



Over de totstandkoming van
de buitenkachellijn voor de
'hogere', design-georiënteerde
doelgroep

Bachelor Eindopdracht

Een moderne buitenkachellijn
voor het bedrijf Esschert
Design BV

-BIJLAGENPAKKET-

Remco Reuvers (S1006223)
24-03-2013

Inhoudsopgave

Dit bijlagenpakket is op onderwerp samengesteld. De bijlagen bestaan uit bronnen van het internet (van documenten) en uit eigen gemaakte afbeeldingen (tekeningen, renders, schetsen etc.). De bronvermelding staat vermeld op de pagina waar de bron ophoudt. Er is dus geen aparte bladzijde opgenomen in dit bijlagenpakket waar de bronnen vermeld staan.

Bijlagen:

- I Trek & Verbranding**
- II Staalinformatie**
- III Mechanische verbindingen**
- IV Buigen**
- V Schetsen**
- VI Drawings**
- VII Analyses**
- VIII Assemblage**

De bijlagen zijn wel in hoofdstukken verdeeld, maar hebben geen bladzijdenummers. Dit komt doordat een groot aantal bijlagen een eigen bladzijdeaanduiding hebben.

Bijlage I

“Trek & Verbranding”



Schoorstenen en trek – Problemen en oplossingen

De belangrijkste functies van een schoorsteen zijn:

- Voor trek zorgen, zodat de verbranding goed verloopt
- Rookgassen uit het gebouw voeren

Een goede trek is van essentieel belang voor een goede verbranding. Wij beschouwen onder normale omstandigheden 10-20 Pa (1-2 mm VC) als een goede trek. De schoorsteen zorgt voor de trek, niet het apparaat.

De bouw van de schoorsteen is van essentieel belang voor de trek:

- Een hoge schoorsteen trekt meer. Als de trek niet voldoende is, volstaat het soms om de schoorsteen hoger te maken.
- De diameter van de schoorsteen mag nooit kleiner zijn dan de diameter van de afvoeraansluiting van het apparaat.
- Een schoorsteen met een ronde inzetpijp geeft normaal gesproken een betere trek dan een met een vierkante.
- Het gebruik van bochtstukken in de inzetpijp verkleint de trek. Als er bochtstukken moeten worden gebruikt heeft 2 x 45° de voorkeur boven 1 x 90°.

De toevoer van verbrandingslucht is van essentieel belang voor de trek

- Een open haard heeft ongeveer 300 m³ lucht per uur nodig, een 'dichte' haard ongeveer 30 m³ per uur.
- Een keukenventilator of afzuigkap zuigt veel meer lucht aan dan een schoorsteen. Dit kan leiden tot terugslag.
- Bij terugslag komt er rook in de kamer.

Wanneer het apparaat direct in contact staat met de open lucht is er altijd genoeg verbrandingslucht

Invloed van de wind

De trek kan worden verstoord door:

- Hoge bomen
- Kliffen
- Hoge gebouwen

Dit probleem kan meestal worden opgelost door de schoorsteen hoger te maken. In extreme gevallen moet er een afzuigventilator worden geïnstalleerd. Met een trekregelaar kan de trek van de schoorsteen worden gestabiliseerd.

Trek is niet meer dan de stijging van warme lucht

Bij hoge temperaturen levert de schoorsteen een sterke trek. De beste resultaten worden bereikt wanneer de hoogte en diameter van de schoorsteen zijn afgestemd op het gebruikte apparaat. Als de trek te sterk is, kan de hitte te snel de schoorsteen in worden gezogen. Een te sterke trek kan worden bijgesteld met keerkleppen, trekregelaars (inzetpijp of schoorsteen) of restrictors. Het gebruik van meerdere bochtstukken in de inzetpijp verkleint de trek.

Houtkachels – Problemen en oplossingen

De grootte is wel degelijk van belang

Een te grote kachel kan de klant problemen met creosoot en rook opleveren, terwijl een te kleine kachel soms te intensief wordt gebruikt, wat leidt tot kromgetrokken en gebarsten onderdelen en een zeer ontevreden klant.

Waar wordt de kachel voor gebruikt?

- Warmtebron?
- Decoratief meubel?
- Voornaamste of extra warmtebron?

De klant heeft niets aan een te grote kachel.

De klant zal een te grote kachel niet van genoeg lucht kunnen voorzien, wat leidt tot een hoop rook, roet, teer en as. Bij een dergelijk gebruik zal het glas altijd donker gekleurd zijn.

De klant heeft evenmin iets aan een te kleine kachel

De klant zal proberen meer warmte uit de kachel te halen dan deze kan leveren, zodat deze te intensief wordt gestookt. Het gevolg is gebarsten en kromgetrokken onderdelen die niet worden gedekt door de garantie van Jøtul (branderplaten, keerplaten, etc.).

Het vuur komt slecht op gang – mogelijke oorzaken

- **Niet genoeg lucht:** Open de ventilatiesleuven. Soms moet het deurtje ongeveer 1 cm open blijven staan. Controleer of de keerklep open staat. Ook kunt u ook de aslade openschuiven.
- **Slecht aanmaakhout:** Gebruik eerst kleine stukjes gespleten brandhout in combinatie met proppen krantenpapier en voeg daar later pas grotere stukken aan toe. Denk eraan: hoe kleiner en droger hoe beter.
- **Terugslag / koude schoorsteen:** Verwarm de schoorsteen door een stuk krantenpapier op te rollen tot een fakkel en deze in de kachel te houden totdat de trek de juiste kant op gaat.

Rook in de kamer – mogelijke oorzaken

- **Kwaliteit van het hout:** Vochtig hout kan meer rook veroorzaken dan de schoorsteen kan afvoeren
- **Luchtsystemen,** zoals airconditioning of afzuiginstallaties in badkamers of keukens, betrekken mogelijk hun lucht uit de schoorsteen (terugslag). In dat geval moet u buitenlucht naar de haard voeren.
- **Verkeerd gebruik:** Zet altijd de keerklep en hoofdlichtregelaar open voordat u de haard opnieuw vult. Doe het deurtje langzaam open.
- **Inzetpijpen:** Denk eraan dat bochtstukken (van 90 graden) en lange horizontale inzetpijpen de trek verminderen.
- **Een te korte schoorsteen** levert niet genoeg trek voor de haard.
- **Een te koude schoorsteen** kan ervoor zorgen dat er helemaal geen trek is, of zelfs terugslag.
- **Inzetpijpen** moeten op de juiste manier met de haard en de schoorsteen worden verbonden en de juiste afmetingen hebben.
- **Een geblokkeerde schoorsteen** kan worden veroorzaakt door een vogelnest, roet of teer.

Een te korte brandtijd – mogelijke oorzaken

- **Het hout:** Grote stukken branden langer dan kleine. Gebruik hard hout dat in stukken is gehakt, gespleten is en ongeveer 12 maanden op een droge plek is bewaard.
- **Een te sterke trek door de schoorsteen** kan een volledige verbranding tegengaan.
- **Verkeerd gebruik:** De hoofdlichtregelaar moet langzaam naar de gesloten positie worden geschoven, en geheel worden gesloten wanneer het vuur eenmaal brandt

Gebruik de haard niet gedurende langere tijd met het deurtje van de aslade open – dat leidt tot een te hoge temperatuur.

Gassen ontbranden ploffend – mogelijke oorzaken

- Het sluiten van de luchtregelaar bij het vullen van de verbrandingskamer. Soms moet u eerst ongeveer een kwartier wachten alvorens de luchtregelaar te sluiten.
- De secundaire luchttoevoer zit wellicht verstopt met roet en teer.
- Vochtig hout vraagt om enorme hoeveelheden energie, omdat het eerst moet uitdrogen alvorens te kunnen branden. De hierbij ontstane rookgassen kunnen ontploffen en een explosie in de verbrandingskamer veroorzaken.
- Onvoldoende trek.

Onregelmatige (te intensieve) verbranding

- Slechte afdichtingen
- De brandstof. Verbrand nooit oude pallets, spaanplaat, afval of met was bedekte materialen.
- Teveel trek in de schoorsteen. Gebruik een keerklep of trekregelaar om de trek te verminderen.

Weinig warmte

Als klanten klagen over een te lage warmteafgifte is de oorzaak daarvoor meestal:

- De kwaliteit van het hout
- De trek in de schoorsteen
- Verkeerd gebruik
- De bouw van het huis (isolatie, hoogte van het dak, etc.)
- Een te kleine kachel

Als het hout langzaam, bij een lage temperatuur verbrandt, ontstaan daarbij teer en andere organische dampen die – in combinatie met vocht – leiden tot de vorming van creosoot. Deze creosoot blijft aan de binnenkant van de schoorsteen plakken.

Creosoot is dé brandstof voor schoorsteenbranden.

Een teveel aan creosoot kan worden veroorzaakt door:

- De kwaliteit en grootte van het gebruikte hout
- De trek in de schoorsteen
- Verkeerd gebruik
- De grootte van de kachel (een te lage bedrijfstemperatuur)

<http://www.jotul.com/nl/wwwjotulnl/Main-Menu/Informatie-en-goed-advies/Schoorstenen-en-trek-/>



Efficiënt gebruik / Warmteafgifte

Wat is een goede verwarmingskachel?

- Een langzame verbrandingskachel met een beheerst vuur.
- Een goede haard of kachel houdt de warmte vast in plaats van deze via de schoorsteen te laten wegvliegen.
- Technisch gesproken is een langzame verbrandingskachel zowel een verbrandingskamer als een warmtewisselaar.
- Het hout wordt efficiënt verbrand, zodat de warmte het huis verwarmt.

Hoe groot moet mijn kachel of haard zijn?

Dat is afhankelijk van:

- De grootte van uw huis of kamer
- De isolatie van uw huis
- De architectuur van uw huis
- Of het u om de vlammen of om de warmte gaat

De Europese vuistregel is 60-70 Watt per vierkante meter bij een plafondhoogte (gemeten vanaf de vloer) van 2,4^m

Efficiënt gebruik

De belangrijkste factoren die van belang zijn voor een efficiënt gebruik zijn:

- De luchtdichtheid van de kachel
- De grootte van het stralingsoppervlak
- De gebruikte soort hout, en hoe droog dit is
- De isolatie van het huis
- De manier waarop de kachel wordt afgeregeld

In een efficiënte kachel brandt het hout langzaam op, in plaats van in één keer. De verbranding wordt geregeld door de toevoer van lucht naar de verbrandingskamer correct af te stellen.

Hout brandt in drie stappen:

- Water verdampt
- Hout verandert in houtskool en gassen
- Het houtskool verbrandt

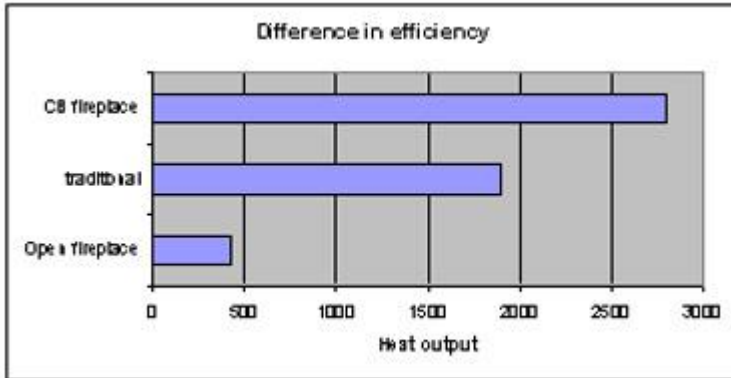
De meeste kachels laten de gassen onverbrand via de schoorsteen ontsnappen. Deze gassen vertegenwoordigen soms wel 60% van de potentiële warmte die het hout kan leveren. Om dit te voorkomen, moeten de gassen in de kachel met zuurstof worden vermengd bij een temperatuur van ten minste 350 tot 600°C.

Sommige kachels zijn zodanig vormgegeven dat extra lucht naar de verbrandingsoven wordt gevoerd om gassen en deeltjes te verbranden die normaal gesproken onverbrand via de schoorsteen ontsnappen. Hierdoor neemt de efficiëntie van de kachel sterk toe.

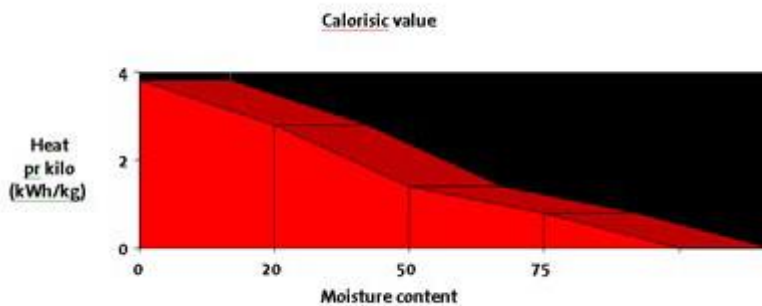
Een langzame verbrandingskachel wordt normaal gesproken hoofdzakelijk aangedreven door lucht. Door extra lucht te gebruiken worden gassen en deeltjes bij een lagere temperatuur in de verbrandingskamer verbrand. Deze technologie, die 'schone verbranding' wordt genoemd, vergroot de efficiëntie met bijna 40%.

Voor een efficiënte verbranding moet het hout droog zijn. Vochtig hout genereert niet alleen minder energie, maar zorgt door onvolledige verbranding tevens voor de vorming van creosoot in de schoorsteen.

- 1 kg hout bevat ongeveer 3800 W aan energie (bij 100% efficiënte verbranding)
- 1 kg hout levert ongeveer 420 W (bij 12% efficiënte verbranding) in een open haard
- 1 kg hout levert ongeveer 1900 W (bij 50 % efficiënte verbranding) in een traditionele haard
- 1 kg hout levert ongeveer 2800 W (bij 75 % efficiënte verbranding) in een haard met schone verbranding.

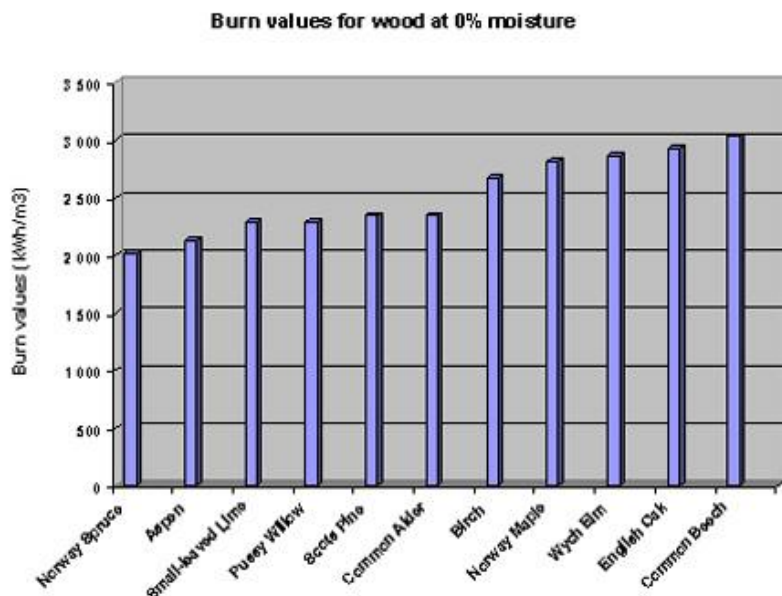


Hoeveel energie u uit uw brandstof haalt, is afhankelijk van het vochtgehalte. Het ideale vochtgehalte voor brandstof bedraagt 20%, wat ongeveer 2800 W per kg oplevert bij een 75% efficiënte verbranding.



Calorische waarde Warmte per kilo (kWh/kg)

Verbrandingswaarden voor hout bij 0% vocht



<http://www.iotul.com/nl/wwwiotulnl/Main-Menu/Informatie-en-goed-advies/Efficient-gebruik--Warmteafgifte/>

Trek (schoorsteen)

Trek, ook wel schoorsteeneffect genoemd, is het natuurkundige effect dat een gas of een vloeistof in verticale richting beweegt onder invloed van warmte of een andere oorzaak van dichtheidsverschil. Dit effect is met name bekend van schoorstenen, maar het kan ook zonder schoorsteen optreden. Een schoorsteen is in staat het effect te versterken, doordat er geen horizontale menging kan optreden.

Natuurkundige verklaring van het mechanisme

Het effect van trek in een schoorsteen: de meters geven de druk weer en de luchtstroom is aangeduid met grijze pijlen.

Trek ontstaat doordat er een verschil in dichtheid is tussen de ruimte in de schoorsteen en de ruimte daarbuiten. Door dit verschil in dichtheid ontstaat een drukverschil (ΔP), dat de drijvende kracht is van de trek. Zolang het verschil in dichtheid wordt gehandhaafd zal ook de trek blijven bestaan.

Meestal wordt het verschil in dichtheid veroorzaakt door warmte: door de warmte zet het gas uit en de dichtheid neemt af. Hieruit volgt logischerwijs dat er ook trek in omgekeerde richting ('negatieve trek') mogelijk is, als het gas in de schoorsteen kouder is dan in de omgeving. Drukverschillen bij gasen kunnen ook ontstaan door een verschil in opgeloste vloeistof, bijvoorbeeld waterdamp.

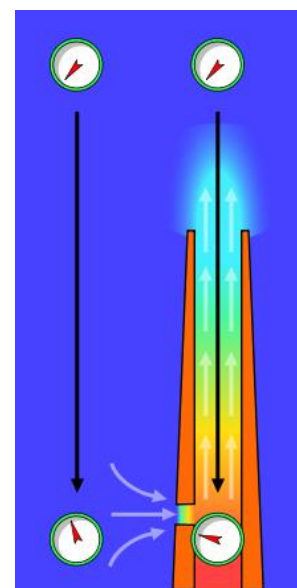
Net als bij gasen is dit effect ook mogelijk bij vloeistoffen. Ook daarvan neemt de dichtheid (meestal) af bij verhitting. En ook bij vloeistoffen zijn niet-thermische oorzaken van trek mogelijk, bijvoorbeeld door opgeloste zouten of gasen.

Bij trek die wordt veroorzaakt door verhitte lucht in een schoorsteen, bij atmosferische druk, kan het door trek

$$\Delta P = 3465 h \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right)$$

veroorzaakte drukverschil als volgt worden berekend:

ΔP = door de trek veroorzaakt drukverschil, in Pascal (Pa)



h = hoogte van de schoorsteen, in meter

T_o = temperatuur buiten de schoorsteen, in Kelvin (K)

T_i = temperatuur binnen de schoorsteen, in K

Deze berekening klopt alleen als de temperatuur binnen de schoorsteen homogeen is (wat zelden het geval is), als zich binnen en buiten hetzelfde gas bevindt en als er alleen openingen zijn aan de onder- en bovenzijde van de schoorsteen.

Een schoorsteen is de bekendste situatie. De trek wordt hier in stand gehouden doordat er continu warmte wordt toegevoegd. Meestal gebeurt dat door een verbrandingsproces in een oven onderaan de schoorsteen, maar bij een zonnetoren wordt hiervoor de hitte van de zon gebruikt.

Een koeltoren is feitelijk een brede schoorsteen en maakt van trek gebruik om water te koelen. De energiebron is hier de afvalwarmte van bijvoorbeeld een elektriciteitscentrale.

Ook in een gebouw dat verwarmd wordt en waarbij ramen, deuren of ventilatieroosters open staan, ontstaat trek. Dit kan - mits slim toegepast - zorgen voor natuurlijke ventilatie.

Bij gebouwen die gekoeld worden - in het bijzonder hoge kantoorgebouwen in warme streken met airconditioning - kan een neerwaartse trek ontstaan. De koeling is hiervan dus de energiebron. Zelfs zonder dat er actief gekoeld wordt kan deze neerwaartse trek in stand gehouden worden, doordat buiten de zon schijnt en binnen schaduw is.

Op de zeebodem waar vulkanische activiteit heerst, ontstaat trek in natuurlijke schoorstenen, zogenaamde 'black smokers'. Zeer heet water dat uit de bodem ontsnapt is lichter dan het omringende water en trekt dus omhoog. Vulkanische hitte is hier de energiebron.

Ook opgeloste gassen kunnen als energiebron dienen voor trek. Een illustratief voorbeeld is het ontgassen van meren waar in de diepte grote hoeveelheden koolstofdioxide zijn opgelost. Door hierin een buis te steken en kortdurend water omhoog te pompen, ontsnappen gasbellen uit het water waardoor de dichtheid afneemt en de trek in stand wordt gehouden. Voor meer informatie hierover, lees het artikel 'limnische uitbarsting'.

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Trek_\(schoorsteen\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Trek_(schoorsteen))

Bijlage II

“Staal- informatie”

Weervast Staal

De goede weerstand tegen corrosie van de weervaste staalkwaliteiten berust op de vorming van een goed hechtende vrij passieve en dichte oppervlaktelaag, die het basismateriaal beschermt tegen aantasting. De vorming van de beschermende laag vindt plaats onder normale atmosferische omstandigheden. Voorwaarde hierbij is dat de onderdelen afwisselend droog en nat zijn. Bij constructies moet hiermee rekening worden gehouden. Dode hoeken waarin water kan blijven staan moeten vermeden worden, omdat onderdelen die niet kunnen drogen nagenoeg even snel aangetast zullen worden als ongelegeerd staal.

In de groep weervaste staalkwaliteiten is een aantal typen te onderscheiden: een op S235JR geënt type, S235JOW, het oorspronkelijke CorTen, nu bekend als CorTen A op basis van CrCuP en het later ontwikkelde type CorTen B. Beide laatstgenoemde kwaliteiten hebben mechanische eigenschappen overeenkomend met S355. De verwerkbaarheid van de weervaste staalkwaliteiten (buigen, verspanen en dergelijke) is vergelijkbaar met de overeenkomstige ongelegeerde constructiestalen. Worden speciale eisen gesteld aan bijvoorbeeld de buigbaarheid, dan moet dit bij de bestelling worden opgegeven.

Kwaliteit: CorTen A

Ten aanzien van de weerstand tegen atmosferische corrosie is CorTen A de nummer één onder de weervaste staalkwaliteiten. De goede weerstand van CorTen A wordt met name bereikt door het hoge fosforgehalte.

Toepassingen	: kunstwerken, schoorstenen, gevelbekleding, warmtewisselaars
Lasbaarheid	: lasbaar met alle gangbare lasmethoden
Lastoevoegmaterialen	: een overzicht van de lastoevoegmaterialen voor deze kwaliteit staat in onderstaande tabellen
Warmtebehandelingen	
normaal gloeien	: 840 - 950 °C
spanningsarm gloeien	: 550 - 600 °C

Staalplaten CorTen A

Warmgewalst

Kwaliteit	: volgens fabrieksspecificaties
Toleranties	: volgens EN 10051
Werkstoffnummer	: 1.8962

- Leverbaar met certificaat 3.1 volgens EN 10204.
- De technische gegevens van deze kwaliteit staan in de onderste tabellen

Gebruikelijke voorraadsafmetingen. Andere afmetingen en/of kwaliteiten op aanvraag.

Staalplaten CorTen A zetkwaliteit

Koudgewalst, licht geolied

Kwaliteit : volgens
fabrieksspecificaties

Toleranties : volgens EN 10131

Werkstoffnummer : 1.8962

- Leverbaar met certificaat 3.1 volgens EN 10204.
- De technische gegevens van deze kwaliteit staan in de onderste tabellen.

Gebruikelijke voorraadsafmetingen. Andere afmetingen en/of kwaliteiten op aanvraag.

Kwaliteit: CorTen B

Bij zwaardere constructies en/of lage temperaturen neemt het risico op brosse breuk toe. In deze gevallen zal een wat verminderde weerstand tegen corrosie geaccepteerd moeten worden ten gunste van de betere kerftaaiheid van CorTen B ten opzichte van CorTen A.

Toepassingen : bruggen, hijskranen en vuilniswagens

Lasbaarheid : lasbaar met alle gangbare lasmethoden,
bij zeer dikke delen eventueel voorwarmen

Lastoevoegmaterialen : een overzicht van de lastoevoegmaterialen voor deze kwaliteit staat in tabel [40](#)

Warmtebehandelingen

normaal gloeien : 840 - 950 °C

spanningsarm gloeien : 550 - 600 °C

Staalplaten CorTen B Warmgewalst

Kwaliteit : volgens
fabrieksspecificaties

Toleranties : volgens EN 10029
Klasse A

AWerkstoffnummer : 1.8963

- Leverbaar met certificaat 3.1 volgens EN 10204.
- De technische gegevens van deze kwaliteit staan in onderste tabellen

Kwaliteit: CorTen A

Lastoevoegmateriaal	Volgens	Merknaam
Elektroden	AWS: E 8013-G	HERA HRL gelb
MIG/MAG lasdraden	AWS: ER 805-G	TD Cor

Kwaliteit: CorTen B

Lastoevoegmateriaal	Volgens	Merknaam
Elektroden	AWS: E 8013-G	HERA HRL gelb
MIG/MAG lasdraden	AWS: ER 805-G	TD Cor

Chemische samenstelling van de weervaste constructiestalen

Kwaliteit	CorTen A	CorTen B
% C max.	0,12	0,15
% Si	0,25-0,75	0,30-0,50
% Mn	0,20-0,50	0,90-1,25
% P	0,07-0,15	≤ 0,040
% S max.	0,030	0,030
% Cr	0,50-1,25	0,50-0,65
% Ni max.	0,65	0,40
% V	—	0,02-0,10
% Cu	0,30-0,55	0,30-0,40

Mechanische eigenschappen van de weervaste constructiestalen

Kwaliteit		Treksterkte N/mm ²	Min. rekgrens N/mm ² 1)	Min. rek %	Min. kerfslag- waarde
CorTen A	koudgewalst	≥ 410	275	22	–
	warmgewalst	510-610	355	22	–
CorTen B		510-610	355	22	27 J bij - 20 °C

1) De waarden van de rekgrens zijn die van de 0,2% rekgrens voor materiaal dat geen duidelijk vloeien vertoont en de bovenste vloeigrens voor de andere producten.

http://www.mcbboek.nl/MCB_h01/Technische_gegevens.htm#XREF_10523_Chemische



Corten Steel

Corten steel is an aesthetical paradox, but it is precisely this paradox that makes it so interesting. The intense and iridescent chromatic tonality of its surface is warm and natural on one hand, but severe and purist on the other hand. The same unusual elegance, emphasized by the rust, makes corten steel naturally resistant to aging, atmospheric attacks and vandalistic acts, and therefore it does not require any special maintenance. Today, urban areas are becoming ever more communicative launching a message, and for this reason Metalco has decided to exploit the multiple advantages offered by this singular material, dedicating a new productive expression entirely to the realization of a whole, refined and innovative range of corten steel.

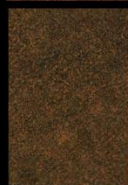
Colouring Process



Shade of the naturally oxidized product after approximately 2 months of natural oxidation.



Shade of the naturally oxidized product after approximately 4/6 months from installation.



Shade of the naturally oxidized product at the end of oxidation approximately 12/18 months from installation.



Shade of the product at the moment of the delivery and unchanged in the passing of time with special "anti-washout" treatment

Maintenance

With time, corten steel can change in tonality and shades, varying according to the position in which the object is installed and to the cycles of sun/rain that it is subjected to.

The natural oxidization of corten steel is considered "stable" when it takes on its definitive dark brown colour, typical of oxidized corten, and it no longer releases rust powder.

The average period of this oxidization phase is approximately 12/18 months. When the furniture is placed on particularly sensitive floors (white marble, etc.), Metalco advises an "anti-washout" treatment that has been especially developed by the company.

Note: When natural products in oxidized corten steel are chosen, i.e. NOT treated with the "anti-washout" treatment, Metalco will not guarantee their products against the releasing of rust in the areas underneath the furniture during the necessary stabilization period of oxidization (12/18 months). "Typical shades of corten steel colour are more visible around the weld areas since the formation of the patina in these parts is slower. THE SHADES OF COLOUR ARE NOT A DEFECT".

For more information call us now on: 01625 855909

www.baileyartform.co.uk

http://www.baileyartform.co.uk/media/Corten_Steel_Data.pdf

COR-TEN staal



Algemeen

COR-TEN staal (meestal corten staal of weervast staal genoemd) is een product van de United States Steel Corporation, dat onder licentie bij staalverwerkende bedrijven te koop is. Het bestaat uit staal met een koper- en nikkellegering. Qua sterkte is het vergelijkbaar met roestvrij staal, en het is ook ongeveer op de zelfde wijze te verwerken. Het verschil zit hem in de buitenkant. Aan de oppervlakte ontstaat na ongeveer een jaar een dunne roestlaag die via oxidatie een verbinding aangaat met de stoffen in het metaal. Dit geeft een afsluitende, goed beschermende laag, de patina. Deze laag biedt voldoende bescherming, en heeft daardoor geen nabehandeling nodig. Dat maakt dat de onderhoudskosten gering zijn. Het metaal zelf roest niet verder, terwijl de patina in de loop der jaren nog wat dieper bruin kleurt. COR-TEN staal wordt daarom veel gebruikt in de scheepsbouw. Ook in de architectuur en in de kunstwereld wordt het gebruikt. Hier spelen niet alleen de sterkte en de onderhoudskosten van het metaal een rol, maar vooral ook het fraaie uiterlijk.

Dat het metaal niet verder doorroest, betekent niet dat bij toepassing buiten de roestvorming helemaal stopt, ook niet bij de nieuwere, verbeterde versies. Er zal altijd met (regen)water wat roest uit kunnen spoelen. Ook kan COR-TEN staal wel degelijk doorroesten op plekken waar langdurig water blijft staan. Dan is het niet duurzamer dan roestvrij staal. Met name de uitspoeling van roestig water, hoe gering ook, maakt dat de populariteit in de bouwwereld wat afneemt. Voor toepassing in de tuin hoeft dit echter geen probleem te zijn. Wordt het gebruikt naast verharding, dan kan tussen het staal en de stenen een smalle strook grind of ander los materiaal aangebracht worden. Door deze strook af en toe te harken verdwijnen de roestsporen uit het zicht. Bij toepassing langs beplanting is dit al helemaal geen probleem. Ook kunnen er, vooruitlopend op het ontstaan van de uitspoelingsvlekken, alvast kunstmatige vlekken op de verharding aangebracht worden, zodat de nieuwe sporen later niet opvallen.

Aanvullende behandeling

Voor de duurzaamheid en de schoonheid van het materiaal is geen nabehandeling nodig. Maar met name voor (kunst)toepassingen binnenshuis wordt het COR-TEN staal toch af en toe behandeld, bijvoorbeeld om de kleur te behouden of te verdiepen of om een glanseffect te bereiken. De behandeling vindt dan plaats nadat de patina zich gevormd heeft.

Roestvorming vindt plaats onder invloed van vocht en licht. Als men de aanwezige kleur wil behouden is het, om dit proces tot stilstand te brengen, niet voldoende om het metaal af te dekken met een transparante laklaag. Het afdekken heeft daarnaast bij toepassing buiten als nadeel dat bij beschadiging van de afdeklaag lucht, vocht en licht alsnog bij het metaal kunnen komen, waardoor de roestvorming op de beschadigde plekken verder zal gaan. Dit kan ongewenste kleurverschillen geven.

Voor wie toch een afschermende laag aan wil brengen volgen hier enkele mogelijkheden.

De eerste methode is 'verven' met Owatrol-olie. Owatrol bevat stoffen die roestvorming tegengaan. Bij het aanbrengen moet er voor opgepast worden dat een goede dekkende laag ontstaat, zonder ingesloten luchtbelletjes of vocht. Het eindresultaat na behandeling is een donker bruine roestkleur. De behandeling moet (afhankelijk van de omstandigheden) om de paar jaar herhaald worden. Owatrol is verkrijgbaar bij de verfspecialzaak. Meer informatie en een overzicht van dealers zijn te vinden op www.owachem.nl. De verduurzamingsproducten kunnen via die website ook online besteld worden.

Wat arbeidsintensiever zijn de methodes waarbij zelf een roestwerend mengsel samengesteld wordt. Zo kan gesprayd worden met een mengsel van 30% lijnzaadolie, verdund met 70% terpentijn, aan te brengen met een (planten)spruit. Door meerdere dunne lagen aan te brengen in plaats van één dikke, wordt voorkomen dat het

metaal kleverig wordt. Het resultaat is een matte afdekking in de originele kleur. De behandeling moet, afhankelijk van de omstandigheden, jaarlijks herhaald. Wordt het mengsel opgespoten terwijl het metaal verhit wordt, dan zou een donkerder en duurzamer afdekking bereikt kunnen worden. Daarbij moet de olie bij het sprayen wel walmen, maar niet gelijk verbranden. Lijn(zaad)olie of vlaszaadolie wordt onder meer gebruikt als basis voor milieuvriendelijke verfsoorten. Deze methode kan ook toegepast worden met andere producten, zoals visolie of bijenwas. Op koud metaal kunnen ze in dunne lagen ingewreven worden. Op warm metaal mogen ze ook weer niet gelijk verbranden. De opgebrachte laag geeft een wat diepere kleur met een zachte glans.

De tuinen van Appeltern

Koudgewalste platen

Kwaliteit :DC 01 volgens EN 10130 (v/h Fe P01)

Tolerantie :Volgens EN 10131

Afmeting in mm	Kg per plaat	0 kg t/m 250 kg D	250 kg t/m 500 kg C	500 kg t/m 1000 kg B	1000 kg of meer A
----------------------	--------------------	----------------------------	------------------------------	-------------------------------	----------------------------

2000 x 1000 x 0,50	8,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 0,75	12,00	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.
2000 x 1000 x 1,00	16,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 1,25	20,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 1,50	24,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 1,75	28,00	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.
2000 x 1000 x 2,00	32,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 2,50	40,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2000 x 1000 x 3,00	48,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 0,75	19,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 1,00	25,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 1,25	31,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 1,50	38,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 1,75	44,00	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.	p.o.a.
2500 x 1250 x 2,00	50,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 2,50	63,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
2500 x 1250 x 3,00	75,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
3000 x 1500 x 1,00	36,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
3000 x 1500 x 1,50	54,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
3000 x 1500 x 2,00	72,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
3000 x 1500 x 2,50	90,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50
3000 x 1500 x 3,00	108,00	€ 187,50	€ 157,50	€ 142,50	€ 127,50

p.o.a. = prijs op aanvraag

Tech-Info-blad nr. **TI.03.16** mei 2003



Bijlage III

“Mechanische Verbindungen”

Mechanische verbindingprocessen voor dunne plaat en buis

In deze publicatie wordt ingegaan op het verbinden van dunne plaat en buis met behulp van diverse mechanische verbindingprocessen. Deze publicatie is er een uit een serie van vijf die naast de algemene publicatie (TI.03.13) tevens drie andere verbindingstechnieken behandelen, zoals lassen (TI.03.14), lijmen (TI.03.15) en solderen (TI.03.17).

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Indeling en kenmerken van mechanische verbindingen	1
3	Kiezen van het juiste verbindingproces	3
4	Construeren met het oog op mechanisch verbinden	3
5	Verbindingsvormen	4
6	Voorbehandeling en voorbewerking van onderdelen	4
7	Nabewerking en nabehandeling na het mechanisch verbinden	5
8	Apparatuur voor mechanisch verbinden	5
9	Mechanisch verbinden van dunne materialen	6
10	Toevoegmaterialen	6
11	Losneembaarheid	6
12	Automatiseren van mechanisch verbinden	7
13	Economische aspecten	7
14	Kwaliteitsaspecten bij mechanisch verbinden	8
15	ARBO en milieu	8

1 Inleiding

Veel mechanische verbindingstechnieken die nu industrieel worden toegepast voor het onderling verbinden van metalen platen, vinden hun oorsprong in de houtbewerking van de afgelopen eeuwen. Uitzonderingen zijn natuurlijk technieken als drukvoegen en felsen; de plastische vervorming die men het materiaal hierbij oplegt, is in hout niet te realiseren.

Mechanische verbindingen worden veel toegepast in bijvoorbeeld de kantoormeubelindustrie, de vliegtuigbouw en de automobiellindustrie.

De groep “mechanische verbindingen” omvat een grote diversiteit aan technieken. Bij deze technieken staat de mechanische bewerking, die nodig is om de verbinding tot stand te brengen, centraal. Bij veel verbindingstypen is het nodig om een gat in het plaatmateriaal aan te brengen. Dit kan gebeuren door middel van boren, laseren (lasersnijden) of ponsen. Het boren van gaten is een relatief goedkope techniek, die echter meer tijd per aan te brengen gat vergt dan beide andere technieken. Na het boren is het vaak van belang de gevormde spaantjes van het plaatmateriaal te verwijderen, omdat deze de kwaliteit en bijvoorbeeld de corrosiebestendigheid van de verbinding negatief beïnvloeden. Een zelfde argumentatie geldt voor het verwijderen van de braam die bij het ponsen van het gat vaak ontstaat. Ponsen geldt ook als een relatief goedkope techniek, dit in tegenstelling tot het lasersnijden van gaten.

De mechanische bewerking die moet worden uitgevoerd, kan dus het aanbrengen van een gat in het plaatmateriaal zijn, het aandraaien van een schroef, bout of moer, het vormen van een felsrand of lip, het plastisch omvormen van het materiaal bij het maken van een drukvoeg of het aanbrengen van een tapdraad in het plaatmateriaal.

Mechanische verbindingen zijn vaak met relatief eenvoudige middelen aan te brengen. Doordat er in de meeste gevallen geen warmte in het materiaal wordt ingebracht, ontstaan er geen thermische restspanningen. Door de krachten die men het materiaal soms oplegt, kunnen er wel blijvende spanningen in het materiaal optreden.

In het verleden lag bij productontwerp de nadruk vaak op het zogenaamde ‘design for assembly’; de laatste

jaren legt men ook steeds meer nadruk op ‘design for disassembly’. Het grote voordeel van mechanische verbindingen is, dat bij veel verbindingstechnieken het geheel losneembaar, en dus te ‘disassembleren’, is.

Hoewel de plaatdiktes die in de (Nederlandse) industrie worden gebruikt zeer uiteenlopen, concentreert deze publicatie zich op plaatmateriaal in het diktegebied van 0,3 tot 3 mm; een werkgebied waarop in de plaatverwerkende industrie grote nadruk ligt.

In het ontwerpstadium wil men kunnen beschikken over richtlijnen voor het maken van keuzen van toe te passen mechanische verbindingstechnieken in afhankelijkheid van de producteisen en toe te passen metalen of combinaties van metalen. Deze publicatie vormt hiertoe een inleiding.

2. Indeling en kenmerken van mechanische verbindingen

Verbindingstechnieken worden normaliter in drie hoofdgroepen ingedeeld, deze zijn het zogenaamde materiaalverbinden, vormverbinden en objectverbinden.

De mechanische verbindingwijzen behoren tot deze laatste twee hoofdgroepen. Vormverbinden is het verbinden van twee of meer elementen, waarbij de verbinding middels de vorm tot stand komt. Voorbeelden hiervan zijn klik- of snapverbindingen, lipverbindingen en felsverbindingen.

Objectverbinden is het verbinden van twee of meer elementen of het aanbrengen van een verbinding- of bevestigingsmogelijkheid met behulp van een object, waarmee met het object wordt bedoeld “het middel waarmee”. Hiertoe behoren bijvoorbeeld schroefverbindingen, bout-moerverbindingen en blindklinknagels.

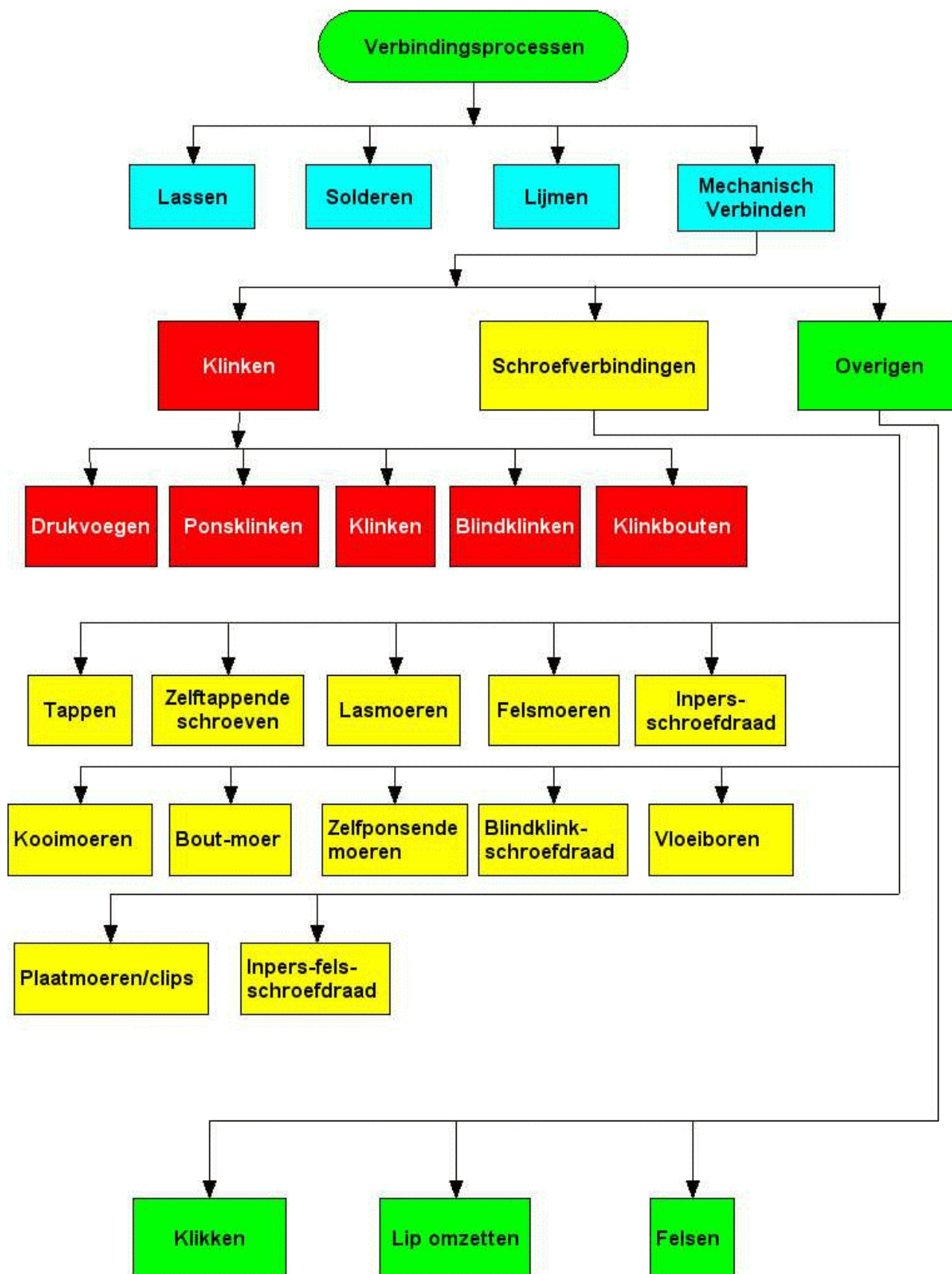
Bij de meeste typen mechanische verbindingen is bij het aanbrengen geen sprake van warmte-inbreng in het materiaal. Zeker bij organisch bekleed materiaal is dit een groot voordeel; hoge temperaturen kunnen de kwaliteit en functionaliteit van de beschermende laag ernstig aantasten. Uitzonderingen zijn de lasmoeren en het vloeiboren.

Bij verschillende mechanische verbindingwijzen is de verbinding blind tot stand te brengen; dit betekent dat het gereedschap het plaatmateriaal slechts aan één zijde hoeft te naderen.

Een nadeel van mechanische verbindingen is hun uiterlijk; de verbinding is altijd zichtbaar. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de bout-moerverbinding.

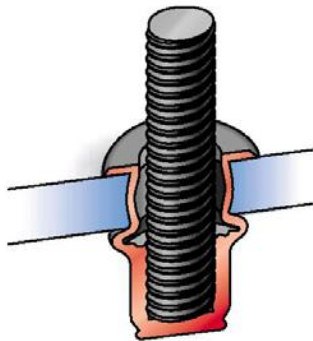
Mechanische verbindingwijzen worden onderverdeeld in drie categorieën: klinken, schroefverbindingen en overigen. De indeling voor deze verbindingprocessen is weergegeven in figuur 1. Een beschrijving van de genoemde processen is te vinden op de website “www.dunneplaat-online.nl” bij “Procesomschrijvingen”.

Bij klinken wordt altijd een plastische vervorming aan een deel van de constructie opgelegd. Dit is meestal de nagel die de delen verbindt, soms ook echter het plaatmateriaal. Klinkverbindingen zijn in principe niet losneembaar.



figuur 1 Indeling mechanische verbindingprocessen

Bij schroefverbindingen staat het deel “schroefdraad” (zie figuur 2) centraal. In een aantal gevallen wordt er schroefdraad getapt of gerold in het plaatmateriaal zelf, waardoor het verbindende element (bout) in het materiaal gezeurd zit. In andere gevallen wordt er geen schroefdraad in het materiaal aangebracht. Hierbij is het verbindende element ook de schroefdraad (bout-moer combinatie); duidelijk is echter dat de verbindingen van de eerste groep meestal sterker zijn. Verbindingen gebaseerd op het schroefdraadprincipe zijn in veel gevallen losneembaar; er zijn echter uitzonderingen.



figuur 2 Schroefdraadelement

Onder de categorie “overigen” vallen klikken, lip omzetten en felsen. Er zijn nog meer technieken die hier kunnen worden genoemd, maar deze worden industrieel te weinig toegepast om ze in deze publicatie op te nemen.

Zoals ook andere verbindingstechnieken hebben de mechanische verbindingen zowel verschillende voordelen, als enkele nadelen.

Belangrijke voordelen van mechanisch verbinden zijn onder andere:

- ! in veel gevallen is de verbinding eenvoudig tot stand te brengen;
- ! met mechanische verbindingen kunnen alle metalen worden verbonden; vaak kunnen andere materialen, zoals kunststoffen, aan metalen worden bevestigd;
- ! het gereedschap dat nodig is voor het tot stand brengen van de verbinding is vaak eenvoudig en vergeleken met de benodigdheden voor andere technieken relatief goedkoop;
- ! de diversiteit aan mechanische verbindingen is groot, zodat er voor veel situaties een juiste techniek beschikbaar is;
- ! de kwaliteit van de verbinding is in veel gevallen visueel te beoordelen;
- ! de reproduceerbaarheid van de meeste verbindingstechnieken is zowel handmatig als gemechaniseerd hoog;
- ! de meeste mechanische verbindingstechnieken zijn ARBO- en milieuvriendelijk.
- ! bij het aanbrengen van mechanische verbindingen is vaak geen sprake van warmte-inbreng in het materiaal;
- ! veel verbindingen die behoren tot de groep mechanische verbindingen zijn losneembaar;
- ! veel verbindingstechnieken zijn gemechaniseerd toe te passen.

Als nadelen van mechanische verbindingen kan worden genoemd:

- ! de verbinding is altijd zichtbaar;
- ! de meeste mechanische verbindingstechnieken zijn niet geschikt voor het maken van stompe verbindingen, of voor het onderling verbinden van buismateriaal of van buismateriaal aan plaatmateriaal;
- ! niet alle verbindingstypen zijn losneembaar;
- ! niet alle verbindingstechnieken zijn automatiseerbaar;
- ! de kwaliteit van de verbinding is niet altijd visueel te beoordelen;

! in veel gevallen is een voorbereiding noodzakelijk.

Deze voorbereiding bestaat normaliter uit het aanbrengen van een gat in het plaatmateriaal.

Bij mechanische verbindingen is er in veel gevallen sprake van spanningsconcentraties rondom de verbindingen. Bij het ontwerp van een product en de verbindingen in het product moet men hiermee rekening houden. Op deze punten zal een constructie sneller bezwijken dan op veel andere punten. Men moet ervoor zorgen, dat er niet te veel van deze spanningsconcentraties dicht bij elkaar zitten.

Mechanische verbindingen kunnen op allerlei wijzen worden belast. Dit kan zijn trek of druk, maar een afschuivende belasting komt ook erg veel voor.

Mechanische verbindingen worden vaak ook met lijmverbindingen gecombineerd; zo ontstaan de zogenaamde hybride verbindingen. Hierbij is de functie van de mechanische verbinding vaak tijdelijke fixatie en het opvangen van optredende pelbelastingen.

Sommige mechanische verbindingen staan onder verschillende namen bekend. Zo noemt men het blindklinken ook wel poppen, en het drukvoegen wordt ook clinchen of toxten genoemd. Ponsklinken staat ook onder de naam stansnieten bekend.

3. Kiezen van het juiste verbindingproces

Geen enkel verbindingproces is geschikt voor alle toepassingen. In veel gevallen kunnen er verschillende verbindingstechnieken worden toegepast, waarbij er steeds technieken zijn, die op verschillende criteria het beste scoren. Dit kan zijn op eenvoud van aanbrengen, losneembaarheid, uiterlijk, trillingsbestendigheid, kostprijs, enz.

Deze en andere criteria worden selectiecriteria genoemd. Bij de keus van een verbindingproces - al dan niet mechanisch - spelen deze selectiecriteria een belangrijke rol. Men is zich hiervan niet altijd bewust. Werkvoorbereiders kiezen een verbindingstechniek vaak op basis van hun ervaringen en van de mogelijkheden binnen het bedrijf.

Dit brengt het gevaar met zich mee, dat goede mogelijkheden onbewust worden uitgesloten. Het is daarom van belang om goed op de hoogte te blijven van nieuwe ontwikkelingen. Ook de vraag of uitbesteden een goede optie is, moet eigenlijk steeds bewust worden beantwoord.

Deze publicatie is geschreven in het kader van het FME-CWM project “Verbindingstechnieken van 0,3 - 3 mm dun plaatmateriaal”. Dit project reikt als eindresultaat constructeurs, werkvoorbereiders en anderen een keuzemethodiek aan voor het komen tot een goed gefundeerde keuze voor een verbindingstechniek. Deze keuze is gebaseerd op selectiecriteria die de gebruiker op moet geven.

4. Construeren met het oog op mechanisch verbinden

Bij het verbinden van productdelen door middel van mechanisch verbinden, kan er uit verschillende technieken worden gekozen. De keus voor een bepaald type verbinding wordt vaak gebaseerd op kosten, tijd, sterkte en uiterlijk. Als men kiest voor een mechanische verbinding, is het van belang het productontwerp hierop af te stemmen. Er is in dit verband een aantal aspecten te noemen, waarmee men rekening dient te houden. Deze worden hieronder kort besproken.

Productopbouw

Een van de eerste vragen die men zich bij het ontwerpen van een nieuw product of bij het kritisch bekijken van een bestaand product moet stellen, is of het aantal onderdelen niet te groot is. Vaak kunnen verschillende

plaatdelen eenvoudig in één plaatdeel worden ondergebracht. Ook is het vaak mogelijk om, anders dan gepland, plaatdelen niet uit verschillende materialen, maar uit een en hetzelfde materiaal te vervaardigen. Dan wordt het ook eenvoudig om verschillende delen weer in één plaatdeel te integreren. Hoe minder onderdelen er zijn, hoe minder verbindingen men nog moet maken.

Men dient ook rekening te houden met het aantal verschillende typen verbindingen dat in een product wordt toegepast. In het algemeen geldt dat des te kleiner dit aantal is, des te korter de doorlooptijd kan zijn. Steeds meer ziet men dan ook dat hele constructies door klinkverbindingen of alleen door bout-moer combinaties worden verbonden. Om het aantal verbindingen en het aantal verbindingstypen te beperken is slim construeren dus geboden.

Vanuit de functionele eisen die aan het product worden gesteld, en die de basis vormen voor het ontwerp, worden altijd afgeleide eisen gedefinieerd, die verder moeten worden ingevuld. Dit kunnen onder andere eisen zijn ten aanzien van het materiaal, de geometrie van de materialen (toleranties), de productvoorbewerking en de plaats van de verbinding. Hieronder wordt een aantal van deze aspecten kort toegelicht.

Eisen aan de materiaaleigenschappen

Eisen die vanuit de functionele eisen van het product aan de materialen worden gesteld, hebben in het algemeen betrekking op:

- ! de fysische en mechanische eigenschappen;
- ! de oppervlakteconditie.

Bij de eerste categorie kan men ten behoeve van mechanische verbindingen denken aan vervormbaarheid, mogelijkheid tot draadvormen en draadsnijden en corrosiebestendigheid.

