

Bend and Break		Aantal deelnemende studenten	
		Minimaal: 15	Maximaal: 45
Faculteit CiTG			
Minorcoördinator	prof.dr.ir. J.G. Rots		
Contactpersoon voor studenten	dr.ir. P.C.J. Hoogenboom		
Bestemd voor	Studenten van CiTG, BK, en anderen		
Geeft toegang tot	n.v.t.		
Ingangseisen	Propedeuse		
Aanbevolen voorkennis			
Eindtermen	Na het volgen van deze minor zal je kennis hebben van het werkelijke vervormings- en bezwijkgedrag van constructiedelen ... ervaring hebben in het modelleren van constructies. ... in teamverband gewerkt hebben aan uitdagende ontwerpproblemen. ... je analytische vaardigheden hebben gescherpt. ... gevoel hebben voor de nauwkeurigheid van wetenschappelijke modellen.		
Samenhang			
Inhoud / Omschrijving	In deze minor ga je aan de slag met vijf ontwerpproblemen op het gebied van draagconstructies. Hierbij kun je denken aan een onderspannen ligger van hout, een wandligger van gerecycled gewapend beton, een tensegrity toren van aluminium, een boog van metselwerk en een spant van gelijmd glas. Samenwerkend met enkele medestudenten ga je oplossingen ontwerpen en een oplossing bouwen. Andere teams zullen werken aan hetzelfde probleem als jouw team. De oplossingen van de teams zullen worden beproefd, vaak tot bezwijken. De beste oplossing zal beloond worden met het hoogste cijfer. Ter ondersteuning zullen er hoorcolleges en werkcolleges zijn over het maken van analytische en numerieke modellen om proefresultaten te voorspellen. Daarmee zul je optimaal toegerust zijn om de beste oplossing te ontwerpen.		
Onderwijsvormen	Zelfstandig werken in het laboratorium en in computerzalen, hoorcolleges, workshops in computerzalen, workshops in het laboratorium		
Toetsing	CT3230 Bend and Break 1, 4 EC, schriftelijk tentamen CT3240 Bend and Break 2, 4 EC, schriftelijk tentamen CT3170 Experimentele Recycling 2 EC, practicum toets + schriftelijk tentamen CT3250 Bend and Break A, 4 EC, getoetst met werkstuk en rapport CT3260 Bend and Break B, 4 EC, getoetst met werkstuk en rapport CT3270 Bend and Break C, 4 EC, getoetst met werkstuk en rapport CT3280 Bend and Break D, 4 EC, getoetst met werkstuk en rapport CT3290 Bend and Break E, 4 EC, getoetst met werkstuk en rapport De schriftelijke tentamens worden twee maal per jaar afgenomen: in de tentamenperiode aansluitend op de colleges en in de daaropvolgende tentamenperiode. Als voor een werkstuk-vak geen voldoende is gehaald dan kan deze volgend jaar over worden gedaan.		
Opmerkingen / Rooster			

MINOR : Structural Engineering: Bend and Break start september 2010

Pierre Hoogenboom, Peter de Vries, Hans Welleman, Sander Pasterkamp, Niki Kringos, Cor van der Veen, Arnold van der Marel, Peter Berkhout, Fred Veer, Max Hendriks, 12 februari 2010

0 **Uitgangspunten**

- 30 EC
- vooropleiding is 2 jaar Civiele Techniek of 2 jaar Bouwkunde
- in principe geen vakken uit het bachelorprogramma of uit het masterprogramma
- wetenschappelijk georiënteerd
- experimenten in het Stevin lab.
- Nederlandstalig studiemateriaal
- 5^e semester (gehele minor in de periode september tot en met januari)
- onderwijsvergoeding naar rato van student-EC's
- 15 tot 70 studenten
- studiegidsomschrijving gereed medio februari

1 **Hoofdopzet**

De minor zal in hoofdlijnen bestaan uit de volgende componenten

- 10 EC Modellenbouw en beproeving in het lab
- 10 EC Theoretische leerlijn (grotendeels bestaand studiemateriaal in aangepast format)
- 10 EC Workshops en projectlijn voor numerieke modellering en analyse

