worden nader bekend gemaakt op Brightspace.

Als het cijfer van het direct op het blok aansluitende schriftelijke tentamen 4,5 of hoger is wordt dit bij een gunstig TOZ-resultaat verhoogd door het TOZ-eindresultaat hierin voor 30% mee te laten tellen. Het TOZ-eindresultaat is niet-houdbaar en vervalt na het tentamen. Het cijfer voor het schriftelijke tentamen wordt daarmee: (merk op: dit is één van de twee deelcijfers van CTB1110-17)

$$\text{Deelcijfer} = 0,7 \times \text{tentamencijfer} + 0,3 \times (\text{gem TOZ-cijfer}) \quad \text{*geldt dus niet voor hertentamens!}$$

Toetsen inhalen is beperkt mogelijk en uitsluitend vooraf na melding bij de docenten. Deelname is niet verplicht en daarom komen alleen studenten mer ernstige overmachtsituaties in aanmerking.

## CONSTRUCTIEMECHANICA 1 – CM1 - onderwijsperiode 1 ( september )

De inhoudbeschrijving van ConstructieMechanica 1 en 2 zijn hier opgenomen. Dit geeft een compleet beeld van de onderwerpen die in het 1<sup>e</sup> jaar worden behandeld.

Thema I:

### **EVENWICHT van statisch bepaalde (staaf)constructies**

1. samenstellen en ontbinden van krachten, zowel analytisch als grafisch (krachtenveelhoek, werklijnenfiguur, vectorwiskunde met o.a. inproduct); moment van een kracht.
2. statisch equivalente krachtersystemen; koppel.
3. krachten- en momentenevenwicht.
4. belastingen; schematisering en werkelijkheid.
5. constructies; constructie-elementen; verbindingen; schematisering en werkelijkheid.
6. vrijmaken; opleggingen/oplegreacties; verbindingen/verbindingskrachten (scharnierkrachten, snedekrachten).
7. oplegreacties en verbindingskrachten bij samengestelde constructies (zoals scharnierliggers, driescharnierspanen, geschoorde portalen, e.d.).
8. kinematisch bepaalde systemen (vorm-/plaatsvaste constructies) en kinematisch onbepaalde systemen (mechanismen); statisch bepaalde/onbepaalde constructies, graad van statisch onbepaaldheid.
9. Vorm- en plaatsvastheid van en krachtsverdeling in eenvoudige ruimtelijke constructies.

Opmerkingen:

- bij 1 t/m 7:

De student moet van alle mogelijke statisch bepaalde (staaf)constructies de oplegreacties en verbindingskrachten (scharnierkrachten, snedekrachten) kunnen berekenen en de gevonden waarden kunnen interpreteren (waarop en in welke richting werken de berekende krachten en momenten).

Rekenfouten manifesteren zich vaak door niet realistische uitkomsten. De student moet altijd, ook wanneer daar niet expliciet om wordt gevraagd, controleberekeningen uitvoeren om de juistheid van zijn de gevonden waarden te verifiëren. Onjuiste antwoorden worden, ook als ze het gevolg zijn van rekenfouten, op een tentamen als fout beoordeeld.

Behalve vaardigheid in het uitwerken van een berekening moet bij de student ook inzicht in het gedrag van constructies worden ontwikkeld, zodat ellenlange (dus tijdrovende en als foutenbron fungerende) berekeningen voor eenvoudige gevallen kunnen worden vermeden.

- bij 8:

De nadruk ligt op het beredeneren: hoe groot is het aantal onbekenden (oplegreacties, verbindingskrachten) en hoe groot is het aantal beschikbare evenwichtsvergelijkingen (te leveren door de vrijgemaakte knooppunten, staven of "enkelvoudig samenhangende subconstructies").

- bij 9:

Niet alle constructies zijn "plat"; de nadruk ligt op eenvoudig.

Thema's II en III:

**SNEDEKRACHTEN in statisch bepaalde (staaf)constructies  
VIRTUELE ARBEID**

1. berekenen van staafkrachten in (vlakke) vakwerken:
  - uit het krachtenevenwicht van een vrijgemaakte knoop;
  - uit het krachten- en momentenevenwicht van een vrijgemaakt deel van het vakwerk (zgn. snedemethode)
2. normaalkracht ( $N$ ), dwarskracht ( $V$ ) buigend moment ( $M$ ) en wringend moment ( $M_w$ ); definities, notaties en tekenafspraken.
3. evenwicht van een staafelementje; differentiaalbetrekkingen.
4.  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn voor rechte staven; vervormingstekens; relatie tussen  $M$ - en  $V$ -lijn.
5. karakteristieke vorm van  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn bij een puntlast, een gelijkmatig verdeelde belasting en een koppel.
6.  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn voor geknikte staven en staven in samengestelde constructies.
7. het krachterspel aflezen uit gegeven  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn; controleren van het krachten- en momentenevenwicht van knooppunten.
8. kabel.
9. krachtpunt/krachtlijn; aanpassen constructievorm aan de krachtlijn.
10. het beginsel van virtuele arbeid (alternatieve formulering voor het evenwicht).

Naast deze technische inhoud wordt in het vak ook aandacht besteed aan de professionele ontwikkeling van studenten. Met behulp van een ethiek-opdracht moeten studenten in de mentorgroepjes met elkaar in gesprek over "professioneel studeren".

Opmerkingen:

- Algemeen:

De student moet de onder thema I behandelde onderwerpen grondig beheersen en over voldoende vaardigheid beschikken.