Eisen aan de geometrische eigenschappen van het basismateriaal

Naast eisen aan de materiaaleigenschappen worden er vaak eisen gesteld aan de geometrische eigenschappen van het basismateriaal. De geometrische eigenschappen van het uitgangsmateriaal moeten aan vormtoleranties voldoen. Deze vormtoleranties hebben betrekking op variaties in de plaatdikte en de vlakheid. Ook de profielzuiverheid en lokale vervormingen van profielen zijn van groot belang.

De verschillende toleranties worden door leveranciers van plaatdelen en profielen vaak in certificaten vastgelegd. De interne kwaliteitscontrole van zo'n toeleverancier garandeert dan, dat de variaties binnen gestelde toleranties vallen.

Onnauwkeurigheden in de vlakheid van een plaat beïnvloeden de kwaliteit van een mechanische verbinding. Bij een te grote variatie in vlakheid kan bijvoorbeeld een drukvoeg niet meer goed worden aangebracht.

Eisen aan de productdelen

Voor assemblage dient men er zeker van te zijn dat de verschillende onderdelen inderdaad gereed zijn voor samenvoeging. Zo dient men onderdelen te controleren op vlakheid, verloop van de contour, afwezigheid van bramen, vorm, nauwkeurigheid en locatie van gaten, afrondingen en uitsparingen en overige maatvoeringen. Vaak worden productdelen bij aanvang van een nieuw productieproces uitvoerig gecontroleerd. Als de productie eenmaal goed loopt, is steekproefsgewijze controle voldoende.

Eisen aan de plaats van de verbinding

Naast functionele eisen die men aan een verbinding kan stellen (sterkte, losneembaarheid), spelen ook esthetische aspecten een rol. Mechanische verbindingen zijn vaak goed zichtbaar, dus men moet bewust overwegen om deze te 'verstoppert'. Dit betekent dat de mechanische verbindingen zo veel mogelijk daar aangebracht

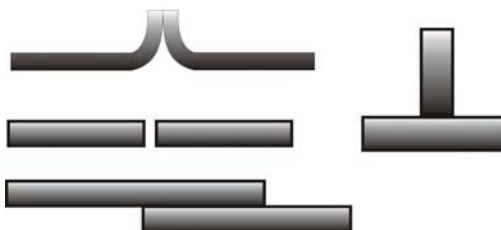
worden, waar ze niet in het oog lopen. Hierbij moet er wel rekening worden gehouden met de bereikbaarheid, om de productie niet onnodig te hinderen.

Eisen aan de sterkte

Uit de functionele eisen vloeien eisen aan de sterkte van een constructie voort. Mechanische verbindingen kunnen worden gebruikt om deze sterkte positief te beïnvloeden. Verkeerd toepassen van deze verbindingen kan echter ook de sterkte van een groot deel van de constructie teniet doen. Men moet hier dus altijd bewust aandacht aan besteden. Speciale aandacht verdient het ontstaan van spanningsconcentraties in het materiaal.

5. Verbindingsvormen

Verbindingen kunnen in verschillende vormen worden aangebracht (zie voor een aantal basisvormen figuur 3). De overlapverbinding en de stompe verbinding zijn hierbij de bekendste. Ook de T-verbinding wordt veel toegepast. Een andere mogelijkheid is het verbinden van een buis die door een plaat wordt gestoken; in dit geval moet men aan andere verbindingstechnieken dan mechanisch verbinden denken.

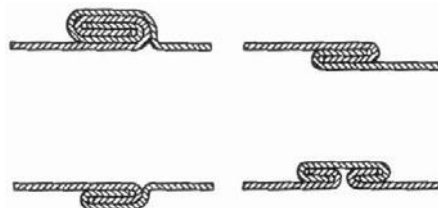


figuur 3 Verbindingsvormen

Voor mechanisch verbinden is eigenlijk alleen de overlapverbinding van belang. De beide andere vormen van bevestigen kunnen voornamelijk in uitzonderingsgevallen en met kunst en vliegwerk met mechanische verbindingstechnieken worden gerealiseerd. Dit is echter niet gebruikelijk.

Met enkele hulpplaatjes kan van een stompe verbinding een dubbele overlapverbinding worden gemaakt, zodat de keuze van mogelijke verbindingstypen uitgebreid wordt met de mechanische verbindingen. Binnen deze publicatie wordt deze constructie echter niet langer als een stompe verbinding gezien.

Het tot stand brengen van een stompe verbinding kan vaak wel met enkele bijzondere mechanische verbindingstechnieken: klikken, lip omzetten en felsen (zie figuur 4).



figuur 4 Stompe verbinding door felsen

6. Voorbehandeling en voorbereiding van onderdelen

Onder een voorbehandeling worden handelingen als ontvetten en licht opschuren verstaan. Voor de meeste typen mechanische verbindingen is het uitvoeren van deze acties niet nodig. Uitzonderingen hierop zijn de lasmoeren en het vloeiboren. In beide gevallen is het ontvetten van het plaatmateriaal noodzakelijk om een goede verbinding tot stand te kunnen brengen.

Onder een voorbereiding valt voor de meeste mechanische verbindingen het aanbrengen van een gat in het plaatmateriaal. Dit kan gebeuren door middel van ponsen, boren of lasersnijden. Bij de eerste twee technieken is het van belang de ontstane bramen of spaantjes te verwijderen; deze beïnvloeden de kwaliteit van de verbinding - bijvoorbeeld de corrosiebestendigheid - negatief.

Voor verbindingen van de typen klikken, lip omzetten en felsen zijn aparte voorbereidingen nodig. Bij klikken is het noodzakelijk om een nok en een verende snaphaak in de te verbinden delen te integreren, bij lip omzetten is het vormen van een lip vereist. Als voorbereiding voor felsen is het aanbrengen van een felsrand nodig.

Er zijn mechanische verbindingstypen die geheel geen voorbereiding vereisen, zoals de zelfborende en zelftappende schroeven. Deze boren tijdens het aanbrengen het benodigde gat en vormen ook de tapdraad in het plaatmateriaal.

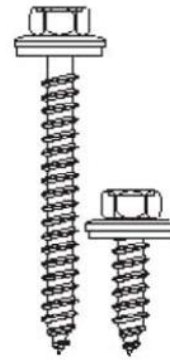
Als er een gat in beide te verbinden delen is aangebracht, is nauwkeurig positioneren van de delen ten opzichte van elkaar van invloed op het correct tot stand komen van de verbinding. Ook de afmetingen van het gat ten opzichte van de afmetingen van het bevestigingsmiddel dient men goed onder controle te houden.

7. Nabewerking en nabehandeling na het mechanisch verbinden

Na het aanbrengen van mechanische verbindingen is het normaliter niet nodig om een nabewerking of een nabehandeling uit te voeren. Onder een nabewerking wordt hier een eenvoudige handeling als het verwijderen van gevormde spaantjes verstaan, onder een nabehandeling wordt bijvoorbeeld een warmtebehandeling om de ontstane spanningen te verminderen verstaan.

Bij zelfborende en zelftappende schroeven en zelftappende schroeven (deze laatste zijn weergegeven in figuur 5) kan lichte braamvorming optreden. Meestal zal men proberen te werken volgens het draadvormende principe, en niet volgens het draadsnijdende principe. Het aanbrengen van draad wordt ook wel (draad)tappen genoemd.

Bij de draadsnijdende schroef wordt de draad uit het passieve werkstuk gesneden, waardoor er braamvorming optreedt. Deze wijze van tappen wordt toegepast bij broos materiaal (zoals glasvezel en gietijzer), maar wordt weinig toegepast in het verbinden van dunne platen. Bij de draadvormende schroef wordt het materiaal



figuur 5 Zelftappende schroeven voor dik en dun plaatmateriaal

rond de buitendiameter van de draad weggerold naar de binnendiameter van de draad. Dit voorkomt braamvorming. Deze wijze van tappen wordt voornamelijk toegepast in (taai) plaatmateriaal.

Draadvormend tappen heeft naast de geringe braamvorming het voordeel dat de verbindingen, die hiermee worden gemaakt, vaak sterker zijn, dan wanneer men de draad gesneden getapt had. Dit wordt veroorzaakt doordat bij het draadvormend tappen koudversterking optreedt.

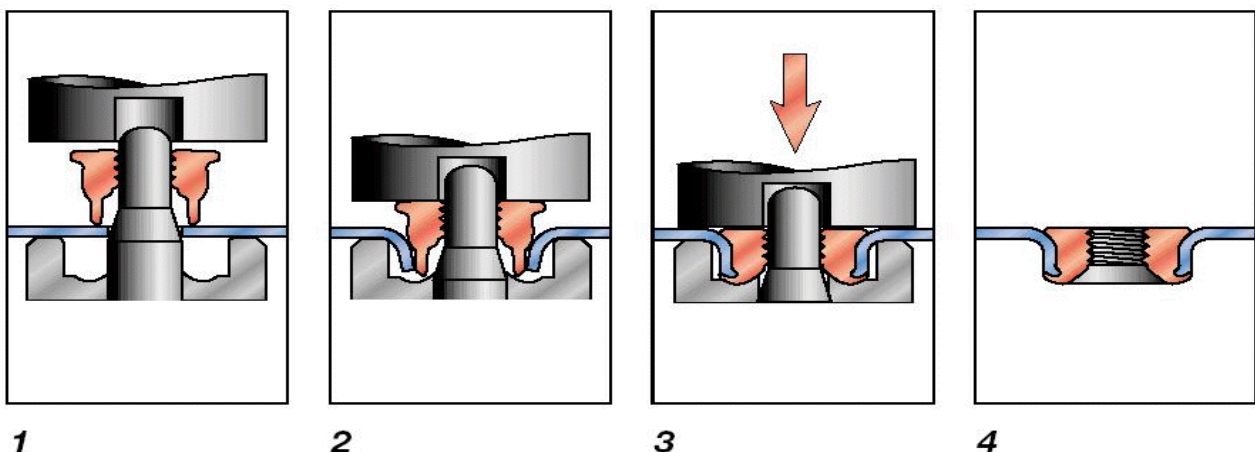
Bij het aanbrengen van lasmoeren en het toepassen van vloeiboren wordt lokaal warmte in het materiaal ingebracht. Uit esthetisch oogpunt kan het in deze gevallen nodig zijn om een nabewerking uit te voeren, om verkleuringen in het materiaal weg te werken.

Het coaten of lakken van een product nadat mechanische verbindingen zijn aangebracht, wordt niet gezien als typisch of noodzakelijk voor de verbindingstechnieken.

8. Apparatuur voor mechanisch verbinden

De apparatuur die wordt gebruikt om mechanische verbindingen tot stand te brengen is zeer divers, zowel qua complexiteit als qua benodigde investeringen.

Bij bijvoorbeeld drukvoegen zijn een stempel en een ondermatrijs, vastgezet in een handpers, reeds voldoende. Voor ponsklinken heeft men een ponsklinkmachine nodig, hoewel er af en toe ook systemen opduiken, waarbij men met een eenvoudige pers de verbinding tot stand kan brengen. Ook voor het aanbrengen van inpersschroefdraad en inpers-felsschroefdraad (zie figuur 6) gebruikt men een persje. De investeringen voor deze technieken ligt tussen € 5.000,- en € 25.000,-.



figuur 6 aanbrengen van inpersfelsschroefdraad; de kracht wordt geleverd door een persje

Voor het aanbrengen van lasmoeren is lasapparatuur nodig, dit kan eenvoudige lasapparatuur betreffen. Soms wordt het echter ook noodzakelijk om afzuiging aan te leggen om schadelijke rook af te voeren. Dit zorgt natuurlijk voor een toename in de investeringskosten.

Bij het vloeiboren is een boormachine met een instelbaar toerental noodzakelijk. Deze zijn in vele soorten en maten verkrijgbaar.

Voor andere technieken, zoals het aanbrengen van felsemoeren en klinken, kan men volstaan met een hamer en eventueel wat eenvoudig handgereedschap zoals een ophaler en een snapper. De snapper en de ophaler die worden gebruikt, zijn bepalend voor de uiteindelijke geometrie van de verbinding. Bij de genoemde gevallen zijn de investeringen in apparatuur nihil.

9. Mechanisch verbinden van dunne materialen

Voor het mechanisch verbinden van dunne materialen staan verschillende technieken ter beschikking, zoals al getoond in figuur 1. De meeste technieken die hier zijn genoemd, beslaan het hele werkgebied van plaatdiktes van 0,3 tot 3 mm.

Bij schroefverbindingen waarbij de verbinding een deel van zijn sterkte ontleent aan de gevormde tapdraad in het plaatmateriaal en bij drukvoegen heeft het de voorkeur om niet te dicht bij de ondergrens te gaan zitten. De verbinding is anders te zwak om zelfs maar kleine krachten te geleiden.

Met de meeste mechanische verbindingstechnieken is het mogelijk om, naast metaal-metaal verbindingen, metaal-kunststof en metaal-keramiek verbindingen tot stand te brengen. In enkele gevallen is het verbinden van hout aan metaal ook mogelijk.

Bij dunwandige constructies, dus tegen de ondergrens van het werkgebied aan, moet men voorzichtig zijn met het inbrengen van warmte. Dit kan namelijk eenvoudig vormveranderingen tot gevolg hebben. Bij mechanisch verbinden zijn het het vloeiboren en het aanbrengen van lasmoeren, waarbij er rekening moet worden gehouden met warmte-inbreng.

Verbindingstechnieken uit de hoofdgroep 'klinken' hebben geen beperkingen ten aanzien van de te verbinden metalen. Zo kan men er ongelegeerd staal, bekleed metaal, laaggelegeerd staal, austenitisch roestvast staal, aluminium 2xxx en koper mee verbinden.

Ook verbindingstechnieken uit de hoofdgroep 'schroefverbindingen' leggen de gebruiker weinig beperkingen op ten aanzien van het te verbinden materiaal. Er zijn drie technieken die wat dit betreft uitzonderingen zijn. De belangrijkste is het aanbrengen van lasmoeren. Dit is niet mogelijk bij bekleed metaal, blik, laaggelegeerd staal, aluminium 2xxx en koper. Het tot stand brengen van verbindingen door middel van vloeiboeren is niet mogelijk voor organisch bekleed metaal en austenitisch rvs. Ook het gebruik van zelfborende en tappende schroeven is bij austenitisch rvs niet mogelijk.

De verbindingstechnieken uit de hoofdgroep 'overigen' leggen de constructeur geen beperkingen op ten aanzien van het te gebruiken metaal.

10. Toevoegmaterialen

Anders dan bij bijvoorbeeld lassen spreekt men bij mechanisch verbinden niet echt van toevoegmaterialen. Bij veel verbindingstechnieken wordt de verbinding echter wel tot stand gebracht door een extra toe te voeren element. Bij het klinken is dit bijvoorbeeld de nagel, bij de schroefverbindingen een draadelement. Deze verbindingselementen kan men het toevoegmateriaal noemen, hoewel deze benaming niet veel wordt toegepast.

11. Losneembaarheid

'Design for assembly' is een ontwerpregel die in het verleden steeds meer werd toegepast. Door producten slim te ontwerpen, kan veel assemblagetijd bespaard worden. Dit bespaart kosten en houdt de doorlooptijd van producten zo kort mogelijk.

Naar aanleiding van milieuwetgevingen is het 'design for disassembly' langzaam maar zeker steeds meer in opkomst. Dit geldt zeker in die gevallen, waarin de te verbinden delen van verschillende materialen zijn gemaakt. Na afloop van de levensduur van een product moeten de productdelen te recyclen zijn, om zo grondstoffen te besparen. Hiervoor is het noodzakelijk de verschillende delen te scheiden, zonder dat reststukken van het ene materiaal aan het andere materiaal vast blijven zitten. Ook dient het verbindingselement, als dit van een ander materiaal is, verwijderbaar te zijn.

Mechanische verbindingen zijn in veel gevallen losneembaar. Dit maakt ze uitstekend geschikt voor toepassing binnen de filosofie van 'design for disassembly'. Tabel 1 geeft van de verschillende mechanische verbindingstechnieken aan of er losneembare verbindingen mee kunnen worden gemaakt, of dat dit niet het geval is.

Veel mechanische verbindingen kan men herhaaldelijk vast- en losmaken, zonder dat dit de kwaliteit van de verbinding nadelig beïnvloedt. Ook dit wordt in tabel 1 aangegeven.

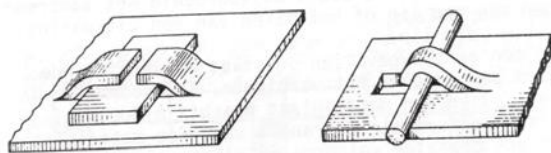
tabel 1 Losneembaarheid van verschillende verbindingen

Verbindingstechniek	Losneembaar	
	(1x)	(herhaaldelijk)
Drukvoegen	Nee	Nee
Ponsklinken	Nee	Nee
Klinken	Nee	Nee
Blindklinken	Nee	Nee
Klinkbouten	Nee	Nee
Tappen	Ja	Ja
Zelftappende schroeven	Ja	Ja
Zelfborende en tappende schroeven	Ja	Ja
Lasmoeren	Ja	Ja
Felsemoeren	Ja	Ja
Inpersschroefdraad	Ja	Ja
Inpers-felsschroefdraad	Ja	Ja
Zelfponsende moeren	Ja	Ja
Blindklingschroefdraad	Ja	Ja
Plaatmoeren / clips	Ja	Ja
Kooimoeren	Ja	Ja
Vloeiboren	Ja	Nee
Bout-moer	Ja	Ja
Klikken	Ja	Ja
Lip omzetten	Ja	Nee
Felsen	Nee	Nee

Als een verbinding een tijdelijk karakter heeft, of door functionele eisen aan het product herhaaldelijk los te nemen moet zijn, bieden verschillende mechanische verbindingstechnieken uitkomst.

Bij technieken als klikken en lip omzetten spelen aspecten als vermoeiing een belangrijke rol. Bij lip omzetten is de vervorming die men het materiaal oplegt relatief groot (zie figuur 7), vermoeiing zal in de meeste gevallen binnen enkele keren van bevestigen en losmaken optreden. Bij klikken is de opgelegde vervorming alleen elastisch en de vervorming is veel kleiner dan bij lip omzetten het geval is. Bij correct ontwerpen van de klik-

verbinding is het mogelijk deze te gebruiken voor het herhaaldelijk monteren en demonteren van producten.



figuur 7 Grote vervorming bij lip omzetten

12. Automatiseren van mechanisch verbinden

Veel mechanische verbindingen kunnen geautomatiseerd worden aangebracht. Dit kan in verschillende gradaties van automatisering gebeuren. Zo kan het ponsklinken volledig automatisch worden uitgevoerd. Hierbij wordt de nagel die de delen verbindt in de apparatuur uit draad gestanst. Het is ook mogelijk om voorgevormde nagels toe te voeren in het proces. Het ponsklinken kan niet handmatig worden uitgevoerd, de benodigde krachten en snelheden zijn hiervoor veel te groot.

Ook technieken als klinken, tappen, klikken en lip omzetten kunnen geautomatiseerd worden toegepast. Hiervoor is in veel gevallen standaardapparatuur verkrijgbaar.

Verschillende typen mechanische verbindingen kunnen niet anders dan geautomatiseerd worden aangebracht. Dit is meestal een gevolg van de hoge benodigde krachten en snelheden. Zo is handmatig toepassen van lasmoeren en zelfponsende moeren niet mogelijk. Bij andere typen verbindingen is juist automatisering niet mogelijk. Dit geldt bijvoorbeeld voor het aanbrengen van plaatmoeren en kooimoeren. Tabel 2 geeft van de verschillende mechanische verbindingstechnieken weer of ze handmatig en/of geautomatiseerd zijn toe te passen.

tabel 2 Handmatige en gemechaniseerde toepasbaarheid van mechanische verbindingstechnieken

Verbindingstechniek	Handmatig	Gemechaniseerd
Drukvoegen	Ja	Ja
Ponsklinken	Nee	Ja
Klinken	Ja	Ja
Blindklinken	Ja	Ja
Klinkbouten	Ja	Nee
Tappen	Ja	Ja
Zelftappende schroeven	Ja	Ja
Zelfborende en tappende schroeven	Ja	Ja
Lasmoeren	Ja	Ja
Felsmoeren	Nee	Ja
Inpersschroefdraad	Nee	Ja
Inpers-felsschroefdraad	Nee	Ja
Zelfponsende moeren	Nee	Ja
Blindklingschroefdraad	Ja	Ja
Plaatmoeren/clips	Ja	Nee
Kooimoeren	Ja	Nee
Vloeiboren	Nee	Ja
Bout-moer	Ja	Nee
Klikken	Ja	Ja
Lip omzetten	Ja	Ja
Felsen	Ja	Ja

Bij hoge productiesnelheden of grote productvolumes is het vaak raadzaam om na te gaan wat de mogelijkheden van automatisering van het verbindingsproces zijn. In deze gevallen is het vaak zinvol om tot automatisering over te gaan. Dit werkt dan doorlooptijdverkortend, bovendien vermindert dit de belasting van het personeel.

Als men inderdaad tot automatisering over gaat, is het van

extra groot belang om het productontwerp kritisch tegen het licht te houden. Hoe meer de verschillende verbindingstypen binnen een product omgezet kunnen worden naar één (of slechts enkele) verbindingstypen, hoe beter de investering benut kan worden.

Bij veel verbindingstechnieken is de reproduceerbaarheid van het tot stand brengen van de verbinding groter als dit gemechaniseerd plaatsvindt, dan wanneer dit handmatig gebeurt.

13. Economische aspecten

Bij de keuze voor een bepaalde verbindingstechniek spelen verschillende aspecten een belangrijke rol. Zo zijn sterkte en uiterlijk van belang, net als beschikbaarheid en praktische inzetbaarheid. Een ander heel belangrijk aspect wordt gevormd door de kosten die een keuze met zich mee brengt. De kosten zijn opgebouwd uit verschillende delen, deze worden hieronder kort besproken.

! Apparatuur

Bij verschillende mechanische verbindingstechnieken kan het proces zowel handmatig als gemechaniseerd worden uitgevoerd. Bij andere processen is slechts een van beide werkwijzen mogelijk. Als een proces alleen handmatig kan worden uitgevoerd (zie hiervoor tabel 1), dan hoeft er in apparatuur weinig tot niets te worden geïnvesteerd.

Bij veel technieken is een investering van minder dan € 5.000,- of tussen € 5.000,- en € 15.000,- reeds voldoende, in een enkel geval kan dit oplopen tot zo'n € 25.000,-. Uitzondering hierop is het aanbrengen van lasmoeren, de hiervoor benodigde lasapparatuur kost minstens € 5.000,-, maar kan ook meer dan € 50.000,- kosten. Dit is natuurlijk wel afhankelijk van eisen die men stelt aan het uiterlijk en de sterkte. Verder hangt dit ook af van de materialen die men wil gaan verbinden. Een prijsindicatie per proces wordt gegeven in 'Procesomschrijvingen' (zie www.dunneplaat-online.nl).

De terugverdientijd en de afschrijving worden bepaald door de besparing in arbeidstijd en de intensiteit van het machinegebruik. Ook de onderhoudskosten worden direct beïnvloed door de productieaantallen per tijdseenheid, maar ook door het al dan niet correct gebruik van de apparatuur. Deze kostenpost maakt normaliter slechts een klein deel uit van de totale kosten.

Ook het verbruik van energie is bij de meeste mechanische verbindingprocessen gering, zeker in vergelijking met processen als solderen en lassen. Uitzondering is het aanbrengen van lasmoeren.

Voor veel mechanische verbindingprocessen is het aanbrengen van een gat in het plaatmateriaal noodzakelijk. Men moet de hiervoor benodigde apparatuur bij de bepaling van de investeringskosten niet vergeten. De kosten hiervan lopen sterk uiteen, een boormachine kan men veel goedkoper aanschaffen dan een ponsmachine of lasersnijapparatuur.

! Gereedschappen

Bij het aanbrengen van mechanische verbindingen is het gebruik van gereedschap steeds noodzakelijk. De kosten hiervoor kunnen sterk variëren. Zo kan er bij klinken worden volstaan met een hamer, terwijl voor bijvoorbeeld drukvoegen vormspecifiek gereedschap nodig is. De gereedschapskosten zijn hierbij afhankelijk van de belasting die men het gereedschap oplegt en de hieruit volgende slijtage.

Voor het fixeren van onderdelen kunnen hulpmiddelen

worden gebruikt. De prijs hiervan is vaak afhankelijk van de complexiteit en daarmee de positioneerbaarheid van de te verbinden productdelen.

! Spaanvrij maken oppervlak

Na het boren of ponsen van een gat, vóór het tot stand brengen van de verbinding, is het in veel gevallen van belang gevormde spanen of bramen te verwijderen. Bij dun plaatmateriaal is de spaan- of braamvorming gering. De spaan of braam is vaak met een keer licht wrijven

eenvoudig te verwijderen. Bij dikker plaatmateriaal kan schuren noodzakelijk zijn, dit kan handmatig of met een bandschuurmachine gebeuren. In beide gevallen brengt dit kosten met zich mee. Dit geldt nauwelijks voor dunne plaat (met diktes rond de 0,3 mm).

! Verbindingselementen

Bij mechanische verbindingen is het vaak een apart verbindingsselement dat de verschillende delen aan elkaar bevestigt. Uitzonderingen hierop zijn het drukvoegen, klikken, lip omzetten en felsen.

Toevoegelementen als nagels en schroeven zijn in vele uitvoeringsvormen en kwaliteits- en prijsklassen verkrijgbaar. Dit kan variëren van enkele eurocenten tot enkele euro's. De keuze voor een bepaald verbindingsselement wordt vaak bepaald door de technische eigenschappen en de kostprijs.

! Inspectiekosten

Mechanische verbindingen zijn normaliter visueel of met eenvoudige hulpmiddelen te controleren. De meeste kosten die op dit gebied in rekening moeten worden gebracht, zijn de loonkosten van de controleur.

! Loonkosten

Een vaak verwaarloosde kostenpost wordt gevormd door de loonkosten. Mechanisatie van het verbindingsproces reduceert deze kosten. Ook het slim ontwerpen van producten kan, door een reductie in assemblage- en verbindingstijd, een aanzienlijke besparing in loonkosten mogelijk maken.

14. Kwaliteitsaspecten bij mechanisch verbinden

Met mechanisch verbinden kunnen in veel gevallen hoogwaardige verbindingen worden aangebracht. Kwaliteits-eisen die men aan deze verbindingen stelt, hebben betrekking op bijvoorbeeld de krachten die een verbinding kan ondergaan, functionaliteit, corrosiebestendigheid en duurzaamheid.

Bij handmatig aanbrengen van een verbinding wordt de kwaliteit in veel gevallen bepaald door degene die de verbinding aanbrengt. Deze onzekerheid proberen gereedschapsleveranciers steeds meer weg te nemen door het ontwikkelen van 'intelligent gereedschap'. Dit verhoogt de reproduceerbaarheid van het aanbrengen, en garandeert een meer continu en hoger kwaliteitsniveau.

De kwaliteit van de verbinding kan in sterke mate worden beïnvloed door de kwaliteit van het gekozen verbindingsselement. Deze keuze moet steeds bewust worden gemaakt. Enerzijds dient het verbindingsselement aan gestelde eisen te voldoen, anderzijds is er het kostenaspect, dat men steeds in de gaten moet houden. De kwaliteit van het verbindingsselement dient niet groter te zijn dan functioneel noodzakelijk, aangezien die in een onnodige opdrijving van de kosten resulteert.

De corrosiegevoeligheid bepaalt in belangrijke mate de kwaliteit van een verbinding. Het materiaal van verbindingsselementen als schroeven, nagels en bouten moet afgestemd zijn op de specifieke situatie, waarin een product moet gaan functioneren. Dit kan bijvoorbeeld een natte, zoutrijke omgeving zijn. Het basismateriaal van het product en het materiaal van het verbindende element mogen dan geen onderlinge reacties aangaan; deze galvanische corrosie moet steeds worden voorkomen.

Om deze corrosie te voorkomen, is het van belang dat het verbindingsselement van een edeler materiaal is dan het plaatmateriaal. Is dit niet het geval, dan zal het verbindingsselement zich 'opofferen' in een chemische reactie. Het plaatoppervlak is in verhouding tot het verbindingsselement zo groot, dat het plaatmateriaal zich normaliter niet op zal offeren.

Naast dat corrosie vaak als lelijk wordt ervaren, verzwakt het een constructie ook.

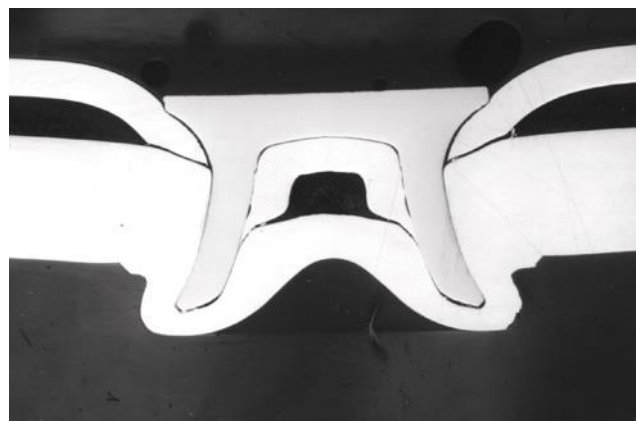
Het aanbrengen van een gat in het plaatmateriaal, om hier later bijvoorbeeld een bout of schroef doorheen te steken, dient netjes te gebeuren. De diameter van het gat moet niet onnodig groot zijn, en de snijranden dienen goed te zijn afgewerkt om het ontstaan van corrosie tegen te gaan. Bovendien moet men bij beklede materialen proberen de buitenlaag, die vaak als bescherming dient, zo veel mogelijk intact te laten.

De kwaliteitscontrole van verbindingen kan op verschillende wijzen plaatsvinden. Zo is er in de eerste plaats natuurlijk de visuele controle. Bij een goed lopend productieproces is dit vaak voldoende. Het niet-destructieve karakter van deze wijze van controleren garandeert dat het controleproces niet onnodig goede producten definitief uit de roulatie neemt.

Met speciaal gereedschap kan bijvoorbeeld het aandraaimoment van een schroef of moer worden bepaald. Ook kunnen hiermee eventuele correcties worden uitgevoerd. Deze techniek is ook niet-destructief.

Voor aanvang van de productie van een nieuw product kunnen er enkele destructieve testen worden uitgevoerd, om na te gaan of verbindingen voldoen aan onder andere bepaalde sterkte-eisen.

Bij technieken als drukvoegen en ponsklinken kunnen doorsneden en microscopische foto's worden gemaakt ter controle van de kwaliteit van de verbinding. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 8.



figuur 8 Microscopische foto van een ponsklinkverbinding

15. ARBO en milieu

Op het gebied van ARBO- en milieuaspecten is voor de groep mechanische verbindingen weinig te melden. Er komen geen gassen of schadelijke straling vrij en er blijft geen schadelijk afval over. Een uitzondering is het aanbrengen van lasmoeren; hierbij kunnen er zowel gas als schadelijke straling vrijkomen, afhankelijk van het gebruikte lasproces en de te verbinden materialen.

Het geluidsniveau dat het gevolg is van het aanbrengen van mechanische verbindingen is in het verleden bij verschillende technieken boven de huidige wettelijke grens van 80 dB(A) geweest. In die gevallen is dit opgelost door aanpassing van het gereedschap, de pers of de geometrie van de verbindingsselementen.

In de scheepsbouw wordt veel gebruikgemaakt van

Correspondentie-adres: Postbus 190,
2700 AD ZOETERMEER
Telefoon: (079) 353 11 00/353 13 41
Fax: (079) 353 13 65
E-mail: pbo@fme.nl
Internet: <http://www.fme-cwm.nl>

Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Adres: Krimkade 20,
2251 KA VOORSCHOTEN
Telefoon: (071) 560 10 70
Fax: (071) 561 14 26
E-mail: info@nil.nl
Internet: <http://www.nil.nl>

© Vereniging FME-CWM/mei 2003

,

Bijlage

IV

‘Buigen’

Hoofdstuk 3

Praktische toepassingen

Bij het ontwikkelen en realiseren van een nieuw product worden meerdere fasen onderscheiden, zoals:

- ☐ het opstellen van een voorlopige productspecificatie, het maken van een productontwerp, het aanmaken en testen van prototypes en de proeffabricage;
- ☐ het voorbereiden van het definitieve productieproces, inclusief het (laten) aanmaken van de productiemiddelen;
- ☐ het perfectioneren en aanlopen van het productieproces;
- ☐ het produceren van het product. In deze fase worden de productiemiddelen onderhouden en gerepareerd.

De maakbaarheid van een product is een uiterst belangrijke factor en wordt in hoge mate in het ontwikkelstadium van het product bepaald. Om tot een beheerst en reproduceerbaar productieproces te komen is het noodzakelijk dat gedurende het gehele traject afstemming plaatsvindt tussen de afdelingen Ontwikkeling, Werkvoorbereiding en Fabricage.

Op het moment dat de voorbereiding van het definitieve productieproces start, zijn de volgende documenten aanwezig:

- ☐ de producttekening;
- ☐ de productspecificatie;
- ☐ de materiaalspecificatie;
- ☐ een eisenblad en een opgave van de kwaliteitsaspecten.

Tijdens het traject van productontwerp tot realisatie van een in productie te nemen product, komen de volgende punten aan de orde:

- ☐ de buigradius;
- ☐ de uitslag van het product;
- ☐ de buigkracht;
- ☐ de terugvering en de buighoekcompensatie;
- ☐ de toleranties;
- ☐ de walsrichting van het materiaal;
- ☐ gatvorming tengevolge van het buigen.

In dit hoofdstuk worden allereerst de bovengenoemde punten besproken, vervolgens komen de onderwerpen proceskeuze en buigvolgorde aan de orde.

3.1 Berekeningen en tabellen

3.1.1 De buigradius

In deze publicatie wordt steeds gesproken over de inwendige radius.

De grootte van de buigradius is afhankelijk van de materiaaleigenschappen (n-waarde), de materiaaldikte, de walsrichting, de grootte van de buighoek, de grootte van de stempelradius en van het proces.

Vooraf een korte toelichting op de begrippen minimaal toelaatbare buigradius en de natuurlijke buigradius.

De minimaal toelaatbare buigradius is de radius waarover nog net, zonder problemen, kan worden gebogen. Deze minimaal toelaatbare buigradius is gelijk aan de helft van de in de normbladen opgegeven doorndiameter: $r_i = \frac{1}{2}D$ (zie de tabellen S.1 t/m S.18 in het supplement materialen).

De toe te passen buigradius moet groter of gelijk zijn aan de minimaal toelaatbare buigradius.

De natuurlijke buigradius bij vrijbuigen ontstaat als de buiging zich, door middel van de machine-instelling (indringdiepte), vrij kan vormen. Ook bij zwenkbuigen is sprake van buigen volgens de natuurlijke radius, als de radius aan de druklijst kleiner is dan de natuurlijke radius van het productmateriaal.

In bijzondere gevallen kan bij strijkbuigen eveneens volgens de natuurlijke radius worden gebogen, wanneer de buigspleet groot is. Het kenmerk in alle situaties is dat het productmateriaal niet wordt gedwongen de radius of de vorm van het gereedschap aan te nemen.

Uit onderzoek [lit. 1] blijkt dat, op basis van theoretische inzichten voor plaatmateriaal met een dikte van 0,6 tot 3 mm, de volgende formule vaak een redelijke benadering voor de natuurlijke radius geeft, die bij het vrijbuigen wordt verkregen:

$$r_i = C \cdot (0,1 + 0,5n) \cdot V \cdot a / 90$$

In de formule is:

- a = de openings- of producthoek;
- n = de verstevigingsexponent of n-waarde (productmateriaal);
- V = de grootte van de V-opening;
- r_i = de inwendige productradius.

In de praktijk wordt, voor het bepalen van de grootte van de natuurlijke productradius bij het vrijbuigen, dikwijls uitgegaan van eenvoudige tabellen met richtwaarden. Deze tabellen zullen vaak afhankelijk zijn van de te gebruiken machines en gereedschappen en worden daarom vaak specifiek voor een bedrijf opgesteld.

Een voorbeeld is tabel 3.1, waarbij als uitgangspunten gelden:

- ☐ alle genoemde waarden zijn richtwaarden;
- ☐ de grootte van de V-opening is 8 tot 12 maal de mate-riaaldikte;
- ☐ de stempelradius is kleiner dan de inwendige productradius;
- ☐ de inloopradius van de matrijs is circa 10% van de grootte van de V-opening.

Nogmaals wordt benadrukt dat bovenstaande berekeningen leiden tot richtwaarden. De uitkomsten van de beide berekeningen voor een bepaalde situatie, kunnen dan ook verschillen.

tabel 3.1 Natuurlijke inwendige productradii

materiaal	openingshoek of producthoek [°]	inwendige productradius [mm]
staal	135	0,33 V
	90	0,17 V
	45	0,12 V
aluminium	135	0,20 V
	90	0,10 V
	45	0,07 V
austenitisch RVS	135	0,37 V
	90	0,20 V
	45	0,17 V
koper	135	0,25 V
	90	0,14 V
	45	0,08 V
messing	135	0,25 V
	90	0,17 V
	45	0,11 V

3.1.2 De uitslag van het product

Voordat een product wordt gebogen, moeten de afmetingen van de vlakke plaat en de ligging van de buiglijnen worden bepaald, op een zodanige wijze dat bij het buigen de bedoelde productmaten worden gerealiseerd. Deze berekening noemt men het bepalen van de uitslag.

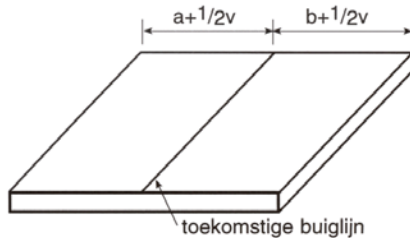
De volgende factoren zijn van invloed:

- De geometrie**
De som van de uitwendig gemeten lengten van de twee productbenen in gebogen toestand is niet gelijk aan de som van die lengten in vlakke toestand. Het verschil wordt "buigverlies" genoemd.
- Verschuiven van de neutrale lijn**
De lijn die voor en na het buigen dezelfde lengte heeft wordt hier de neutrale lijn genoemd. Bij $r_i/s < 5$ verschuift de neutrale lijn, tijdens het buigen, iets naar de binnenzijde van de buiging (zie ook § 2.2.2 t/m 2.2.4).
- De procesinvloed**
Vrijbuigen is een symmetrisch proces. Daardoor wordt het buigverlies (v) gelijk over de beide productbenen verdeeld. Strijkbuigen en zwenkbuigen zijn a-symmetrische processen, waarbij het buigverlies niet in gelijke

mate over de beide benen wordt verdeeld. Deze effecten zijn van belang voor de ligging van de buiglijn.

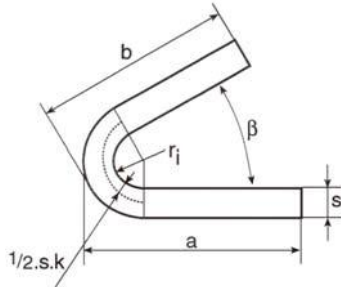
Toelichting:

Wanneer er sprake is van een gebogen product met benen a en b en een buigverlies v , zijn de uitslagmaten bij vrijbuigen zoals weergegeven in figuur 3.1.



figuur 3.1 De uitslagmaten bij het vrijbuigen

$$v = \pi \frac{180 - \beta}{180} \left(r_i + \frac{1}{2} s \cdot k \right) - 2(r_i + s) \quad (1)$$



figuur 3.2 Uitslag voor openingshoek $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$

Voor een openingshoek $90^\circ < \beta \leq 165^\circ$ geldt (zie ook figuur 3.3):

$$v = \pi \frac{180 - \beta}{180} \left(r_i + \frac{1}{2} s \cdot k \right) - 2(r_i + s) \cdot \tan \frac{180 - \beta}{2} \quad (2)$$

Voor een openingshoek $165^\circ < \beta \leq 180^\circ$ geldt (zie ook figuur 3.4):

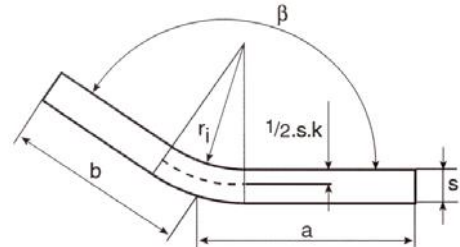
$$v = 0 \quad (3)$$

In deze publicatie worden twee methoden van uitslagberekening besproken, zoals die worden toegepast bij een tweetal, bij de publicatie betrokken, bedrijven.

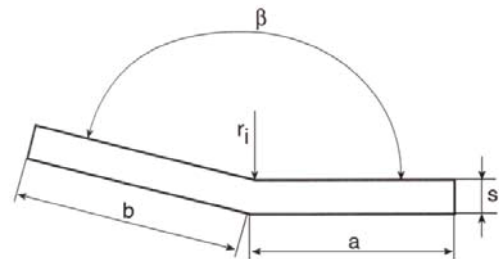
3.1.2.1 Uitslagberekening methode 1

Deze uitslagberekening is gebaseerd op DIN 6935 (DIN 6935 geldt alleen voor staal). De lengte van de uitslag $= a + b + v$, waarbij de grootte van v afhankelijk is van de grootte van de openings- of producthoek, de buigradius en de materiaaldikte.

Bij een openingshoek $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$ geldt (zie ook figuur 3.2):



figuur 3.3 Uitslag voor openingshoek $90^\circ < \beta \leq 165^\circ$



figuur 3.4 Uitslag voor openingshoek $165^\circ < \beta \leq 180^\circ$

De berekeningen gelden voor de materialen zoals weergegeven in tabel 3.2. In tabel 3.3 worden voor de in tabel 3.2 aangegeven materiaalsoorten de correctiefactoren gegeven.

De factor k kan ook worden afgelezen in de grafiek van figuur 3.5.

tabel 3.2 Materiaalkeuze

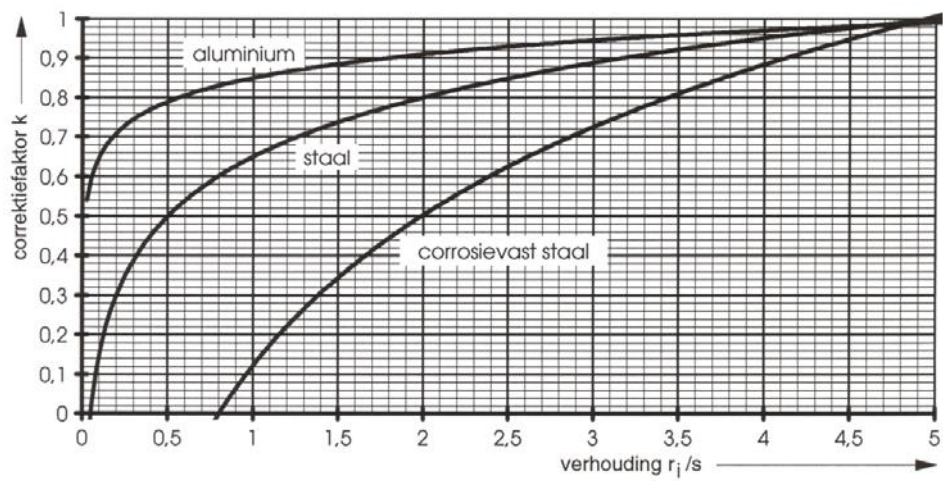
materiaal	materiaalsoorten
Staal, voor algemeen gebruik volgens EN 10025 en EN 10130	DC01, S235JR
Corrosievast staal, volgens EN 88-86	X 5 CrNi 18 10
Aluminium, zetkwaliteit volgens DIN 1745	Al99.5 W7, AlMg3 F21

tabel 3.3 Correctiefactoren k

materiaalsoort volgens tabel 3.2	correctiefactor $k^{1)}$
staal	$k = 0,65 + 0,5 \log r/s$
corrosievast staal	$k = 0,122 + 1,265 \log r/s$
aluminium	$k = 0,85 + 0,2 \log r/s$

1) Voor $r/s > 5$ is de berekening niet meer geldig en moet $k=1$ worden ingevuld.

Opmerking: De waarden voor staal in tabel 3.3 en in de grafiek van figuur 3.5 zijn volgens DIN 6935; die voor aluminium en corrosievast staal zijn toegevoegd.

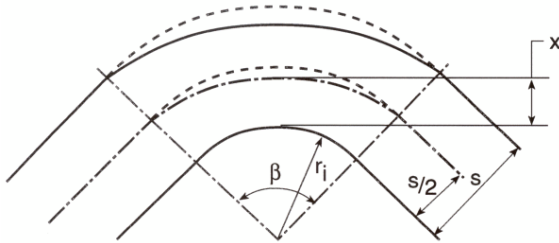


figuur 3.5 De correctiefactor in relatie met de verhouding r_i/s voor de in tabel 3.2 genoemde materialen

3.1.2.2 Uitslagberekening methode 2

Wanneer $r_i/s > 5$ wordt aangenomen dat de neutrale lijn niet verschuift.

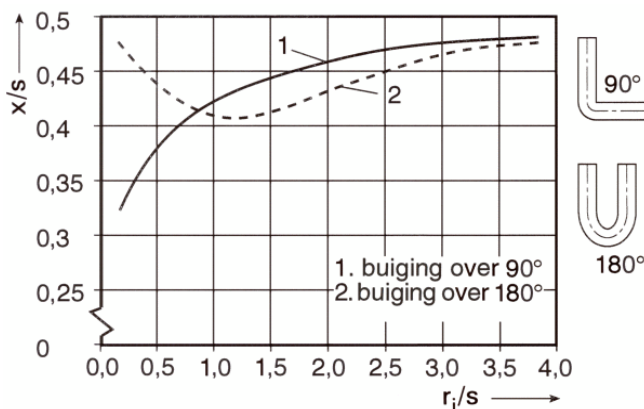
Voor de berekening van de uitslaglengte bij $r_i/s < 5$ is de verschuiving van de neutrale lijn van belang. In het centrum van de buiging (zie figuur 3.6), verschuift de neutrale lijn over een afstand van $\frac{1}{2}s - x$ in de richting van de binnenzijde van de buiging. De buigradius van de neutrale lijn krijgt dan een verlopende vorm, van $r_i + x$ in het midden naar $r_i = \frac{1}{2}s$ aan de uiteinden van de boog (figuur 3.6).



figuur 3.6 Ligging van de neutrale lijn bij $r_i/s < 5$

Het verband tussen buigradius/materiaaldikte en afstand x /materiaaldikte is weergegeven in de grafiek van figuur 3.7.

Om de lengte van de boog te bepalen is het redelijk om de gemiddelde radius van de neutrale lijn voor de hele boog te nemen, in plaats van alleen de kleinste waarde.



figuur 3.7 Het verband tussen buigradius/materiaaldikte (r_i/s) en afstand x /materiaaldikte (x/s)

$$r_{n \text{ gem.}} = \frac{(r_i + s/2) + (r_i + s \cdot x/s)}{2}$$

$$= r_i + 0,25 \cdot s \cdot (1 + 2x/s)$$

De lengte van de boog is: $\beta/180^\circ \cdot \pi \cdot r_{n \text{ gem.}}$

De totale uitslaglengte van het product wordt dan: de lengte van de rechte delen plus de lengte van de bogen.

3.1.2.3 Voorbeeld van uitslagberekeningen

In deze paragraaf wordt volgens beide besproken methoden voor het productmateriaal S235JR de uitslag berekend (zie figuur 3.8).

Berekenen van de uitslag, methode 1

- de som van de uitwendige maten $50 + 200 + 80 = 330$ mm
- buiging $r_i = 6$ mm; $r_i/s = 1,5$
- aflezen in de grafiek van figuur 3.5: $\epsilon k = 0,74$
- formule (1) voor openingshoek $\leq 90^\circ$ toepassen (zie § 3.1.2.1).

$$v = \pi \frac{180 - \beta}{180} (r_i + \frac{1}{2}s \cdot k) - 2(r_i + s)$$

$$v = \pi \cdot 0,5 \cdot (6 + 4/2 \cdot 0,74) - 2(6 + 4) \\ = \pi \cdot 0,5 \cdot 7,48 - 20 = -8,26 \text{ mm}$$

- Idem voor $r_i = 20$ mm; $r_i/s = 5$: $\epsilon k = 1$

$$v = \pi \cdot 0,5 \cdot (20 + 4/2 \cdot 1) - 2(20 + 4) \\ = \pi \cdot 0,5 \cdot 22 - 48 = -13,46 \text{ mm}$$

- De totale uitslaglengte is dus: $330 - 8,26 - 13,46 = 308,28$ mm

Berekenen van de uitslag, methode 2

- de som van de rechte delen van het product is: $50 - 6 - 4 + 200 - 6 - 4 - 20 - 4 + 80 - 20 - 4 = 262$ mm
- $r = 6$ mm; $s = 4$ mm; $r/s = 1,5$

- aflezen in grafiek van figuur 3.7: $\epsilon x/s = 0,44$

- $r_i = 6$ mm; $r_{n \text{ gem.}} = 6 + 0,25 \cdot 4 \cdot (1 + 2 \cdot 0,44) = 7,88$ mm
- lengte van de boog $= 90^\circ/180^\circ \cdot \pi \cdot r_{n \text{ gem.}} = 0,5 \cdot \pi \cdot 7,88 = 12,37$ mm

- evenzo voor $r_i = 20$ mm; $r_i/s = 5$; $x/s = 0,5$
- $r_i = 20$ mm; $r_{n \text{ gem.}} = 20 + 0,25 \cdot 4 \cdot (1 + 2 \cdot 0,5) = 22$ mm
- lengte van de boog $= 0,5 \cdot \pi \cdot 22 = 34,54$ mm
- de uitslaglengte is $262 + 12,37 + 34,54 = 308,91$ mm

Opmerking: Beide uitkomsten hebben een schijnnaauwkeurigheid. Gewoonlijk wordt afgerond op een tiende mm.

3.1.3 De buigkracht

In hoofdstuk 2.3 "Totale procesbeschrijving" is het berekenen van de buigkracht besproken. Voor de verschillende buigprocessen is de grootte:

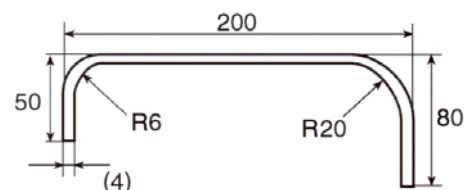
$$\text{Vrijbuigen: } F_b = \frac{c \cdot R_m \cdot B \cdot s^2}{V}$$

$$\text{Strijkbuigen: } F = \frac{c \cdot R_m \cdot B \cdot s^2}{r_i}$$

$$b \quad 4(r_i + u + r_s)$$

Matrijsbuigen: Als vrij- of strijkbuisen, afhankelijk van het proces, plus de kracht voor het kalibreren of pletten.

$$\text{Zwenkbuigen: } F_b = \frac{c \cdot R_m \cdot B \cdot s^2}{4 \cdot R_{\text{arm}}}$$



figuur 3.8 Uitwendige maten van het voorbeeld

(Zie de paragrafen 2.3.2.2, 2.3.3.2, 2.3.4.2, 2.3.5.2)

In alle gevallen wordt een correctiefactor toegepast als compensatie voor:

- a. De afwijkende spanningstoestand van een buiging ten opzichte van de trekproef (bij het buigen kan het materiaal in de breedte niet rekken).
- b. Veranderende lengte van de arm waarover de kracht wordt uitgeoefend.

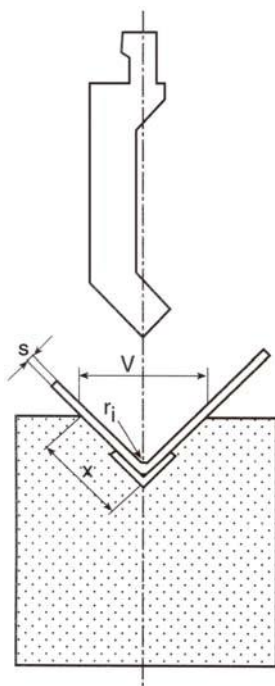
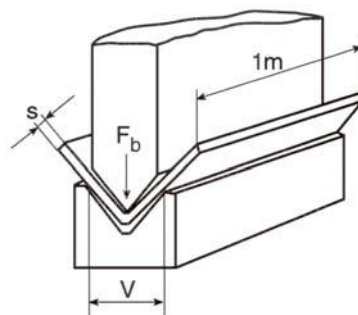
De literatuur geeft verschillende richtwaarden voor de factor c. De waarden ervan variëren van minimaal 1,15 tot maximaal 1,53, waarbij de factor 1,42 de meest toegepaste is. Zie eerder genoemde correctiefactor voor vrijbuigen.