Modellenbouw en beproeving (experimenten) 10 EC

De experimentele component staat centraal in deze minor. De studenten werken in kleine teams aan constructieve ontwerpuitdagingen. Er zal een competitief element worden ingebouwd waardoor de ontwerpuitdagingen wat kunnen worden versterkt. Hiermee kan worden benadrukt dat het belangrijk is om goede modellen te ontwerpen en te realiseren. De ontwerpen zullen worden gebouwd door de studenten. De ontwerpen van alle teams zullen direct na elkaar worden beproefd. Het proefresultaat zal voor een belangrijk deel bijdragen aan de beoordeling van een ontwerp. Opeenvolgend zullen de teams werken aan verschillende thema's:

- Onderspannen houten ligger
- Wandligger van gewapend beton
- Boog van metselwerk
- Tensegrity toren in aluminium
- Spant van glas
- Aanhaken bij lopend onderzoek

De eerste drie thema's kunnen in september zeker worden aangeboden. De overige thema's kunnen stapsgewijs worden uitgebouwd. Daarbij kan uiteraard gebruik worden gemaakt van de eerste deelnemende groepen. Voor het laatste thema is een enthousiaste trekker uit het lopend onderzoek noodzakelijk. Eventueel kan worden gedacht aan een koppeling voor dit punt met het Challengent programma voor excellente studenten.

De ontwerpen zullen gebruik maken van typische bouwmaterialen zoals metaal, hout, gewapend beton en metselwerk maar ook zal worden geprobeerd nieuwe ontwikkelingen toe te passen zoals bijvoorbeeld glas. De moeilijkheidsgraad van de ontwerpuitdagingen zal in stappen worden verhoogd. De ontwerpen worden in een verslag toegelicht met daarbij aandacht voor de uitgangspunten en de motivatie van de gekozen technische oplossing. Deze rapportage is onderdeel van de beoordeling.

Bij de beproevingen zullen zowel handmethoden als moderne methoden worden gebruikt. Met de handmethoden kunnen studenten gevoel krijgen voor de optredende krachten. Door de moderne methoden kunnen de studenten kennis nemen van de laatste stand van de techniek.

Theoretische leerlijn in de vorm van hoor- en werkcolleges 10 EC

Ter ondersteuning van de modellenbouw zullen een aantal bestaande onderwijsmodulen worden aangeboden die specifiek ingaan op de constructieve aspecten uit de diverse thema's. Dit programma is niet een rigide geheel maar moet afhankelijk zijn van de actuele thema's.

Bachelor studenten zullen in deze fase wat meer "hands on" moeten krijgen t.a.v. niet-symmetrische doorsneden (composieten), plasticiteit en bezwijkmechanismen, invloed van excentriciteiten (detaillering) en boogwerking. Tevens kan gedacht worden aan een praktische inleiding in de eindige-elementenmethode in de vorm van b.v. een workshop met o.a. ook aandacht voor de detaillering, onbekendheid met specifiek materiaal en mogelijk belastinggestuurd rekenen. Daarnaast is het van belang dat studenten input krijgen over het opzetten van een proefopstelling, een beproevingsschema en de mogelijkheden t.a.v. "meten en regelen".

De onderwijsmodulen zullen aansluiten op het bestaande bacheloronderwijs Civiele Techniek. Enige overlapping zal kunnen optreden om studenten met andere vooropleidingen te ondersteunen. De theoretische leerlijn heeft de focus op de volgende onderdelen met de aangegeven globale onderverdeling in EC en contacturen.

vakken	EC (contacturen)
analytische modelvorming	4 (28)
modellering met software	4 (28)
meettechniek en laboratorium apparatuur	2 (14)

Numerieke analyse 10 EC

Gedurende de minor zullen de studenten toegang hebben tot werkplekken met computer. Op de computers zullen de gebruikelijke Windows software, Maple, Matlab en een aantal elementenprogramma's geïnstalleerd zijn. De studenten zullen hiermee analytische modellen en eindige-elementenmodellen maken van de proefopstellingen. De kennis die hiervoor benodigd is zal worden uitgelegd in workshops. Voor begeleiding bij het maken en invoeren van de modellen kunnen de studenten terecht bij de betrokken docenten en de docenten die de betreffende ontwerpuitdaging begeleiden. De numerieke modellen en rekenresultaten met daarin een voorspelling van de bezwijklast worden toegevoegd aan het rapport over de betreffende ontwerpuitdaging.