- bij 1:

De student moet snel de nulstaven in een vakwerk kunnen aanwijzen. Hij/zij moet duidelijk het verschil tussen een trek- en drukstaaf kennen (in het begin hebben veel studenten hiermee problemen, met name als de staafkrachten uit het knoopevenwicht worden berekend).

De student moet zoveel inzicht in het gedrag van het vakwerk hebben, dat hij vooraf kan aangeven in welke volgorde hij de verschillende staven zal berekenen en welke van de twee genoemde methoden hij daarbij zal gebruiken.

- bij 3:

Hier komt eigenlijk voor het eerst een heel klein beetje wiskunde om de hoek. De student moet de formules binnen enkele minuten kunnen afleiden uit het evenwicht van een staafelementje. Het is onverstandig de formules uit het hoofd te leren!

- bij 4 t/m 6:

De student moet aan de vorm van de  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn onmiddellijk kunnen zien of op de staaf een puntlast, een (gelijkmatig) verdeelde belasting of een koppel werkt.

Ook moet hij/zij uit deze lijnen de plaats en grootte van de belasting kunnen afleiden. Deze kennis komt van pas als de student (zelf getekende)  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijnen op hun juistheid moet controleren. Daarnaast moet hij/zij kunnen controleren of de knooppunten bij de getekende  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijnen voldoen aan het krachten- en momentenevenwicht (interpreteren  $N$ -,  $V$ - en  $M$ -lijn).

Thema I:

**SPANNINGEN EN VERVORMINGEN in homogene staven met symmetrische doorsnede**

1. spanningen en rekken; notaties en tekenafspraken; lineair-elastisch materiaalgedrag.
2. berekenen van de snedekrachten als de spanningen zijn gegeven (statisch equivalente krach- tensystemen); krachtpunt.
3. het "vezelmodel" voor de op extensie en buiging belaste staaf; oppervlaktemomenten (oppervlakte, statisch moment, traagheidsmoment en traagheidsproduct); normaalkrachtencentrum; rekstijfheid; buigstijfheid; rek; kromming.
4. schematisering van een staaf tot lijnelement; staafas.
5. spanningsformules voor extensie en buiging.
6. kinematische en constitutieve betrekkingen (evenwichtsbetrekkingen werden reeds behandeld); differentiaalvergelijkingen voor extensie en buiging; rand- en overgangsvoorwaarden.
7. schuifkrachten in langsrichting ten gevolge van de dwarskracht (lijmverbindingen, deuvels, stiften, lassen).
8. schuifspanningen in het vlak van de doorsnede ten gevolge van de dwarskracht.
9. schuifspanningen door wringing (dunwandige kokerdoorsneden - zgn. formule van Bredt -, massieve cirkelvormige doorsnede, dunwandige strip); dwarskrachtencentrum.

Opmerkingen:

- bij 3 t/m5:

De formules zijn alle zeer eenvoudig te memoriseren. De student moet met de formules kunnen werken. De student moet voor uiteenlopende doorsnedevormen de oppervlakte, statische momenten en traagheidsmomenten kunnen berekenen en de plaats van het normaalkrachtencentrum (de ligging van de staafas).

De student moet de betekenis van het normaalkrachtencentrum kennen en moet de aannamen kennen die ten grondslag liggen aan de spanningsformules en het vezelmodel.

- bij 6:

De student moet de afleiding van de kinematische en constitutieve betrekkingen kunnen reproduceren, de differentiaalvergelijkingen kunnen opstellen, de rand- en overgangsvoorwaarden kunnen formuleren, en het geheel kunnen oplossen (mogelijk door herhaald integreren).

- bij 7 en 8:

De student moet de achtergrond van de afleiding kennen en moet er zich van bewust zijn dat de schuifspanningsformule een benaderend karakter heeft.

De student moet de formules kunnen toepassen.

- bij 9:

De student moet de afleiding van de formule van Bredt kunnen reproduceren en moet met de schuifspanningsformules kunnen werken.

Thema's II en III:

**VERPLAATSINGEN bij statisch bepaalde (staaf)constructies**  
**inleiding STATISCH ONBEPAALENDE CONSTRUCTIES**

1. verplaatsing door extensie; relatief verplaatsingendiagram (Williot); toepassing bij eenvoudige vakwerken.
2. verplaatsing door buiging:
  - differentiaalvergelijking; toepassing bij rechte staven.
  - vergeet-mij-nietjes; toepassing bij rechte staven.
  - momentenvlakstellingen; toepassing bij rechte en geknikte staven en bij samengestelde constructies.
3. statisch onbepaalde constructies met verplaatsbare/niet-verplaatsbare knooppunten; schetsen van de *M*-lijn (zonder berekening!) voor constructies met niet-verplaatsbare knooppunten op grond van de te verwachten vervorming.
4. inleiding berekening statisch onbepaalde constructies:
  - inleiding krachtenmethode.
  - inleiding verplaatsingenmethode aan de hand van een op veren opgelegd star lichaam.

Opmerkingen:

- Algemeen:

De student moet in het bijzonder de onderwerpen uit kwartaal 1 (CM1) grondig beheersen om met succes de hier aangegeven lesstof te kunnen bestuderen. Het is onmogelijk de juiste verplaatsingen te vinden als men niet in staat is de krachtsverdeling te berekenen.

- bij 4:

De student moet de procedure kennen die wordt gevolgd bij zowel de krachtenmethode als de verplaatsingenmethode.

Alvorens te rekenen moet de student aan kunnen geven wat de onbekenden zijn, welke betrekkingen ter beschikking staan, en hoe groot het uiteindelijk op te lossen stelsel vergelijkingen is.