In de praktijk wordt dikwijls gebruik gemaakt van zelf opgestelde, of door de leverancier van de machine bijgeleverde, tabellen of diagrammen, voor het kunnen bepalen van de technische data.

Als voorbeeld is tabel 3.4 opgenomen, bestemd voor het vrijbuigen, waarin is weergegeven: de buigkracht F , nodig voor het buigen van staalplaat over een lengte van 1 m en een treksterkte van 450 N/mm^2 .

tabel 3.4 Buigkracht per meter buiglengte, voor staal met een treksterkte van 450 N/mm²

			plaatdikte s [mm]																					
			0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	
r _i [mm]	x [mm]	V [mm]	buigkracht × 10kN/m (≈ ton/m)																					
1	4	6		4	7	11	16																	
1,3	5,6	8		3	5,5	8	12																	
1,5	6,7	9,5			4,5	7	10	15,5																
1,6	7	10				6,5	9	14,5																
1,9	8,5	12					8	12																
2	9,2	13						11	20															
2,4	10,5	15						10	17															
2,6	11	16							16	25														
3	13,4	19							14	21	31													
3,2	14	20							13	20	29													
3,8	17	24								17	24													
4	18	25								16	23	41												
4,8	21	30								14	20	34	54											
5	23	32									18	32	50											
5,6	25	35									17	30	47											
6	27	38										27	42	61										
7	29	40											26	40	58									
8	36	50											21	32	46	82								
8,5	37	52												31	44	79								
9	39	55												29	42	75	116							
10	43	60													39	69	106							
10	45	63													37	65	101							
11	50	70														59	92	131						
12	55	76														54	85	121	189					
13	60	80														50	80	115	179					
16	75	100															64	85	144	255				
20	90	125															52	74	115	204	319			
26	115	160																58	90	160	249	359		
32	141	200																	72	127	200	287	511	
40	180	250																		102	159	230	408	639
52	230	360																			125	179	321	499
			plaatdikte s [mm]																					
			0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	



In tabel 3.4 is af te lezen:

- ☐ de materiaaldikte s in mm;
- ☐ de inwendige productradius r_i (r_i=0,16V);
- ☐ de minimale beenlengte x (x ≈ 0,7 V);
- ☐ de grootte van de V-opening in mm.

In deze tabel wordt de buigkracht afgelezen nodig voor het buigen van 1 meter staalplaat (de grijze vakjes gelden voor de voorkeursituatie).

Voorbeeld: Vrijbuigen van een stalen plaat (Fe 450); s=6 mm; buiglengte 1800 mm.

Tabel 3.4 kan op meerdere manieren worden gebruikt:

1. ☐ kies de materiaaldikte van 6 mm;
 - ☐ omhoog of omlaag naar het grijze vakje: 460 kN;
 - ☐ naar links: V-opening 50 mm; minimale beenlengte 36 mm; r_i = 8 mm;
- ☐ buigkracht voor een lengte van 1800 mm is 1,8×460=828 kN.

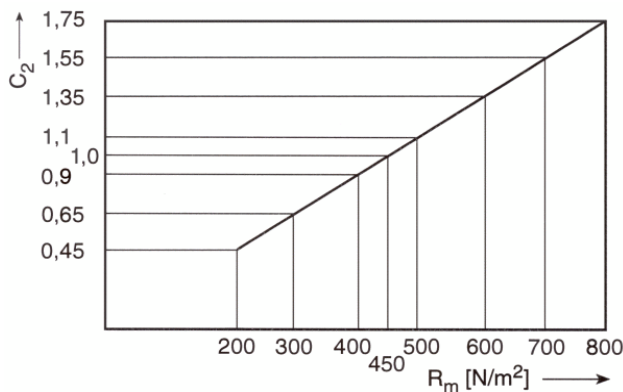
Opmerking: Wordt bijvoorbeeld een V-opening van 40 mm gekozen, dan is de benodigde buigkracht 1,8×580=1044 kN. De minimale beenlengte is dan 29 mm en r_i = 7 mm.

2. ☐ bereken V: (= 8s = 8.6 = 48 mm);
 - ☐ kies de V-opening;
 - ☐ lees links de waarden van de minimale beenlengte en r_i af;
 - ☐ lees rechts de buigkracht per meter af.

Wanneer materiaal met een andere treksterkte moet worden gebogen, wordt een correctiefactor c₂ in rekening gebracht, volgens de grafiek in figuur 3.9, op de waarde uit tabel 3.4.

Voorbeeld:

Wanneer het voorgaande product wordt gemaakt uit staal met een treksterkte van 600 N/mm², is de benodigde buigkracht 1,35×828=1118 kN.



figuur 3.9 Afhangelijkheid van de correctiefactor c_2 met de treksterkte R_m

3.1.4 De terugvering en de buighoekcompensatie

Na het wegnemen van de buigkracht zal het gebogen product terugveren. Reeds bij het aanmaken van het gereedschap en/of bij het instellen van de pers, moet men rekening houden met de terugvering. Deze wordt bepaald door:

- ☐ de materiaalsoort en -eigenschappen;
- ☐ de materiaaldikte;
- ☐ de grootte van de buighoek;
- ☐ de grootte van de inwendige productradius;
- ☐ de grootte van de V-opening bij vrijbuigen, de grootte van de buigspleet bij U-buigen en strijkbuigen.

Terugvering kan onder andere worden beperkt door:

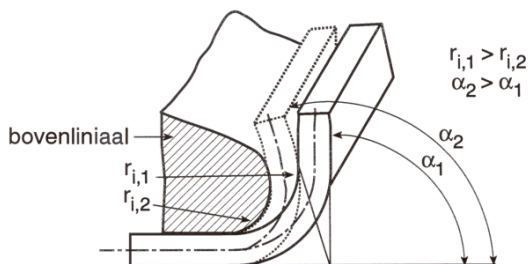
- ☐ het toepassen van een kleine buigradius;
- ☐ het aanbrengen van drukspanningen in de productradius (matrijsbuigen);
- ☐ het aanbrengen van drukspanningen middels een hiel in het bovenstempel (strijkbuigen).

Bij buigen gevolgd door kalibreren is de terugvering minder groot dan wanneer niet wordt gekalibreerd. Deze terugvering is, afhankelijk van de situatie, niet of nauwelijks te berekenen, zie ook § 2.2.5. In deze situatie wordt gewoonlijk gebruik gemaakt van praktijkgegevens die zo nodig via proefbuigingen worden gecorrigeerd.

Wanneer niet wordt gekalibreerd is het berekenen van de terugvering mogelijk, hoewel ook deze berekeningen deels zijn gebaseerd op praktijkgegevens.

Het merendeel van de berekeningen gaat uit van de ligging van de neutrale lijn. Bij $r/s < 5$ verschuift de neutrale lijn en dit effect wordt in de berekening meegenomen. Wanneer een product wordt gebogen, bijvoorbeeld door vrijbuigen (zie figuur 3.10) met productradius $r_{i,2}$ en buighoek α_2 , ontstaat na het wegnemen van de buigkracht een product met productradius $r_{i,1}$ en buighoek α_1 , in andere woorden:

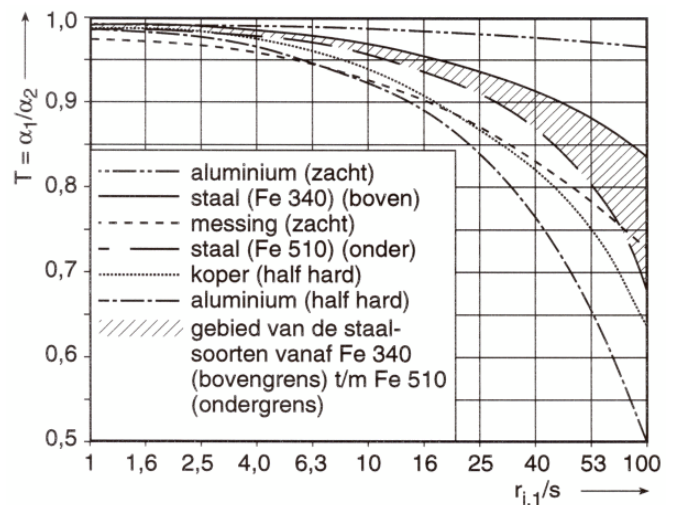
- $r_{i,1}$ = de gewenste productradius;
- $r_{i,2}$ = de werkelijk gebogen inwendige productradius;
- α_1 = de gewenste buighoek;
- α_2 = de gecompenseerde buighoek.



figuur 3.10 Schematische voorstelling van terugvering bij zwenkbuigen

Met behulp van de terugveringsfactor T , waarbij $T = \alpha_1/\alpha_2$ en dus $\alpha_2 = \alpha_1/T$, wordt de buighoekcompensatie berekend.

De waarde van T is door middel van proeven bepaald en in een grafiek (zie figuur 3.11) vastgelegd, waarbij de materiaalsoort en de verhouding $r_{i,1}/s$ bekend zijn.



figuur 3.11 De terugveringsfactor T als functie van de verhouding $r_{i,1}/s$

3.1.5 De toleranties

Bij het opstellen van een productspecificatie komt ondermeer de maatvoering van het product, met vermelding van de toleranties, aan de orde. Daarbij is van belang:

- ☐ welke zijn de producteisen;
- ☐ welke toleranties kunnen in het productieproces, onder normale omstandigheden, worden gerealiseerd.

Bij elk productieproces is sprake van een tolerantieveld, waarbinnen moet en kan worden geproduceerd.

Bij het buigen is, naast de algemene maatgeving, de ligging van de buiglijn en de grootte van de buighoek, met de bijbehorende toleranties, aan de orde. De te bereiken nauwkeurigheid wordt vooral bepaald door het productieproces.

Een tweetal kanttekeningen bij het buigen op kantpersen:

1. Nauwkeurige maten bij het buigen kunnen worden gerealiseerd door gebruik te maken van aanslagen. Dit betekent ook dat maatafwijkingen zullen optreden in het productgedeelte dat niet tussen de aanslagen en het buiggereedschap is geweest. In dat laatste geval is er sprake van een sluit- of restmaat, waarin onnauwkeurigheden kunnen worden weggewerkt.
2. Wanneer aanslagen worden gebruikt moet het product bij voorkeur worden aangelegd op een knip- of snijrand of op een scherp ($< 90^\circ$) gebogen hoek.

Wanneer geen speciale voorzieningen aan de machine zijn getroffen, geldt in het algemeen dat de ligging van de buiglijn bij klemmen nauwkeuriger is bepaald dan bij niet klemmen.

DIN 7168 geeft waarden voor de tolerantie op de buighoeken. Daarbij worden drie niveaus onderscheiden, te weten:

- ☐ fijn/midden, met tolerantie $\pm 1^\circ$;
- ☐ groot, met tolerantie $\pm 1^\circ 30'$;
- ☐ zeer groot, met tolerantie $\pm 3^\circ$;

In de praktijk is aangetoond dat bovenstaande toleranties algemeen toepasbaar zijn voor het buigen en onafhankelijk zijn van de beenlengte van het product.

Eveneens is aangetoond dat, onder de optimale machine-, gereedschap- en procescondities, de volgende hoektoleranties kunnen worden gerealiseerd:

- ☐ vrijbuigen: $\pm 30^\circ$;
- ☐ strijkbuigen, $\pm 30^\circ$;
- ☐ matrijsbuigen, $\pm 10^\circ$;
- ☐ zwenkbuigen, $\pm 30^\circ$.

Het spreekt voor zich dat het product wel gemeten moet kunnen worden, bijvoorbeeld: om een hoek te kunnen me-

ten moeten de productbenen een voldoende recht gedeelte hebben.

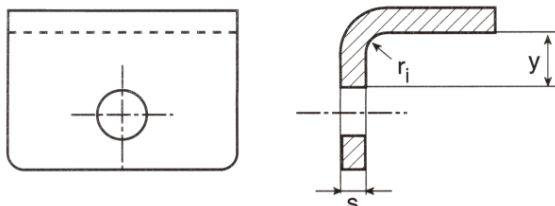
3.1.6 De walsrichting van het materiaal

In de praktijk hebben we gewoonlijk te maken met anisotroop materiaal. De mechanische eigenschappen van het materiaal zijn dan niet in alle richtingen gelijk (zie de publicatie VM 111, Materialen, hoofdstuk 3) Het gevolg voor de bewerking buigen is, dat met name de grootte van de terugvering afhankelijk is van de ligging van de buiglijn ten opzichte van de walsrichting. De buiglijn evenwijdig aan de walsrichting geeft een grotere terugvering dan wanneer de buiglijn loodrecht op de walsrichting staat. Wanneer een product buigingen bevat die loodrecht op elkaar staan, dan verdient het aanbeveling, wanneer dat wat betreft materiaalrendement verantwoord is, de buiglijn onder 45° ten opzichte van de walsrichting te laten lopen.

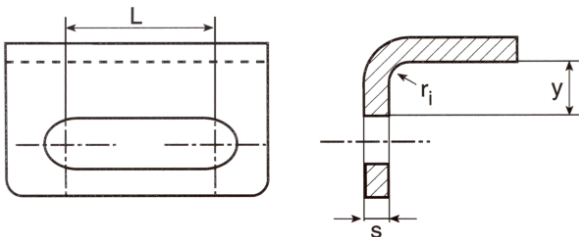
3.1.7 Gatvervorming tengevolge van het buigen

Indien in een vlakke uitslag gaten worden aangebracht, kunnen deze, wanneer de gaten te dicht bij de buiglijn liggen, tengevolge van het buigen worden vervormd. Soms kan die vervorming worden voorkomen door, op een lijn met het aanwezige gat, onderbrekingen in de buiging aan te brengen. In de meeste gevallen moet echter een minimum afstand van het gat tot de buiging worden aangehouden. In de figuren 3.12 t/m 3.14 (waarbij alle maten in millimeters zijn aangegeven) is de minimum afstand Y aangegeven voor de volgende situaties:

- ☐ aanwezigheid van ronde gaten (zie figuur 3.12);
- ☐ aanwezigheid van slobgaten (zie figuur 3.13);
- ☐ aanwezigheid van rechthoekige gaten (zie figuur 3.14).

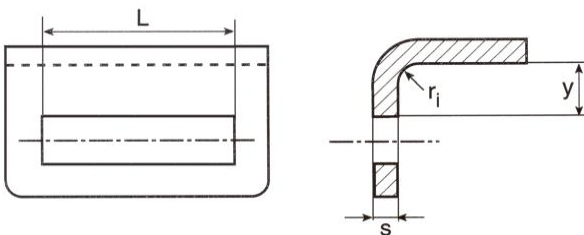


figuur 3.12 Minimale afstand bij ronde gaten: $y_{\min.} = r_i + 2s$



figuur 3.13 Minimale afstand bij slobgaten

$$\begin{aligned} L \leq 25: y_{\min.} &= r_i + 3s \\ L > 25 \text{ en } \leq 50: y_{\min.} &= r_i + 4s \\ L > 50: y_{\min.} &= r_i + 5s \end{aligned}$$



figuur 3.14 Minimale afstand bij rechthoekige gaten

$$\begin{aligned} L \leq 25: y_{\min.} &= r_i + 3s \\ L > 25 \text{ en } \leq 50: y_{\min.} &= r_i + 3,5s \\ L > 50: y_{\min.} &= r_i + 4s \end{aligned}$$

3.2 De werkvoorbereiding of het methodeplan

3.2.1 Inleiding

Voorafgaand aan de fabricage van een product wordt de werkvoorbereiding opgesteld, bestaande uit onder andere het bepalen van de noodzakelijke bewerkingen en de volgorde ervan, het berekenen van de materiaalafmetingen en -hoeveelheden, het bepalen van de te gebruiken gereedschappen en eventueel het berekenen van de kostprijs van het product. Afhankelijk van de organisatie van het bedrijf geeft de werkvoorbereider opdracht tot bestelling van het materiaal en van de benodigde gereedschappen.

Van belang voor het kiezen van de fabricagemethode is:

- ☐ soort en moeilijkheidsgraad van het product;
- ☐ seriegrootte van de te leveren producten;
- ☐ aanwezigheid en bezettingsgraad van het noodzakelijke machinepark;
- ☐ investeringsmogelijkheden (machines en gereedschappen).

Dikwijls zal een product op meerdere manieren kunnen worden vervaardigd. Bovendien overlappen de toepassingen van de verschillende buigprocessen en machines elkaar. Het is zaak tot een beheerst en reproduceerbaar productieproces te komen, dat voldoet aan de algemene eisen ten aanzien van kwaliteit, flexibiliteit en productiviteit.

In deze publicatie wordt getracht een richting aan te geven om tot de meest wenselijke fabricagemethode te komen, door de kenmerken van de verschillende processen aan te geven en vervolgens die van de producten. De combinatie ervan moet leiden tot een logische keuze van de productiemethode. De aandacht wordt daarbij vooral gericht op het buigen, hoewel ook de noodzakelijke voor- en nabewerkingen van het product van wezenlijk belang zijn.

3.2.2 Proceskeuze

3.2.2.1 Kenmerken van de buigprocessen

Vrijbuigen:

- ☐ het productmateriaal wordt tijdens het buigen niet geklemd, zodat kleine verschuivingen mogelijk zijn;
- ☐ de pers en het gereedschap worden bij het vrijbuigen veel minder belast dan bijvoorbeeld bij matrijsbuigen;
- ☐ de tolerantie op de materiaaldikte veroorzaakt relatief grote buighoekvariëaties (met hoekmetingen met CNC terugkoppeling wordt dit probleem voorkomen);
- ☐ voor een goed buigresultaat moeten onder- en bovengereedschap tijdens het buigen evenwijdig blijven. De kans op doorbuigen is evenwel aanwezig;
- ☐ het productmateriaal glijdt over een relatief grote afstand over de inlooppad van de matrijs, waardoor beschadigingen kunnen ontstaan (verder treden bij kleine V-openingen grote vlaktedrukken en dus afdrukranden op);
- ☐ de minimale beenlengte van het te buigen product moet, om het been lang genoeg op de inlooppad te houden, minimaal 0,7 maal de V-opening zijn. Met z.g. WingBend gereedschappen (Trumpf) kunnen kleinere beenlengten worden gebogen;
- ☐ bij het buigen komen de beide productbenen omhoog, waardoor naast een verhoging van de kans op extra vervormingen een sterke vermindering van de hanteerbaarheid optreedt;
- ☐ om tegengesteld gerichte buigingen te realiseren moet het product worden omgekeerd;
- ☐ met één stempel/matrijscombinatie kunnen, door de indringdiepte van de bovenstempel in te stellen, verschillende hoeken worden gebogen.

Strijkbuigen:

- ☐ het productmateriaal wordt geklemd, hetgeen de maat- nauwkeurigheid ten goede komt;
- ☐ de tolerantie op de materiaaldikte, in combinatie met de grootte van de buigspleet, bepaalt in grote mate de hoek- nauwkeurigheid van de buiging. Verder is er altijd sprake van een verschuiving van het productmateriaal van ten minste 0,05 mm;
- ☐ de bovenstempel kan, door de neer- en opgaande slag, het product beschadigen;

- ☐ de 'handling' van het product is, doordat het product ook tijdens het buigen vlak op tafel ligt, minder gecompliceerd dan bij vrijbuigen;
- ☐ de kans op gereedschapbeschadiging is groot, wanneer er sprake is van aanladen;
- ☐ de bewerking wordt vooral toegepast in productgebonden volggereedschappen, in speciale CNC buigmachines en, met behulp van specifieke gereedschappen, op een kantpers.

Zwenkbuigen:

- ☐ het productmateriaal wordt geklemd, hetgeen de maat- nauwkeurigheid ten goede komt;
- ☐ het product wordt minimaal beschadigd, doordat het ene been wordt geklemd en over het andere been slechts over een klein gebied glijden plaatsvindt;
- ☐ de minimum lengte van het te buigen been is 3 à 4 maal de materiaaldikte;
- ☐ de 'handling' van het product is, doordat het ook tijdens het buigen vlak op de tafel ligt, minder gecompliceerd;
- ☐ omdat met één gereedschapcombinatie meerdere product- hoeken kunnen worden gerealiseerd, is relatief weinig gereedschap nodig. Met uitzondering van de bovenste buiglijst of druklijst waarop de buigradius en eventueel het buigprofiel wordt aangebracht, zijn de benodigde gereedschappen niet ingewikkeld.

Matrijsbuigen en elastomeerbuigen:

- ☐ matrijsbuigen wordt steeds voorafgegaan door vrijbuigen of strijkbuigen. Bij elastomeerbuigen geschiedt de matrijs- buigwerking van het begin af aan;
- ☐ bij matrijsbuigen wordt door middel van pletten of kalibreren de elastische vervorming en daarmee de terugvering sterk gereduceerd (dooddrukken van het materiaal);
- ☐ kalibreren heeft alleen succes bij productradii $> 5.s_0$;
- ☐ door het verminderen van de terugvering wordt een hogere hoeknauwkeurigheid bereikt;
- ☐ de machine en het gereedschap worden zeer zwaar belast, zodat in het algemeen zwaardere constructies nodig zijn;
- ☐ omdat voor ieder nieuw product steeds specifiek gereedschap nodig is, zijn de gereedschapkosten relatief hoog (geldt niet voor elastomeerbuigen).

3.2.2.2 Kenmerken van de producten

Een eerste, zeer globale indeling is:

- Niet al te grote producten, goed hanteerbaar en moeilijke buigingen: meest geschikt voor buigen op kantpersen.
- Producten van grote afmetingen en moeilijk te hanteren: meest geschikt voor zwenkbuigen.

Verfijning:

Vrijbuigen op kantpersen:

- ☐ producten met kleine afmetingen en moeilijke profielen: middelgrote series;
- ☐ producten met moeilijke en nauwkeurige profielen: alle series;
- ☐ smalle, lange producten: in lijn gekoppelde persen.

Matrijsbuigen (op kantpersen):

- ☐ voor het realiseren van de kleinst mogelijke buigradius en het reduceren van de terugvering;
- ☐ grote series.

Elastomeerbuigen:

- ☐ kleine buigradius;
- ☐ buigen over een niet rechte buiglijn;
- ☐ kleine en middelgrote series.

Strijkbuigen:

- ☐ buigbewerkingen in volggereedschappen;
- ☐ grote, paneelachtige producten met korte opstaande profielen (dikwijls op speciale CNC buigmachine).

Zwenkbuigen:

- ☐ grote producten met korte opstaande beenlengtes;
- ☐ veelhoekige, gesloten producten, zoals kanalen en behuizingen, mits de machine is uitgerust met een uitzwenkbare bovenklembalk;
- ☐ producten die niet of minimaal mogen worden beschadigd.

Bij het maken van de definitieve proceskeuze moet worden uitgegaan van de feitelijke bedrijfssituatie, waaronder de werkelijk aanwezige productie-outillage. De machines kunnen worden uitgerust met veel extra toebehoren, waardoor sommige genoemde nadelen, in de beschreven kenmerken, in het geheel niet van toepassing zijn (zie ook: supplement machines en gereedschappen).

Daarnaast is het mogelijk dat, bijvoorbeeld op grond van de seriegrootte, voor kleine series een ander buigproces wordt gekozen dan voor grote series.

Eveneens is het denkbaar dat voor een bepaald belangrijk product, specifieke machines of productielijnen worden aangeschaft.

3.2.3 Buigvolgorde

Bij het bepalen van de buigvolgorde worden de volgende punten in beschouwing genomen:

- ☐ de vereiste maatnauwkeurigheid;
- ☐ het vermijden van botsingen tussen product en gereedschap;
- ☐ het voorkomen van hanteerbaarheidsproblemen;
- ☐ de doorlooptijd.

De werkvoorbereider maakt een keuze op grond van:

- ☐ de productvorm;
- ☐ de maatnauwkeurigheid;
- ☐ de grootte van de uitslag;
- ☐ de hanteerbaarheid van de producten;
- ☐ de mogelijkheden om het proces bij te sturen.

Oorspronkelijk werd, met inachtnaam van bovenstaande punten, vooral op grond van ervaring de buigvolgorde bepaald, waarbij moest worden gekozen uit een groot aantal mogelijkheden. Met de intrede van de computerbesturing is dit een stuk eenvoudiger geworden.

De huidige CAD/CAM mogelijkheden kunnen niet alleen voor een goede werking van de machine zorgen, maar kunnen tevens een grote ondersteuning voor de bediener van de machine en/of voor de werkvoorbereider vormen. In een vroeg stadium kan het buigproces en het te maken product grafisch worden weergegeven. Door zowel de machine- en gereedschapbestanden, als de vorm van het te maken product in de computer te brengen, is het mogelijk een optimale buigvolgorde te berekenen en, met de huidige 3D software, de verschillende buigingen zichtbaar te maken op het beeldscherm.

Waar bovendien sprake is van geavanceerde buigmachines, bestaat de situatie dat op het constructiebureau het gehele buigproces zichtbaar kan worden gemaakt. Door in dat stadium eventuele productieproblemen te onderkennen en constructief op te lossen, wordt een grote bijdrage geleverd om tot een beheerst en reproduceerbaar productieproces te komen.

3.3 Trouble shoot lijst

Op de volgende bladzijde is een trouble shoot lijst opgenomen, die kan worden gebruikt bij het vinden van oorzaken bij problemen bij het buigen. Tevens is een overzicht gegeven waar de desbetreffende problematiek wordt behandeld.

3.4 Uitgewerkt voorbeeld

Als afsluiting van deze publicatie wordt een case besproken, om daarmee:

- het gebruik van de publicatie toe te lichten;
- zichtbaar te maken hoe groot de invloed is van het productontwerp op de fabricagemethodiek;
- gegevens en richtlijnen te verstrekken aan de ontwerper, de werkvoorbereider en de producent.

Onderwerp: Het vervaardigen van het product volgens onderstaande gegevens (zie ook figuur 3.15)

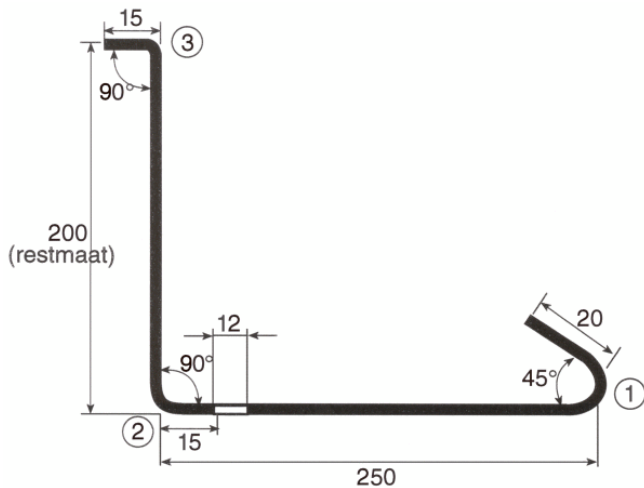
- ☐ productmateriaal: staal Fe P05 (DC 05);
- ☐ materiaaldikte 1,2 mm;

symptomen	oorzaken																						
	buiggereedschap									machine					materiaal/proces								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
insnoering															☐		☐						
scheuren															☐	☐	☐						
verruwing															☐					☐			
knikken (op buiglijn)														☐				☐	☐				
beschadiging van het productoppervlak	☐		☐			☐		☐															
dubbele aftekening ondergereedschap op vrijbuigproduct	☐				☐																		
te grote variatie in buighoek over de serie	☐	☐											☐			☐					☐	☐	
verloop in buighoek van de uiteinden naar het midden van het product	☐			☐			☐				☐												
torderen van het product																						☐	
maatafwijkingen (o.a. verschillen in buigverlies)		☐								☐			☐			☐					☐	☐	
ongewenste (natuurlijke) buigradius									☐			☐	☐										
deklaag laat los															☐								☐

	oorzaken:	meer informatie in:
buiggereedschap		
1	De slijtage van het gereedschap is te hoog	§ 5.1.8 supplement machines & gereedschappen
2	Er is het verkeerde gereedschap gekozen (bijvoorbeeld vrijbuig- en matrijsgereedschap zijn door elkaar gehaald)	§ 5.1 supplement machines & gereedschappen
3	De afrondingen van het buiggereedschap zijn te klein gekozen	§ 2.3.2
4	De buigspleet bij het strijkbuiiggereedschap varieert te veel (bijvoorbeeld door uitbuiging)	§ 2.3.3
5	Er is een te grote matrijshoek voor het ondergereedschap gekozen (bij vrijbuigen)	§ 5.1.1 supplement machines & gereedschappen
6	Het gereedschap heeft een verkeerde oppervlaktebehandeling gehad	§ 3 supplement materialen en § 5.1.5 supplement machines & gereedschappen
7	De uitlijning van het buiggereedschap is niet voldoende	§ 5.1.7 supplement machines & gereedschappen
8	Er treedt aanladen van het gereedschap door productmateriaal op (vervuiling)	§ 5.1.8 supplement machines & gereedschappen
9	Een verkeerde V-opening is gekozen voor het ondergereedschap (bij vrijbuigen)	§ 3.1.1
machine		
10	De aanslagvoorziening is verkeerd gekozen of niet goed gebruikt	§ 2.1.4 supplement machines & gereedschappen
11	De bombering op de machine is onvoldoende of werkt niet goed	§ 4.1 supplement machines & gereedschappen
12	Er is een verkeerde instelling van de buigwang gekozen (bij het zwenkbuigen)	§ 2.2 supplement machines & gereedschappen
13	Er wordt onvoldoende klemkracht op het productmateriaal uitgeoefend (bij zwenkbuigen of strijkbuiigen)	§ 2.3.2.2 en 2.3.5.2
14	De perssnelheid is te hoog ingesteld	—
materiaal/proces		
15	Er wordt geprobeerd een te kleine hoek te buigen met het productmateriaal	§ 2.5 supplement materialen
16	Het productmateriaal wordt in een verkeerde richting gebogen t.o.v. de walsrichting ervan (verkeerde nesting)	§ 2.2 supplement materialen en § 3.1.6
17	Het gekozen plaatmateriaal heeft ongunstige mechanische eigenschappen voor de vervorming die gewenst is	supplement materialen
18	Het materiaal vertoont een vloeivlag	hoofdstuk 3 van VM 111 "Materialen"
19	Het gekozen materiaal vertoont onvoldoende versteviging	§ 2.3 supplement materialen
20	De korrelgrootte van het gekozen plaatmateriaal is te groot	§ 2.2 supplement materialen
21	De materiaaleigenschappen en/of de plaatdikte variëren te veel	§ 2.2 supplement materialen
22	De inwendige spanningen (restspanningen) in het materiaal zijn te hoog	§ 2.2 supplement materialen
23	De hechting tussen materiaal en deklaag is onvoldoende	§ 5.1 van VM 111 "Materialen"

- ☐ productbreedte=de lengte van de buiglijn=580±0,2 mm;
- ☐ alle buigradii 1,5±0,5 mm;
- ☐ alle maten, met uitzondering van de restmaat, ±0,2 mm;
- ☐ hoeknauwkeurigheid ±60°;
- ☐ de drie gaten Ø 12 mm liggen op een lijn, het middelpunt

- van het eerste gat op 145±0,2 mm vanaf de zijkant, de hartafstand van de gaten is 145±0,1 mm;
- ☐ verwachte uitval 3%;
- ☐ aantal producten: 1400 stuks.



figuur 3.15 Doorsnede van het te vervaardigen product

3.4.1 Keuze van het buigproces

In deze case wordt aangenomen dat het bedrijf alle buigprocessen kan uitvoeren.

In § 3.2 van deze publicatie wordt een overzicht gegeven van de proces- en productkenmerken. Hieruit blijkt dat het product via verschillende processen kan worden vervaardigd.

- ☐ Omdat geen speciale eisen worden gesteld aan de grootte van de buigradii en evenmin een zeer kleine tolerantie op de hoeknauwkeurigheid aan de orde is, is matrijsbuigen niet noodzakelijk.
- ☐ Door de hoek van 45° is strijkbuigen minder geschikt.
- ☐ Wel in aanmerking komen vrijbuigen en zwenkbuigen.
- ☐ Vrijbuigen wordt hier gekozen, omdat:
 - a. de gevraagde maten en toleranties haalbaar zijn;
 - b. de producten goed hanteerbaar zijn;
 - c. de cyclustijd acceptabel is;
 - d. gelijksoortige producten eerder zijn gemaakt;
 - e. standaardgereedschap aanwezig is.

3.4.2 Benodigde bewerkingen

De volgende bewerkingen moeten worden uitgevoerd:
 Bew. 1: Platines knippen (of slitten en richten/knippen);
 Bew. 2: Drie gaten Ø 12 mm ±0,1 mm aanbrengen;
 Bew. 3: Producten buigen, in drie buigingen.

Opmerking: In deze case wordt alleen het buigen van de producten besproken. Wel komen de randvoorwaarden van de voorgaande bewerkingen aan de orde.

3.4.3 Platines knippen

Voordat de uitslag van het product kan worden berekend, moet bekend zijn welke de inwendige radii van het product zullen zijn. Om die reden worden vooraf de gereedschapcondities bepaald.

In § 3.1.1 en in tabel 3.1 is weergegeven:

- ☐ aanbevolen V-opening van de matrijs is: $8 \cdot s = 9,6$ mm;
Beschikbaar is een matrijs met opening 9,5 mm
- ☐ grootte van de natuurlijke inwendige productradii:
 bij 90° buigen:
 $r_i = 0,17 V$, dus $0,17 \cdot 9,5 = 1,6$ mm
 bij 45° buigen:
 $r_i = 0,12 V$, dus $0,12 \cdot 9,5 = 1,1$ mm

De uitslagberekening, zie § 3.1.2, verloopt als volgt:

Totaal van de gegeven maten:
 $15 + 200 + 250 + 20 = 485$ mm

Buiging van 90°: $r/s = 1,6/1,2 = 1,33$

Aflesen in de grafiek van figuur 3.5 $\Rightarrow k = 0,71$

Formule 1 voor openingshoek $\leq 90^\circ$ toepassen:

$$v = \pi \cdot 0,5(1,6 + 1,2/2 \cdot 0,71) - 2(1,6 + 1,2)$$

$$= -2,4 \text{ mm}$$

Idem voor de tweede hoek van 90°: $v = -2,4$ mm

Buiging van 45°: $r/s = 1,1/1,2 = 0,92$

Aflesen in de grafiek van figuur 3.5 $\Rightarrow k = 0,63$

Formule 1 toepassen: $v = -1,1$ mm

De uitslaglengte is $485 - 2,4 - 2,4 - 1,1 = 479,1$ mm

De afmetingen van de platine zijn dus: $580 \times 479,1$ mm, beide maten met een tolerantie van $\pm 0,2$ mm

Opmerking: Omdat de grootte van de terugvering bij het buigen mede afhankelijk is van de ligging van de buiglijn ten opzichte van de walsrichting, is het gewenst alle producten op dezelfde manier te buigen.

Voor het voorbeeldproduct geldt dat de buiglijnen van alle producten loodrecht op de walsrichting lopen. Het risico van maatafwijkingen, ontstaan door ongelijke terugvering, wordt zodoende zoveel mogelijk beperkt. Wanneer een CNC kantpers met hoekmeting beschikbaar is, is deze maatregel niet nodig.

Aandachtspunt voor het knippen!

Omdat het verwachte uitvalpercentage voor het totale fabricageproces 3% is, worden $1400/0,97 = 1444$ platines vervaardigd.

3.4.4 Buigen van het product

Vooraf te beschouwen punten:

- ☐ de totale maatvoering van het product;
- ☐ het benodigde gereedschap;
- ☐ de 'handling' van het product tijdens de productie.

3.4.4.1 De totale maatvoering van het product

De hoofdmaten van het product

In de producttekening van figuur 3.15 is, naast maten met een tolerantie van $\pm 0,2$ mm, ook een sluit- of restmaat vermeld. Dit is de maat van 200 mm.

Het is gewenst dat een dergelijke maat gegeven is, omdat daarin afwijkingen kunnen worden weggewerkt.

Afwijkingen kunnen o.a. ontstaan door knipfouten, verschillen tussen de berekende en de werkelijke platine-afmeting, verkeerd berekende platine-afmeting en onnauwkeurigheden bij het buigen.

Maatafwijkingen komen altijd in dat deel van het product dat niet tussen de aanslag en het buiggereedschap is geweest (zie ook § 3.1.5).

De plaats van de buiglijnen

Het is bekend dat bij vrijbuigen het buigverlies gelijk over de beide benen wordt verdeeld (zie ook § 3.1.2).

Bij het buigen van de hoek van 45° is het buigverlies $-1,1$ mm. De buiglijn ligt dan op een afstand van $20 - 1,1/2 = 19,45$ mm van de snijrand.

Bij het buigen van de hoek van 90°, en de maat van 250 mm, ligt de buiglijn op $250 - 2,4/2 = 248,8$ mm.

Bij het buigen van de hoek van 90°, en de maat van 15 mm, ligt de buiglijn op $15 - 2,4/2 = 13,8$ mm.

Ligging van gaten, enz. t.o.v. de buigingen

In § 3.1.7 van de publicatie worden minimale afstanden, $y_{\min}$, van aanwezige gaten ten opzichte van de buiging vermeld. In ons geval geldt figuur 3.12. De bedoelde y is: de gegeven maat van 15 mm, minus de materiaaldikte, minus de straal van het aanwezige gat, dus $15 - 1,2 - 6,0 = 7,8$ mm. De minimale afstand $y_{\min} = r_i + 2s = 1,6 + 2 \cdot 1,2 = 4,0$ mm, waarmee is aangetoond dat de gaten op voldoende afstand van de buiging liggen.

Bij een afstand y kleiner dan 4 mm zouden de gaten tijdens het buigen kunnen worden vervormd.

3.4.4.2 Het benodigde gereedschap

De maatvoering van het gereedschap

Bij het berekenen van de uitslag is reeds bepaald:

- a. De V-opening van de matrijs is 9,5 mm (minimale beenlengte van het product is circa 7 mm);
- b. De natuurlijke inwendige productradius bij 90° buigen is 1,6 mm, bij 45° buigen 1,1 mm.

In § 3.1.1 wordt als inloopradius r_m van de matrijs ca. 10% van de grootte van de V-opening aanbevolen. In ons geval is deze r_m dus 1,0 mm.

Omdat de buigkracht relatief klein is, kan er voor slanke gereedschappen worden gekozen.

Het bovenstempel bijvoorbeeld kan een tophoek van 30° hebben. De radius r_s van het bovenstempel moet kleiner zijn dan r_i , dus kleiner dan 1,1 resp. 1,6 mm.

We kiezen voor de standaard r_s 1,0 mm (zie ook § 5.1.1 van het supplement machines en gereedschappen).

De maximaal benodigde buigkracht

Het productmateriaal is Fe P05, met een treksterkte van 270 tot 330 N/mm² (zie supplement materialen A.1).

BEREKENING VOLGENS METHODE 1:

Volgens de paragrafen 2.3.2.2 en 3.1.3 is de maximaal benodigde buigkracht:

$$F_b = \frac{c \cdot R_m \cdot B \cdot s}{V}$$

$$F_b = \frac{1,42 \cdot 330 \cdot 580 \cdot 1,2}{9,5} = 41,2 \text{ kN}$$

BEREKENING VOLGENS METHODE 2:

Aflezen in tabel 3.4 van § 3.1.3

Als $s=1,2$ mm; $R_m=450$ N/mm²; $V=9,5$ mm, dan is de buigkracht: 100 kN/m.

Voor 580 mm is de buigkracht dus 58 kN.

R_m is echter 330 N/mm².

De factor c_2 wordt bepaald uit de grafiek in figuur 3.9 en bedraagt circa 0,73.

De maximaal benodigde buigkracht is dan:

$$F_b = 0,73 \times 58 = 42,3 \text{ kN}$$

3.4.4.3 De handling van het product tijdens de productie

Aanslagmogelijkheden

Zoals beschreven in § 3.1.5 ontstaan nauwkeurige afmetingen van een plaatdeel als dat deel tussen de aanslag en het buiggereedschap wordt gepositioneerd.

Bovendien gaat de voorkeur uit naar het aanslaan op een gesneden rand of een scherp gebogen hoek.

Voor het te beschouwen product geldt:

1. De hoek van 45° buigen, met achteraanslag op de gesneden rand;
2. De hoek van 90° buigen, met de maat van 250 mm, met achteraanslag op de gebogen hoek van 45°;
3. De hoek van 90° buigen, met de maat van 15 mm, met achteraanslag op de gesneden rand.

Op deze wijze wordt tevens bereikt dat het plaatdeel van 200 mm de eerdergenoemde sluitmaat krijgt. Dit plaatdeel is niet tussen de aanslag en het gereedschap geweest.

De buigvolgorde

Bij het bespreken van de aanslagmogelijkheden is tevens de buigvolgorde bepaald, in de producttekening van figuur 3.15 aangegeven met de nummers 1, 2 en 3.

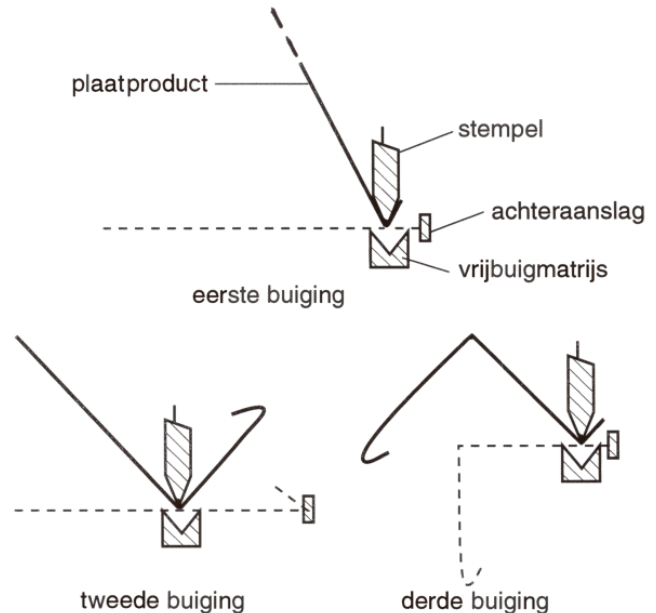
'Handling'

Door de redelijke afmetingen en gewicht (circa 2,6 kg) is het product nog goed hanteerbaar. Toch kan worden overwogen om bij de eerste buiging gebruik te maken van buighulpen. Bij deze buiging steekt namelijk een relatief groot gedeelte van de platine voor het gereedschap uit. Bij onvoldoende ondersteuning tijdens het buigen kunnen dan ongewenste vervormingen optreden. Na de tweede buiging moet het product worden omgedraaid.

Naarmate de platine en/of het opzwaaiende deel ervan groter wordt, kan worden gedacht aan het gebruik van een zwenkbuigmachine, omdat de platine dan vlak op de tafel kan blijven liggen.

Er moet ook in dat geval rekening worden gehouden met het feit dat de derde buiging tegengesteld gericht is. Dit betekent dat een zwenkbuigmachine bij voorkeur in twee richtingen moet kunnen buigen om het omdraaien van het product te voorkomen.

De bedoelde buigbewerkingen zijn weergegeven in figuur 3.16.



figuur 3.16 De volgorde van de buigbewerkingen van het product

3.4.5 Nabeschuiving

Een kritisch punt bij het gekozen buigproces is de grootte van de buigradius bij de 45° buiging.

Deze radius moet volgens tekening 1,5 ±0,5 zijn.

De berekende natuurlijke radius is 1,1 mm, dus aan de onderkant van het tolerantieveld.

Een oplossing voor dit probleem zou het werken met een grotere V-opening van de ondermatrijs zijn.

Echter, wanneer die grotere V-opening, bijvoorbeeld 12 mm, ook wordt gebruikt voor de buiging van 90° ontstaat daar een natuurlijke radius van $0,17 \times 12 = 2,0$ mm, bij deze maatvoering maximaal toegestaan.

Beide situaties zijn minder gewenst.

Dat de stempelradius $r_s=1,0$ mm is gekozen garandeert niet dat de kleinste inwendige productradius dan ook 1 mm zal zijn.

Ook het werken met twee verschillende V-openingen is, vanuit ergonomisch en economisch oogpunt, niet aantrekkelijk.

Opnieuw overleg met de ontwerper is nodig om tot een bevredigende oplossing te komen. Misschien is het mogelijk het tolerantieveld te verleggen voor de buigradius van de hoek van 45°.

Bij de uitwerking van dit voorbeeld is duidelijk gebleken dat de bewerkingsmethodiek in sterke mate door de productontwerper wordt bepaald.

In deze eenvoudige case kwam dat ondermeer aan de orde bij:

- ☐ de grootte van de buigradii;
- ☐ de totale maatvoering, waarbij met name de aanwezigheid en de ligging van de sluit- of restmaat van belang is;
- ☐ de ligging van de ronde gaten in het product.

Een vroegtijdig overleg tussen de ontwerper van een product, de werkvoorbereider en de producent ervan, is zeer zinvol en noodzakelijk. Het is raadzaam om te overwegen of werkvoorbereidingspakketten hierbij zinvol ingezet kunnen worden.

Juist in het ontwerpstadium zijn er mogelijkheden om, met handhaving van de functionele producteisen, tot een goed en efficiënt maakbaar product te komen.

Supplement "materialen"

S.1 Inleiding

In dit supplement wordt nader ingegaan op die aspecten van materialen die specifiek betrekking hebben op de in deze publicatie behandelde processen. Dit supplement dient te worden gezien als aanvulling op de publicatie VM 111 "Materialen".

S.2 Productmaterialen

S.2.1 Mechanische eigenschappen van belang voor het buigen

Uit de procesbeschrijving van het buigen (zie hoofdstuk 2) blijkt dat de volgende materiaaleigenschappen relevant zijn:

- ☐ de treksterkte;
- ☐ de 0,2% rekgrens of de vloeigrens;
- ☐ de rek;
- ☐ de elasticiteitsmodulus;
- ☐ de versteviging;
- ☐ de minimaal toelaatbare buigdoornmiddellijn.

De treksterkte, 0,2% rekgrens of vloeigrens en de rek worden met de "standaard" trekproef bepaald. Zie voor de definitie en methode van bepalen VM 111 "Materialen". De elasticiteitsmodulus kan in principe ook met een trekproef worden bepaald. Aangezien de elasticiteitsmodulus bij benadering onafhankelijk is van de behandelingstoestand van het materiaal, wordt deze grootte als een constante gezien.

Voor de in dit supplement vermelde materialen gelden voor de elasticiteitsmodulus bij benadering de volgende waarden:

- ☐ ongelegeerd en laaggelegeerd staal: 210.000 N/mm²;
- ☐ austenitisch roestvast staal in gegloeide toestand: 196.000 N/mm²;
- ☐ aluminium en aluminiumlegeringen: 70.000 N/mm².

De versteviging wordt vaak gekarakteriseerd met de verstevigingsexponent of n-waarde (zie VM 111 "Materialen"). De methode om deze verstevigingsexponent te bepalen staat onder andere omschreven in een bijlage bij het normblad EN 10 130. Is de verstevigingsexponent niet bekend, dan kan enig idee omtrent de versteviging worden verkregen uit de verhouding rekgrens/treksterkte.

Als basis voor het bepalen van de minimale buigdoornmiddellijn kan het normblad DIN 50 111 (1987) "Technologischer Biegeversuch" dienen. De minimale buigdoornmiddellijn kan worden gebruikt om de minimaal toelaatbare buigradius van het materiaal te bepalen. Voor de minimaal toelaatbare inwendige buigradius kan als benadering worden genomen: $R_i = \frac{1}{2}D$, waarbij D de bij het materiaal behorende minimale buigdoornmiddellijn is. Bij de op deze manier berekende waarde R_i kan worden aangenomen dat het materiaal de vervorming nog net aankan. Het proberen te buigen van kleiner inwendige buigradii met het betreffende materiaal zal problemen geven.

In de tabellen verderop in dit supplement zijn voor een groot aantal materialen de genoemde eigenschappen, althans voor zover bekend, verzameld.

S.2.2 Overige eigenschappen van belang voor proces en product

Naast de mechanische eigenschappen zijn bij het buigen nog andere factoren van belang, zoals de invloed van de walsrichting, de hoogte en verdeling van inwendige spanningen, de diktetoleranties van het plaatmateriaal, de korrelgrootte en de oppervlaktegesteldheid.

Walsrichting

Zoals in de publicatie VM 111 "Materialen" staat beschreven, wordt al het band- en plaatmateriaal door walsen vervaardigd.

Meestal wordt daarbij het materiaal in de lengterichting ge-

strekt, in de breedterichting niet of nauwelijks (uitzondering zijn zogenaamde quartoplaten, die kruiselings worden gewalst). Het gevolg hiervan is dat:

- ☐ de mechanische eigenschappen verschillen in de diverse richtingen ten opzichte van de walsrichting, en daarmee ook de buigeigenschappen (o.a. terugvering);
- ☐ insluitels worden in de lengterichting gestrekt, waardoor bij buigingen waarbij de as van buigen evenwijdig aan de walsrichting ligt in het algemeen een grotere minimale buigstraal moet worden aangehouden dan wanneer de as van buigen loodrecht op de walsrichting staat.

Inwendige spanningen

Inwendige spanningen in band- of plaatmateriaal kunnen bij plaatbewerkingstechnieken tot onaangename verrassingen leiden. Zo ook bij buigen.

In zijn algemeenheid gesproken zijn inwendige spanningen in plaat of band het gevolg van een door een uitwendige belasting opgelegde inhomogene plastische deformatie. Wordt de uitwendige belasting weggenomen, dan zal het materiaal willen terugveren (elastische spanningen), hetgeen door de plastisch gedeformeerde gebieden wordt verhinderd. Het resultaat zijn inwendige spanningen. Zoals uit de procesomschrijving "Buigen" blijkt, worden ook door buigen inwendige spanningen geïntroduceerd door een inhomogene plastische deformatie over de dikte van het materiaal.

Materiaal dat als band geproduceerd is en op coil wordt geleverd, zal bij afwikkelen niet vlak zijn. Grofweg kunnen de volgende vier afwijkingen worden onderscheiden:

- ☐ coilkromming;
- ☐ bandkromming;
- ☐ randspanning;
- ☐ middenspanning.

Vaak treedt een combinatie op. Bij het verwerken van band of hieruit vervaardigde plaat zal in het algemeen moeten worden uitgegaan van een vlakke toestand. Dit betekent dat voorafgaande aan de bewerking het materiaal moet worden gericht. Tegenwoordig vindt het richten in het algemeen plaats op rollenrichtmachines, waarmee, door het materiaal afwisselend heen en terug te buigen, een vlak eindproduct wordt verkregen. Hierbij moet worden bedacht, dat door het richten de aanwezige inwendige spanningen niet teniet worden gedaan, maar anders worden verdeeld. Het eindproduct kan alleen vlak zijn op basis van een evenwicht van (elastische) inwendige spanningen. Wordt tijdens de verdere verwerking dit spanningsevenwicht verstoord, dan kan dat leiden tot een vervorming van het materiaal.

Toleranties op de dikte

Afhankelijk van het toegepaste buigproces heeft de materiaaldikte invloed op de buigstraal, de terugvering en het buigverlies. Daarmee heeft de tolerantie op de dikte uiteraard invloed op de nauwkeurigheid van het buigproces. Voor plaat- en bandmateriaal zijn de toegestane diktetoleranties vastgelegd in normen. Bij de tabellen verderop in dit supplement wordt steeds vermeld in welke norm de diktetoleranties staan vermeld. In een aantal gevallen zal de volgens de normen toegestane diktetolerantie voor het goed verloop van het buigproces te ruim zijn. In dit soort gevallen verdient het aanbeveling om samen met de toeleverancier nauwere toleranties af te spreken. De meerprijs die hiervan het gevolg is, zal moeten worden gecompenseerd door een verbetering van de productiviteit.