Planning experimenten

De thema's zullen strak gepland worden in het semester waarbij de data van beproeving vast staan. De beproevingsdata zullen in het jaarrooster van het lab worden opgenomen. De benodigde materialen, hulpmaterialen en gereedschappen zullen bij aanvang van het project aanwezig moeten zijn. Sponsoring van de materialen moet dan geregeld zijn.

thema	docenten	startdatum	beproevingdatum
onderspannen ligger van hout	De Vries, Kringos	30 aug. 2010	21 sept. 2010
wandligger van gewapend beton	Hoogenboom, Van der Marel	23 sept. 2010	storten: 14 okt. 2010 test: 2 nov. 2010
metselwerk boog	Pasterkamp	19 okt. 2010	17 nov. 2010
tensegrity toren van aluminium	Borgart, Hobbelman	19 nov. 2010	13 dec. 2010
spant van glas	Veer	15 dec. 2010	20 jan. 2010

2 Programmering van colleges/workshops

De hoorcolleges en werkcolleges zullen direct aansluiten bij de actuele thema's. De beschrijving van de thema's wordt in de volgende paragraaf beschreven. In het onderstaande schema staat een invulling per onderdeel. De theoretische leerlijn (totaal 10 EC) wordt afgesloten met schriftelijke tentamens. Een deel van de workshop onderdelen (4 EC) wordt ondergebracht in de thema's en niet afzonderlijk getoetst. De numerieke leerlijn, modelleren en berekenen, wordt afgerekend in de verslaglegging per thema. Ieder thema omvat 4 EC's. De vijf thema's omvatten totaal 20 EC's en worden afzonderlijk beoordeeld.

Uitgangspunt is dat gewerkt wordt met reeds beschikbaar cursusmateriaal in de vorm van dictaten, overhead sheets en powerpoint presentaties. Voor studenten met een andere achtergrond dan Civiele Techniek zullen desgewenst alternatieven worden aangereikt om mogelijke deficiënties te verhelpen. Dit is met name afhankelijk van het aantal instromers vanuit Bouwkunde. De praktijk zal moeten uitwijzen hoe dit zich zal gaan ontwikkelen. De zelfwerkzaamheid wordt ondersteund met consultancy momenten door begeleidende docenten zodat studenten met vragen op vaste momenten terecht kunnen bij de begeleiders.

De onderwijscomponenten in deze minor zijn op te splitsen in de volgende onderdelen waaraan studiepunten worden toegekend:

- Thema experimentele gedeelte, vijf thema's (20 EC)
- CT3230 toets A, schriftelijke eindtoets in onderwijsperiode 1 (4 EC)
- CT3240 toets B, schriftelijke eindtoets in onderwijsperiode 2 (4 EC)
- CT3160 toets C, schriftelijke eindtoets (2 EC)
(combineren met andere CT-minoren)

Planning colleges en werkcolleges

Thema	vakcode	titel	EC	docent	cursusmateriaal
onderspannen ligger van hout CT3250	CT3250	Metten van houteigenschappen	0.5	De Vries	werkcollege
	CT3230	Composietdoorsneden	1.5	Welleman	dictaat
	CT3230	Wringing en kip van liggers	1	Hoogenboom	dictaat
	CT3170	Metten van fysische grootheden	0.5	Bakker	powerpoint
wandligger van gewapend beton CT3260	CT3230	Introductie bezwijkanalyse	1	Welleman	dictaat
	CT3230	Vakwerkanalogie	0.5	Van der Marel	dictaat
	CT3260	EEM voor wanden	0.5	Hendriks	werkcollege
	CT3260	Wapenen op basis van lineair elastische spanningen	0.3	Hoogenboom	sheets
	CT3260	Apparatuur in het Stevinlab.	0.5	Kolstein	powerpoint
	CT3170	Scheidingstechnieken beton	1	Bakker	dictaat
metselwerk boog CT3280	CT3170	Productie van gerecycled beton	0.5	Rem	werkcollege
	CT3240	Boogtheorie	0.5	Welleman	boek Bouwma
	CT3240	Analyse van bogen met Maple	0.5	Welleman	werkcollege
	CT3240	Constructief metselwerk	1	Pasterkamp	powerpoint
tensegrity toren van aluminium CT3270	CT3280	Demonstratie metselen	0.3		gastcollege
	CT3240	Mechanica van tensegrity	1	Borgart	werkcollege
	CT3270	Verbinden van membranen	0.5	...	gastcollege
	CT3270	Tensegrity in de architectuur	0.2	Hobbelman	powerpoint
spant van glas CT3290	CT3240	Glas als constructiemateriaal	1	Veer	
	CT3290	Bewerken van glas	1		werkcollege
		TOTAAL	13.5		

Rooster en tentaminering

De hoorcolleges en werkcolleges zijn gepland op maandagmiddag (2 uur) en donderdagmiddag (4 uur). Tentamens zijn gepland in de tentamenweek van periode 1 (CT3230) en de tentamenweek van onderwijsperiode 2 (CT3240). Overlap met andere minoren zijn aangegeven met CT3160 en worden getentamineerd op de daarvoor aanwezige roostermomenten.

Verantwoording bronnen van vakken gegeven door docenten Civiele Techniek

Vak	bron
Metten van houteigenschappen	Onderdeel van het vak wat is gegeven werd in ...
Composietdoorsneden	Onderdeel van CT3109 ConstructieMechanica 4
Wringing en kip van liggers	Onderdeel van het oude vak Elasticiteitstheorie wat nu niet meer gegeven wordt
Metten van fysische grootheden	Onderdeel van een vak bij de faculteit L&R
Introductie bezwijkanalyse	Onderdeel van CT3109 ConstructieMechanica 4
Vakwerkanalogie	Onderdeel van de MSEng-cursus van de Betonvereniging
EEM voor wanden	Uitgewerkt voorbeelden van SCIA Engineer
Wapenen op basis van lineair elastische spanningen	Onderdeel van de PMSE-cursus (vak materiaalmodellen) van de betonvereniging
Apparatuur in het Stevinlab.	Bestaande presentatie voor gasten
Scheidingstechnieken beton	Onderdeel van het vak CT3160 welke ook onderdeel is van andere minoren.
Boogtheorie	Ongebruikt deel van het boek Bouma, "Elasto-statica van slanke structuren"
Analyse van bogen met Maple	Bestaande cursus voor ingenieurs
Constructief metselwerk	Bestaande documentatie

3 Inhoudelijke beschrijving van de thema's

De thema's zullen verder worden uitgewerkt. Het onderwijs dat parallel aan de thema's wordt gegeven zal worden gespecificeerd.

Opdracht 1 Onderspannen ligger van hout

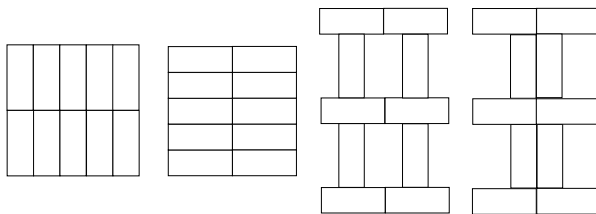
Ontwerp en bouw met de ter beschikking gestelde onderdelen een onderspannen houten ligger met een samengestelde doorsnede, die bij belasten in een vierpuntsbuigopstelling een zo hoog mogelijke stijfheid heeft (fig. 5 en 6). Maak een ontwerp waarbij de belasting op de ligger zowel naar boven als naar beneden gericht kan zijn. Voorspel de stijfheid van de ligger als functie van de belasting. Doe tevens een voorspelling van de bezwijkbelasting van de ligger. Het oppervlak dat kan worden verlijmd wordt begrensd tot ...mm² (! Moeilijk te controleren). Het opspanmechanisme moet zelf worden ontworpen en gebouwd.