Korrelgrootte

De korrelgrootte of kristalgrootte heeft enerzijds invloed op de mechanische eigenschappen van een materiaal, anderzijds op het uiterlijk van een gedeformeerd, dus ook van een gebogen product. Een fijnkorrelig materiaal zal in het algemeen een hogere rekgrens te zien geven dan hetzelfde materiaal met een grovere korrel. Bij staalkwaliteiten zal een kleinere korrel bovendien een betere kerfslagwaarde (weerstand tegen brosse breuk) tot gevolg hebben. Wordt een materiaal gebogen, dan zal materiaal in de buitenradius worden gestrekt. Het gevolg hiervan is onder

andere een toename van de ruwheid, de zogenoemde sinaasappelhuid. Dit verschijnsel wordt ernstiger naarmate de korrel groter wordt.

De toename van de ruwheid op een buiging kan bijvoorbeeld een verschil in uiterlijk geven na het aanbrengen van galvanische bedekkingen voor decoratieve doeleinden. In kwaliteitsnormen voor metalen is in het algemeen geen eis opgenomen voor de korrelgrootte. Indien relevant, dient een en ander bij de bestelling te worden overeengekomen.

Oppervlaktegesteldheid

In tegenstelling tot koudgewalste materialen, zullen warmgewalste materialen in het algemeen bedekt zijn met een oxidehuid, de zogenoemde walshuid. Vooral bij staal kan deze laag dik zijn en gemakkelijk van de ondergrond loslaten. Bij het verwerken van een dergelijk materiaal zullen machines, gereedschappen en de omgeving vervuild raken. Een verder nadeel kan de grotere slijtage van gereedschappen zijn. Oxiden zijn immers hard.

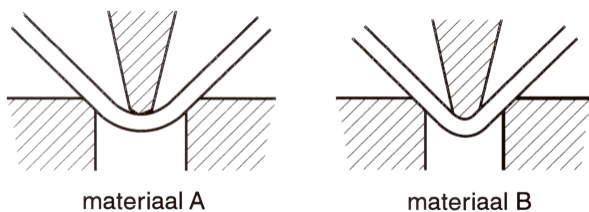
Verwijderen van de walshuid kan zowel mechanisch (stralen) als chemisch (beitsen). Het stralen kan, afhankelijk van het gebruikte straalmiddel en de straalintensiteit, een nadelig effect hebben op de buigbaarheid, onder andere, omdat in het oppervlak kerfjes ontstaan, waardoor op de buiglijn vroegtijdig scheuren kunnen ontstaan.

Evenals koudgewalst staal, zal warmgewalst staal ontdaan van de walshuid licht ingelied geleverd worden, tenzij bij de bestelling anders is overeengekomen.

S.2.3 Verandering mechanische eigenschappen door buigen

Tengevolge van de deformatie bij het buigen zal het materiaal in de buigzone verstevigen, dat wil zeggen de rekgrens neemt toe (zie ook de publicatie VM 111 "Materialen"). In het algemeen zal deze verandering in eigenschappen geen nadelige gevolgen voor de productfunctie hebben.

De diverse materialen vertonen vaak een nogal verschillend verstevigingsgedrag, hetgeen tot uiting komt in verschillende n -waarden. Met name bij het vrijbuigen heeft de versteviging invloed op de bereikte buigstraal. Materiaal met veel versteviging zal, bij gelijke buighoek, een grotere buigstraal te zien geven dan een materiaal met weinig versteviging (schematisch weergegeven in figuur S.1). De reden hiervoor is, dat bij buigen van materiaal met veel versteviging, de deformatie over een groter gebied wordt verdeeld dan bij materiaal met weinig versteviging.



figuur S.1 Schematische weergave van de invloed die de versteviging heeft bij het vrijbuigen ($n_A > n_B$)

In een aantal situaties is het mogelijk dat de buigdeformatie tot een ontoelaatbare verandering in mechanische eigenschappen leidt.

Een voorbeeld hiervan betreft gebogen producten, gemaakt uit ouderingsgevoelig staal, die thermisch worden verzinkt. Onder invloed van de hoge temperatuur bij het verzinken zal het materiaal met name in de buigzone kunstmatig worden verouderd.

Tengevolge van deze veroudering kan het materiaal zo bros worden, dat al bij een geringe vervorming breuk optreedt. In dit soort gevallen verdient het dus aanbeveling uit te gaan van niet-ouderingsgevoelige staalkwaliteiten. Tevens heeft kouddeformatie, dus ook buigen, van staal een nadelig effect op de weerstand tegen brose breuk (kerfslagwaarde). Bij verouderingsgevoelige stalen kan ter plaatse van de buigzone ook nog natuurlijke veroudering optreden,

waardoor de weerstand tegen brose breuk nog verder afneemt. Onder ongunstige omstandigheden (zware deformatie, grote materiaaldikte) kan het noodzakelijk zijn de gevolgen van de kouddeformatie door een warmtebehandeling teniet te doen.

S.2.4 Invloed knipdeformatie/braam c.q. warmte-beïnvloede zone bij thermisch snijden

Veel buigproducten zullen worden gemaakt uit op maat geknipte plaat of strip of uit op breedte geslitte band. Door de scheidende bewerking zal er enerzijds een verstevigde randzone ontstaan, anderzijds een, meestal zwaar verstevigde, braam. Beide verschijnselen hebben een nadelige invloed op de vervormbaarheid. Vooral bij wat hardere materialen en/of smalle strip en/of grotere materiaaldikten kan de randzone vroegtijdig scheuren veroorzaken. In deze gevallen is het gunstig om de braam aan de binnenradius van het product te leggen. In extreme gevallen zullen de braam en de verstevigde zone mechanisch, bijvoorbeeld door slijpen, moeten worden verwijderd.

Dikker materiaal kan ook door thermisch snijden (autogeen-, plasma- of lasersnijden) op maat worden gemaakt. Door het thermisch snijden ontstaat aan de rand de zogenaamde warmte-beïnvloede zone (wbz). Door het opwarmen en afkoelen zullen in deze zone de mechanische eigenschappen worden beïnvloed, vaak in negatieve zin. In welke mate de eigenschappen veranderen, hangt af van de materiaalkwaliteit, de hoogte van de in de wbz bereikte temperatuur en de afkoelsnelheid. Onder ongunstige omstandigheden kan het materiaal in de wbz bros worden, waardoor bij buigen scheuren ontstaan.

S.2.5 Voor buigen geschikte materialen

In de tabellen S.1 t/m S.19 zijn de voor het buigen relevante eigenschappen opgenomen. Voor zover mogelijk zijn deze eigenschappen overgenomen uit de diverse normen. Worden in een norm geen waarden voor een bepaalde eigenschap gegeven, dan is getracht toch een waarde in te vullen. Deze waarden zijn of afkomstig uit ervaring of uit literatuur. Zoveel mogelijk is gebruikt gemaakt van nederlands-talige Europese (EN) normen. Indien deze niet aanwezig zijn, zijn Euronormen (EU) gebruikt. In dit laatste geval zijn tevens de overeenkomstige Duitse (DIN) normen genoemd.

A koud- en warmgewalst ongelegeerd laag koolstofstaal voor vervormingsdoeleinden

A.1 EN 10 130 (1992). Toleranties volgens EN 10 131 (1992). Koudgewalste platte producten van laag koolstofstaal voor koud dieptrekken of zetwerk (zie tabel S.1). Opmerking: Deze norm wordt herzien en t.z.t. opnieuw uitgegeven als EN 10 130. De wijziging zal met name de aanduiding van de staalkwaliteiten betreffen. Voor de volledigheid zijn in tabel S.1 de toekomstige aanduidingen opgenomen.

Binnen deze groep is de kwaliteit Fe P01 de minst gedefinieerde kwaliteit. Met name de rekgrens kan een grote spreiding te zien geven, zeker tussen verschillende leveringen. Is deze grote spreiding voor het buigproces niet acceptabel, dan zal een beter gedefinieerde kwaliteit moeten worden gekozen.

Uit ervaring is bekend dat de rekgrens voor de kwaliteit Fe P01 kan variëren tussen circa 160 en circa 260 N/mm², terwijl voor de kwaliteit Fe P04 de rekgrens varieert tussen 160 en 205 N/mm². Dit betekent dat de keuze van een hogere kwaliteit leidt tot enerzijds een kleinere spreiding in mechanische waarden, anderzijds dat het gemiddelde niveau lager ligt.

A.2 EN 10 139 - Toleranties volgens EN 10 140. Niet-bekleed koudgewalst band in walsbreedten van minder dan 600 mm van zacht ongelegeerd staal voor koudvervormen (zie ook DIN 1624 van 1987) (zie tabel S.2).

A.3 EN 10 111 - Toleranties volgens EN 10 051 (1992). Continu warmgewalste, niet beklede plaat en band

van laag koolstofstaal staal voor koud dieptrekken of zetwerk. Zie ook DIN 1614 (1986) (zie tabel S.3).

A.4 EN 10 142 (1995) - Toleranties volgens EN 10 143 (1993). Continu dompelpverzinkte plaat en breedband van laag koolstofstaal voor koud dieptrekken of zetwerk (zie tabel S.4).

Binnen deze groep is Fe P02 G de minst gedefinieerde en vertoont daarom de grootste spreiding in mechanische eigenschappen. Volgens de norm moet met een minimum rekgrens van 140 N/mm² rekening worden gehouden voor alle kwaliteiten.

Uit ervaring is bekend dat de rekgrens voor de kwaliteit Fe P02 G in het algemeen varieert tussen 240 tot 390 N/mm², terwijl voor de kwaliteit Fe P06 G op een spreiding in de rekgrens van 130 tot 155 N/mm² moet worden gerekend. Dus ook hier geldt dat de keuze van een hogere kwaliteit enerzijds een kleinere spreiding tot gevolg heeft en anderzijds een lager niveau.

De mechanische eigenschappen zijn onafhankelijk van de uitvoeringsvorm van de zinklaag (gebloeid, onderdrukte bloem, gematteerd).

A.5 EN 10 152 (1994) - Toleranties volgens EN 10 131 (1993). Elektrolytisch verzinkte koudgewalste platte staalproducten (zie tabel S.5).

Als basis voor de elektrolytisch verzinkte kwaliteiten worden de in tabel S.1 genoemde materialen gebruikt. Omdat elektrolytisch verzinken bij lage temperatuur gebeurt, zal de beïnvloeding van de mechanische eigenschappen minimaal zijn.

De in A.1 gemaakte opmerkingen onder andere ten aanzien van de spreiding in mechanische eigenschappen gaan derhalve ook voor deze kwaliteiten op.

B Warmgewalste, normaal gegloeide c.q. normaliserend gewalste en thermomechanisch gewalste staalkwaliteiten

B.1 EN 10 025 (2004) - Toleranties volgens EN 10 029 (1992) (vanaf 3 mm dikte) en EN 10 051 (1997) (zie tabel S.6).

Warmgewalste producten van ongelegeerd constructiestaal.

Opmerkingen:

1. De in de tabellen gebruikte aanduidingen zijn niet compleet. Voor een volledige aanduiding raadplegen EN 10 025.
2. De in de tabel gegeven mechanische eigenschappen gelden loodrecht op de walsrichting.
3. Voor mechanische waarden voor grotere materiaaldikten dan in de tabel genoemd raadplegen EN 10 025.
4. Aan de standaardkwaliteiten zoals genoemd in tabel S.6 worden geen eisen gesteld ten aanzien van de buigbaarheid. Indien garanties op de buigbaarheid gewenst zijn, dan moet dat bij de bestelling worden overeengekomen. In de materiaalaanduiding komt de geschiktheid voor koudvervormen tot uitdrukking door de letter C aan het eind van de aanduiding.

In tabel S.7 wordt een overzicht gegeven van de minimumwaarden voor de doordiameter in mm van de in tabel S.6 genoemde materiaalkwaliteiten, waaraan eisen ten aanzien van de vervormbaarheid worden gesteld.

B.2 EN 10 147 (1995) - Toleranties volgens EN 10 143. Continu dompelpverzinkte plaat en band van staal voor constructiedoeleinden (zie tabel S.8).

B.3 EN 10 149-3 (1996) - Toleranties voor strip EU 91-81, voor band met breedte ≥ 600 mm en daaruit geknipte plaat of geslitte band EN 10 051 (1992), voor warmband (breedte < 600 mm) EN 10 048 (zie tabel S.9). Platte, normaalgegloeide, producten tot 16 mm dikte met hoge rekgrens voor koudvervormen, (zie ook EN 10 149-1 (1996)).

Opmerking: Als alternatief voor het normaal gloeien kan ook normaliserend gewalst worden geleverd.

B.4 EN 10 149-2 (1996) - Toleranties voor strip EU 91-81, voor band met breedte ≥ 600 mm en daaruit geknipte plaat of geslitte band EN 10 051 (1992), voor warmband (breedte < 600 mm) EN 10 048.

Platte producten tot 12 mm dikte met hoge rekgrens voor koudvervormen, thermomechanisch gewalste producten (zie ook EN 10 149-1) (zie tabel S.10).

C Ongelegeerd en laaggelegeerd verenstaalband

Ongelegeerd en laaggelegeerd verenstaalband kan zowel in zachtgegloeide toestand als in geharde en ontlaten toestand worden geleverd. Het voordeel van de zachtgegloeide toestand is uiteraard de ten opzichte van de geharde en ontlaten toestand betere vervormbaarheid en bewerkbaarheid. Een nadeel kan zijn, dat na de vormgeving in het algemeen een warmtebehandeling noodzakelijk is om optimale veereigenschappen te verkrijgen. Dit soort warmtebehandelingen gaan gepaard met vormveranderingen en oxidatie van de producten. Bij de keuze van een verenstaal moet daarom altijd de afweging worden gemaakt of er kan worden uitgegaan van de geharde en ontlaten toestand, ofwel moet worden uitgegaan van de zachte toestand, waarbij de producten na vormgeving moeten worden gehard en ontlaten.

C.1 DIN 17222 (1979) - Toleranties volgens DIN 1544 (1975). Koudgewalst verenstaalband. Koudgewalst en zachtgegloeid (G) verenstaalband (zie tabel S.11).

C.2 DIN 17222 (1979) - Toleranties volgens DIN 1544 (1975). Koudgewalst verenstaalband. Koudgewalst + gehard + ontlaten verenstaalband (zie tabel S.12).

D. Roestvast staal

De aanduiding van deze staalkwaliteiten is gebaseerd op de betreffende Euronormen. Omdat vaak de ASTM aanduidingen worden gebruikt, zijn deze voor de volledigheid ook vermeld.

D.1 EN 10 088 (1995) - Toleranties bij de bestelling overeen te komen op grond van bijlage B van EN 10 088. Plaat en band voor algemeen gebruik (zie ook DIN 17440 (1985) voor warmgewalste plaat en band en DIN 17441 (1985) voor koudgewalste plaat en band) (zie tabel S.13). Opmerking: De in deze tabel opgegeven waarden gelden uitsluitend voor de zachtgegloeide resp. de oplosgegloeide en afgeschrikte toestand.

De ferritische kwaliteiten X 6 Cr 17 en X 5 CrTi 17 moeten bij voorkeur worden verwerkt boven ca. 20 °C. Scherpe buigingen moeten worden vermeden, zeker als de as van buigen evenwijdig aan de walsrichting is. Voor grotere dikten (boven ca. 3 mm) en/of voor het realiseren van scherpere binnenradii verdient het aanbeveling het materiaal voor te verwarmen op 100 tot 300 °C.

Opmerking: Met name in de 0,2% rekgrens kan een aanzienlijke spreiding optreden. Voor de kwaliteit X 5 CrNi 18 10 bijvoorbeeld kan een spreiding in de 0,2% rekgrens van 235 N/mm² tot 375 N/mm² in koudgewalste uitvoering optreden. Ook de andere kwaliteiten kunnen een grote spreiding in de mechanische eigenschappen vertonen.

D.2 DIN 17224 (1982) - Toleranties volgens DIN 59381 (1980). Corrosievast verenstaalband X 12 CrNi 17 7 (zie tabel S.14)

E Aluminium en aluminium legeringen

Op het gebied van aluminium en aluminiumlegeringen in plaat en band is momenteel op Europees niveau de norm EN 485 (1994) beschikbaar. Voor de tabellen S.15 t/m S.19 is gebruik gemaakt van deze norm. De systematiek van de aanduiding door nummers wordt behandeld in de publicatie VM 111 "Materialen".

Voor de volledigheid zijn ook de overeenkomstige DIN aanduidingen volgens de vervallen norm DIN 1745 "Bänder und Bleche aus Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen mit Dicken über 0,35 mm" vermeld. Met nadruk moet erop worden gewezen dat er tussen DIN 1745 en EN 485-2 verschillen bestaan, zodat een 1 op 1 vergelijking niet mogelijk is. De toleranties op de afmetingen zijn voor alle genoemde materialen vastgelegd in: EN-485-3, warmgewalste plaat en band en in EN-485-4, koudgewalste plaat en band.

tabel S.1 Koudgewalst vervormingsstaal (zie A.1)

kwaliteit	toekomstige aanduiding	rekgrens ¹⁾ [N/mm ²] max.	treksterkte [N/mm ²]	rek [%] L ₀ =80 mm min.	n-waarde min.	doorndiameter D bij buigproef ²⁾
Fe P01	DC01	280	270 - 410	28		0
Fe P03	DC03	240	270 - 370	34		0
Fe P04	DC04	210	270 - 350	38	0,180 ³⁾	0
Fe P05	DC05	180	270 - 330	40	0,200 ³⁾	0
Fe P06	DC06	180	270 - 350	38	0,220 ⁴⁾	0

1) de waarden voor de rekgrens zijn die van de 0,2% rekgrens bij materiaal dat geen duidelijk vloeien vertoont en de onderste vloeigrens voor andere materialen.
2) niet in de norm als eis opgenomen. Buighoek 180°, onafhankelijk van de walsrichting.
3) gemeten loodrecht op de walsrichting.
4) gemiddelde van de metingen loodrecht op, evenwijdig aan en onder 45° met de walsrichting.

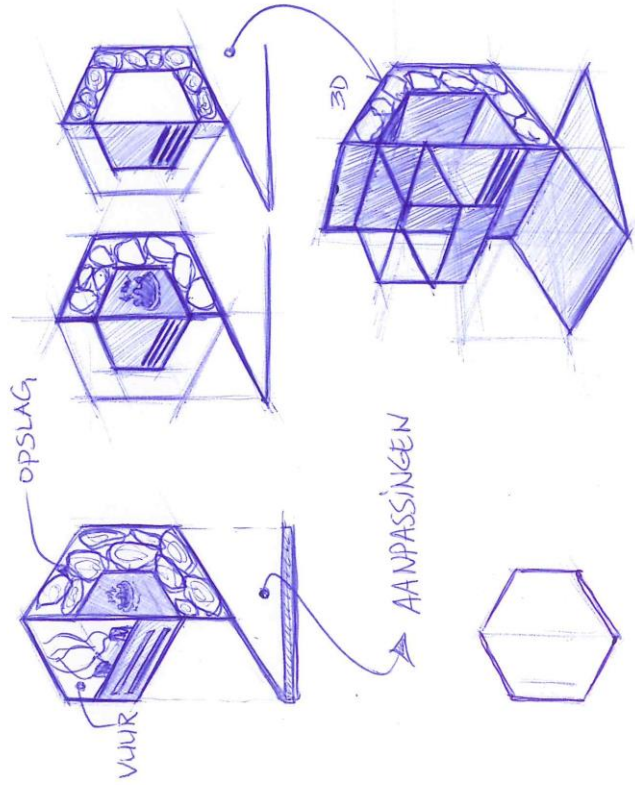
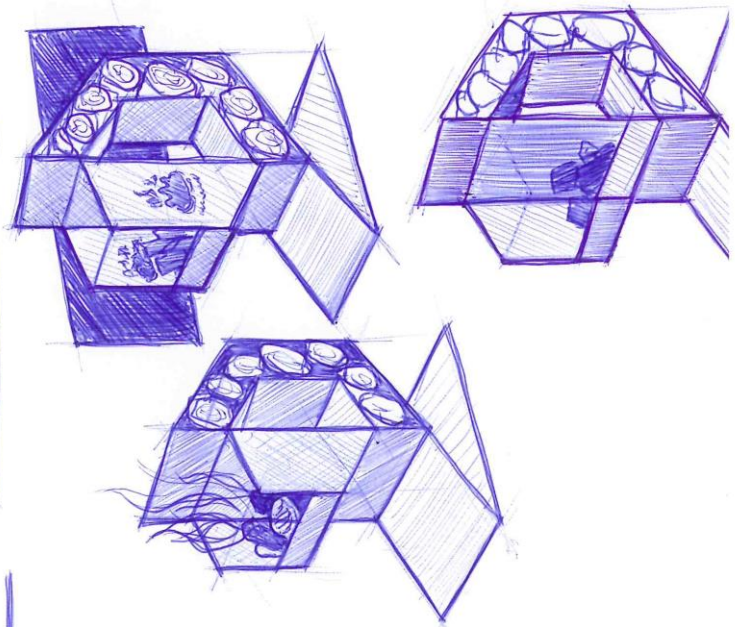
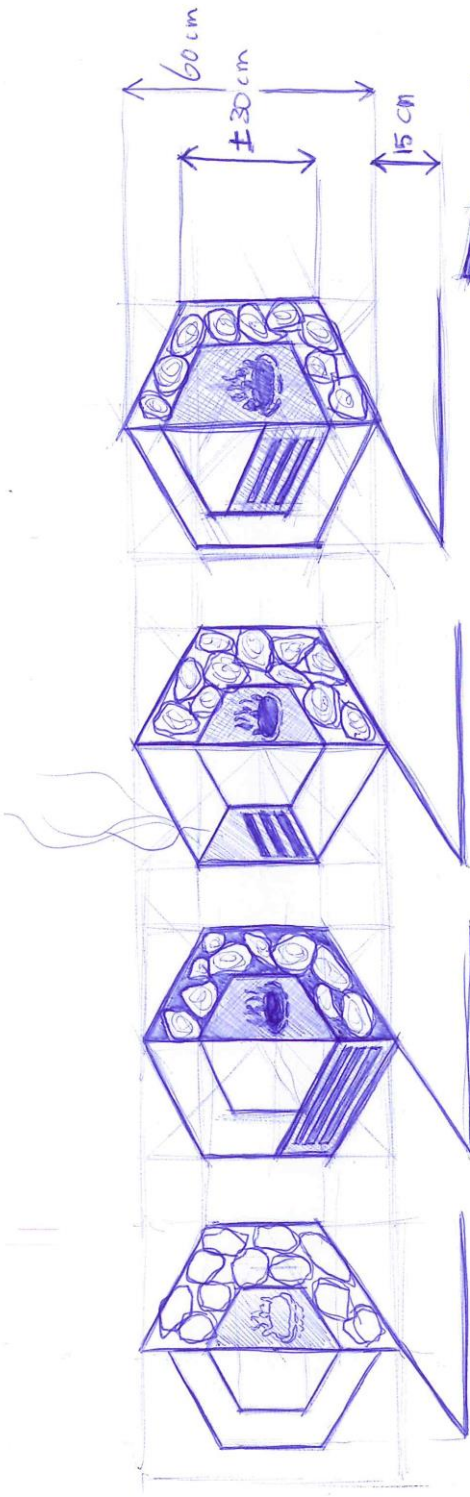
tabel S.2 Koudgewalst vervormingsstaal met breedte < 600 mm (zie A.2)

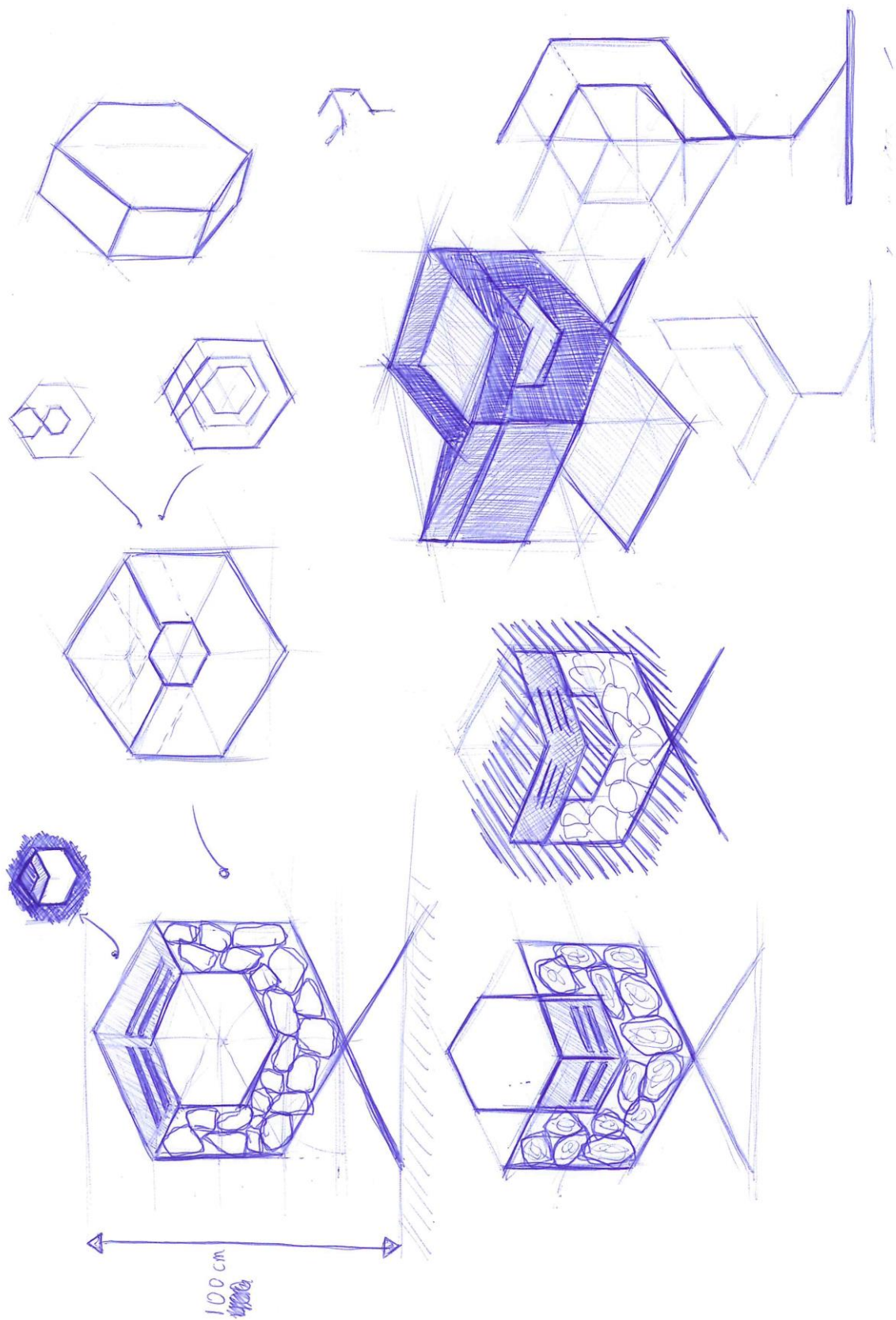
kwaliteit	aanduiding	rekgrens [N/mm ²] ¹⁾	treksterkte [N/mm ²]	rek [%] (min.)		doorndiameter bij buigproef ²⁾		n-waarde min.
				L ₀ =80 mm	L ₀ =5,65√S ₀	buighoek	D	
DC01	TC	--	270 - 390	28	32	180°	0×s	
	HK 270	≤ 280	270 - 410	28	32	180°	0×s	
	HK 290	200 - 380	290 - 430	18	24	90°	≥ 4×s	
	HK 340	≥ 250	340 - 490					
	HK 390	≥ 310	390 - 540					
	HK 440	≥ 360	440 - 590					
	HK 490	≥ 420	490 - 640					
	HK 590	≥ 520	590 - 740					
DC03	TC		270 - 370	34	37	180°	0×s	
	HK 270	≤ 240	270 - 370	34	37	180°	0×s	
	HK 290	210 - 355	290 - 390	22	26	90°	≥ 4×s	
	HK 340	≥ 240	340 - 440			90°	≥ 6×s	
	HK 390	≥ 330	390 - 490					
	HK 440	≥ 380	440 - 540					
	HK 490	≥ 440	490 - 590					
	HK 590	≥ 540	≥ 590					
DC04	TC		270 - 350	38	40	180°	0×s	
	HK 270	≤ 210	270 - 350	38	40	180°	0×s	0,18
	HK 290	220 - 235	290 - 390	24	28	90°	≥ 4×s	
	HK 340	≥ 240	340 - 440			90°	≥ 6×s	
	HK 390	≥ 350	390 - 490					
	HK 440	≥ 400	440 - 540					
	HK 490	≥ 460	490 - 590					
	HK 590	≥ 560	590 - 690					
DC05	HK 270	≤ 160	270 - 330	40	42	180°	0×s	0,20
DC06	HK 270	≤ 180	270 - 350	38	40		0×s	0,22

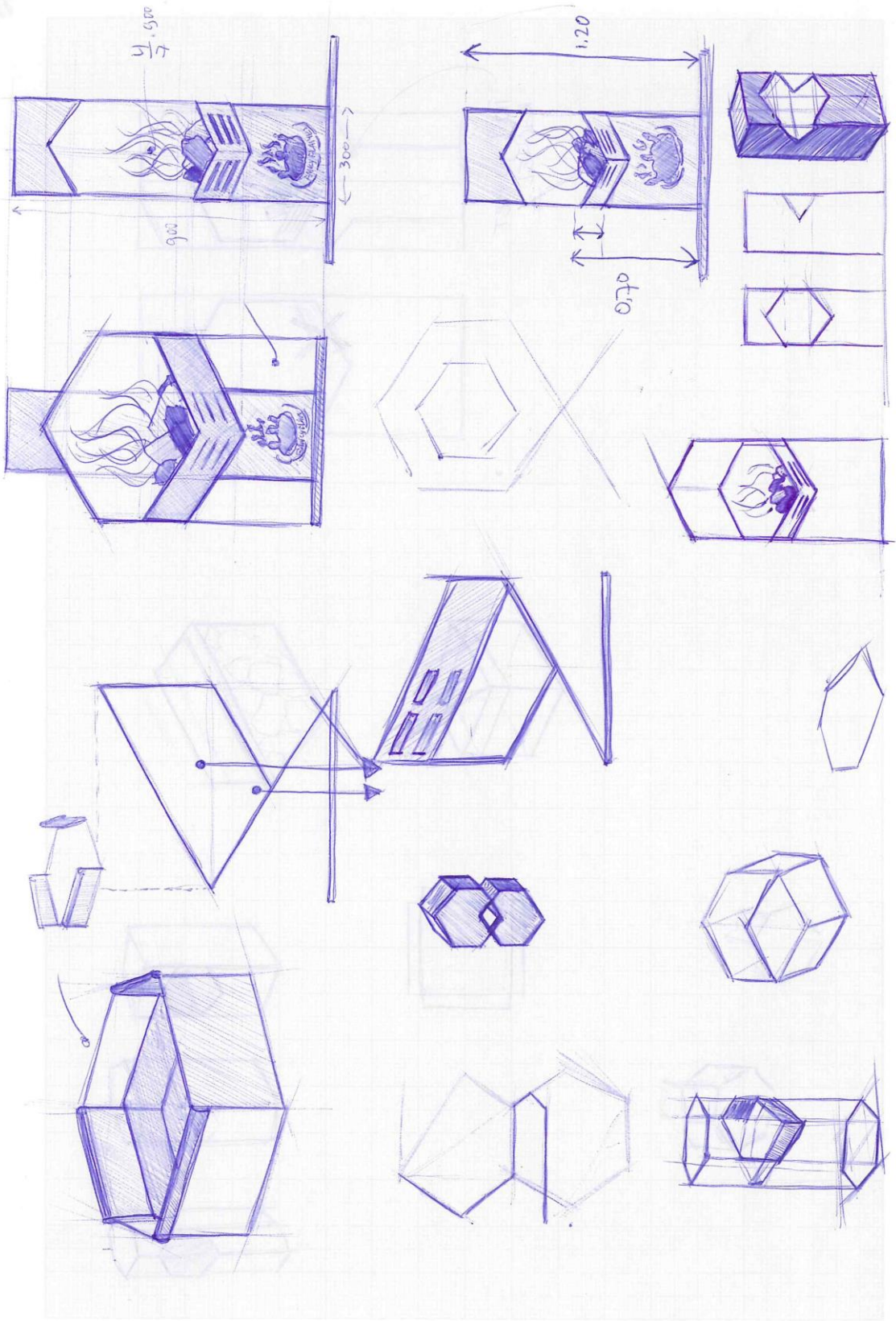
1) De waarden voor de rekgrens zijn die van de 0,2% rekgrens bij materiaal dat geen duidelijk vloeien vertoont en de onderste vloeigrens voor andere materialen.
2) Waarden niet in de norm opgenomen, afkomstig uit de literatuur. De buigproef wordt zodanig uitgevoerd dat de as van de buiging evenwijdig aan de walsrichting van het product ligt (s=materiaaldikte).

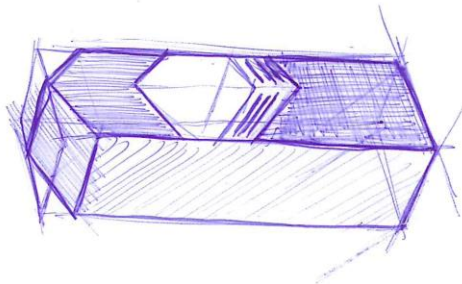
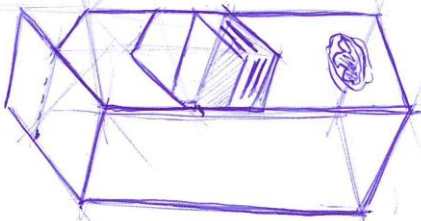
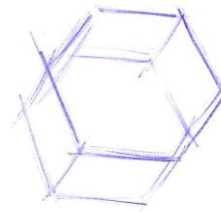
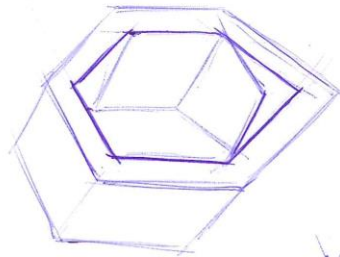
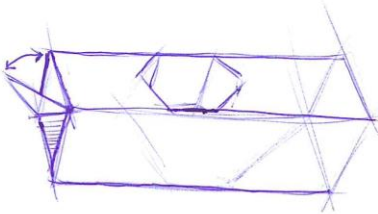
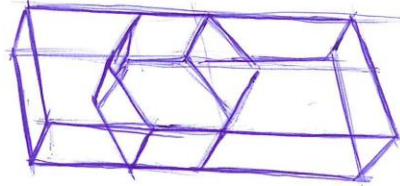
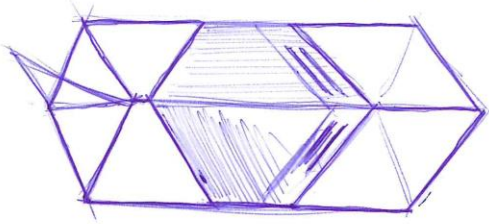
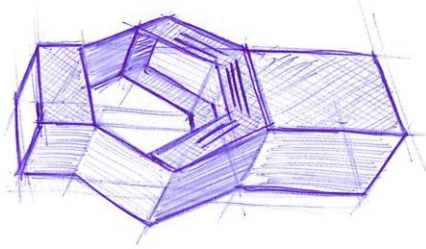
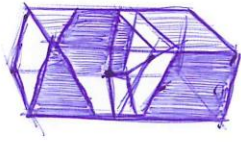
Bijlage V

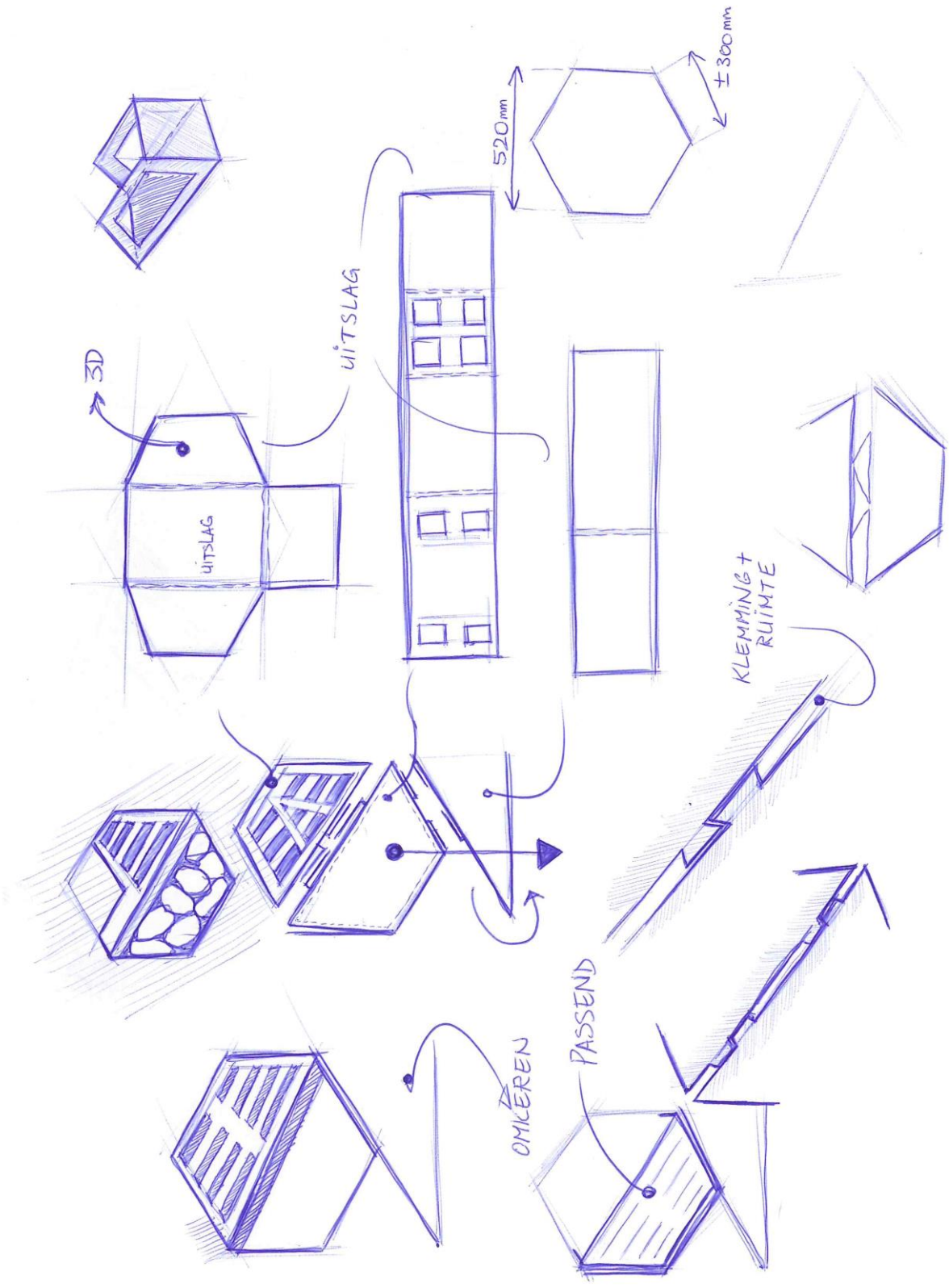
“Schetsen”

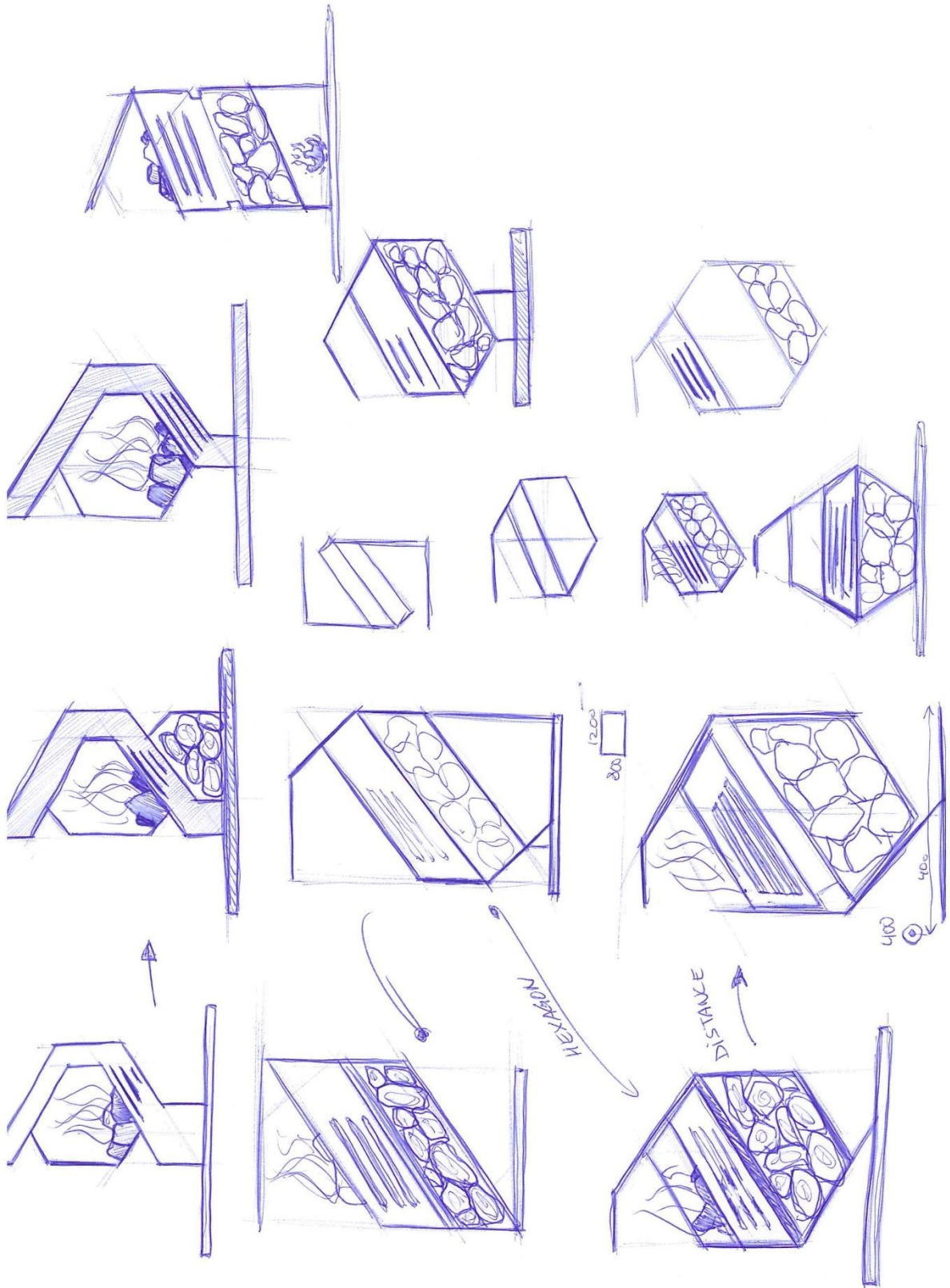


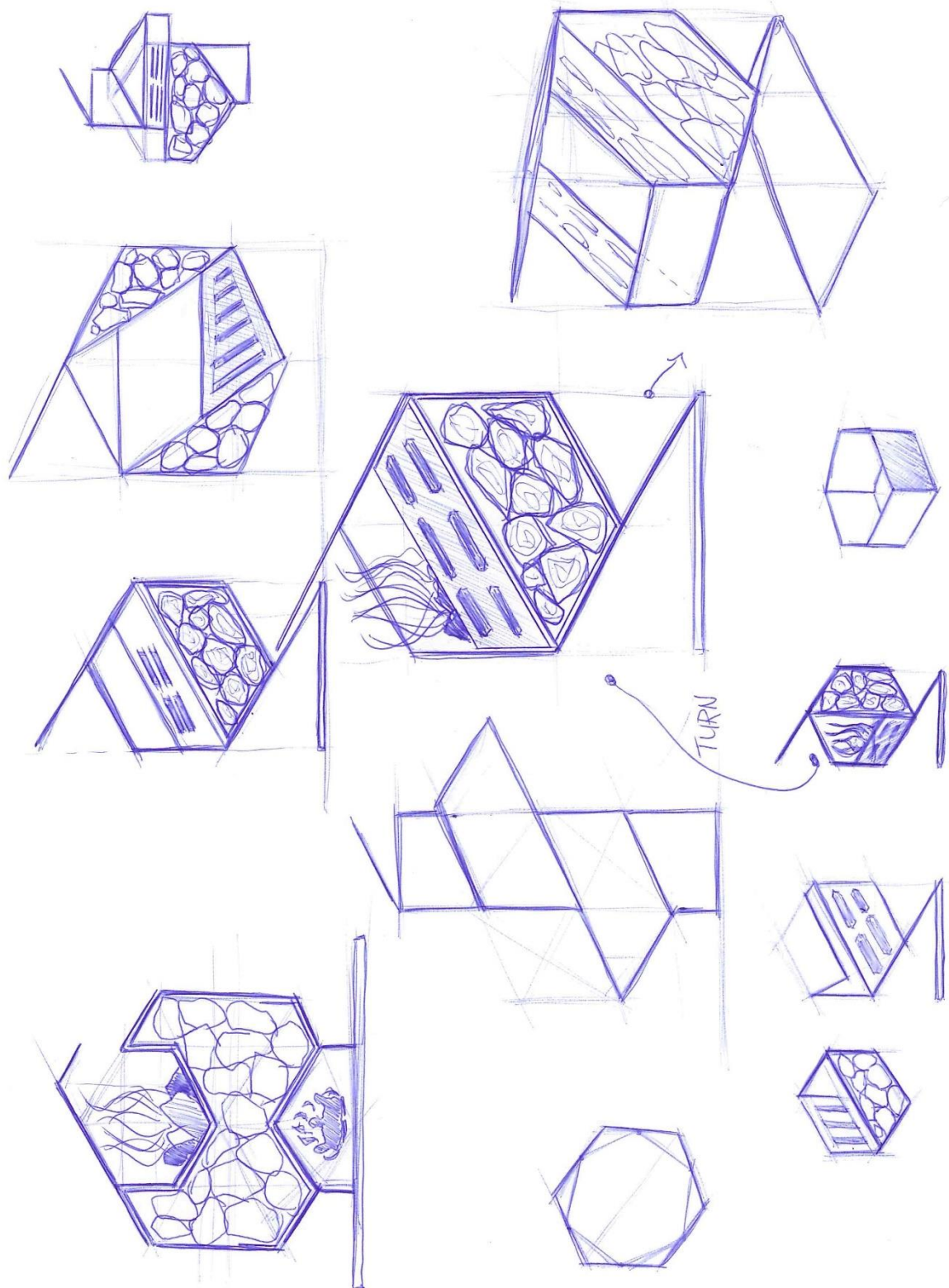




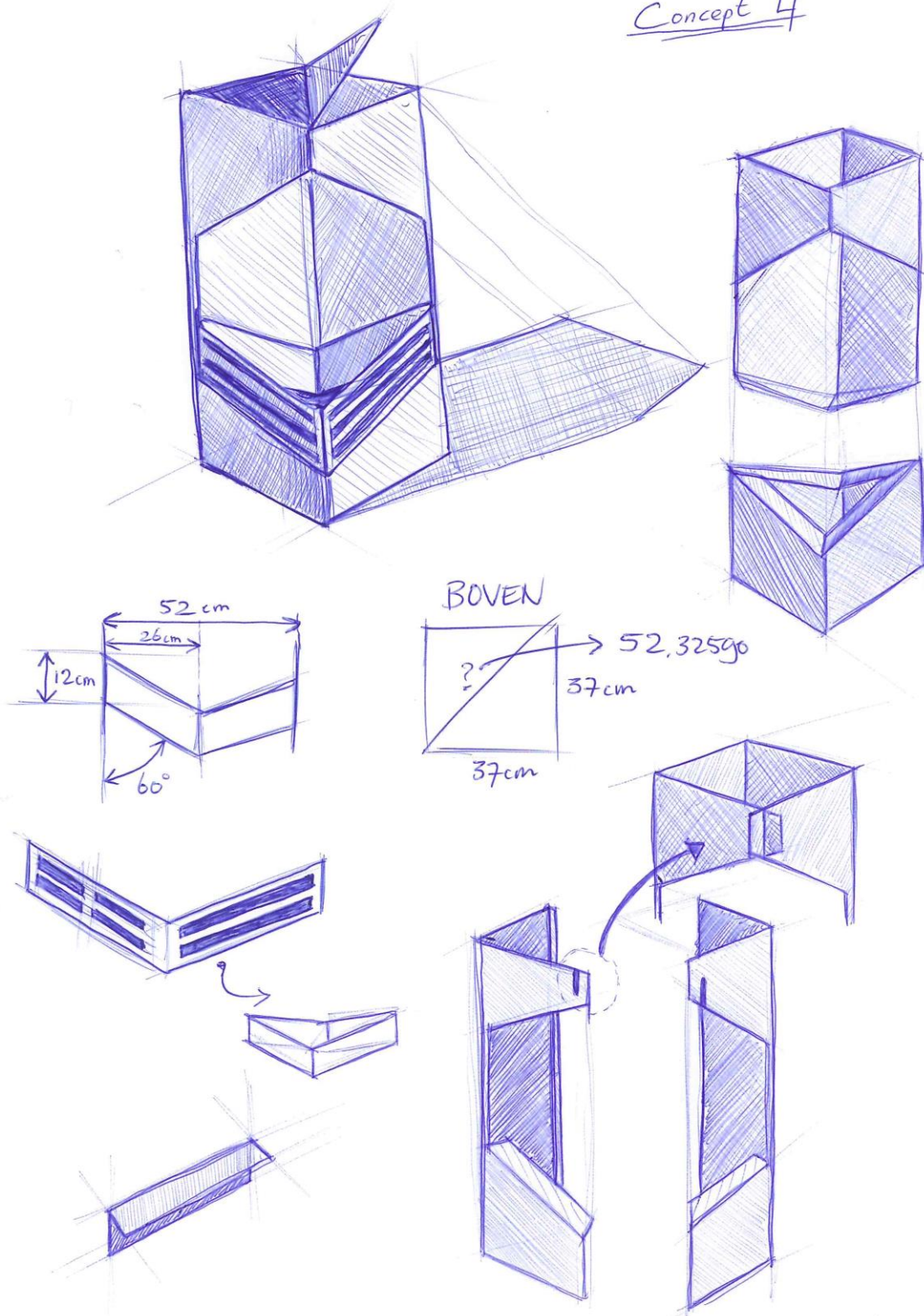




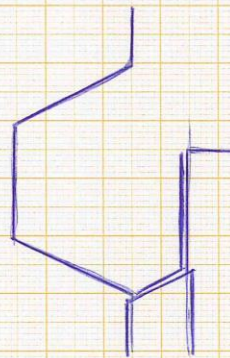
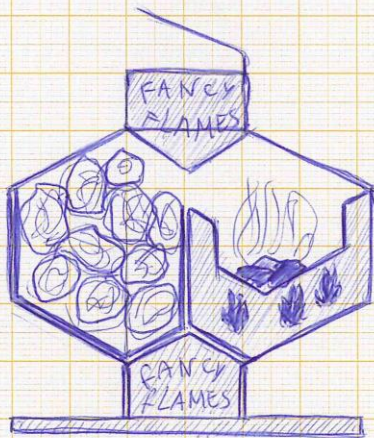
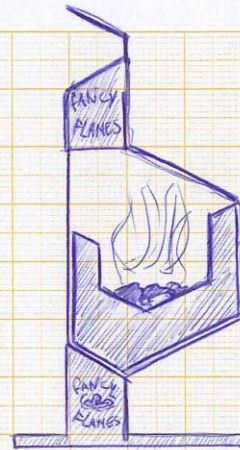
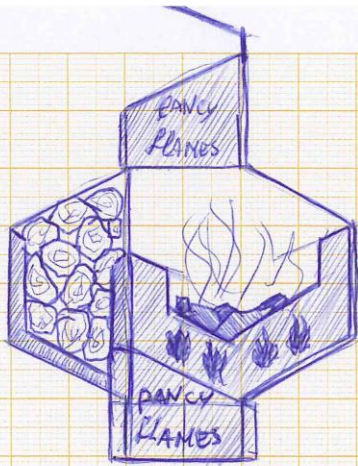