Materialen

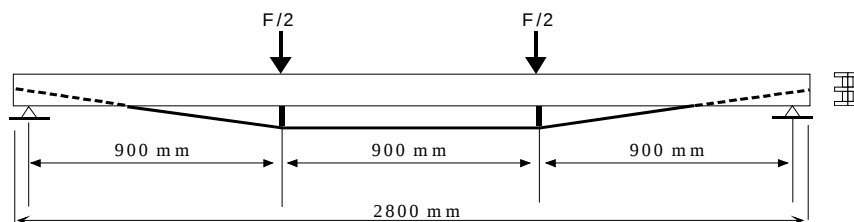
- Planken (lamellen)
- Lijm
- Staalkabel, kabelklemmen, opspanmechanisme
- Stalen hulpmiddelen voor verankering kabel aan ligger

Bewerkingshulpmiddelen / noodzakelijke ondersteuning

- Algemeen klein handgereedschap, houtbewerkingsgereedschap
- Lijmklemmen, hulpmiddelen t.b.v. maken samengestelde doorsnede
- Handboormachine
- Specifieke hulpmiddelen / ondersteuning voor de bewerking van kabels en andere stalen onderdelen (boormachine, lasapparatuur)



Figuur 5. Voorbeelden van mogelijke doorsneden op basis van 10 lamellen



Figuur 6. Principetekening van de te ontwerpen ligger (alleen voor het aangeven van de belasting)

In principe hebben alle lamellen een verschillende stijfheid. De lamellen kunnen op basis van visuele sorteercriteria worden ingedeeld in sterkteklassen C18, C24 of C30. Een sterkteklasse beschrijft onder andere de stijfheid evenwijdig aan de vezel. Er is een proefopstelling beschikbaar om de buigstijfheid van de lamellen te bepalen. Beoordeel of de visuele selectie geschikt is om een bruikbare waarde voor de stijfheid te bepalen of dat beproeving noodzakelijk is om hierover iets te kunnen zeggen. De stijfheid van het kabelmateriaal kan worden berekend of door beproeving worden vastgesteld. Er is proefopstelling beschikbaar om de stijfheid van het kabelmateriaal te bepalen. Er is een proefopstelling beschikbaar om de capaciteit van de kabelverbinding te beproeven.

Hulpmiddelen

- 4-punts buigbank voor beproeven elasticiteitsmodulus lamellen
- MTG timber grader om sterkte klasse van lamellen te voorspellen
- trekbank voor beproeven rekstijfheid kabel
- trekbank voor beproeven capaciteit kabelklemmen

Bij de beproeving zal de doorbuiging worden geregistreerd met meerdere verplaatsingsopnemers de doorbuiging van de ligger.

Hulpmiddelen

- 4-punts-buigbank
- drukdoos (het registreren van de kracht)
- stalen hulpstukken voor de opleggingen
- verplaatsingsopnemers
- meet-pc met meetsoftware om de meetkanalen (drukdoos, verplaatsingsopnemers) te scannen en resultaten weg te schrijven

Naslagwerken, theorie, hulpmiddelen

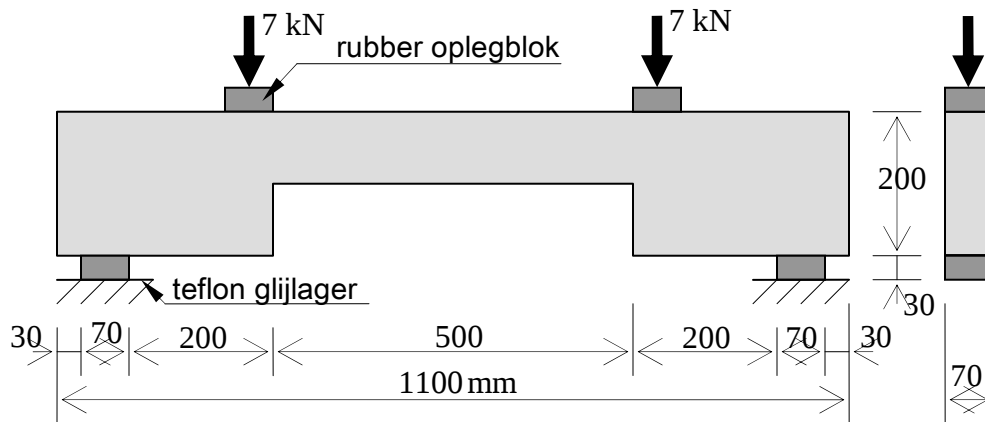
- mechanica CT2031, vergeet-mij-nietjes
- collegedictaat CT2052 Constructieve Veiligheid, deel Hout. Sterkteklassetabellen
- STEP1 dictaat, hoofdstukken A8 (gelamineerd hout), B11(samengestelde liggers)
- Toegepaste mechanica deel 1, blz 174 ev. deel 3: blz 58 ev. ('versterkte liggers')
- Toetsing ontwerp m.b.v. Matrixframe

Het eindrapport dient tenminste de volgende onderdelen te hebben.