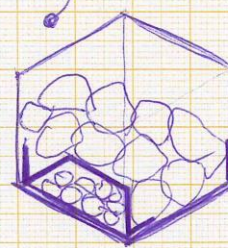
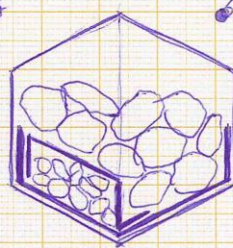
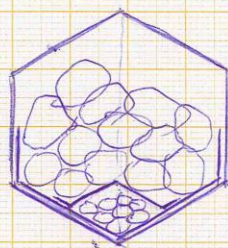
Concept 4



PART VERDELING CONCEPT 4



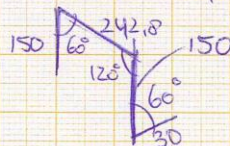
AANMAAKHOUTBAK



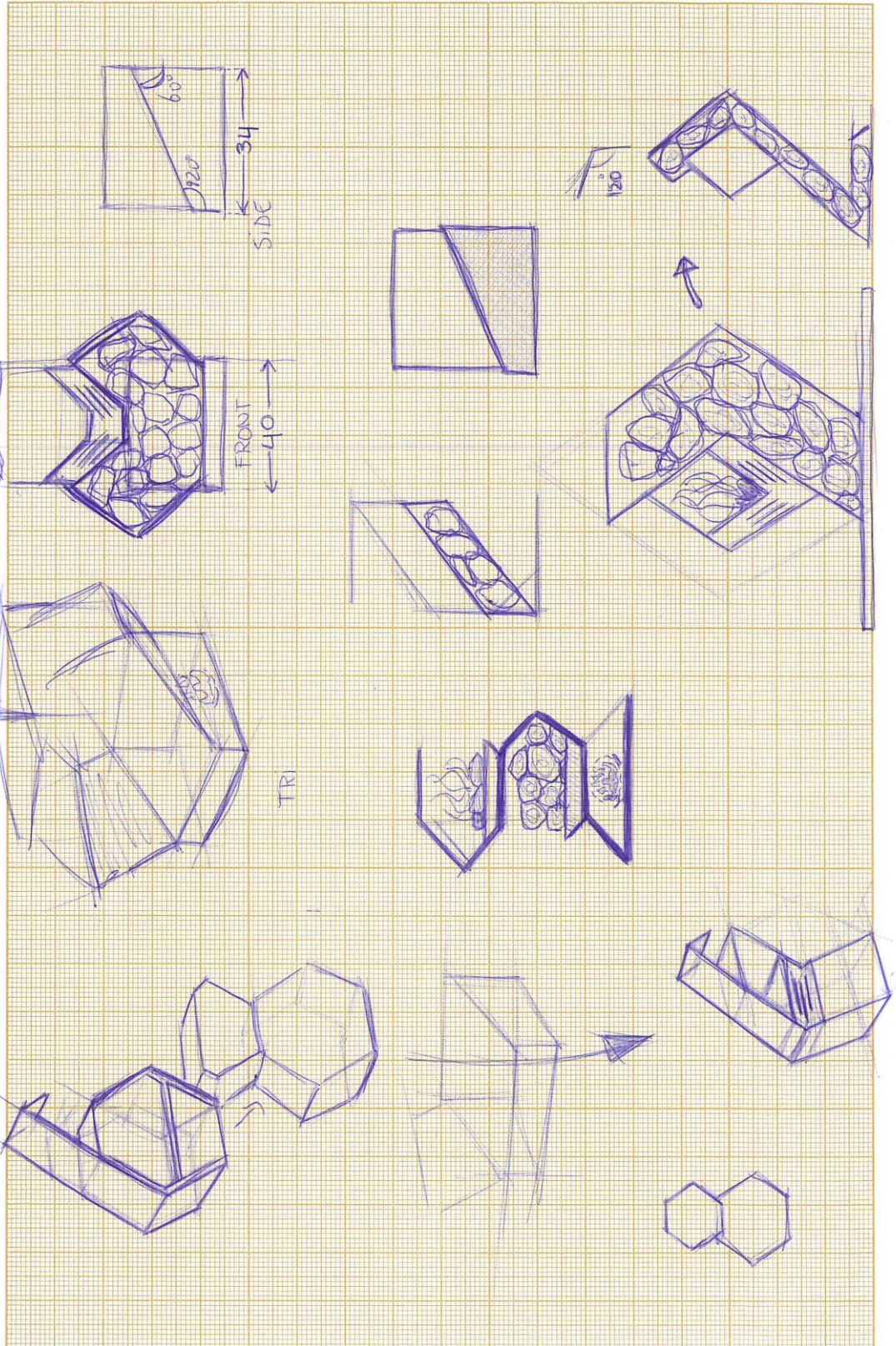
PW-MT11245

COLOR ~~107~~ 107/47/0

CAST IRON 142/70/0



- achterplaat doorlopen
- aanmaakhoutruimte (hoe?)
- opstaande rand onderbak
- patroon bovenbak

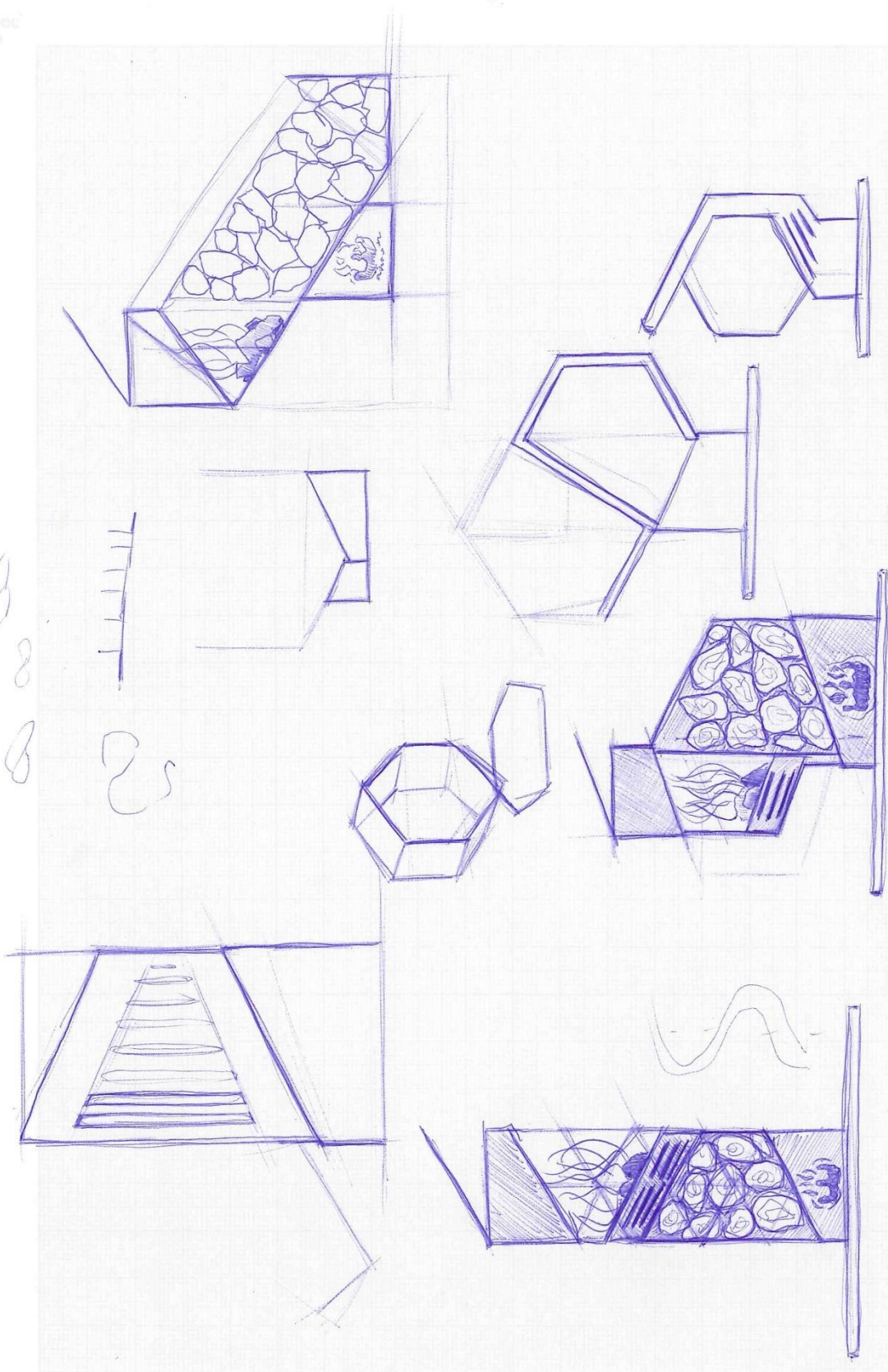


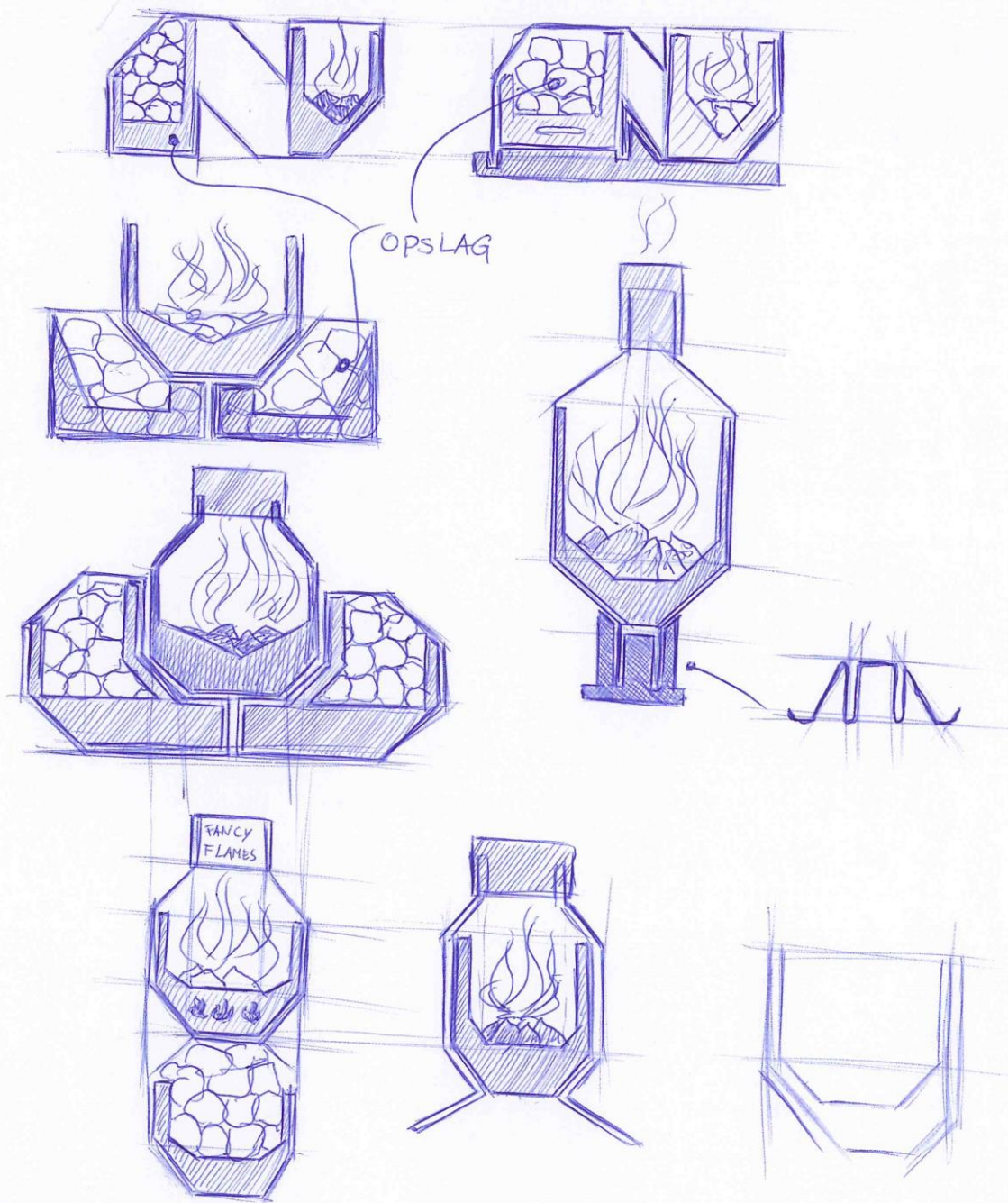
8

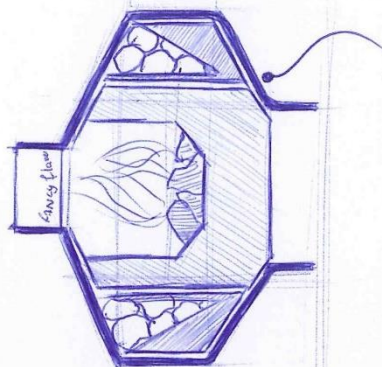
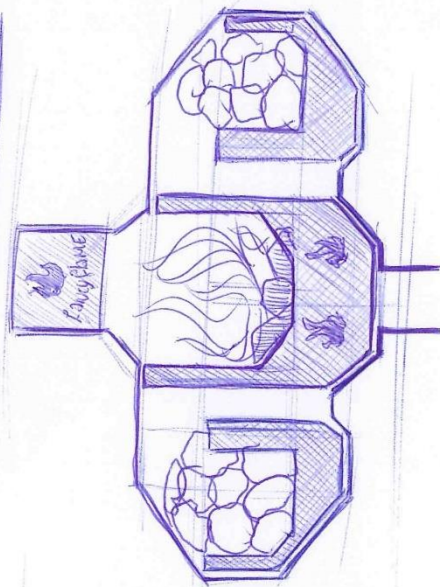
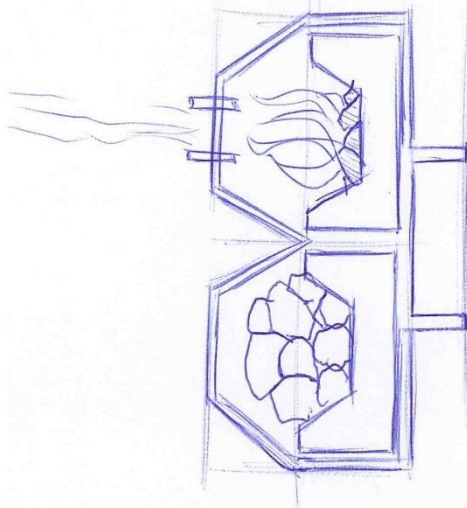
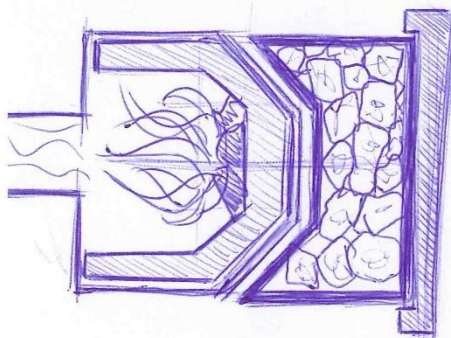
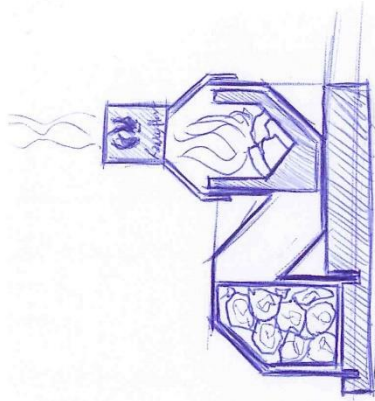
8

8

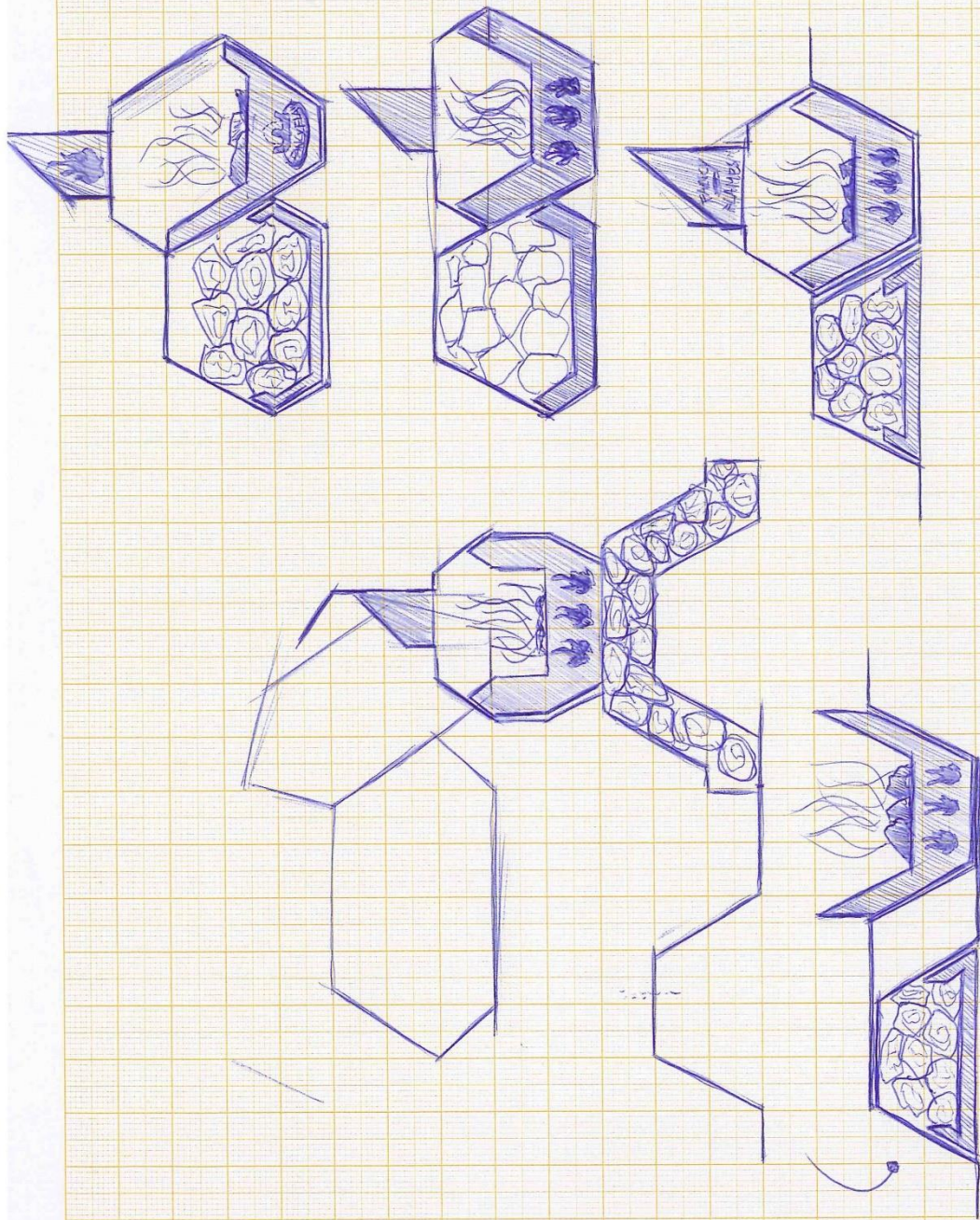
25



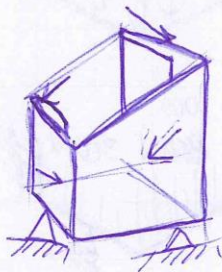
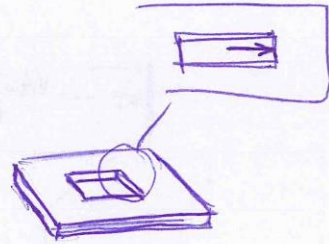
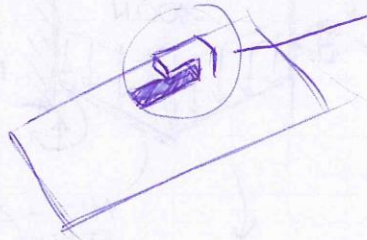
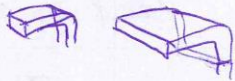




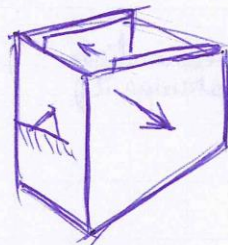
WEINIG
TUSSEN RUIMTE
* HITTE *



Lipjes → kracht test
opp. vergroten



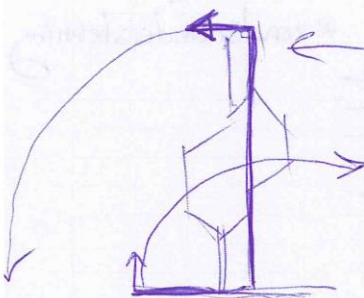
ONDER



BOVEN

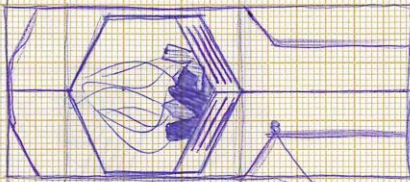
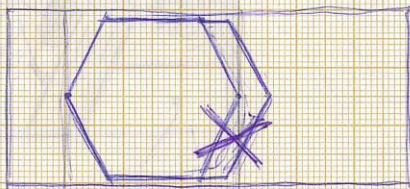
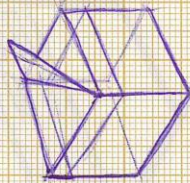
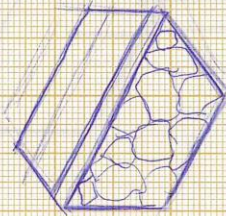
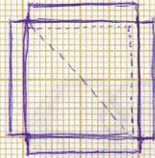
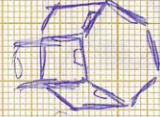
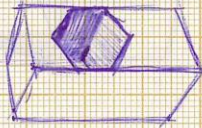
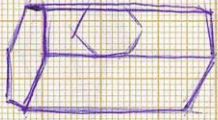
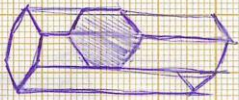
* krachtvermindering
= meegenomen

uitzetting
- formule



WIND
kracht

* Nesten → X → 1:1,15
* uiteindelijke
maten. op
tekening



IN LIJN MET
KACHEL I

CONCEPT 1

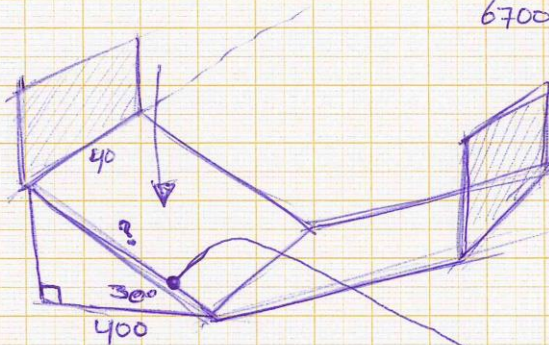


$$950 - 350 = 592$$

$$592 / 2 = 296 \pm 3 ?$$

$$600 - 406 = 194$$

$$194 / 2 = 97 \pm 1$$



$$6700 \text{ N/m}^2$$

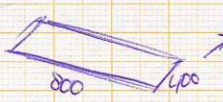
$$\text{kracht } \pm 200 \text{ kg} \downarrow \text{ op } 0,30 \text{ m}$$

$$\approx 2000 \text{ N} / 0,3 \text{ m}^2$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 \text{ in } 0,192 \text{ m}^3 =$$

$$\pm 192 \text{ kg}$$

BENEDENBAK



$$0,8 \times 0,4 = 0,32 \text{ m}^2$$

$$\frac{400}{\cos 30^\circ} = \frac{400}{\frac{1}{2}\sqrt{3}} = \frac{800}{\sqrt{3}} \approx 462 \text{ mm}$$

$$\text{m}^2 = 0,462 \times 0,4 = 0,1848 \text{ m}^2$$

1 hout blok $\approx$ 0,850 kg

DICHTHEID GEM. HOUTBLOK

$$0,25 \times (\frac{1}{2} \times 0,12 \times 0,06) = 0,0009 \text{ m}^3 \rightarrow 0,82 \text{ kg}$$

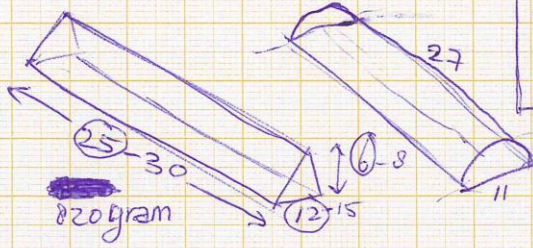
$$\pm 911 \text{ kg/m}^3$$

$$0,27 \times (\frac{1}{2} \times 0,11 \times 0,06) = 0,000891 \text{ m}^3 \rightarrow 0,87 \text{ kg}$$

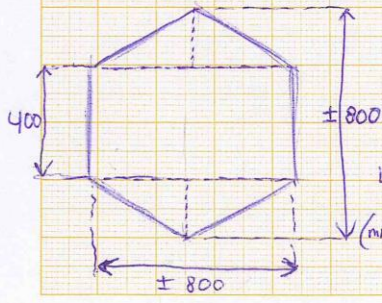
$$870 \text{ gram} \quad 978 \text{ kg/m}^3$$

$$\left. \begin{matrix} 911 \text{ kg/m}^3 \\ 978 \text{ kg/m}^3 \end{matrix} \right\} \pm 1000 \text{ kg/m}^3$$

AANNAME!



INHOUD ZESHOEK OPSLAGHOUT



$$(\text{mm}) \text{ inhoud} = ((400 \times 800) + (4 \times \frac{1}{2} \times 400 \times 200)) \times 400 = 1920000 \text{ mm}^3$$

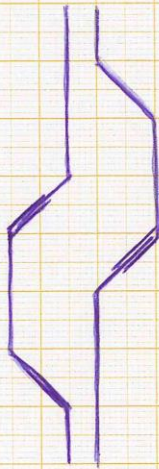
$$0,192 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{r} 457,38 \\ 295,38 \\ \hline 162 \end{array}$$



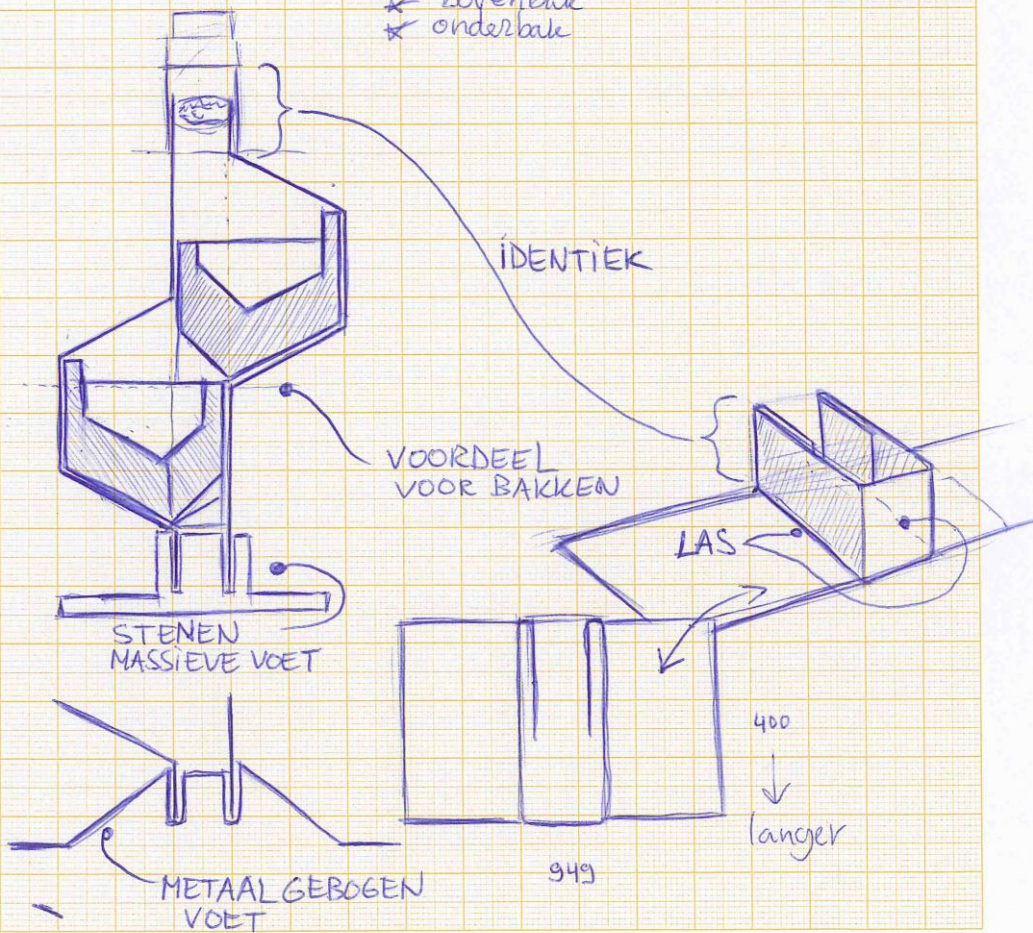
$$\begin{array}{r} 950 - 162 = 788 \\ 788 / 2 = 394 \end{array}$$

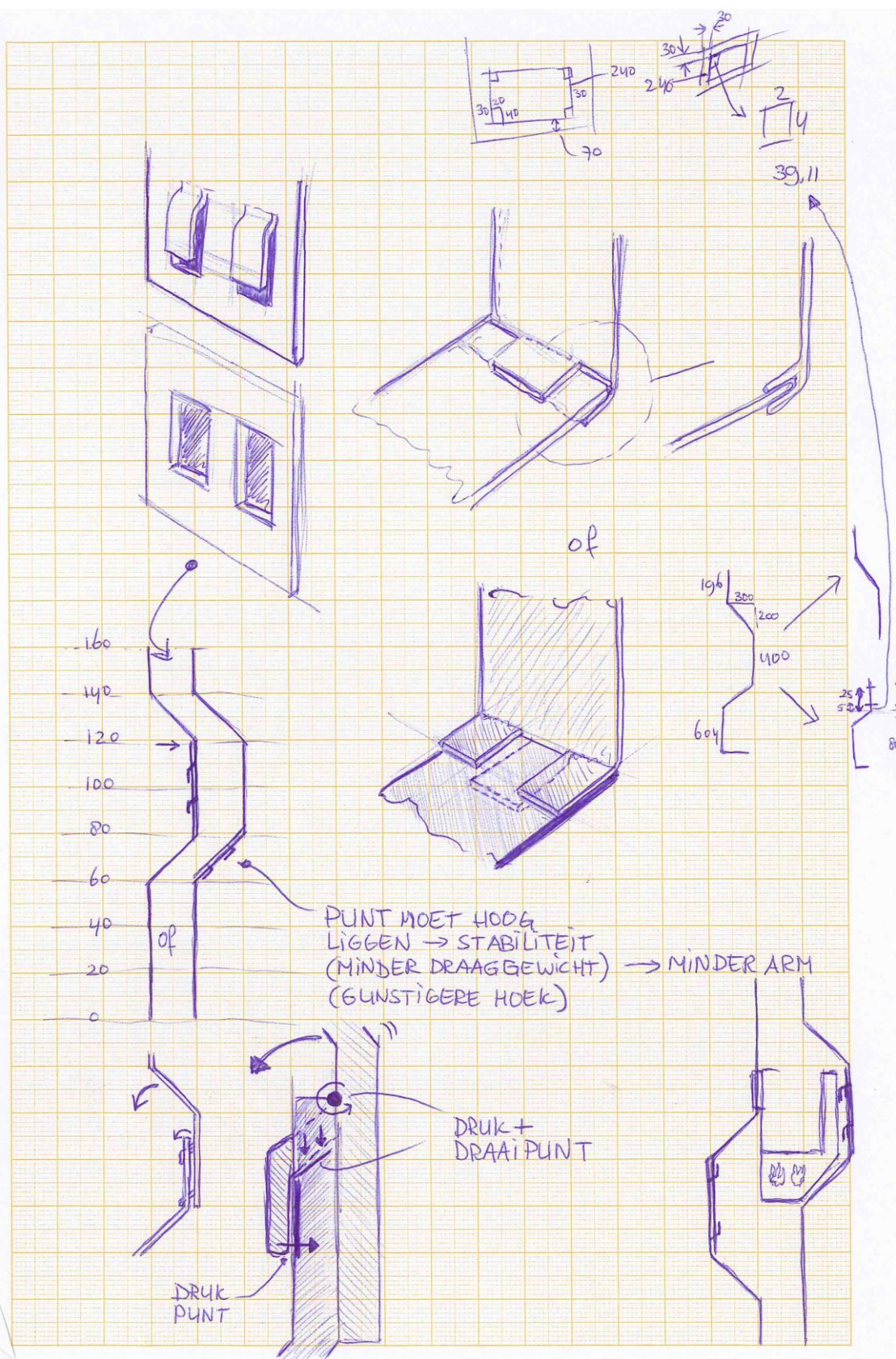
$$\begin{array}{r} 948 - 162 = 786 \\ 786 / 2 = 393 \end{array}$$

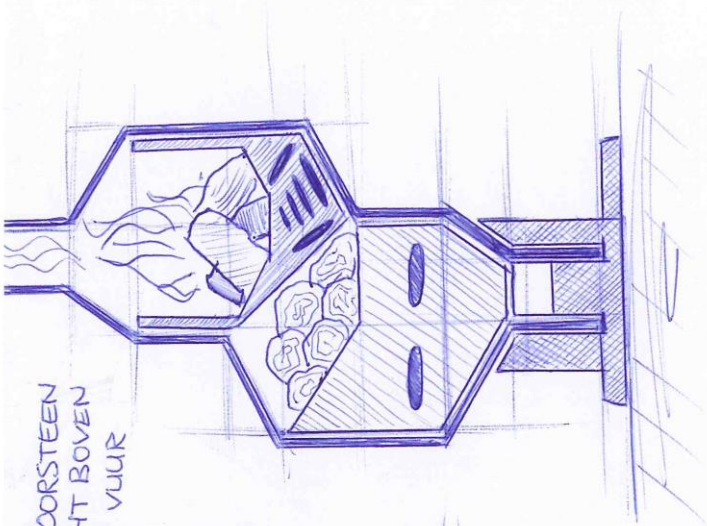


ONDERDELEN ± 1.70 KACHEL

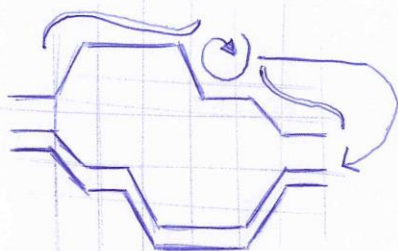
- * Linkerplaat onder
- * " " boven
- * Rechterplaat onder
- * " " boven
- * Schoorsteen
- * Voetstuk (2 onderdelen gelast)
- * bovenbak
- * onderbak



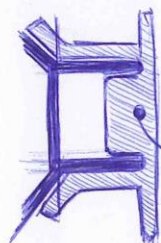




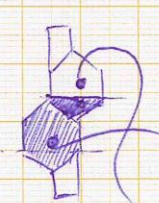
SCHÖORSTEEN
RECHT BOVEN
HET VUUR



PASSEND



GRANJET



0,192 m³

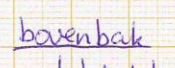
0,8 x 0,2 x 0,4 = 0,064 m³ (64 kg hout = brandinh.)



6700 N/m²

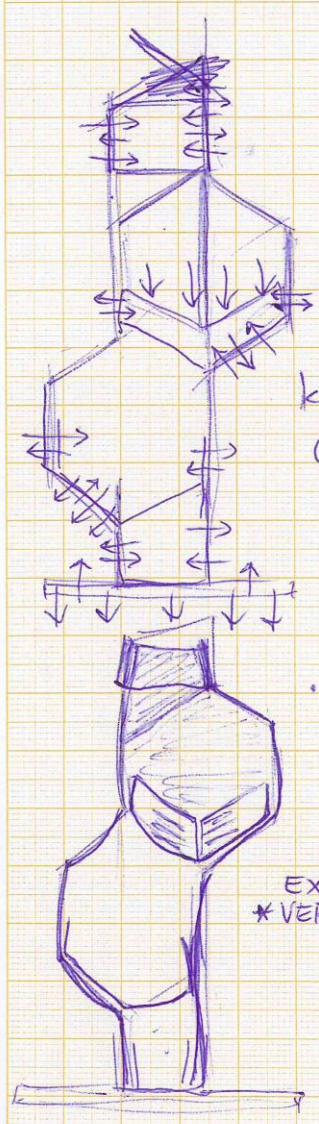
≈ MAX
↑
(192 kg hout = vol.)

± 0,32 m²

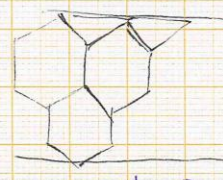


1920 N/m²

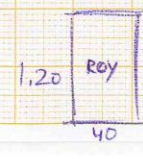
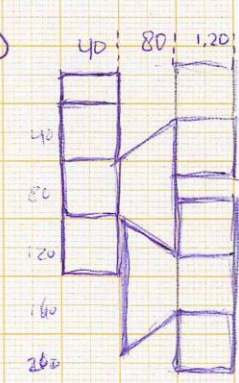
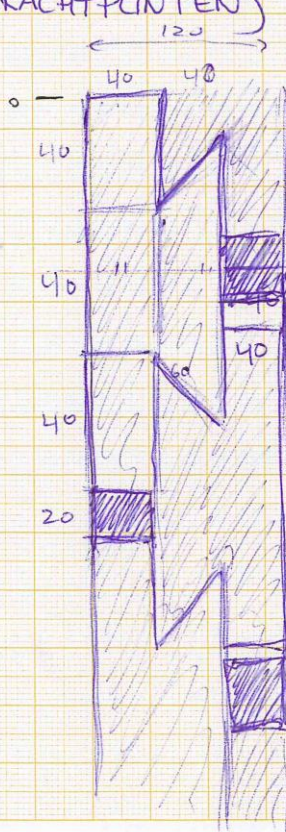
± 0,32 m²



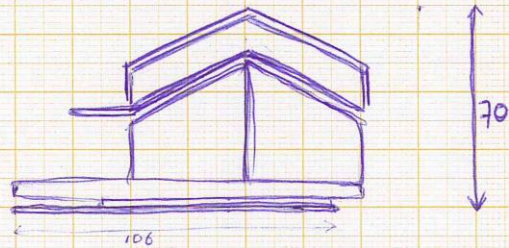
krachtenspel 2D (voorzijde)
(STEUN + KRACHTPUNTEN)



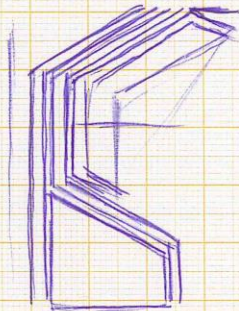
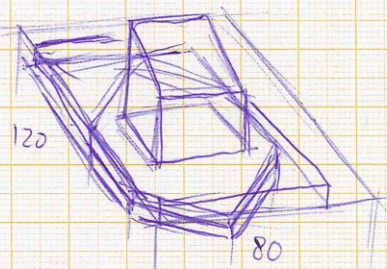
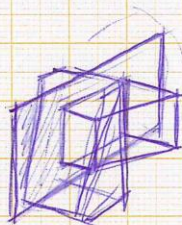
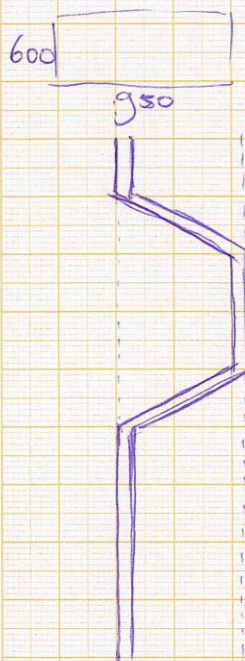
EXTREME
* VERVORMING



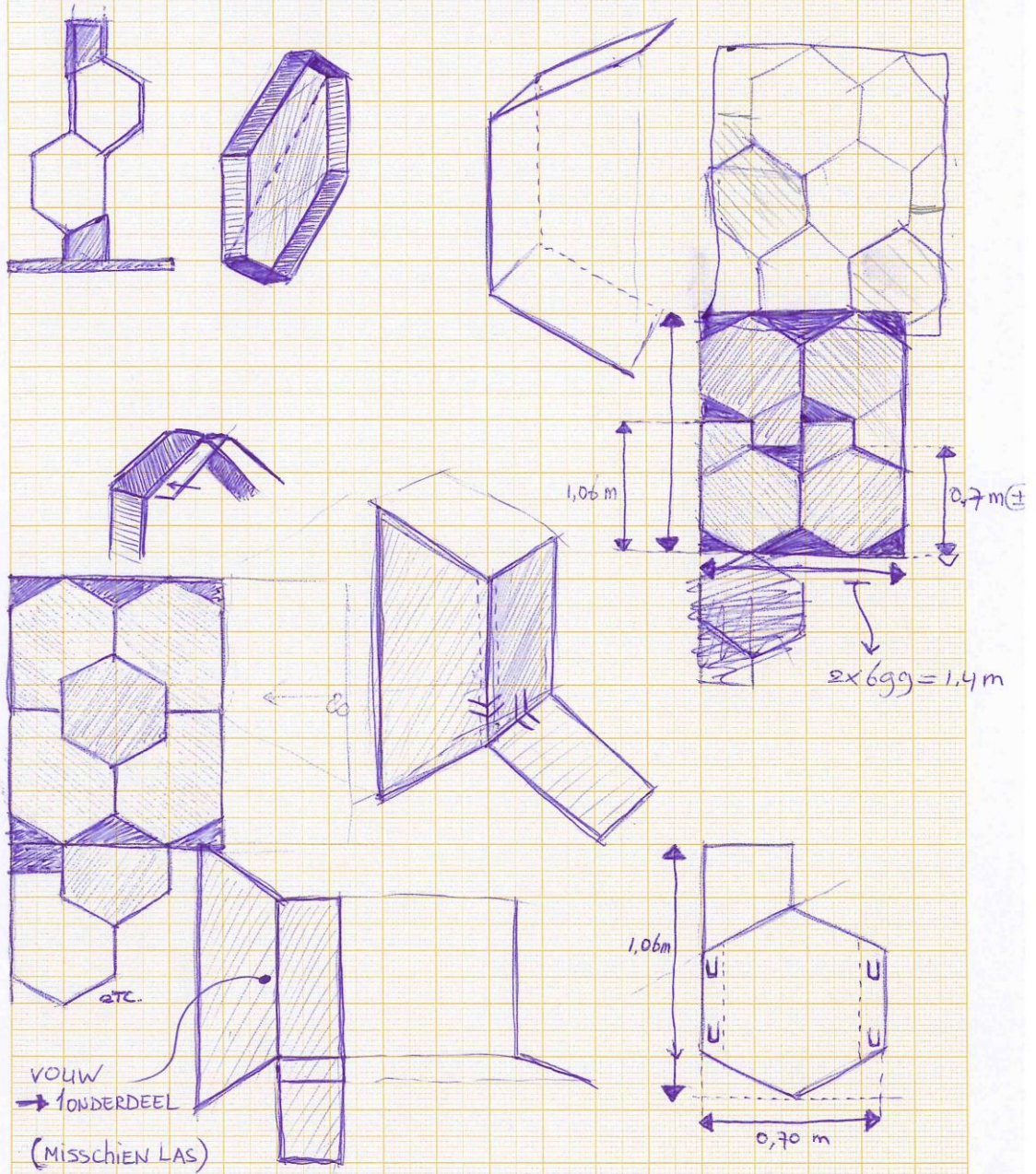
NĚSTEN



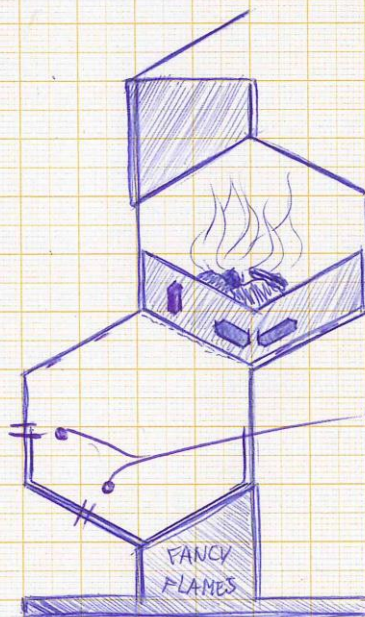
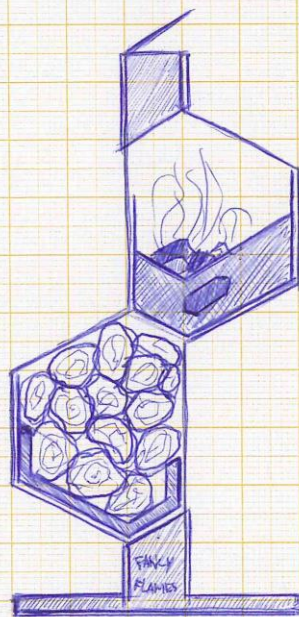
VOETSTUK



ASSEMBLAGE ACHTERWAND

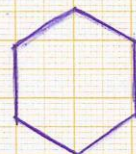


3mm  STAAL

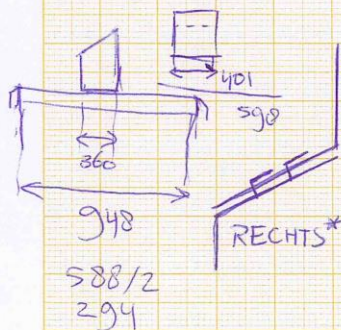
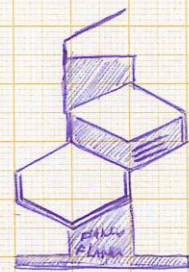
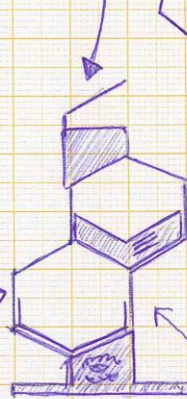
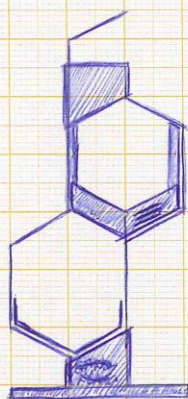
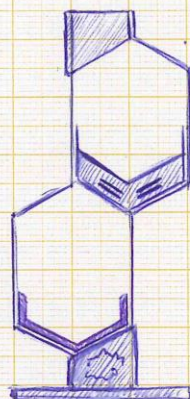


GELIJKE ZYDES
= RUST

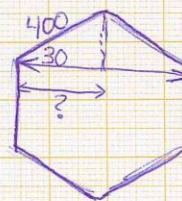
±1,80



6-hoek

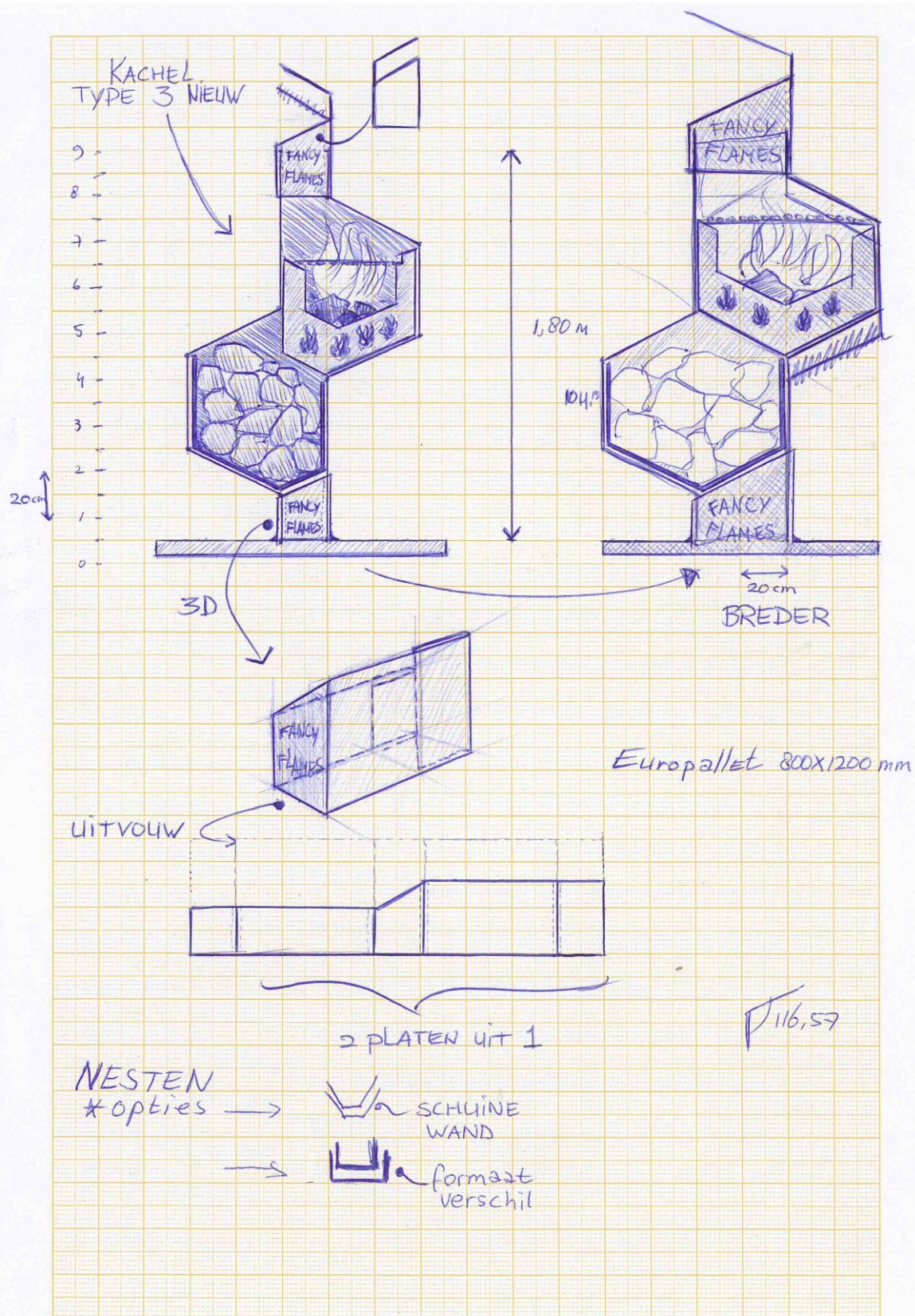


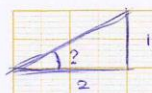
LINKS*
RICHTING
HAAKJES



x2 = 692,8

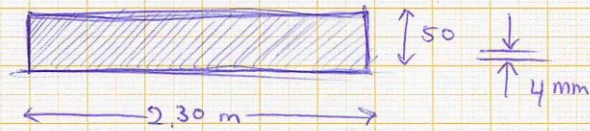
$$\cos 30^\circ \times 400 = ? = 346,4$$