- Berekenen en beproeven van de stijfheden en sterkten van de onderdelen
- Berekenen van de stijfheden en sterkten van de verbindingen
- Ontwerpoverwegingen
- Mechanicamodellen en rekenresultaten
- Bezwijkmechanismen
- Uiteindelijke ontwerp
- Foto's van het bouwproces
- Berekende en gemeten last-verplaatsingsdiagrammen
- Berekende en gemeten capaciteiten
- Karakteristieke momenten tijdens het proefbelasten
- Foto van de bezwiken ligger

Opdracht 2 Wandligger van gewapend beton

Ontwerp wapening voor de betonnen wandligger getekend in figuur 7 en voer het ontwerp uit. Het doel is om een zo hoog mogelijke verhouding capaciteit/wapeningsgewicht te bereiken. De liggers van de teams zullen gezamenlijk worden beproefd.



Figuur 7. Wandligger, afmetingen oplegging en belasting

Specificaties

- Ontwerpcapaciteit 7 kN
- Dekking 8 mm
- Wapeningsdiameter 3 mm en 4 mm
- Wapeningstreksterkte 34 kN, 45 kN resp.
- Ander wapeningsstaal is niet toegestaan.
- Betondruksterkte ten minste 30 N/mm²
- Grootste korreldiameter 3 mm

Geen eisen worden gesteld aan de bruikbaarheidsgrenstoestand of praktische uitvoerbaarheid van de wapeningskorf. Voor het storten van beton worden de wapeningskorven gewogen. Alle liggers worden op één dag gestort. Het beton wordt gemaakt door een laborant. Twee weken na het storten worden alle liggers ontkist en op één dag beproefd. Een week na de beproevingen moet een rapport worden ingeleverd met tekeningen, berekeningen, foto's en een evaluatie.

Opdracht 3 Tensegrity toren

Ontwerp en bouw een tensegrity toren van aluminium drukstaven en staalkabels. De aluminium staven mogen niet met elkaar in contact komen. De toren moet een hoogte hebben van 10 m. De totale lengte van de aluminium staven is begrensd tot 20 m. De toren moet een krat met een massa van 50 kg (TU-dictaten) kunnen dragen. De laagste eigenfrequentie van de toren met belasting moet zo groot mogelijk zijn. Nadere invulling is in gang gezet, beschrijving volgt nog.

Opdracht 4 Boog van metselwerk

Ontwerp en metsel een boog van bakstenen. Nadere invulling is in gang gezet, beschrijving volgt nog.

Opdracht 5 Spant van glas

Ontwerp en lijm een spant van glazen stroken. Nadere invulling is in gang gezet, beschrijving volgt nog.

4 Budget voor begeleiden experimenten

Verondersteld wordt dat zich 20 studenten inschrijven en de minor voltooien. Het beschikbare budget voor de experimenten en numerieke ondersteuning is derhalve 20 studenten x 20 EC x 120 euro/EC/student = 48 000 euro.

De studenten werken in kleine groepjes. Als er zich 20 studenten inschrijven kunnen 7 teams worden gevormd. Deze hebben elk een werkplek nodig van ongeveer 10 m² plus een tafel. Bij een groter aantal aanmeldingen dan 20 is mogelijk onvoldoende ruimte beschikbaar op de werkvoer van het laboratorium. Dan moeten werkplekken worden gecreëerd in bijvoorbeeld de kelder van het Stevinlaboratorium en in de kelder van het onderwijsgebouw. De werkplekken zullen wellicht niet gedurende de hele periode van een half jaar bezet zijn omdat een deel van de opbouw elders plaats vindt. (Gedacht wordt aan het grasveld achter het Stevin-laboratorium en het nieuwe Science Center van de TU Delft.) Geschat wordt dat de werkplekken nodig zijn voor 5 maanden. De geschatte kosten voor werkplekken is 140 euro/m²/jaar. De werkplekkosten worden hiermee $7 \times 10 \times 140 \times 5/12 = 4\,000$ euro. Verwacht wordt dat geen kosten in rekening gebracht zullen worden voor computerwerkplekken voor de numerieke analyses.