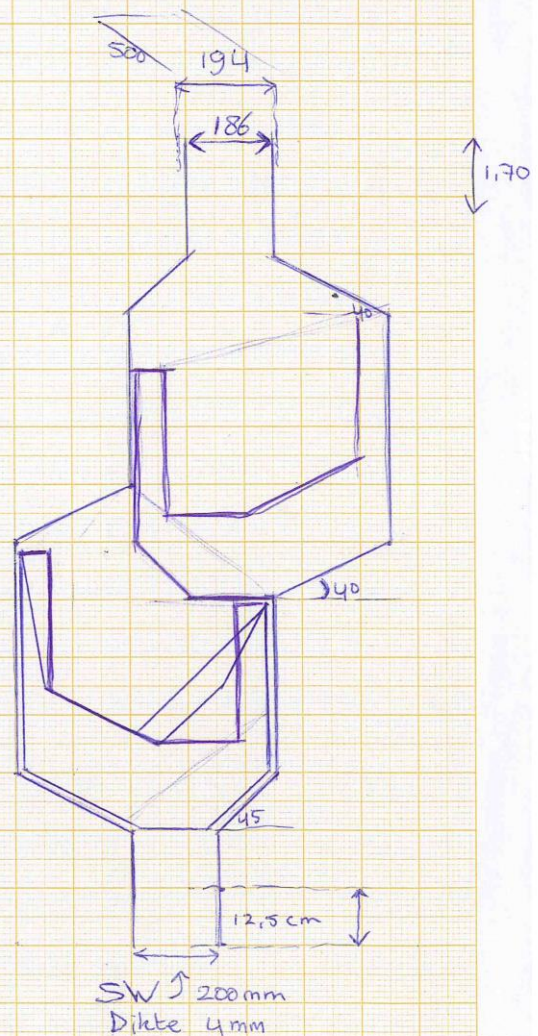
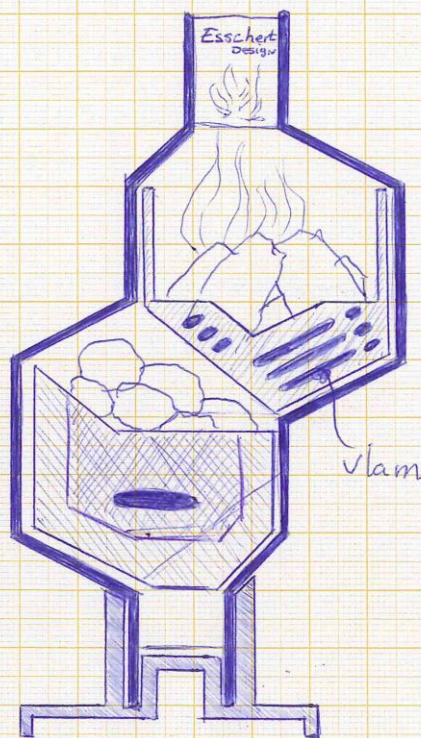


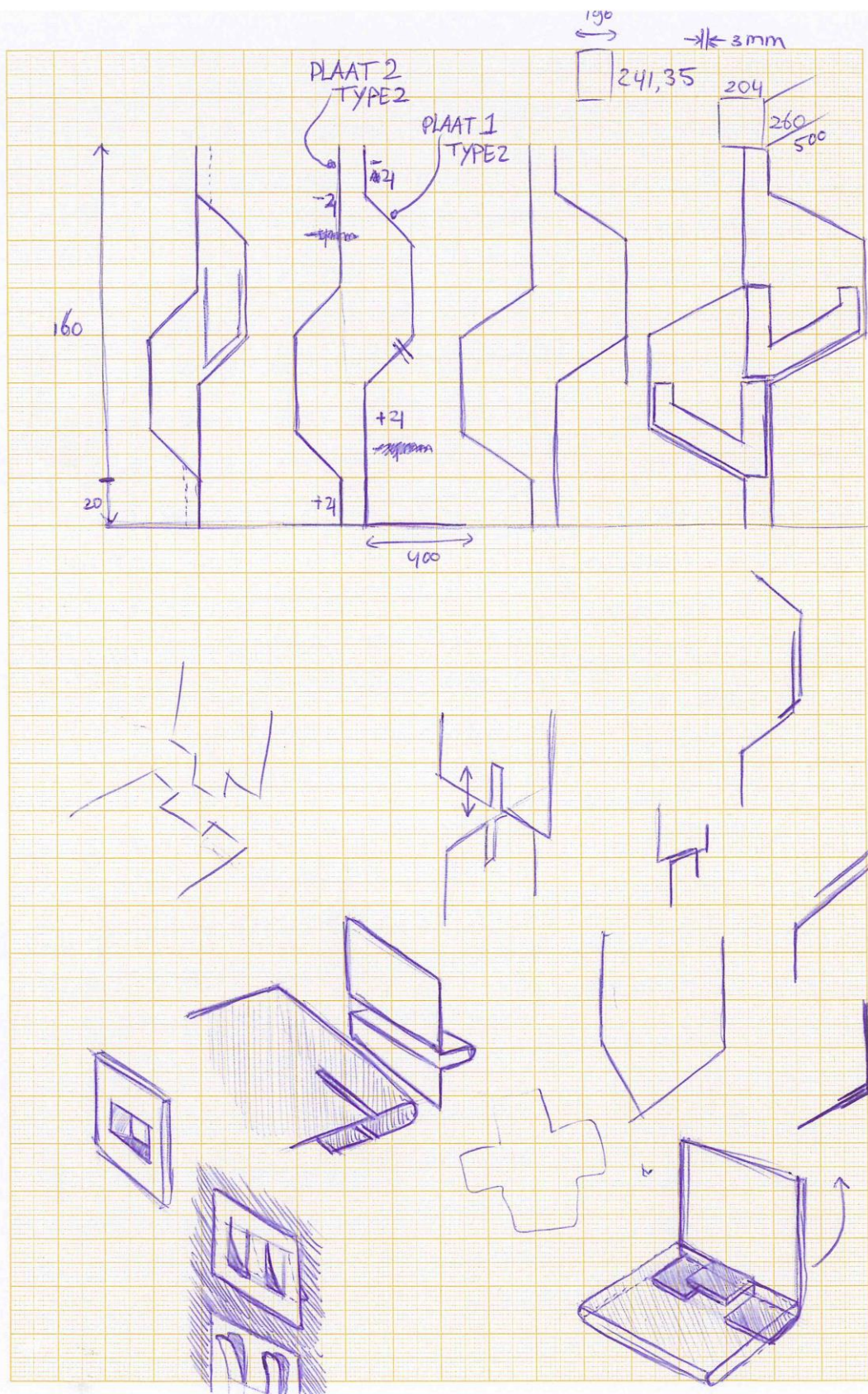
$$\tan \gamma = \frac{1}{2} \quad \tan^{-1} \left(\frac{1}{2} \right) =$$

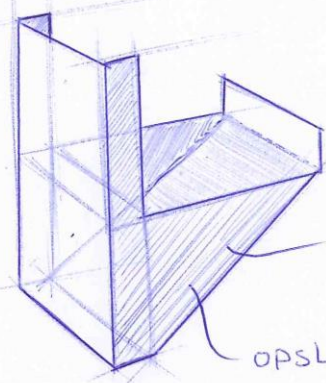
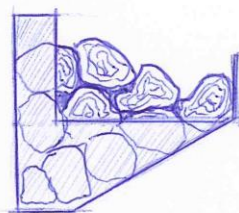
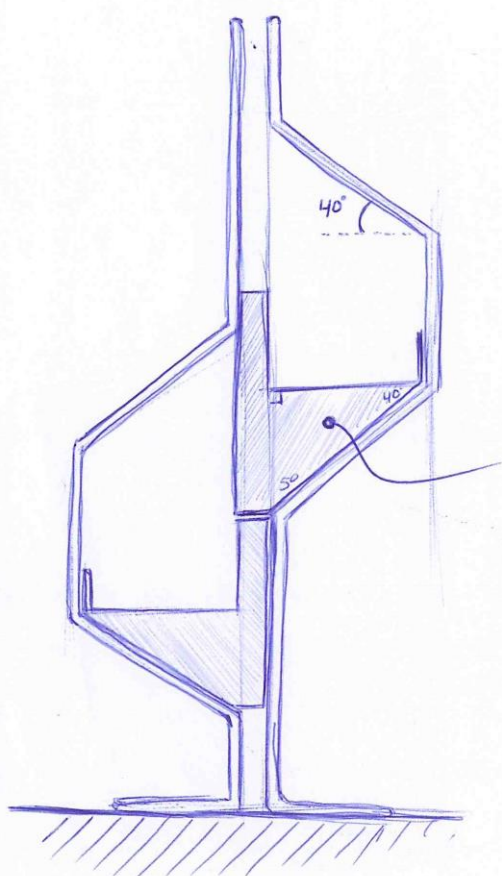
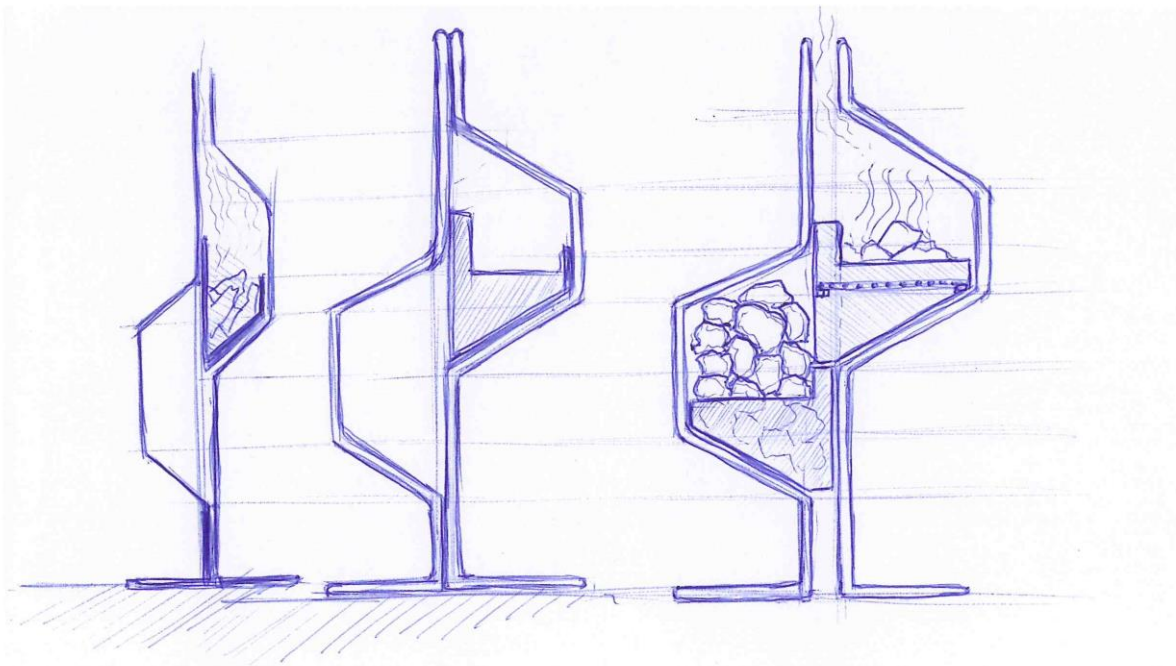
GEWICHT 1 x CORTEN-PLAAT



Standard gewicht (BRON: cmstaal.nl) $\rightarrow 2000 \times 1000 \times 4 \text{ mm} = 64 \text{ kg/plaat}$

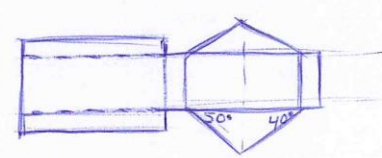


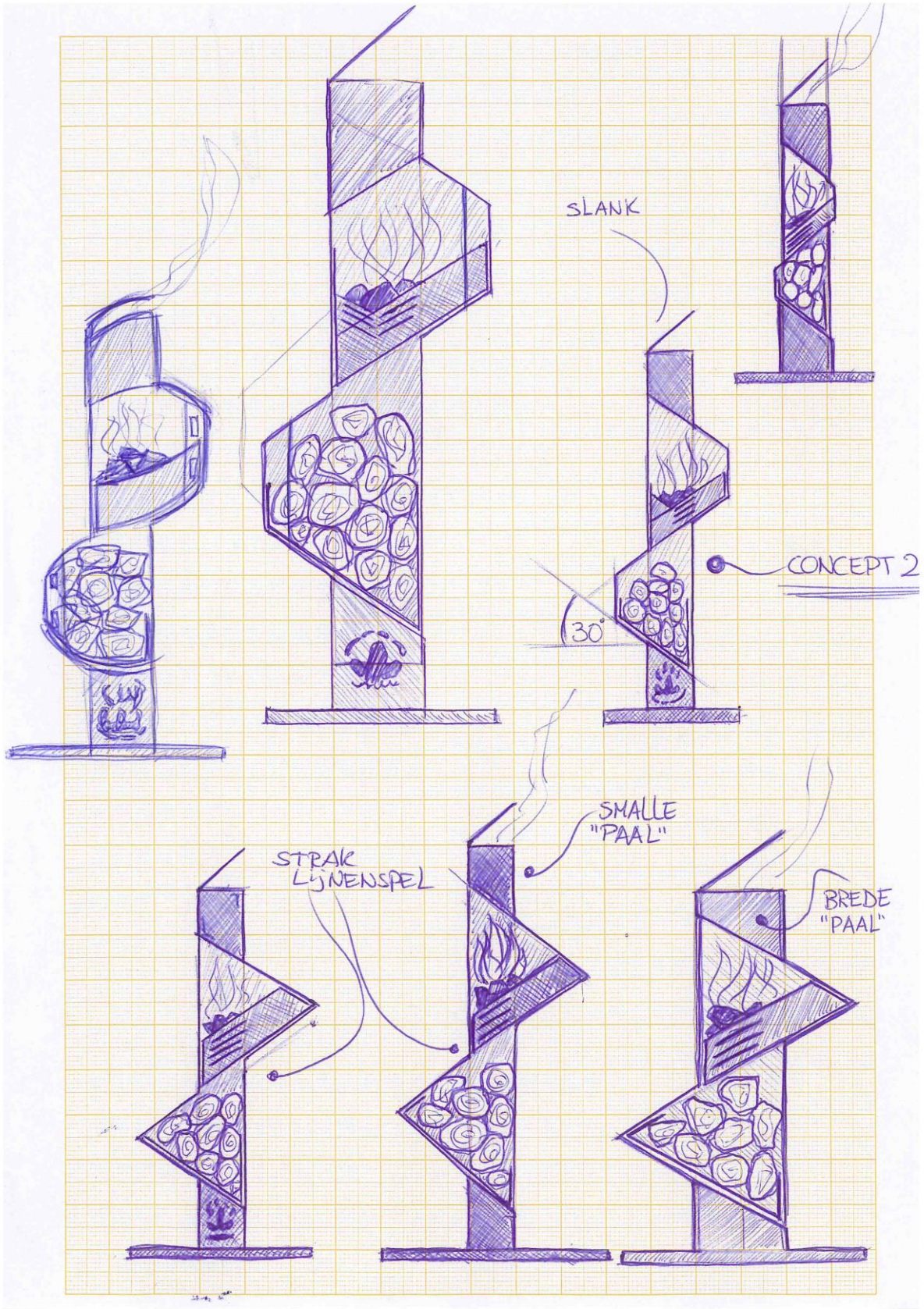


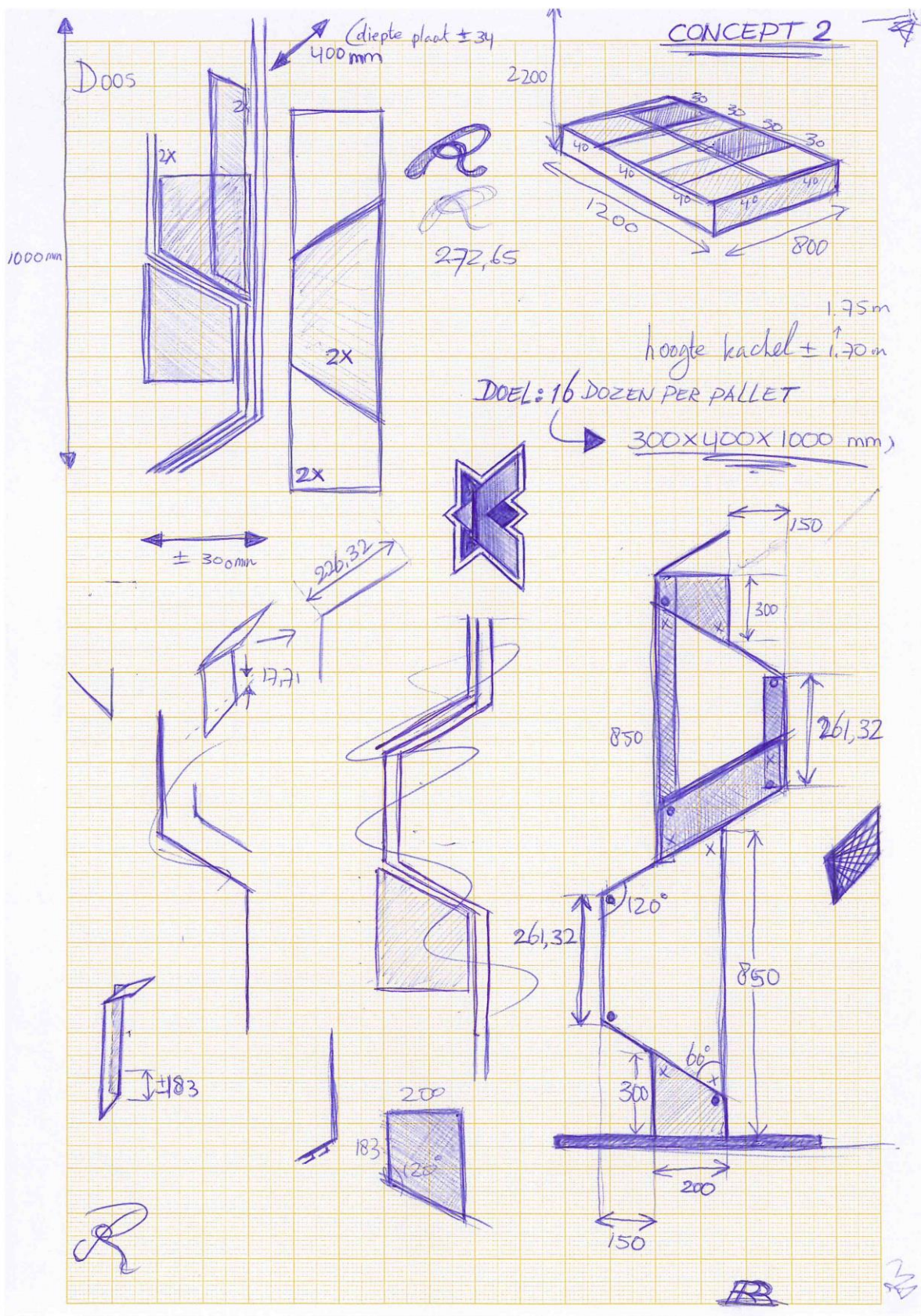


HAARDBAK

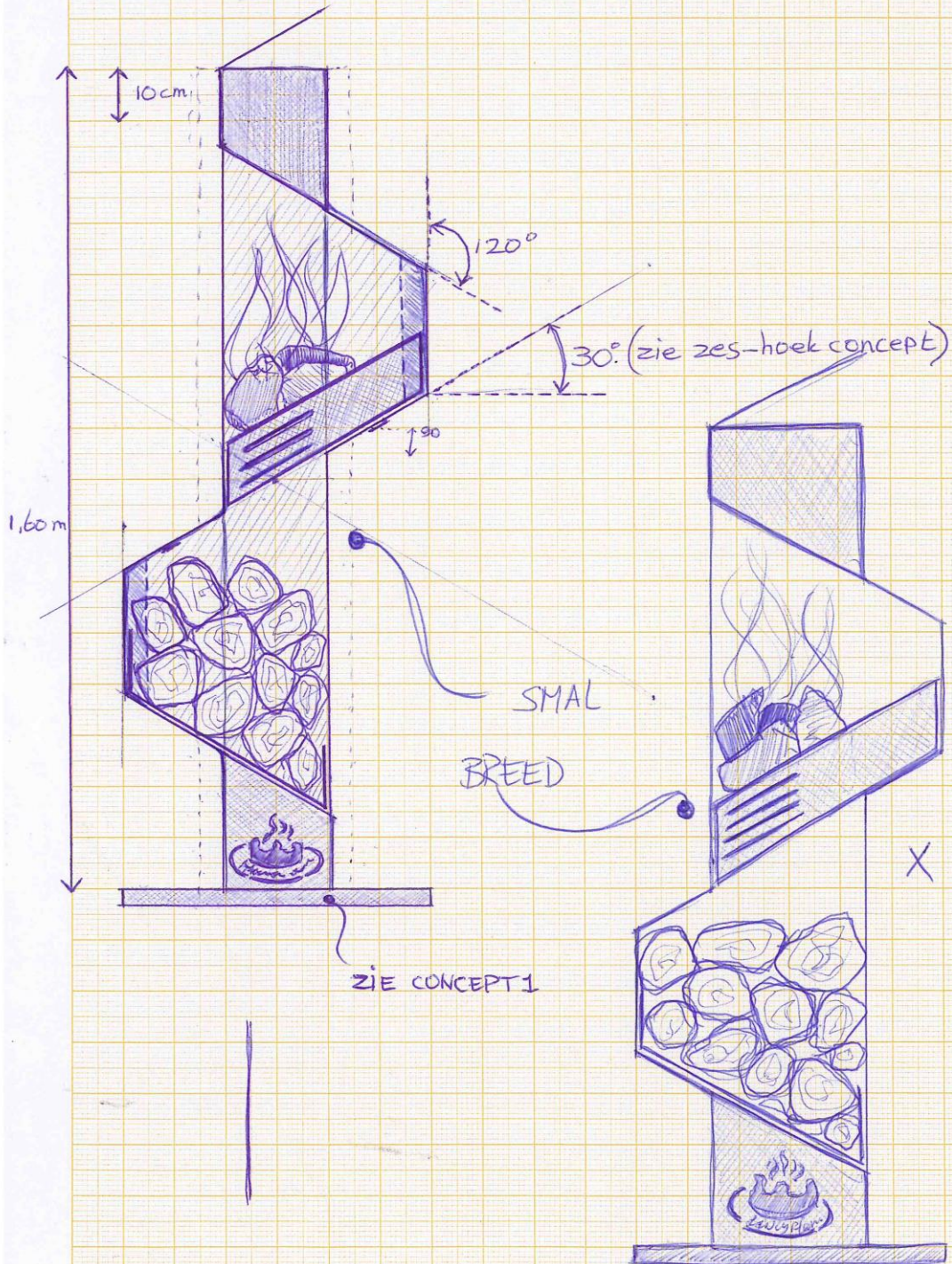
OPSLAGBAK







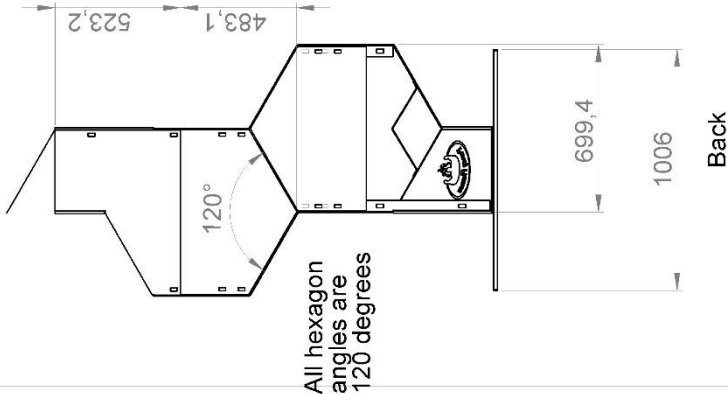
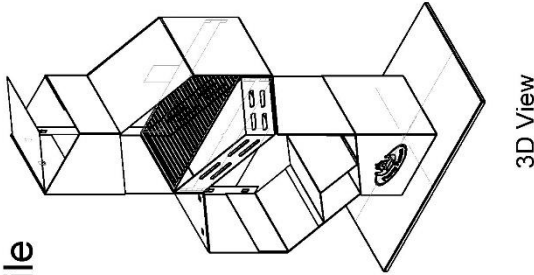
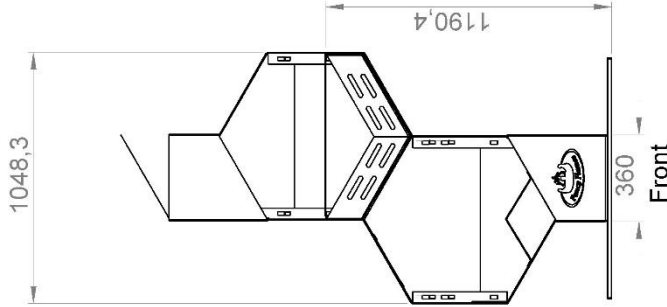
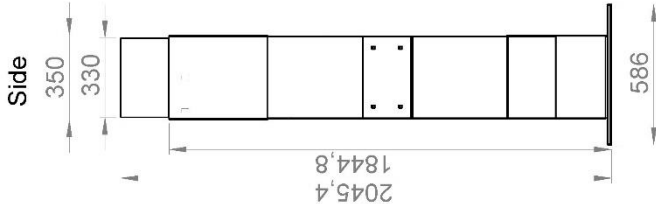
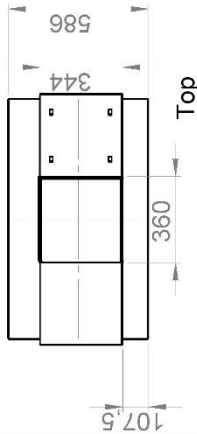
Concept 2



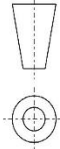
Bijlage VI

“Drawings”

All parts in this assembly are fully defined and ready to use in a DXF-File



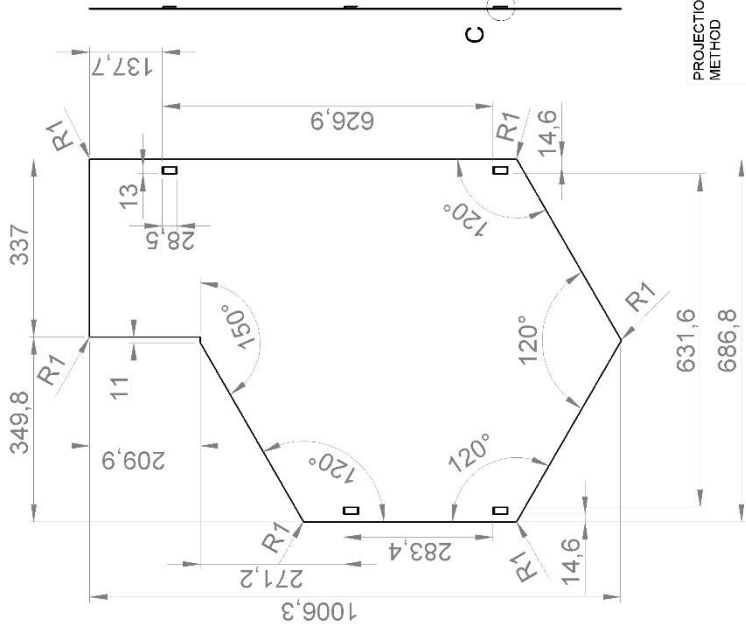
All hexagon angles are 120 degrees

PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	DATE	18-10-2012
		CHECKED	SCALE	1:22
	MATERIAL	TITLE	DRAWING NO.	REV.
	CorTen A (1mm / 3mm)	FF138		01
UNIVERSITEIT TWENTE.	SURFACE FINISH	FILE / PART NAME		A4
	--	1 - Assembly 1		
FACULTY OF ENGINEERING	DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 1

This part is a combination of part 10 and part 11, exactly the same sizes, but 3 hooks are removed

Dimensions of the four hooks are exactly the same as the hooks in 'Part 11'

Directions of the four hooks are exactly the same as the hooks in 'Part 10 AND Part 11)

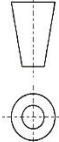


Back

(Direction of the four hooks IN paper)
*Sheet metal plate (DXF-File)



DETAIL C
(1 : 2)

	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN	DATE	12-11-2012	
			TITLE			
			FF138 - Part			
			REV. 01			
	MATERIAL CorTen A (1 mm)		DRAWING NO.		A4	
	SURFACE FINISH --		FILE / PART NAME --			
	--		(NEW) Part 10_11 Combination			
ESSCHERT DESIGN BV			DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 1

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions and labels. The drawing includes a top view and a front view.

Top View Dimensions:

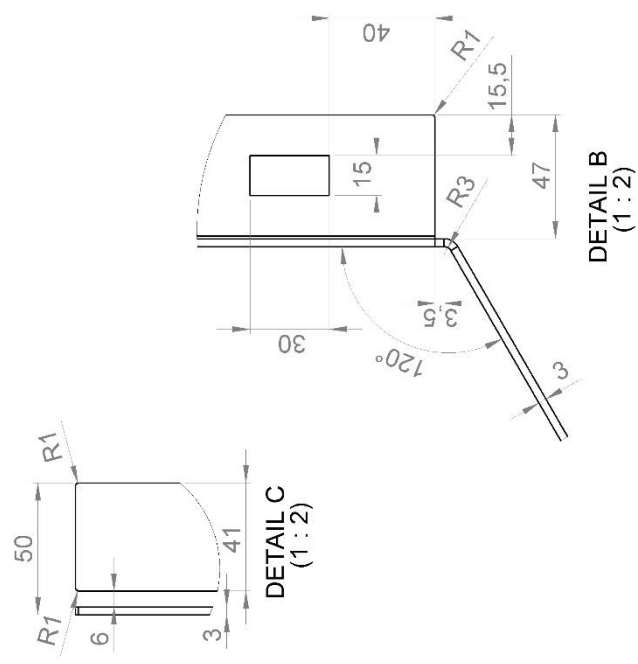
- Overall width: 800
- Overall height: 1801,7
- Distance from left edge to center of hole B: 796,5
- Distance from center of hole B to center of hole C: 405,5
- Distance from center of hole C to left edge: 100
- Distance from center of hole C to top edge: 10,5
- Distance from center of hole B to right edge: 394,8
- Distance from center of hole B to bottom edge: 393,1
- Distance from center of hole B to center of hole C: 40
- Distance from center of hole B to center of hole D: 40
- Distance from center of hole B to center of hole E: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole F: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole G: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole H: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole I: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole J: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole K: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole L: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole M: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole N: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole O: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole P: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Q: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole R: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole S: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole T: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole U: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole V: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole W: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole X: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Y: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Z: 394,8

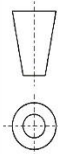
Front View Dimensions:

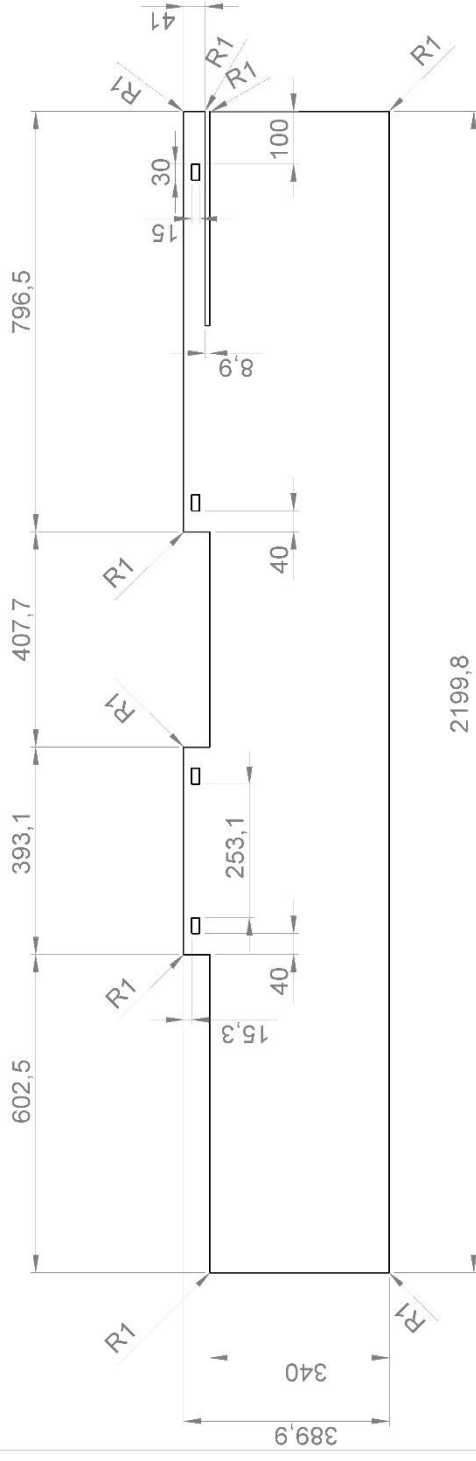
- Overall width: 800
- Overall height: 1801,7
- Distance from left edge to center of hole B: 796,5
- Distance from center of hole B to center of hole C: 405,5
- Distance from center of hole C to left edge: 100
- Distance from center of hole C to top edge: 10,5
- Distance from center of hole B to right edge: 394,8
- Distance from center of hole B to bottom edge: 393,1
- Distance from center of hole B to center of hole D: 40
- Distance from center of hole B to center of hole E: 40
- Distance from center of hole B to center of hole F: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole G: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole H: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole I: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole J: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole K: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole L: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole M: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole N: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole O: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole P: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Q: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole R: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole S: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole T: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole U: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole V: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole W: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole X: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Y: 394,8
- Distance from center of hole B to center of hole Z: 394,8

Labels:

- B**: Hole at the top center.
- C**: Hole at the bottom left.
- D**: Hole at the bottom center.
- E**: Hole at the bottom right.
- F**: Hole at the bottom right.
- G**: Hole at the bottom right.
- H**: Hole at the bottom right.
- I**: Hole at the bottom right.
- J**: Hole at the bottom right.
- K**: Hole at the bottom right.
- L**: Hole at the bottom right.
- M**: Hole at the bottom right.
- N**: Hole at the bottom right.
- O**: Hole at the bottom right.
- P**: Hole at the bottom right.
- Q**: Hole at the bottom right.
- R**: Hole at the bottom right.
- S**: Hole at the bottom right.
- T**: Hole at the bottom right.
- U**: Hole at the bottom right.
- V**: Hole at the bottom right.
- W**: Hole at the bottom right.
- X**: Hole at the bottom right.
- Y**: Hole at the bottom right.
- Z**: Hole at the bottom right.

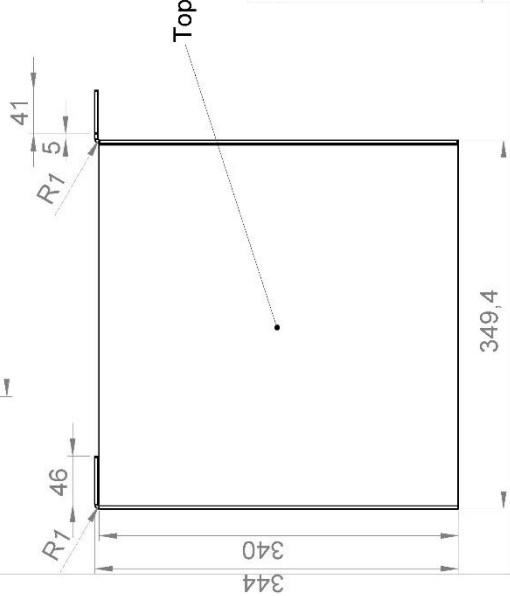


PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	12-11-2012	
		MATERIAL CorTen A (3mm)	CHECKED	--	SCALE	1:50	
			TITLE FF138 - Part			REV.	01
ESSCHERT DESIGN BY		SURFACE FINISH --		DRAWING NO.			
				FILE / PART NAME			
				(NEW) Part 14_15 AND 16_17 Combination FOLDED		A4	
		DIMENSIONS IN MILLIMETERS				SHEET 1 OF 1	

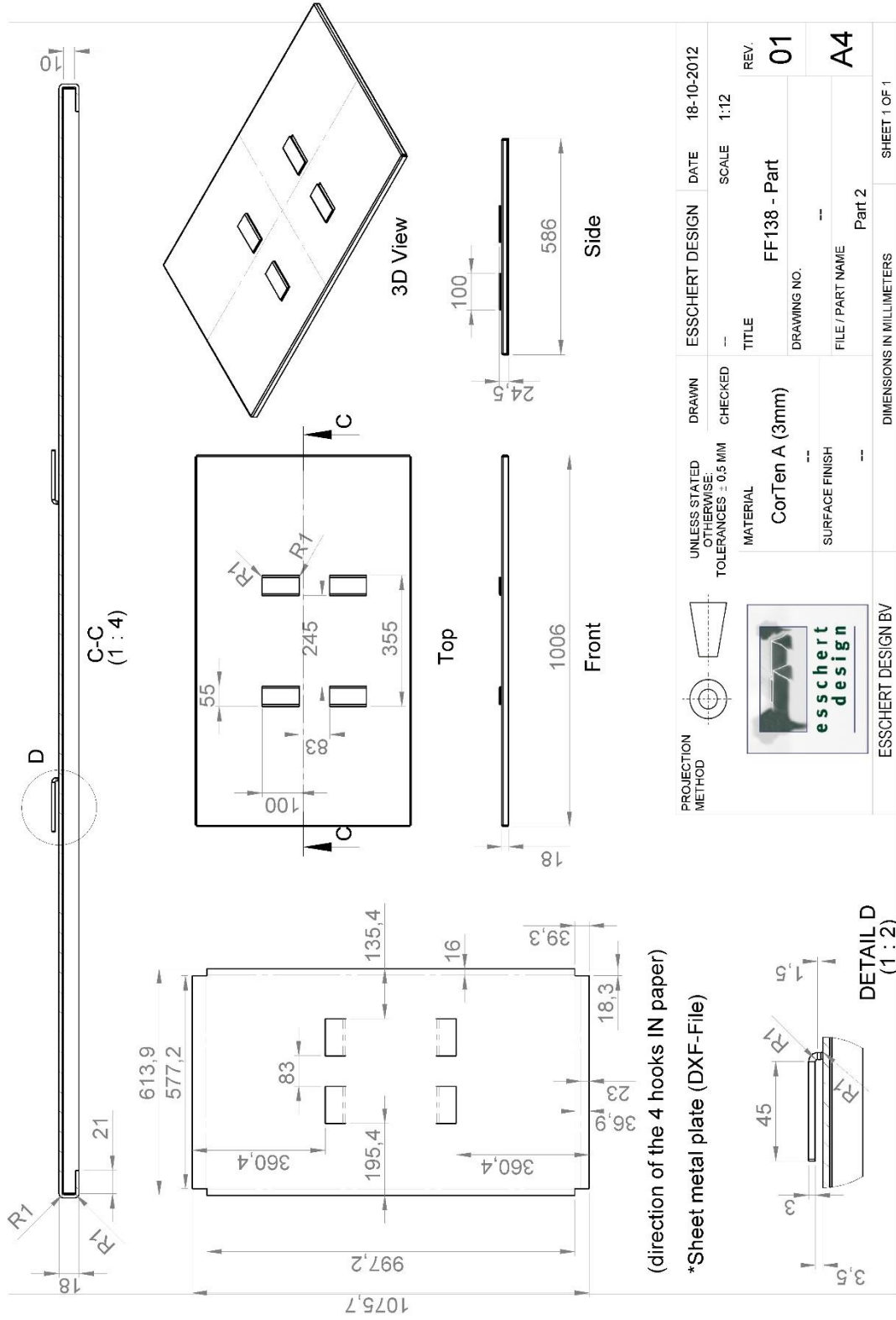


*Sheet metal plate (DXF-File)

Bending lines: See drawings Part 14, 15, 16 and 17

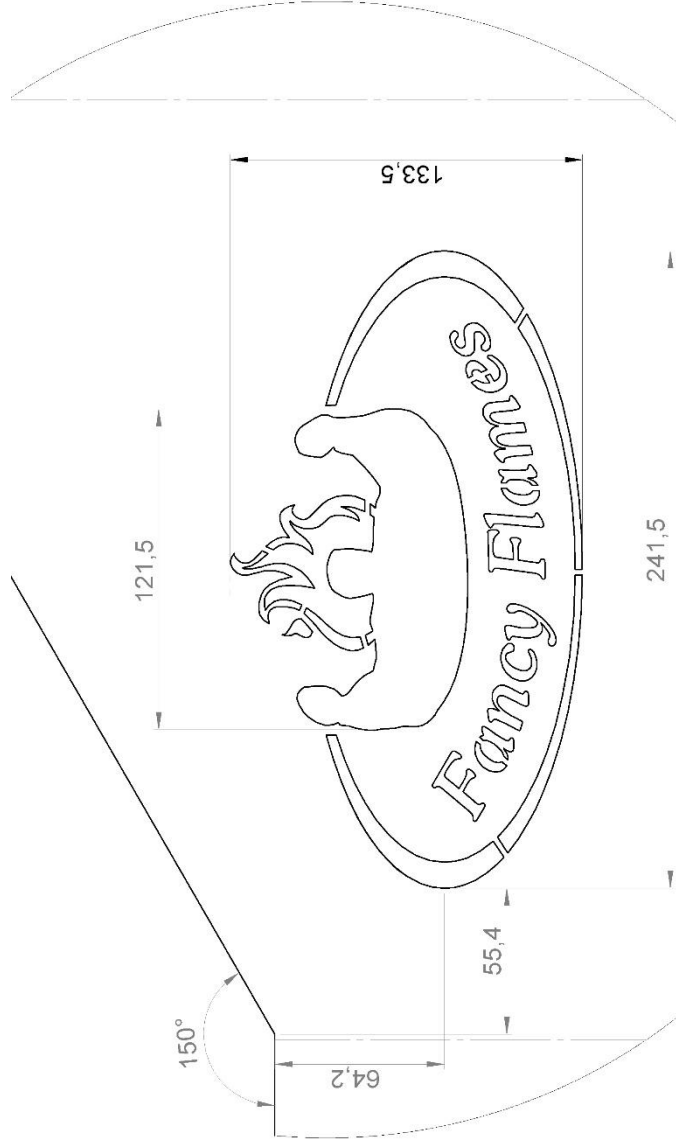


	PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	12-11-2012			
				CHECKED		SCALE	1:1			
				TITLE				FF138 - Part	REV.	01
				MATERIAL				CorTen A (3mm)	DRAWING NO.	
SURFACE FINISH				--	FILE / PART NAME	--	A4			
ESSCHERT DESIGN BV				--	(NEW) Part 14_15 AND 16_17 Combination UNFOLDED					
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 1			



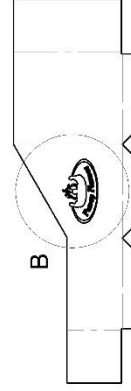
(direction of the 4 hooks IN paper)

*Sheet metal plate (DXF-File)

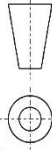


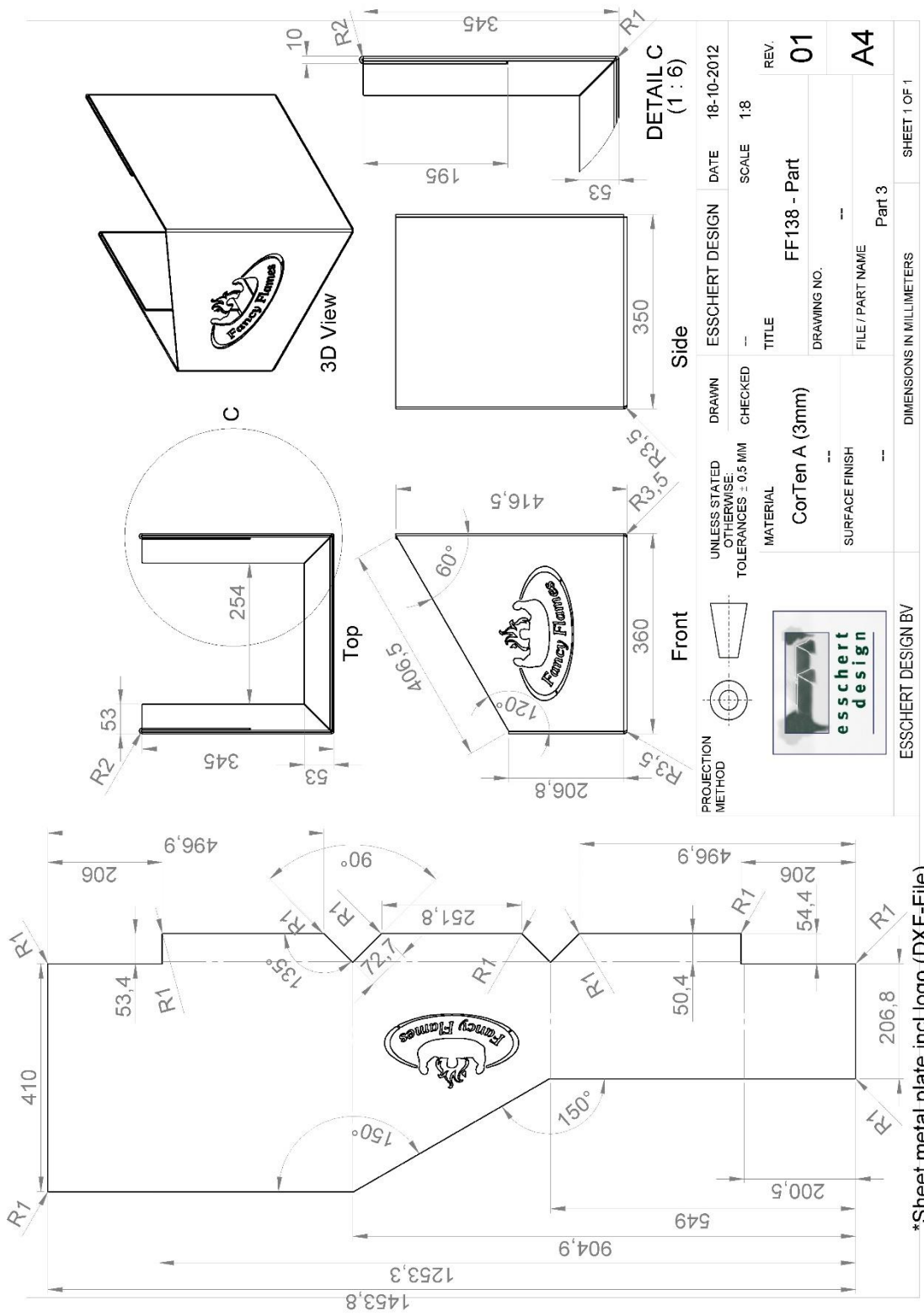
DXF-File 'Part 3' contains cutting
lines of Fancy Flames Logo

DETAIL B
(1 : 2)

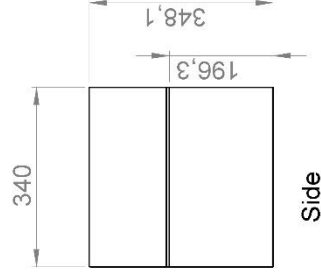
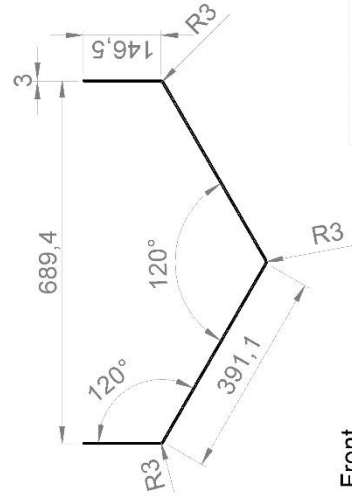
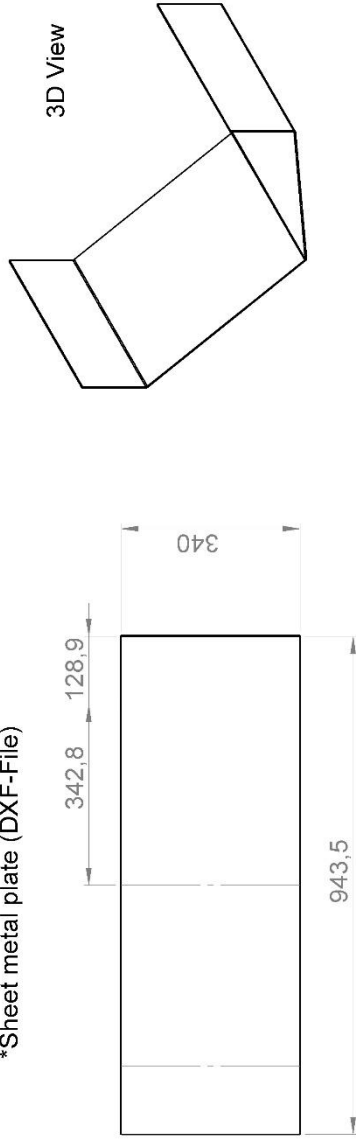


(See 'Drawing Part 3')

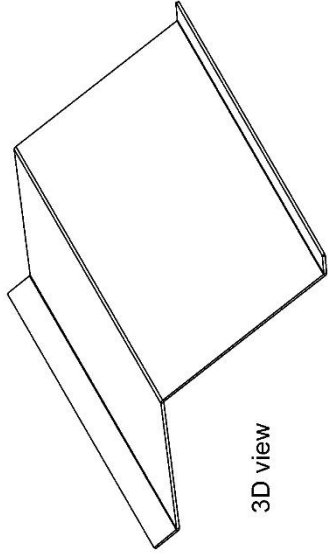
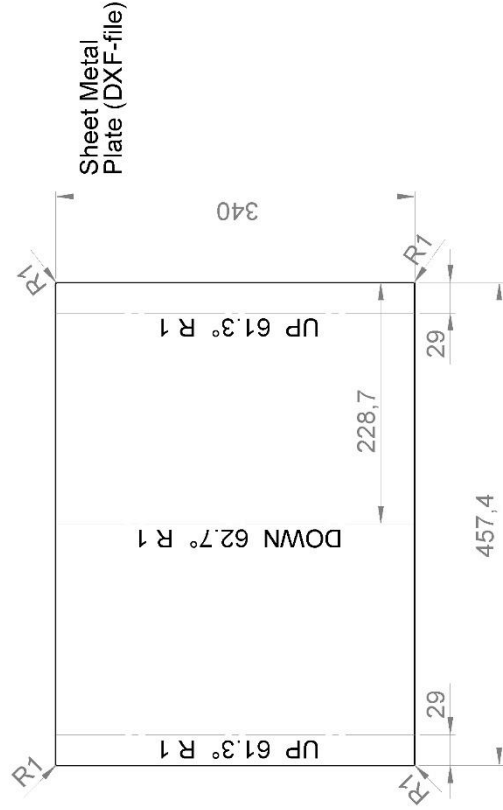
PROJECTION METHOD 	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	19-11-2012
		CHECKED		SCALE	1:1
		TITLE			
		DRAWING NO.			
 esschert design	MATERIAL	FF138 - Part			
	CorTen A (3mm)				
	SURFACE FINISH	FILE / PART NAME			
		Part 3 - Fancy Flames LOGO			
ESSCHERT DESIGN BV		DIMENSIONS IN MILLIMETERS			
		SHEET 1 OF 1			



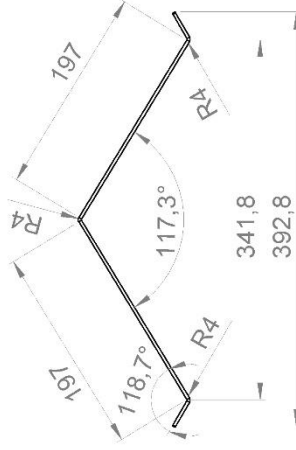
*Sheet metal plate (DXF-File)



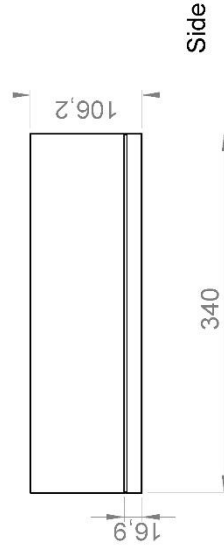
		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-10-2012	
			CHECKED				
			TITLE				
			DRAWING NO.				
MATERIAL			FF138 - Part		REV. 01		
CorTen A (3mm)			1		A4		
SURFACE FINISH			FILE / PART NAME				
--			Part 4				
FACULTY OF ENGINEERING		DIMENSIONS IN MILLIMETERS				SHEET 1 OF 1	



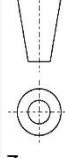
3D view

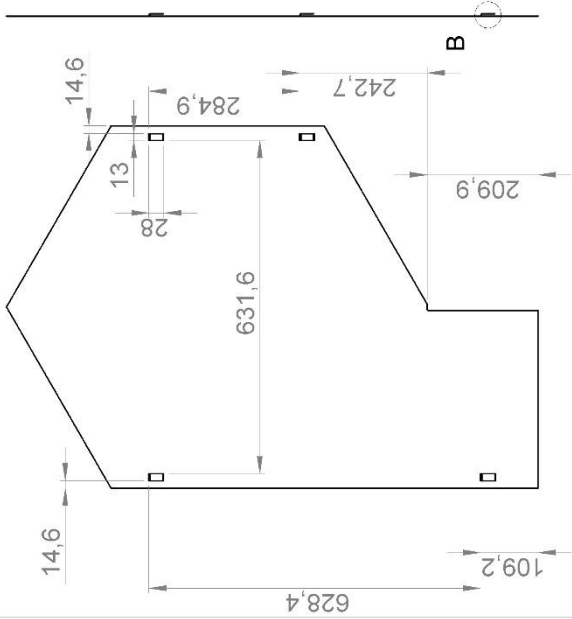


Front



Side

	PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-10-2012
			CHECKED	TITLE	SCALE	1:1
			MATERIAL	FF138 - Part	REV.	01
			SURFACE FINISH	DRAWING NO. 1	FILE / PART NAME	A4
CorTen A (3mm)				Part 5		
esschert design				Part 5		
FACULTY OF ENGINEERING				Part 5		
DIMENSIONS IN MILLIMETERS				Part 5		
SHEET 1 OF 1				Part 5		