Op een aantal dagen is assistentie van een laborant nodig voor het voorbereiden en uitvoeren van de experimenten. Het aantal lab-dagen wordt geschat op 14. Het interntarief voor laboranten is 90 euro/uur. De ondersteuningskosten zijn derhalve $14 \times 8 \times 90 = 10\,000$ euro. Om stafinzet zoveel mogelijk te beperken zullen studenten zelf ook verantwoordelijk moeten worden gemaakt voor een ordentelijk labproces. Per groep zal één student worden aangewezen voor de coördinatie naar de labondersteuning. De wijze waarop deze taken worden uitgevoerd door de groepen zullen worden meegewogen in de beoordeling. Op deze manier moet een procesgang worden bewerkstelligd die voldoet aan de veiligheids- en ARBO-eisen van het lab in combinatie met een zo efficiënt mogelijke inzet van de staf. De coördinerend-student zal vragen van de studenten aan de laborant afhandelen, zal de laborant helpen bij het voorbereiden van de experimenten (bijvoorbeeld mengen en storten van beton). Op deze manier wordt de belasting op de laborant tot een minimum beperkt. Bij iedere ontwerpopdracht worden andere laboratoriumcoördinatoren aangesteld. De omvang van de proefstukken is zodanig dat deze met de hand naar de testapparatuur kunnen worden gedragen.

Een aantal dagen zal vloerruimte en apparatuur in het Stevin Lab in beslag genomen worden door testopstellingen. De kosten hiervoor zijn begroot op 8 000 euro.

Een budget zal ook nodig zijn voor benodigde materialen, hulpmaterialen en gereedschappen (geschat 8 000 euro). Verwacht wordt dat hiervoor sponsoring van bedrijven kan worden verworven. In overleg met de labondersteuning kunnen studenten ook (op eigen risico) hun eigen gereedschap meenemen. Werkkleding wordt sterk aanbevolen.

Ondersteuning zal nodig zijn om de hulpmaterialen voor te bewerken. Bijvoorbeeld het machinaal zagen van bekistingplaten in stroken, of het bouwen van de stalen metselframes voor de bogen, of het verplaatsen van materialen naar een opslagplaats. Hiervoor is 8 000 euro gereserveerd.

Een aantal docenten zal tijd besteden aan het voorbereiden, begeleiden en beoordelen van de opdrachten. Bij elk van de 5 opdrachten zijn 2 docenten betrokken. Voor voorbereiding en sponsorwerving van een opdracht zijn 6 dagen beschikbaar. Voor begeleiding zijn 6 dagen begroot. Voor beoordeling is 1 dag begroot. Het intern-uurtarief voor een docent is 115 euro/uur. De docentkosten zijn derhalve $5 \times 2 \times (6 + 6 + 1) \times 8 \times 115 = 12\,000$ euro.

Het budget is te beperkt om nieuwe opdrachten te ontwikkelen. Het is de bedoeling om de studenten dit zelf te laten doen. Bijvoorbeeld de materialen nodig voor de tensegrity opdracht kunnen ieder jaar worden hergebruikt mits de verbindingen hiervoor geschikt zijn. De studenten kunnen worden opgedragen om een herbruikbare verbinding te ontwerpen. Een enkele groep zal hierin slagen en dit verbindingso ontwerp kan het volgende jaar worden voorgeschreven.

Een aantal docenten zal tijd besteden aan werkcolleges en assistentie bij de numerieke analyse. Hiervoor is 6 000 euro gereserveerd.

De inloopwerkplaats (ruimte met draaibanken in het zuiden van Stevin II) is tegenwoordig eigendom van de faculteit Bouwkunde. Als hiervan gebruik gemaakt gaat worden moeten afspraken worden gemaakt.

5 Veiligheid

Om ongelukken te voorkomen mogen de studenten de testapparaten en kranen niet zelf gebruiken. Niettemin zullen we voorbereid moeten zijn op ongelukken. Iemand met EHBO-training in de buurt is nodig. Verzekering en aansprakelijkheid moet worden onderzocht.