DETAIL B
(1 : 2)

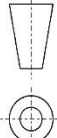
This part is a combination of part 8 and part 9, exactly the same sizes, but 3 hooks are removed

Dimensions of the four hooks are exactly the same as the hooks in 'Part 11'

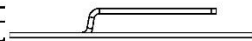
Directions of the four hooks are exactly the same as the hooks in 'Part 8 AND Part 9)

(Direction of the four hooks IN paper)

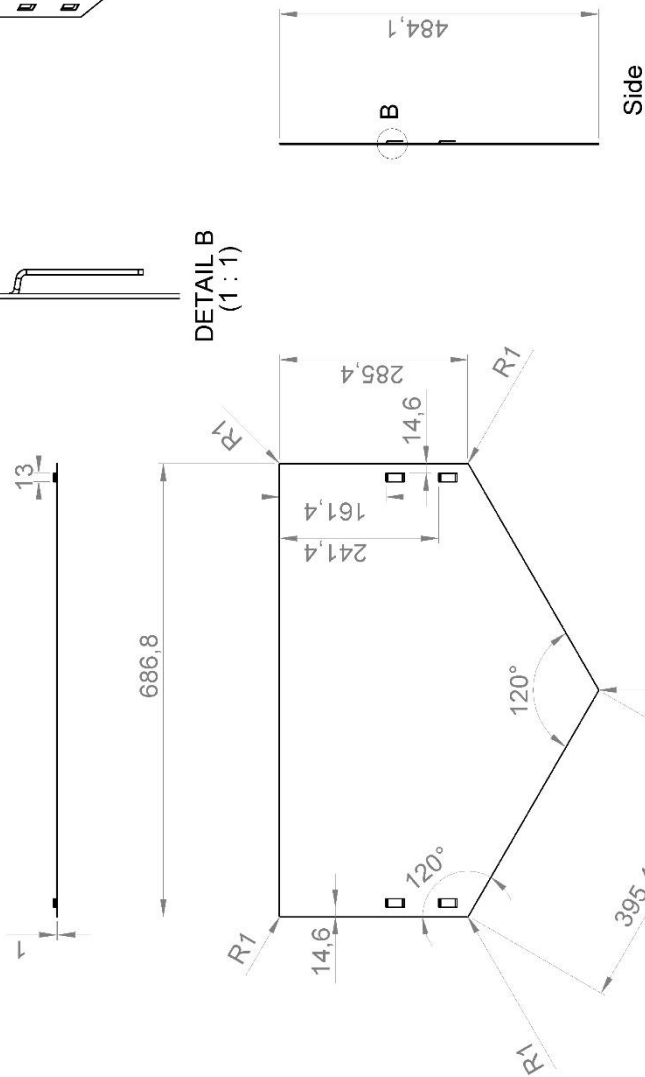
*Sheet metal plate (DXF-File)

		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	12-11-2012	
			CHECKED	--	SCALE	1:1	
			MATERIAL		TITLE		REV.
			CorTen A (1 mm)		FF138 - Part		01
SURFACE FINISH			DRAWING NO.		A4		
--			--				
ESSCHERT DESIGN BV			FILE / PART NAME		(NEW) Part 8_9 Combination		
					SHEET 1 OF 1		

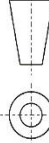
3D view



DETAIL B
(1:1)



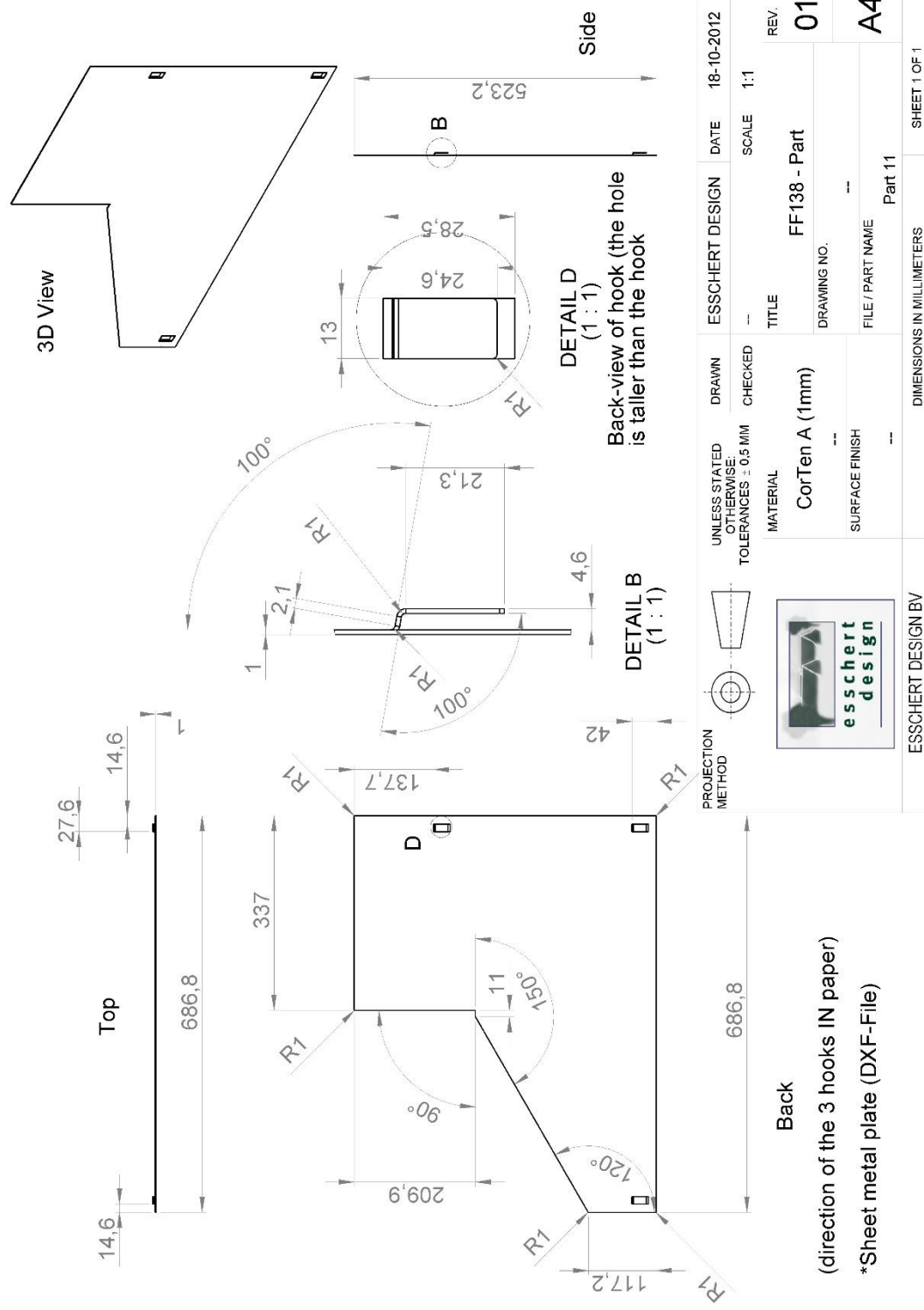
Side

 PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-10-2012	
	 MATERIAL CorTen A (1mm)	CHECKED	TITLE	SCALE	1:8	
			DRAWING NO.	REV. 01		
		SURFACE FINISH	FILE / PART NAME	A4		
			Part 10			
			DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 1 OF 1	

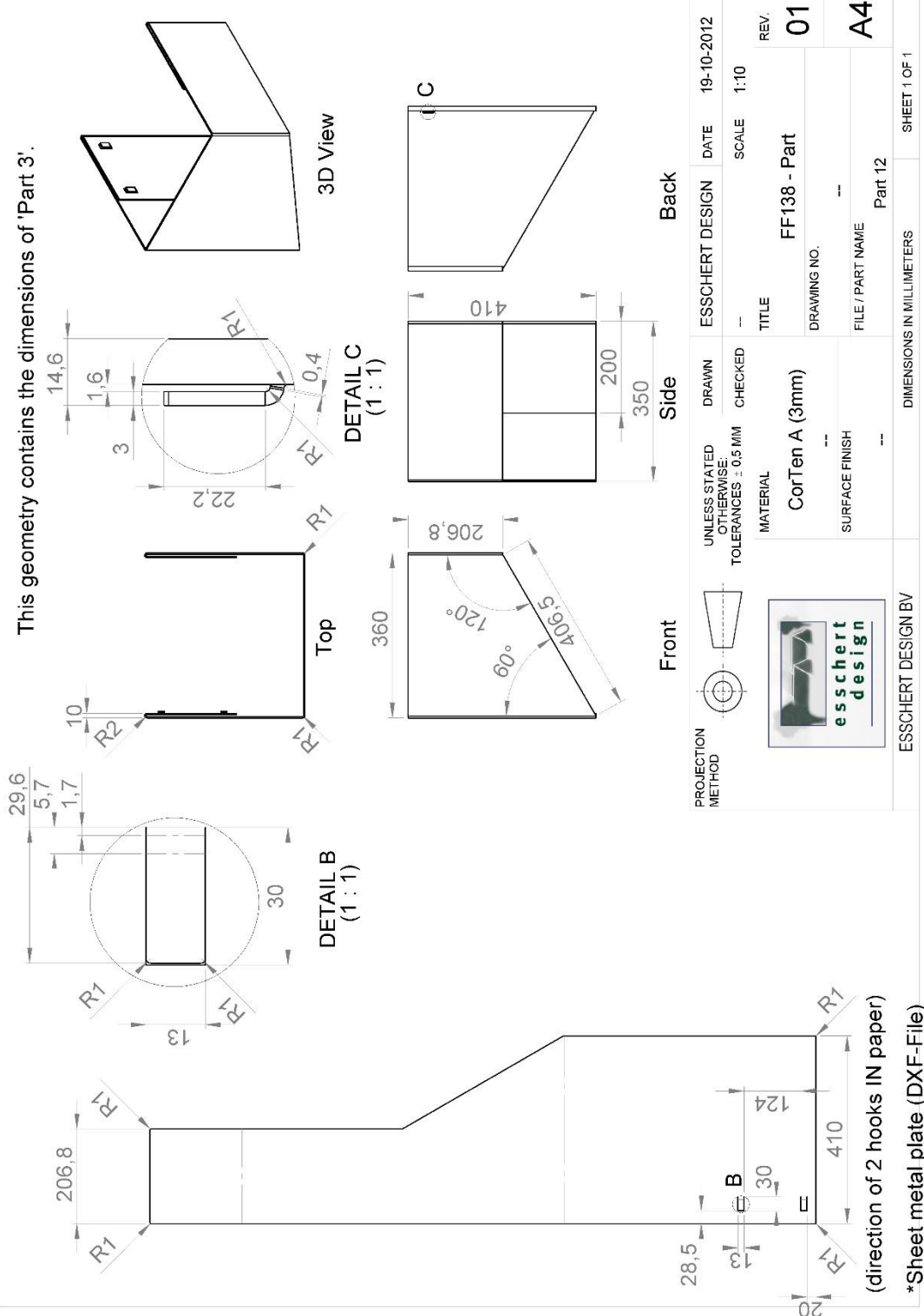
[Back](#)

(direction of the 4 hooks IN paper)

*Sheet metal plate (DXF-File)



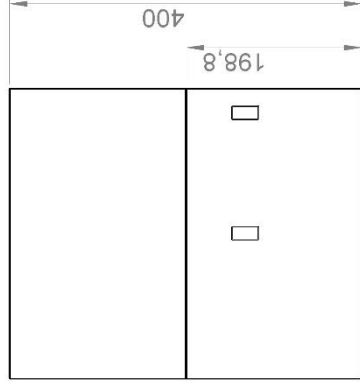
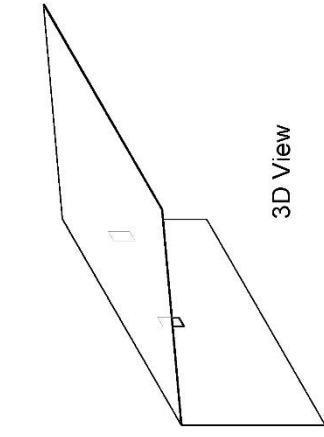
This geometry contains the dimensions of 'Part 3'.

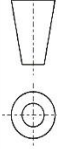


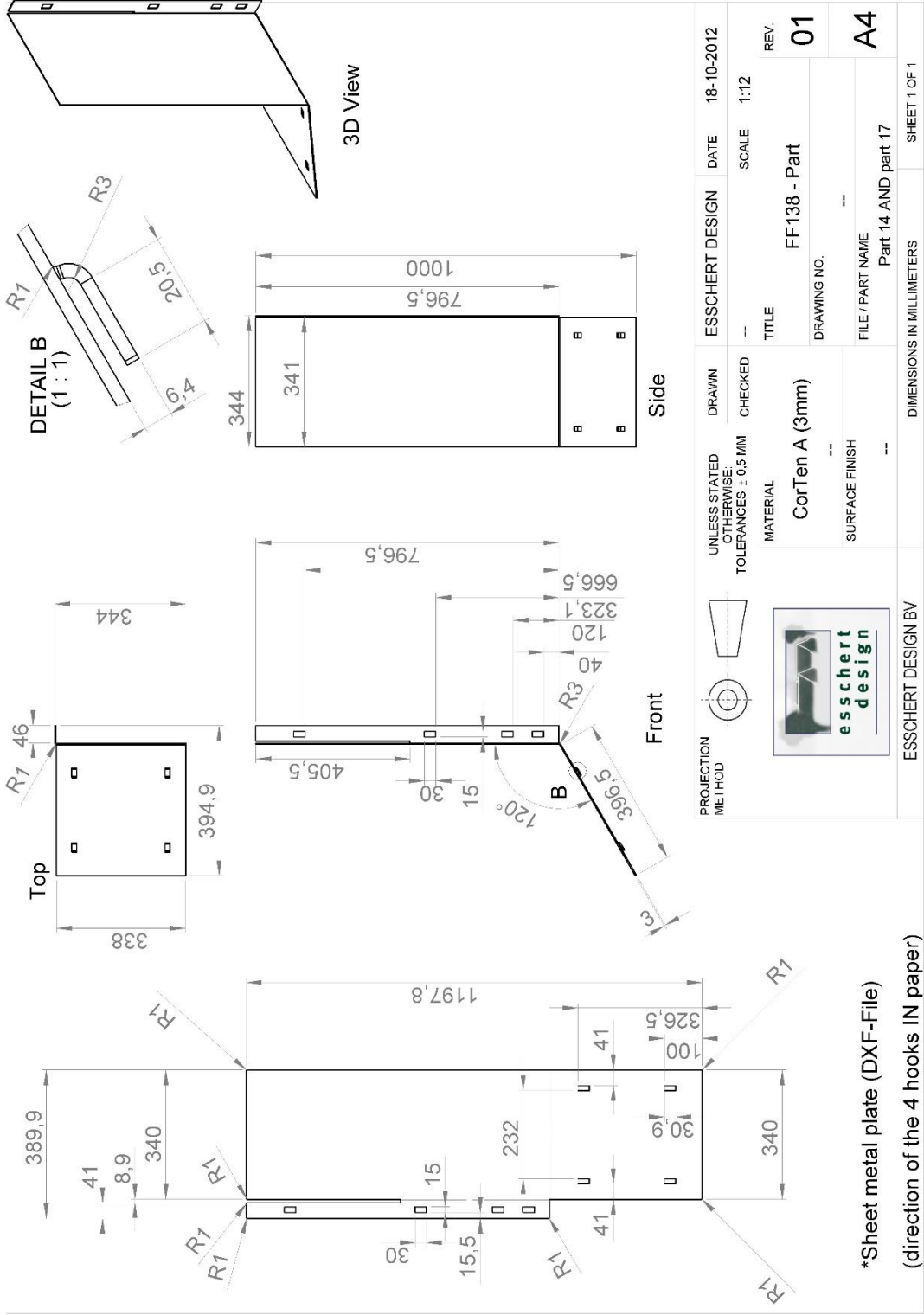
*Sheet metal plate (DXF-File)

Technical drawing of a rectangular plate with the following dimensions and features:

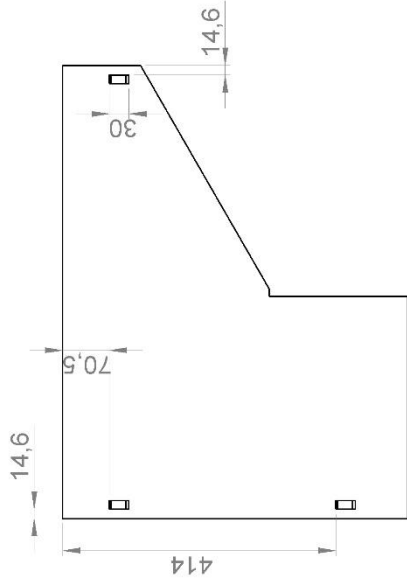
- Overall width: 599,3
- Overall height: 330
- Distance from left edge to center of hole: 399,6
- Distance from right edge to center of hole: 199,6
- Distance from top edge to center of hole: 116,8
- Distance from bottom edge to center of hole: 122
- Hole diameter: 20
- Distance from center of hole to bottom edge: 15
- Distance from center of hole to right edge: 30
- Four corner radii labeled $R1$.



PROJECTION METHOD 	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES : 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-10-2012
		CHECKED	TITLE	SCALE	1:6
		MATERIAL CorTen A (1 mm)			
	SURFACE FINISH --	DRAWING NO.		REV/	
		FILE / PART NAME		01	
		Part 13		A4	
ESSCHERT DESIGN BV		DIMENSIONS IN MILLIMETERS			
		SHEET 1 OF 1			

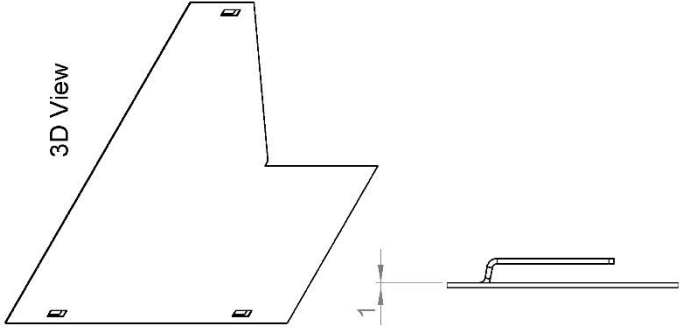


Dimensions are the same as 'Part 11 Drawing', but the 3 hooks are at different positions and they have an other direction (UPSIDE-DOWN)



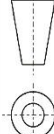
Side

Back
(direction of the 3 hooks IN paper)
*Sheet metal plate (DXF-File)

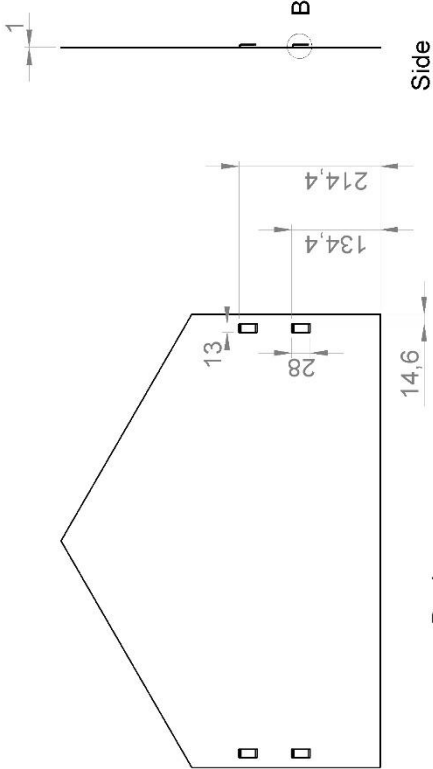


3D View

DETAIL B
(1 : 1)

		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM		DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	19-10-2012	
				CHECKED	--	SCALE	1:8	
		MATERIAL		CorTen A (1mm)		TITLE		FF138 - Part
		SURFACE FINISH		--		DRAWING NO.		01
ESSCHERT DESIGN BV				FILE / PART NAME		Part 8		
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 1 OF 1		

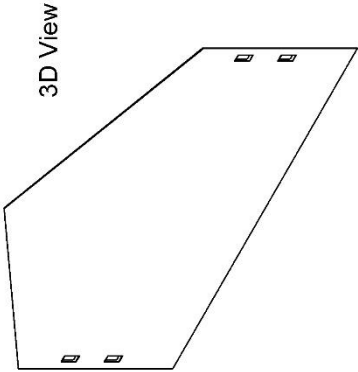
Dimensions are the same as 'Part 10 Drawing', but the 4 hooks are at different positions and they have an other direction (UPSIDE-DOWN)



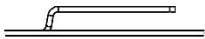
Back

(direction of the 3 hooks IN paper)

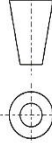
*Sheet metal plate (DXF-File)

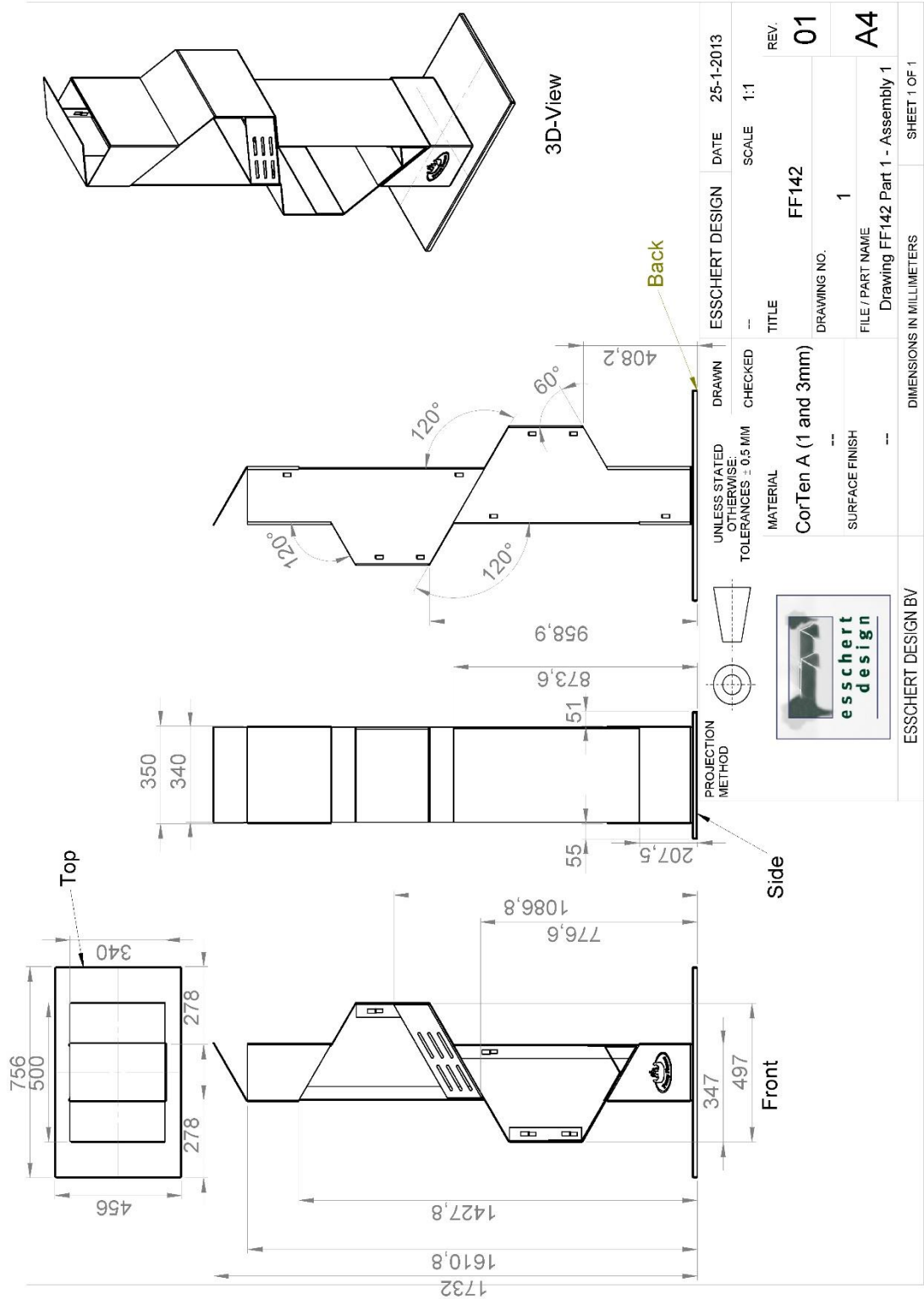


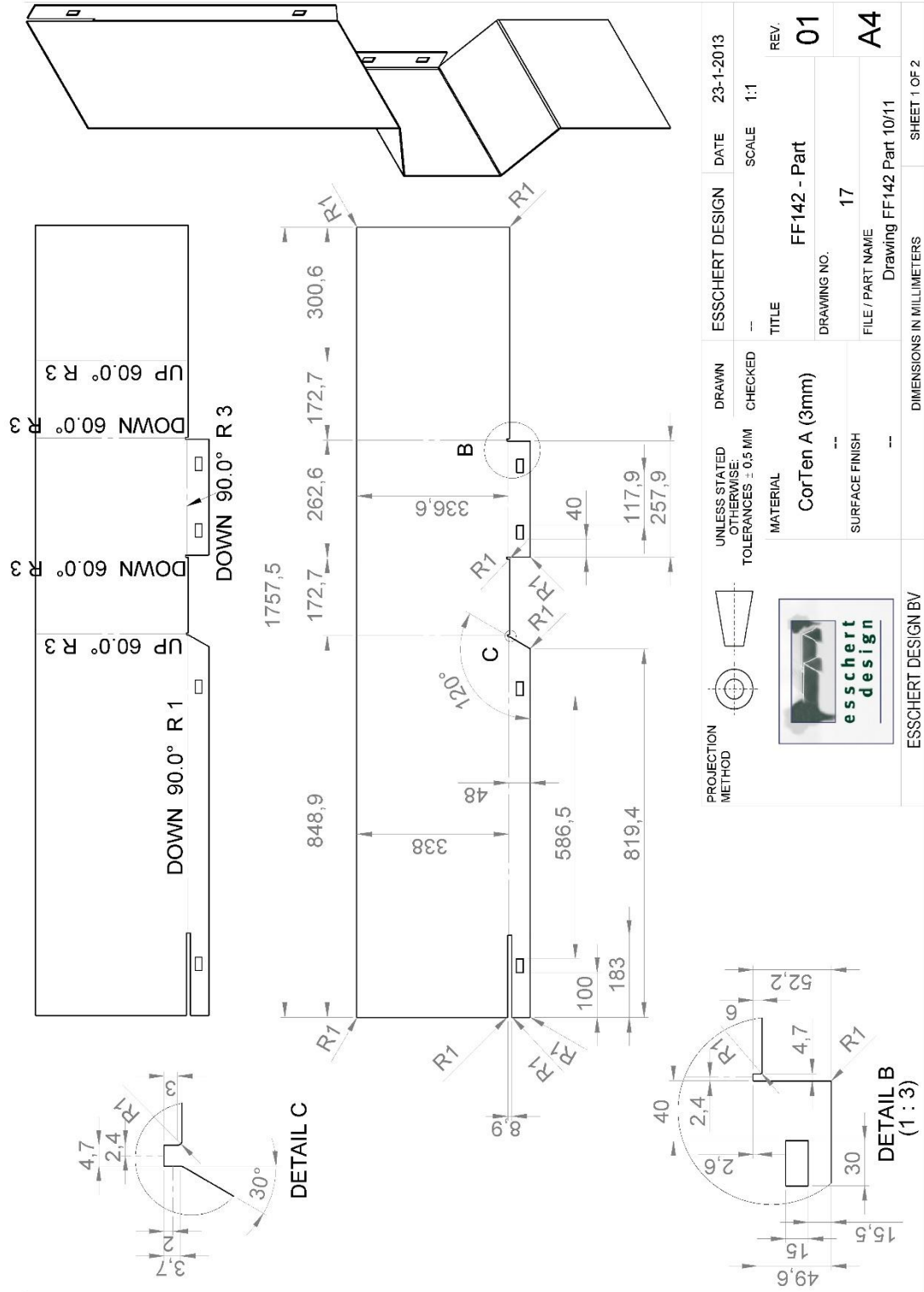
3D View

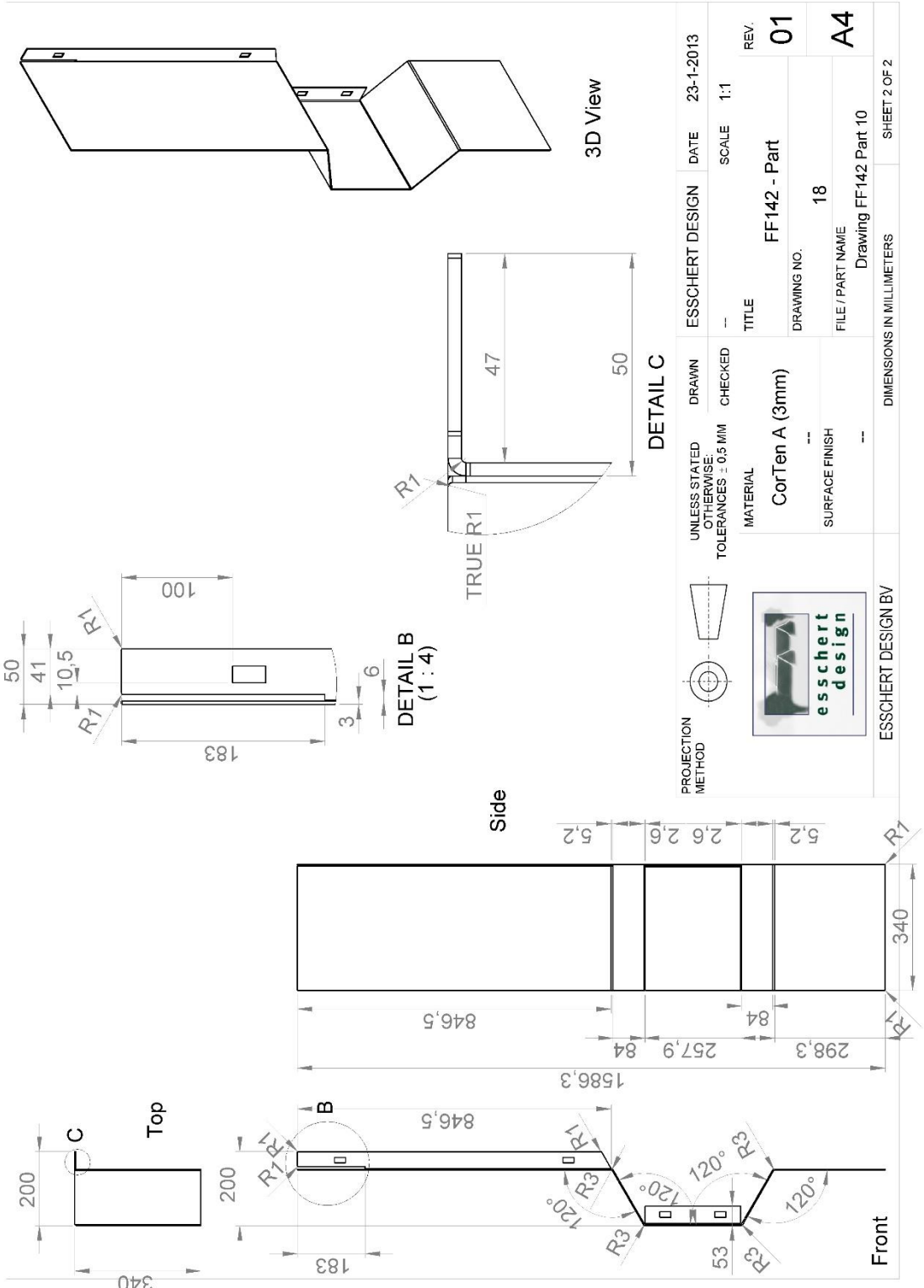


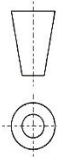
DETAIL B
(1 : 1)

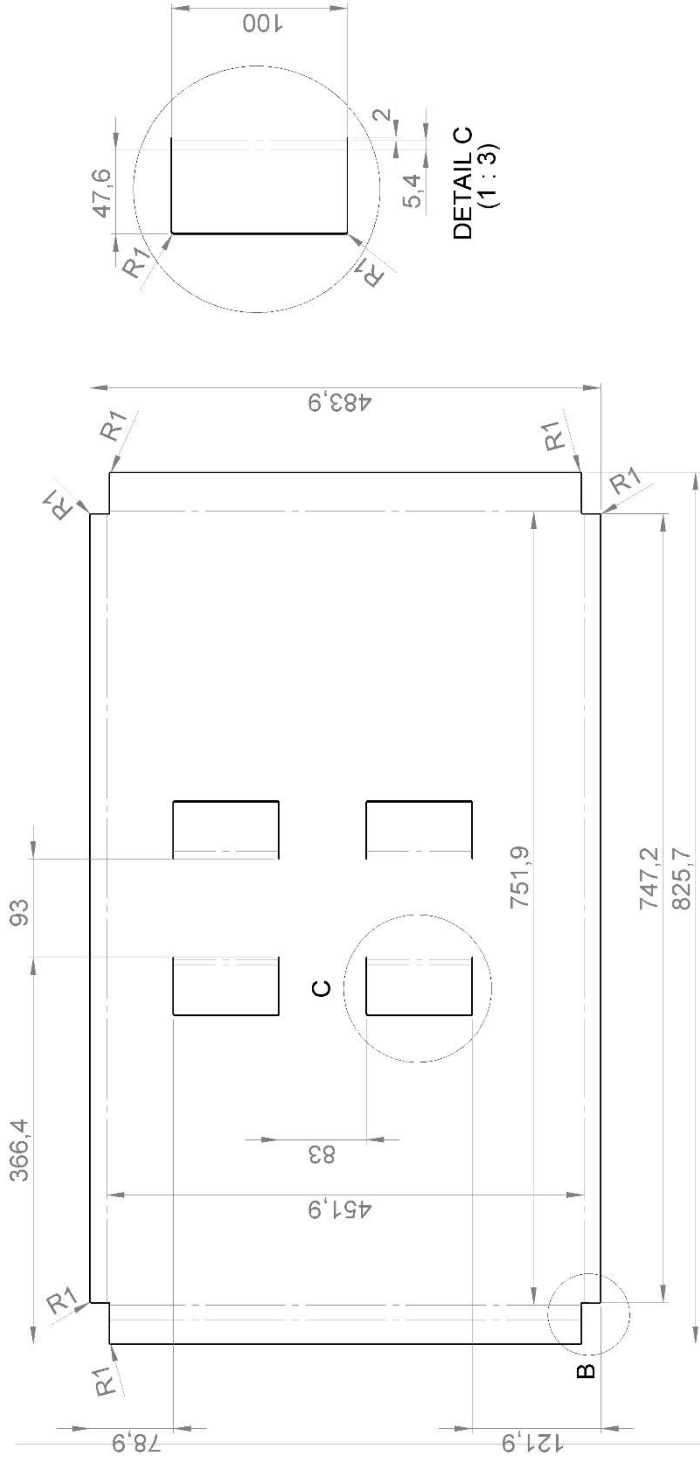
	PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	19-10-2012	
				CHECKED	--	SCALE	1:8	
				MATERIAL		TITLE		REV.
				CorTen A (1mm)		FF138 - Part		01
				SURFACE FINISH		DRAWING NO.		A4
--	--	FILE / PART NAME						
ESSCHERT DESIGN BV				Part 9		SHEET 1 OF 1		
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS				



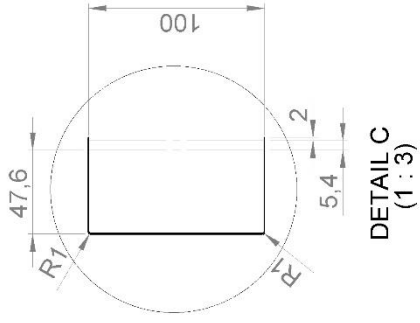
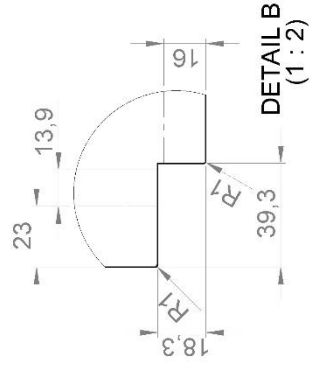


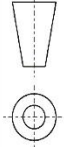


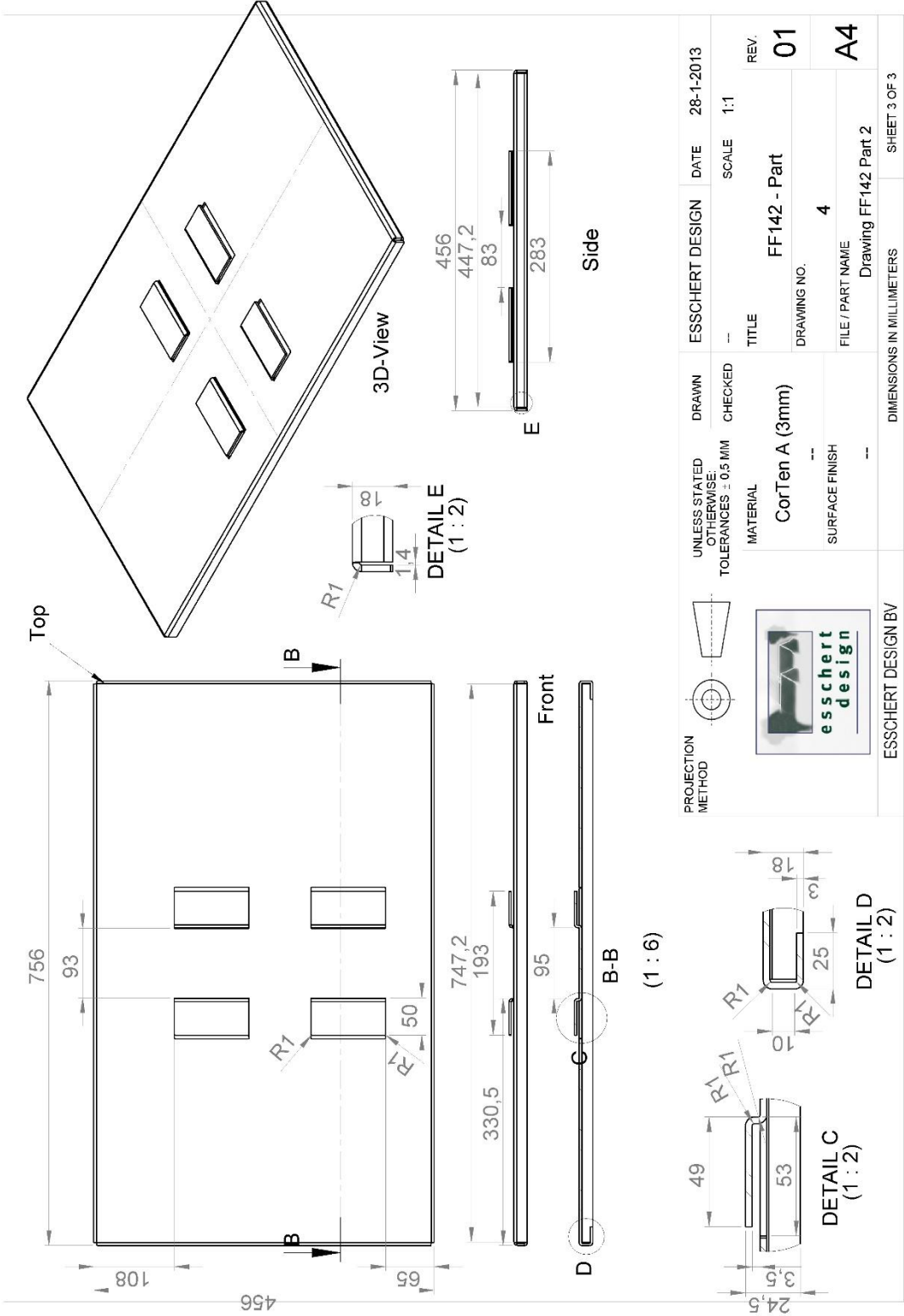
	PROJECTION METHOD	ESSCHERT DESIGN BV		DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 2 OF 2	
	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	CHECKED	ESSCHERT DESIGN		DATE	23-1-2013
	MATERIAL	CorTen A (3mm)		TITLE		SCALE	1:1
	SURFACE FINISH	--		DRAWING NO.		REV.	01
				FILE / PART NAME		A4	
				Drawing FF-142 Part 10			



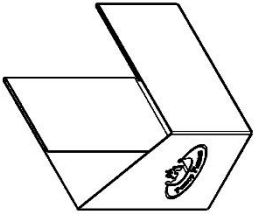
Sheet Metal Plate (DXF-File)

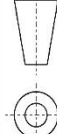


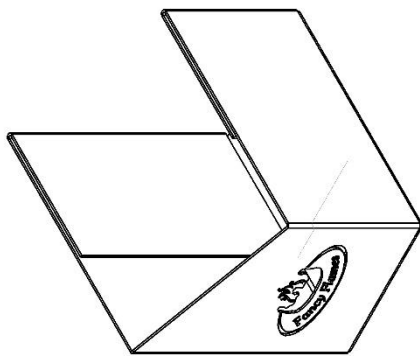
	PROJECTION METHOD	ESSCHERT DESIGN	DATE	28-1-2013
	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM	DRAWN	SCALE	1:1
	MATERIAL	CHECKED	TITLE	FF142 - Part
	SURFACE FINISH	--	DRAWING NO.	3
ESSCHERT DESIGN BV		FILE / PART NAME	Drawing FF142 Part 2	
DIMENSIONS IN MILLIMETERS		REV.	01	
SHEET 2 OF 3		FILE / PART NAME	A4	



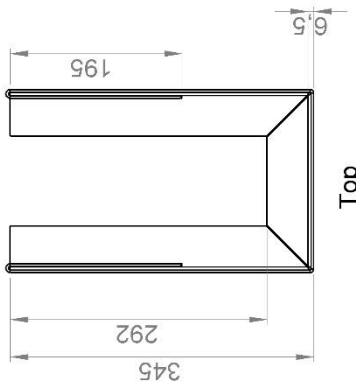
		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN	DATE 28-1-2013	SCALE 1:1	REV.
							01
							FF142 - Part
							A4
MATERIAL CorTen A (3mm)		DRAWING NO. 4		FILE / PART NAME Drawing FF142 Part 2			
SURFACE FINISH --		DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 3 OF 3			



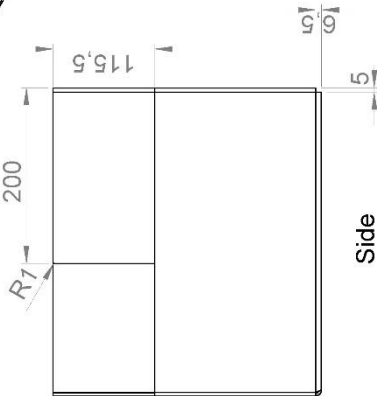
	PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES = 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	21-1-2013
			CHECKED	TITLE	SCALE	1:10
			MATERIAL		REV.	
	DIMENSIONS IN MILLIMETERS	CorTen A (3mm)	DRAWING NO.		FF142 - Part	
			SURFACE FINISH		5	
			FILE / PART NAME		Drawing FF142 Part 3	
ESSCHERT DESIGN BV	SHEET 1 OF 2	A4		REV.		
		01			A4	



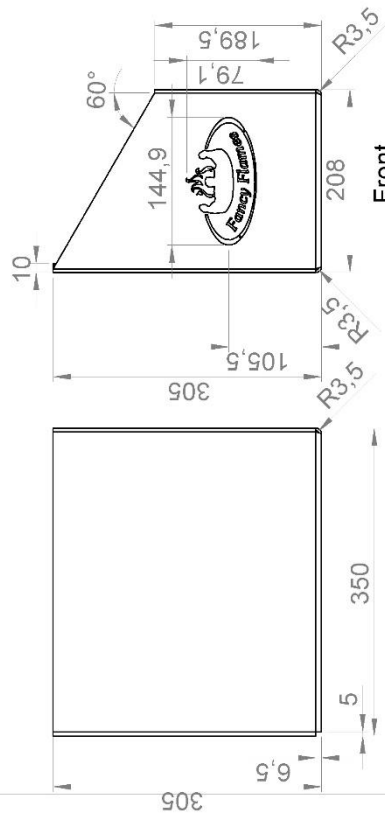
3D View



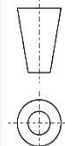
Top



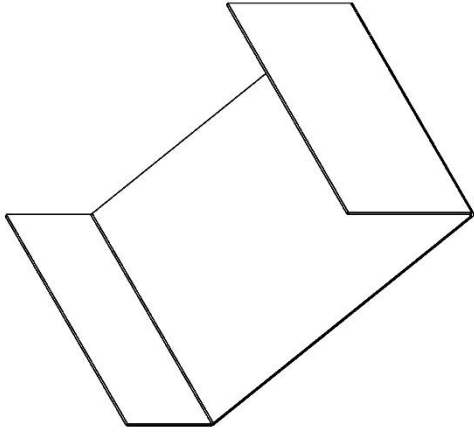
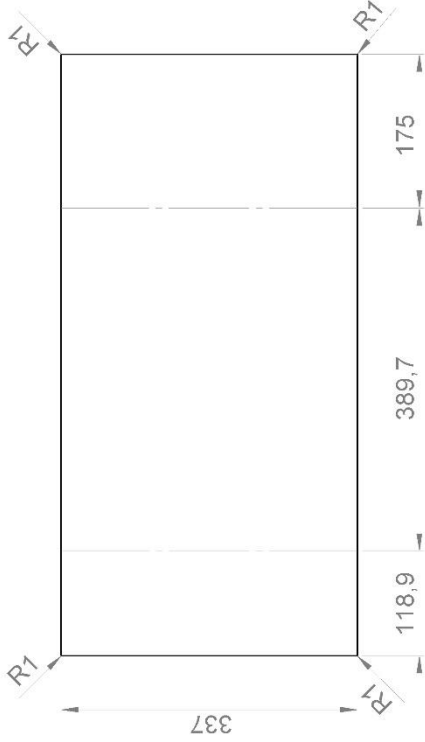
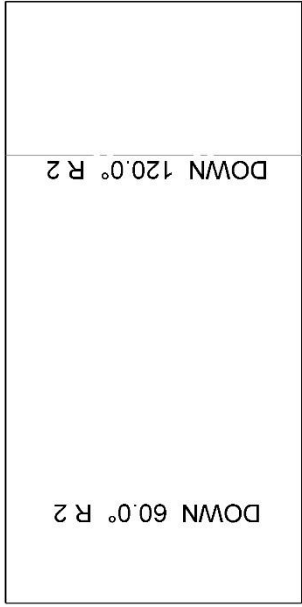
Side



Front

	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM	DRAWN	DATE	21-1-2013
		CHECKED	SCALE	1:10
	MATERIAL CorTen A (3mm)		TITLE FF142 - Part	REV. 01
	SURFACE FINISH --		DRAWING NO. 6	
ESSCHERT DESIGN BV			FILE / PART NAME Drawing FF142 Part 3	A4
			DIMENSIONS IN MILLIMETERS	
			SHEET 2 OF 2	

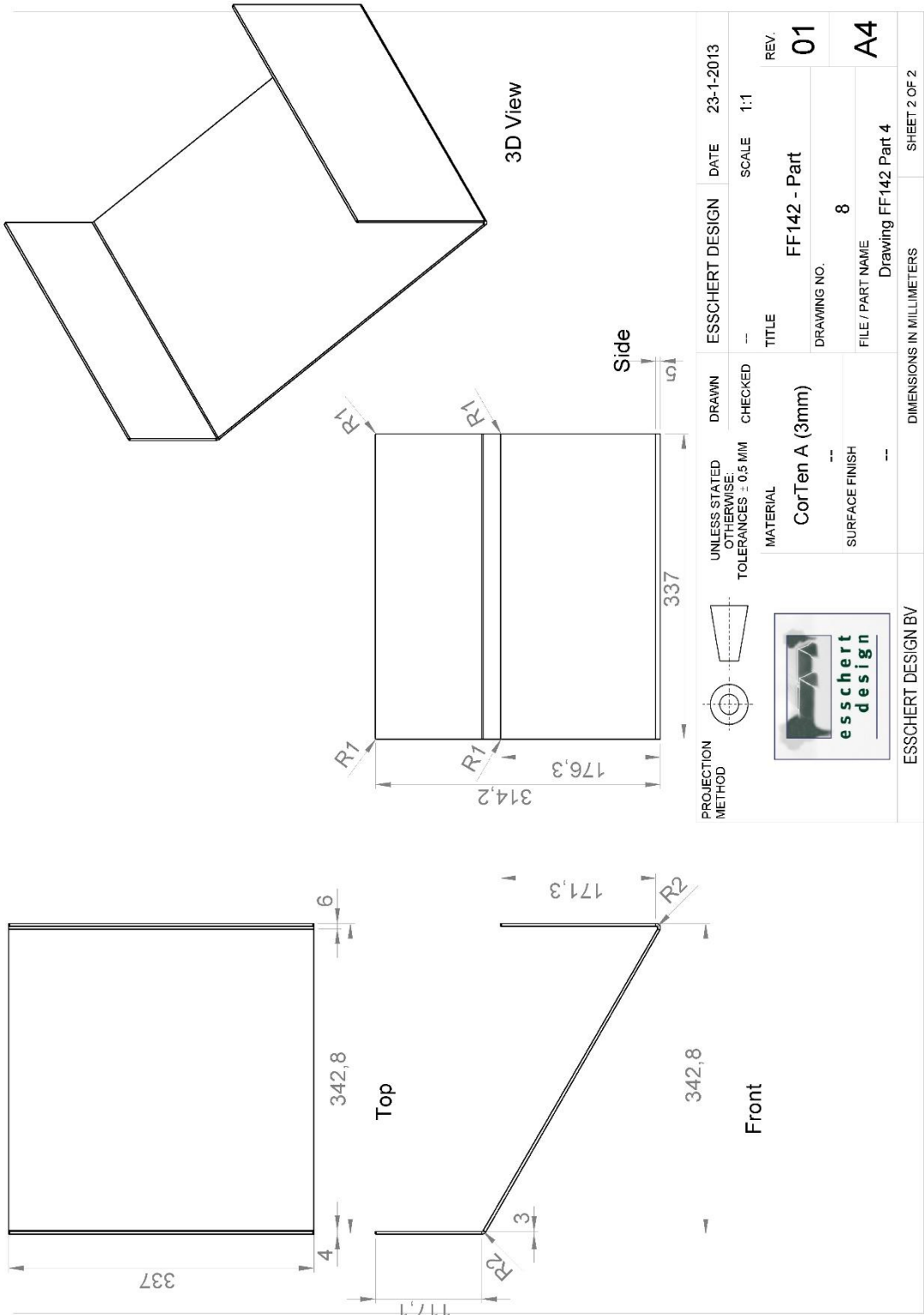


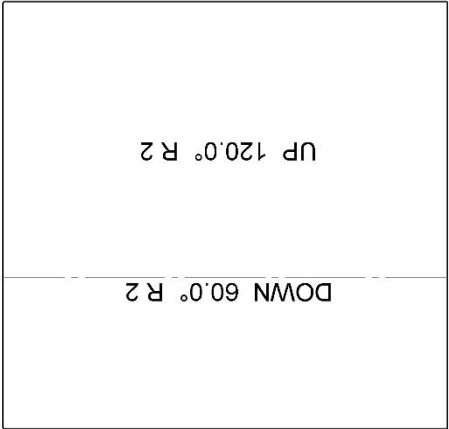
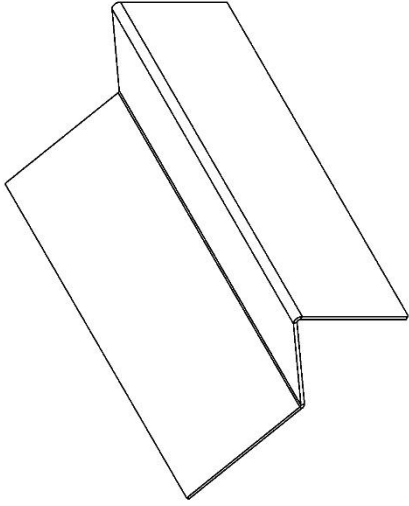
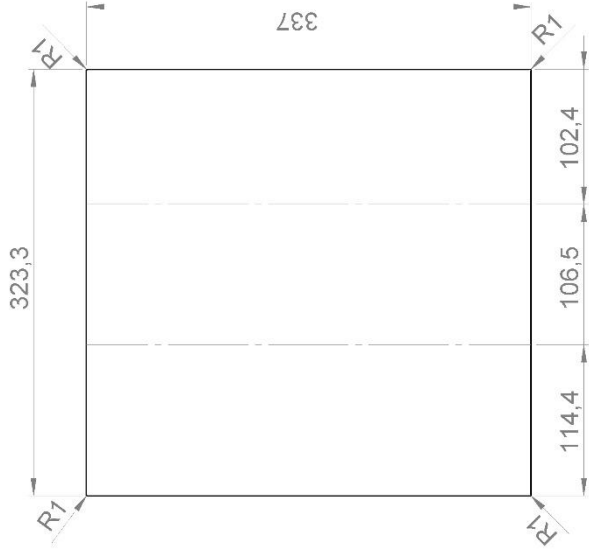


3D View

 PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN	DATE	23-1-2013		
				TITLE			SCALE	1:1
				MATERIAL			REV.	
				COR-TEN A (3mm)			01	
SURFACE FINISH				DRAWING NO.		7		
--				FILE / PART NAME		A4		
--				Drawing FF142 Part 4				
ESSCHERT DESIGN BV				DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 1 OF 2		

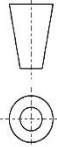
Sheet Metal Plate
(DXF-File)

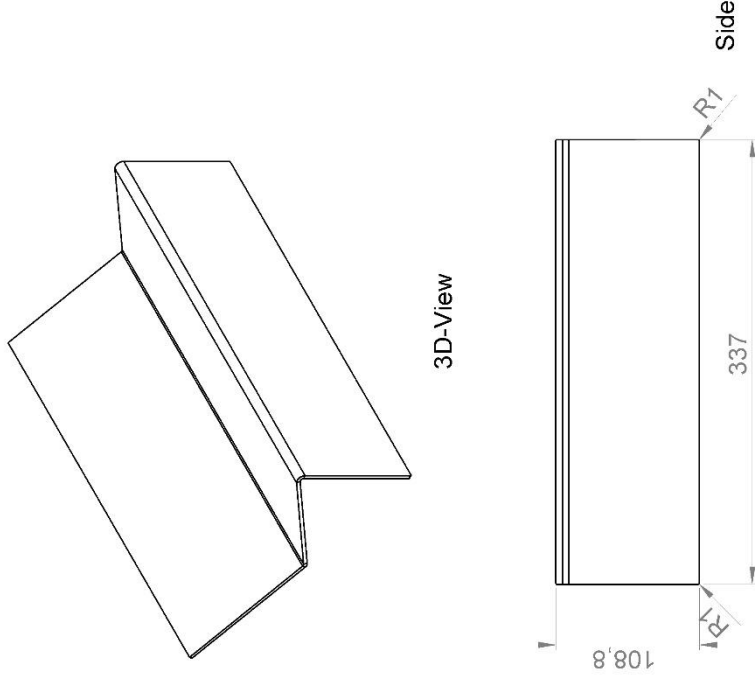
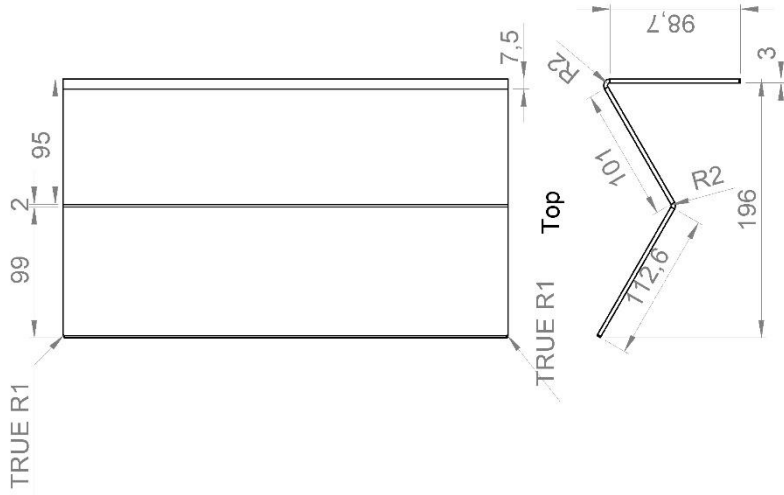




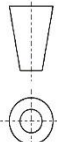
3D-View

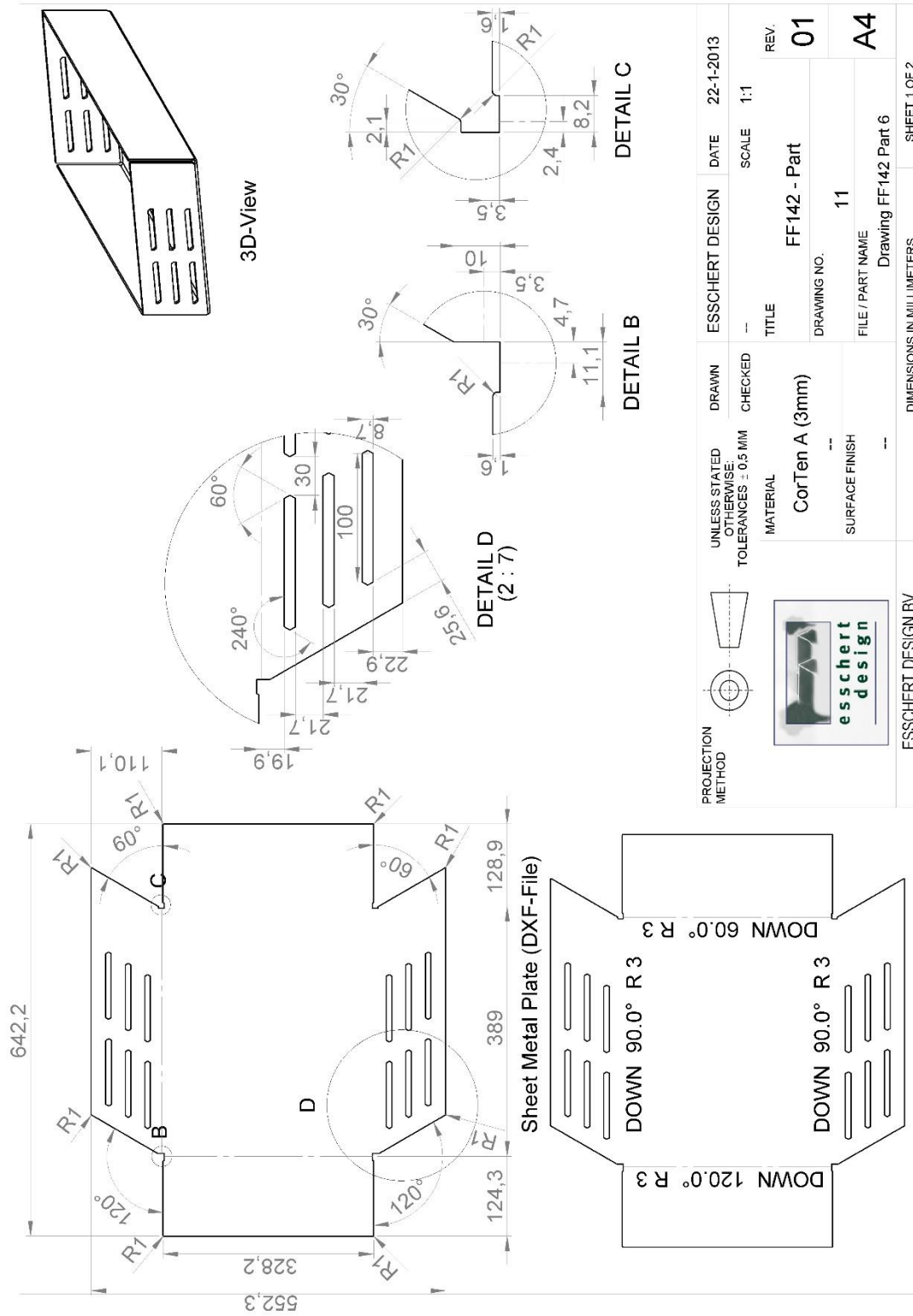
Sheet Metal Plate
(DXF-File)

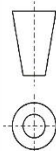
		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	23-1-2013	
			CHECKED	--	SCALE	1:1	
			MATERIAL		TITLE		REV.
			CorTen A (3mm)		FF142 - Part		01
SURFACE FINISH		--	DRAWING NO.		9		
--		FILE / PART NAME		Drawing FF142 Part 5			
A4							
ESSCHERT DESIGN BV			DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 2	

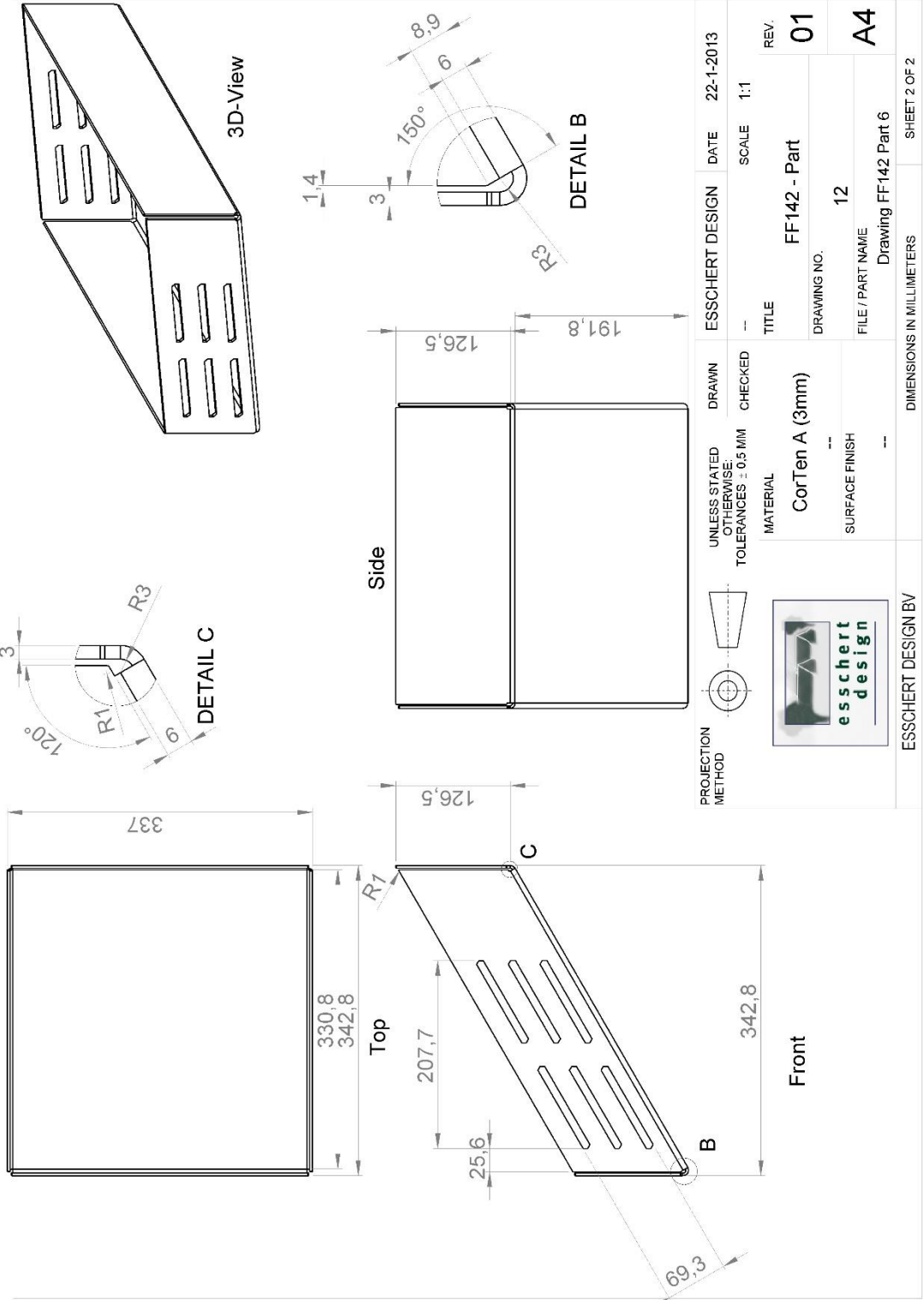


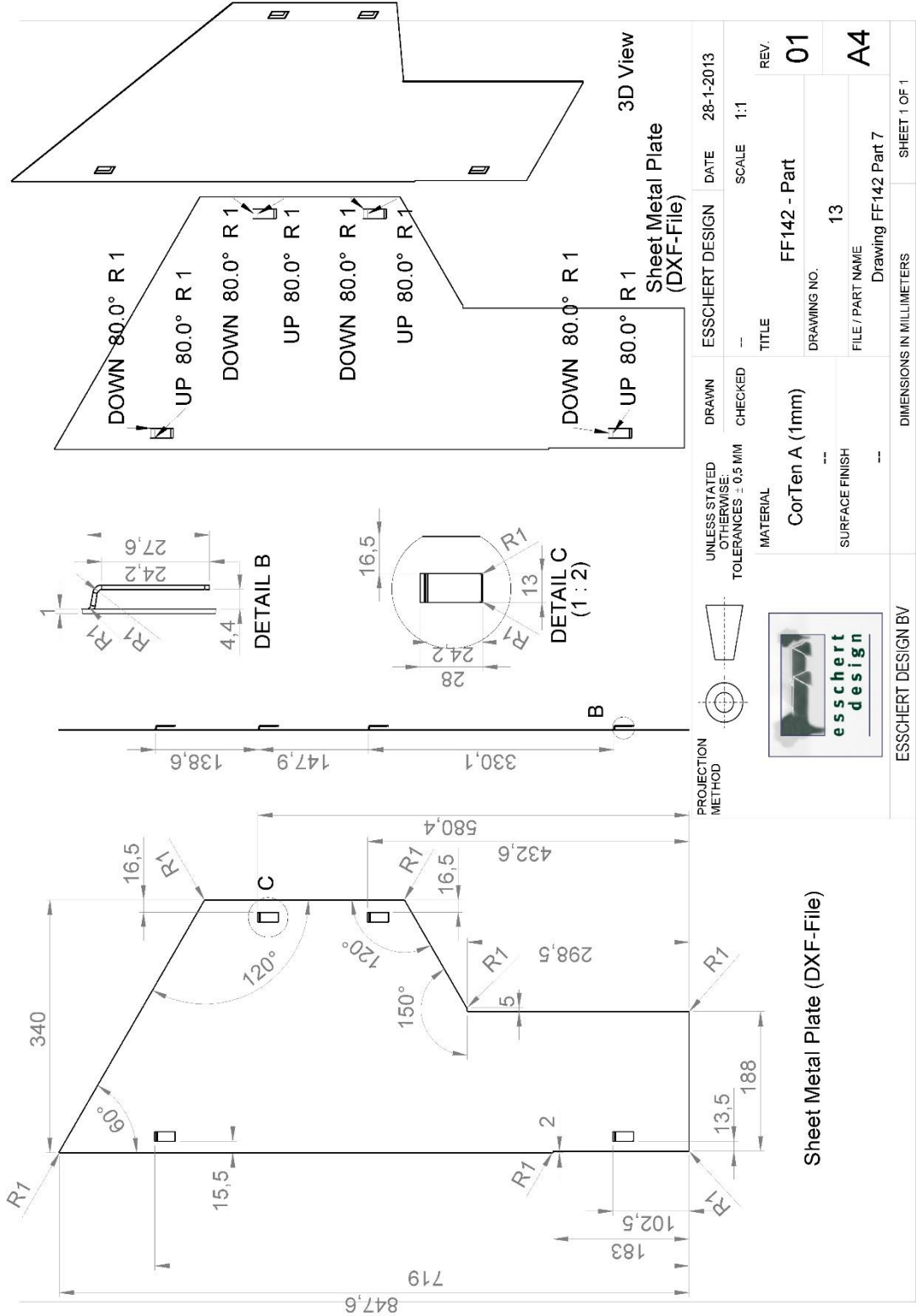
Front

PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	23-1-2013	
			CHECKED				
	MATERIAL		TITLE	FF142 - Part	SCALE	1:1	
	CorTen A (3mm)		DRAWING NO.				01
			FILE / PART NAME				A4
		SURFACE FINISH		Drawing FF142 Part 5			
ESSCHERT DESIGN BV				DIMENSIONS IN MILLIMETERS			
				SHEET 2 OF 2			

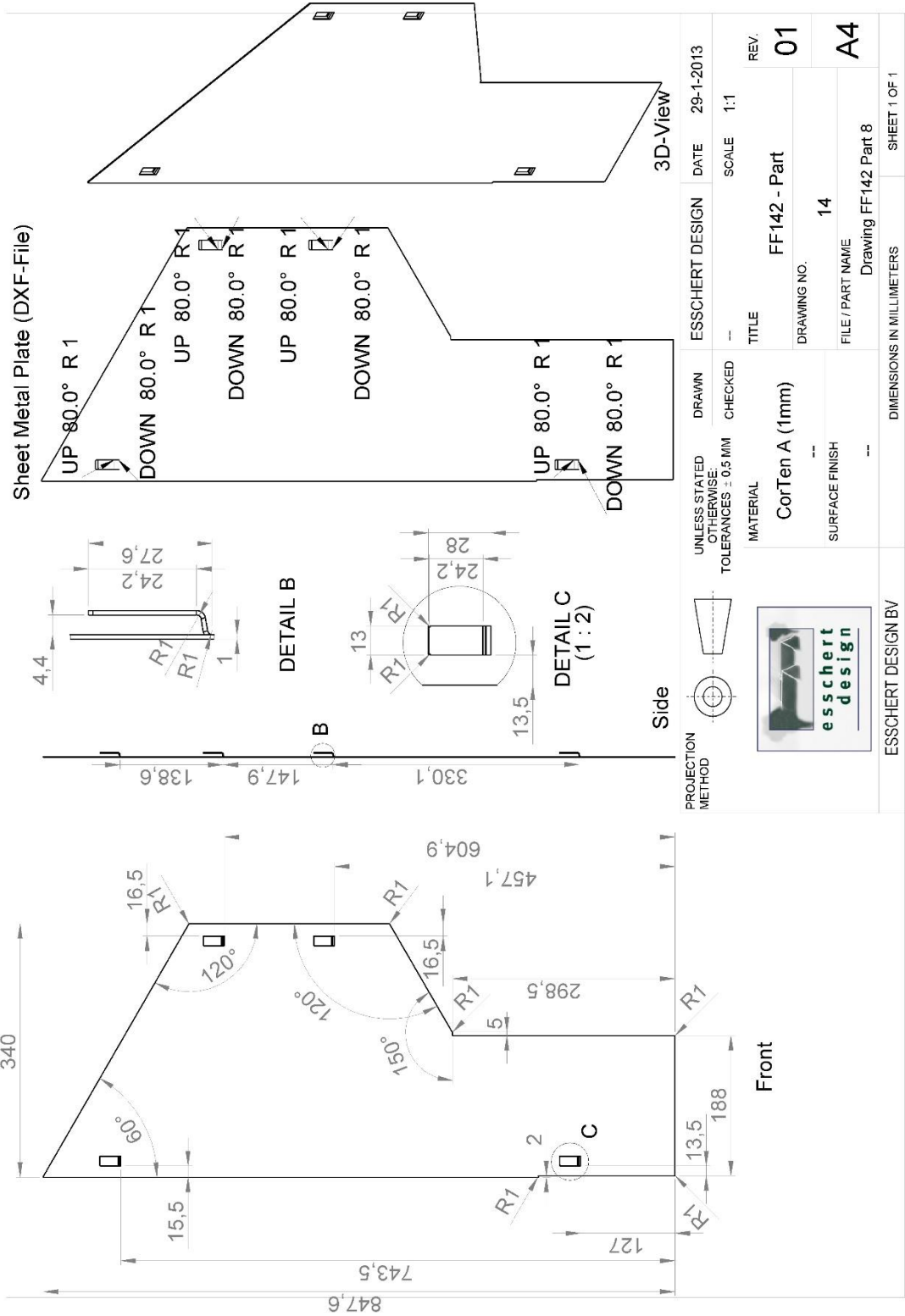


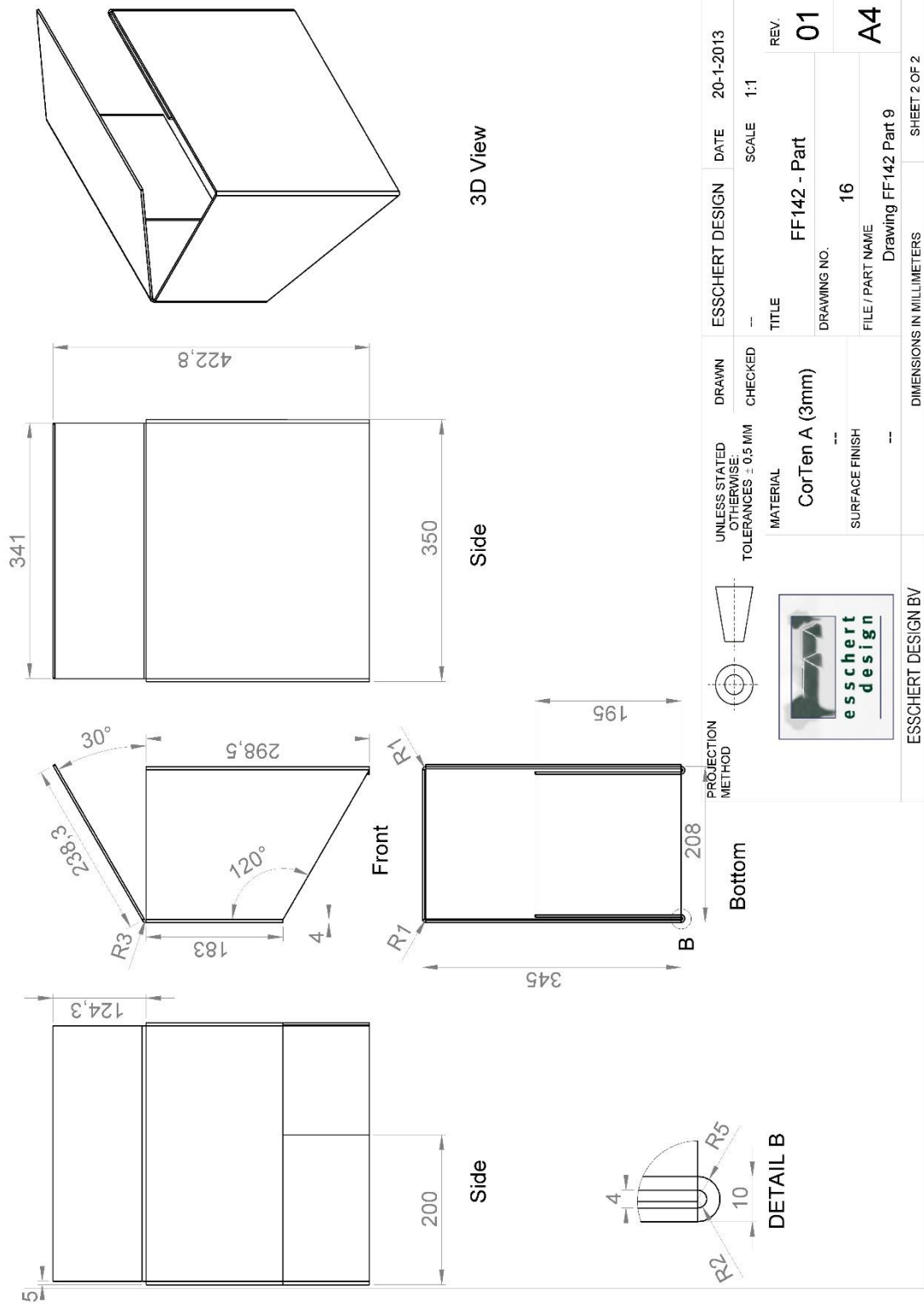
PROJECTION METHOD 	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM		DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	22-1-2013	
		MATERIAL	CorTen A (3mm)	TITLE	FF142 - Part		
		SURFACE FINISH		DRAWING NO.	01		
		--		FILE / PART NAME	11		
DIMENSIONS IN MILLIMETERS SHEET 1 OF 2		--		Drawing FF142 Part 6 A4			

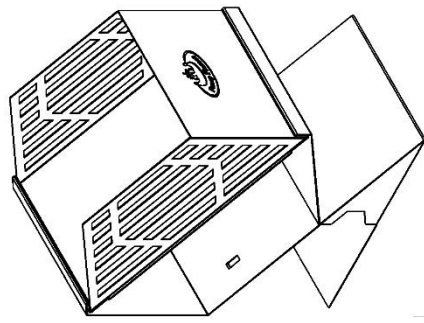




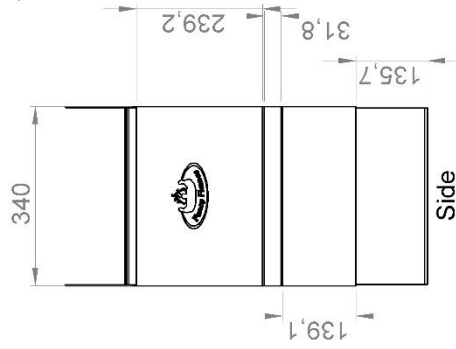
PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0,5 MM	DRAWN	DATE	28-1-2013
		CHECKED	SCALE	1:1
			TITLE	FF142 - Part
			DRAWING NO.	13
			FILE / PART NAME	Drawing FF142 Part 7
			REV.	01
				A4
				SHEET 1 OF 1



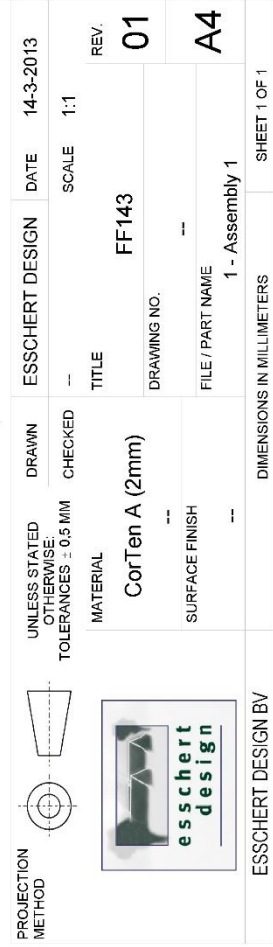


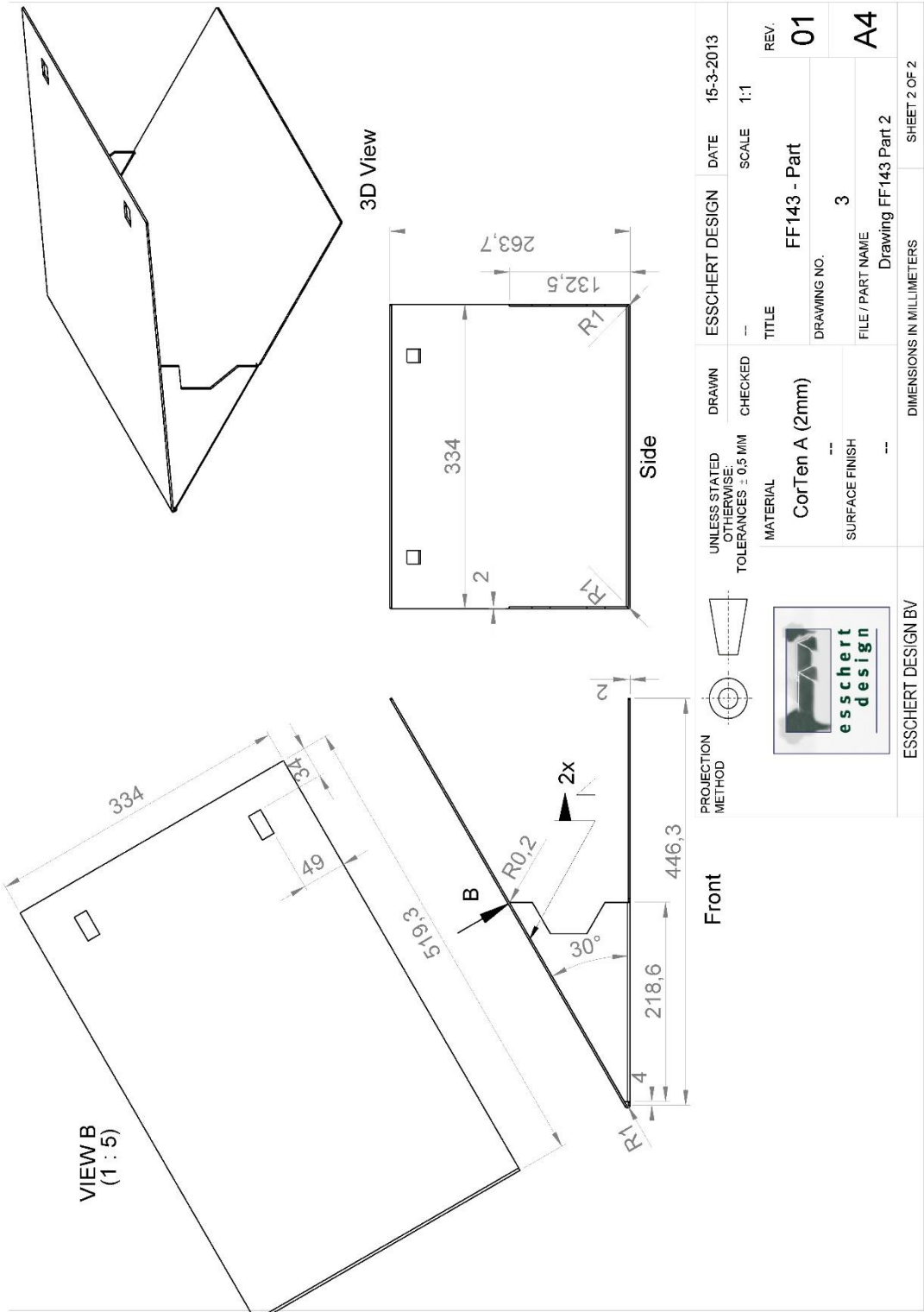


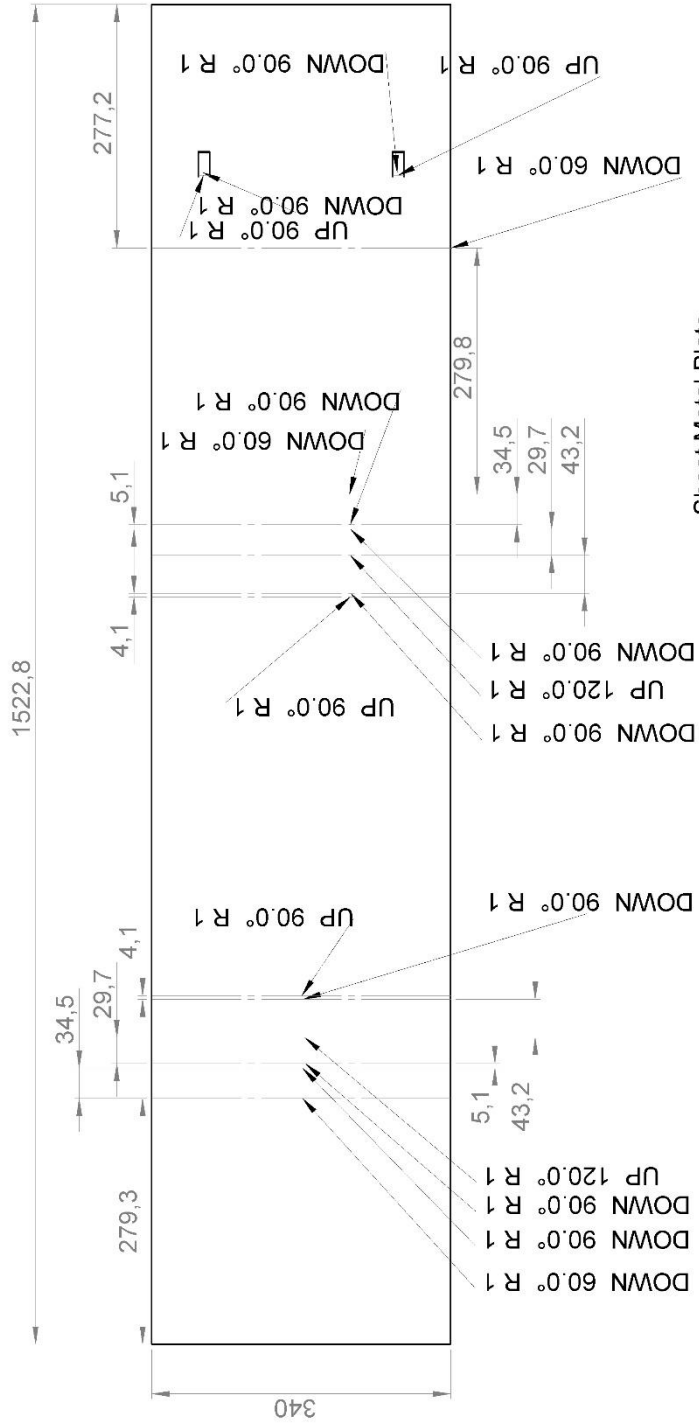
3D-View



Side

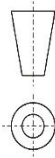


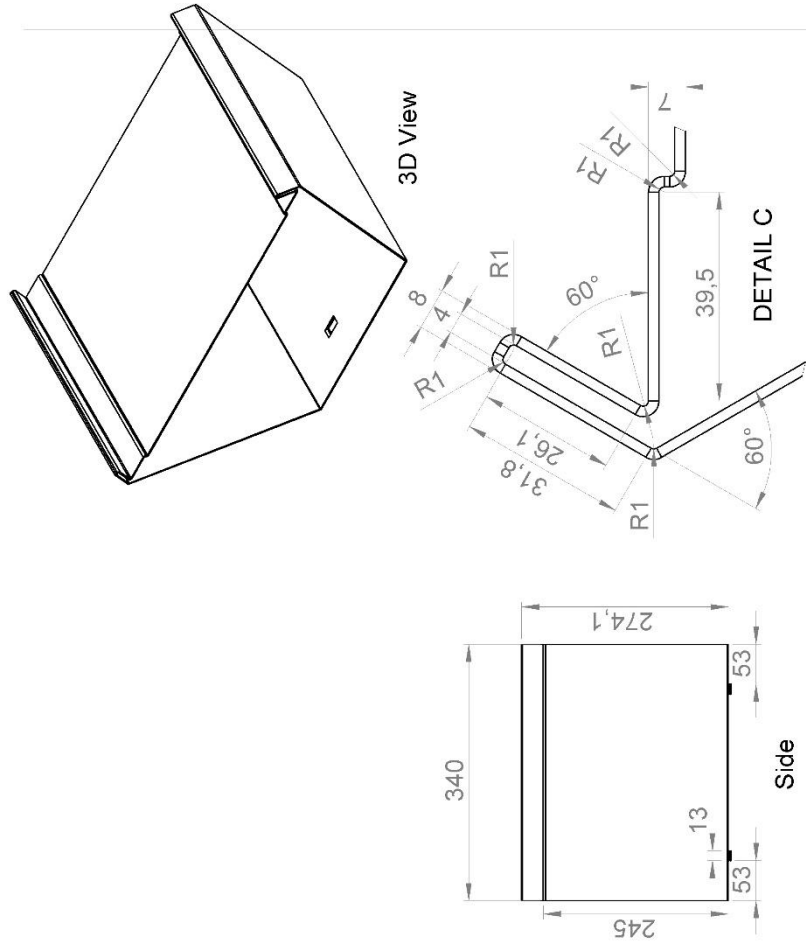
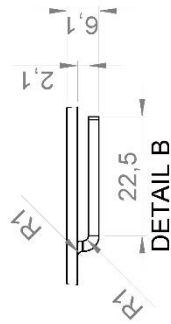
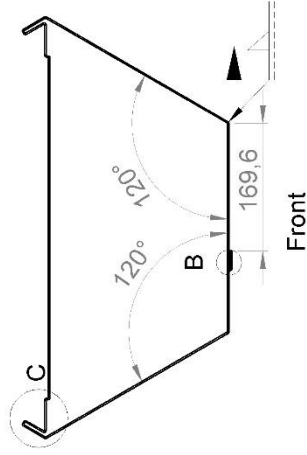


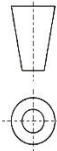


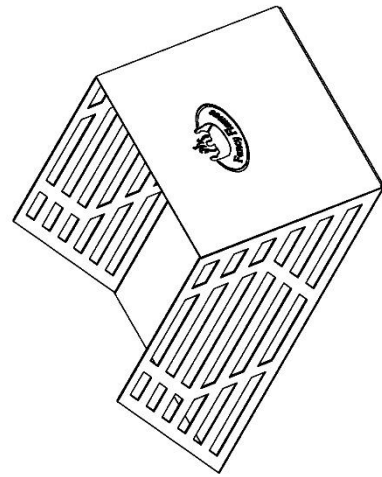
Sheet Metal Plate
(DXF-File)



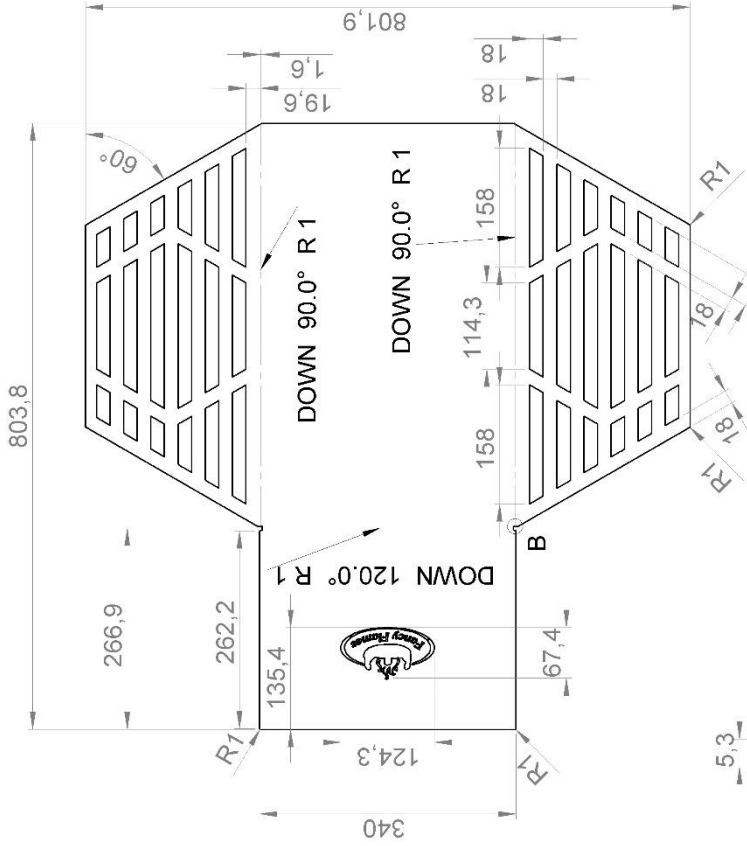
PROJECTION METHOD 		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	15-3-2013	
			CHECKED	--	SCALE	1:1	
		MATERIAL		TITLE	FF143 - Part		
		CorTen A (2mm)		DRAWING NO.	01		
		SURFACE FINISH		FILE / PART NAME	A4		
		--		Drawing FF143 Part 3			
ESSCHERT DESIGN BV			DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 2	



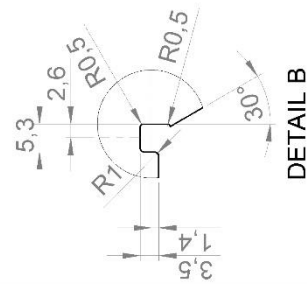
PROJECTION METHOD 	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN	DATE	15-3-2013
	MATERIAL	CorTen A (2mm)	TITLE	FF-143 - Part	REV: 01
	SURFACE FINISH	--	DRAWING NO.	5	A4
		--	FILE / PART NAME	Drawing FF-143 Part 3	
			DIMENSIONS IN MILLIMETERS		
ESSCHERT DESIGN BV			SHEET 2 OF 2		



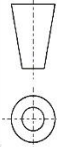
3D View

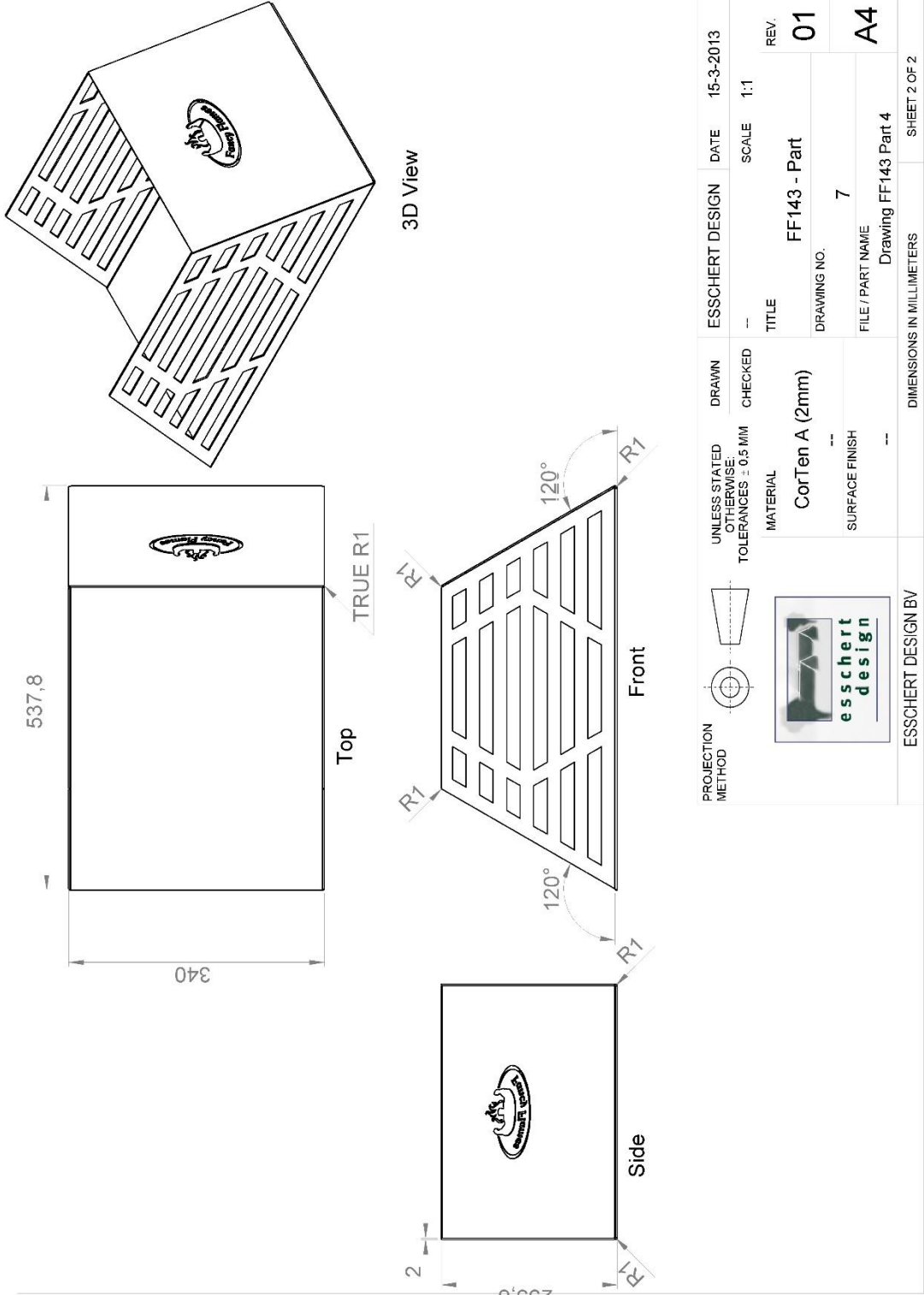


Sheet Metal Plate
(DXF-File)

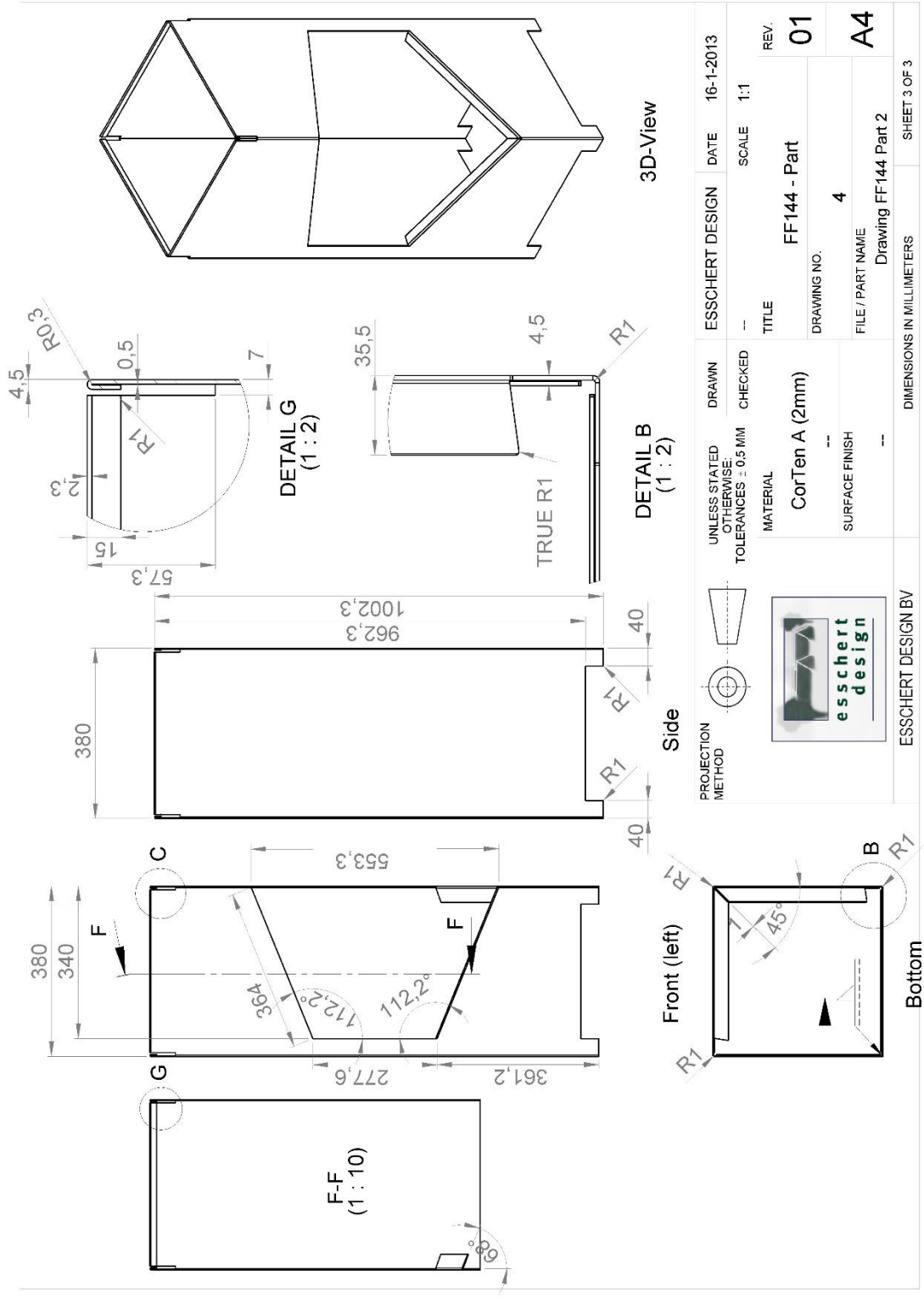


DETAIL B

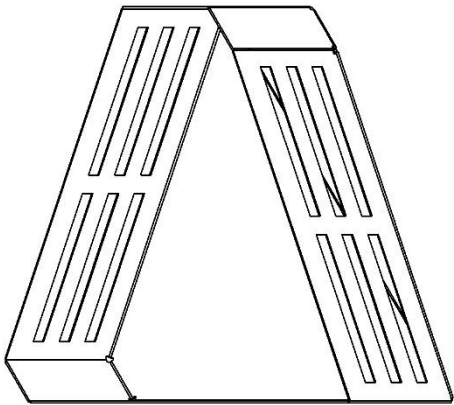
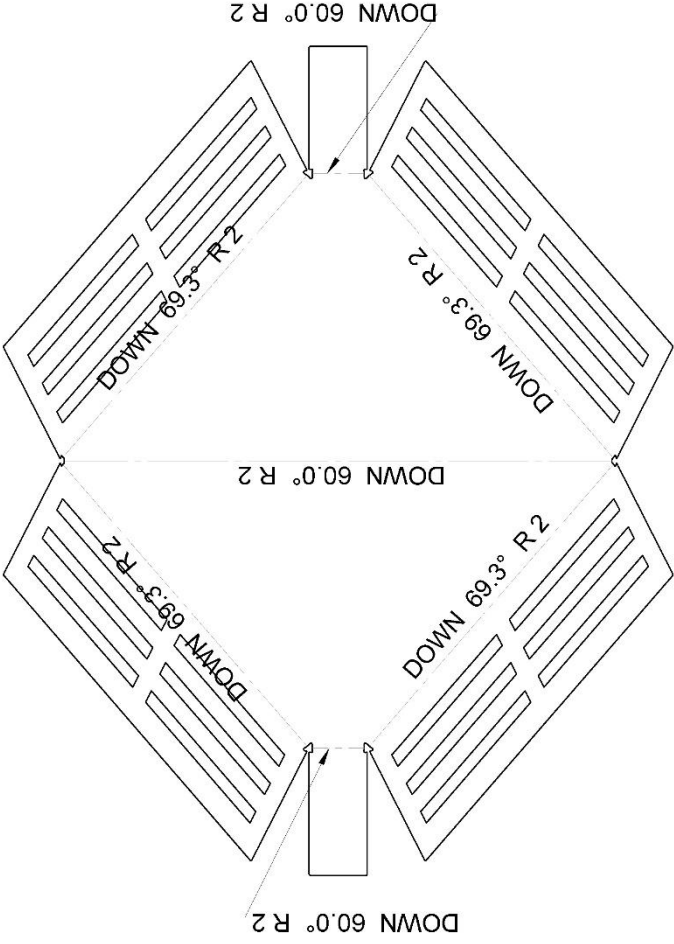
 PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	15-3-2013	
		MATERIAL CorTen A (2mm)	CHECKED	TITLE FF143 - Part	SCALE 1:1	REV. 01	
			SURFACE FINISH --	DRAWING NO. 6	A4		
				FILE / PART NAME Drawing FF143 Part 4			
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS			
				SHEET 1 OF 2			



	PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN	DATE 15-3-2013	SCALE 1:1	REV. 01
ESSCHERT DESIGN BV				TITLE FF143 - Part		DRAWING NO. 7		A4
SURFACE FINISH --		FILE / PART NAME Drawing FF143 Part 4						
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS		SHEET 2 OF 2		



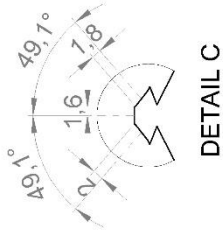
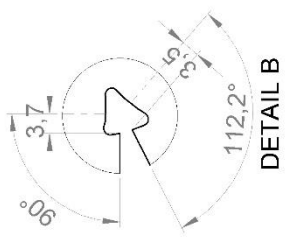
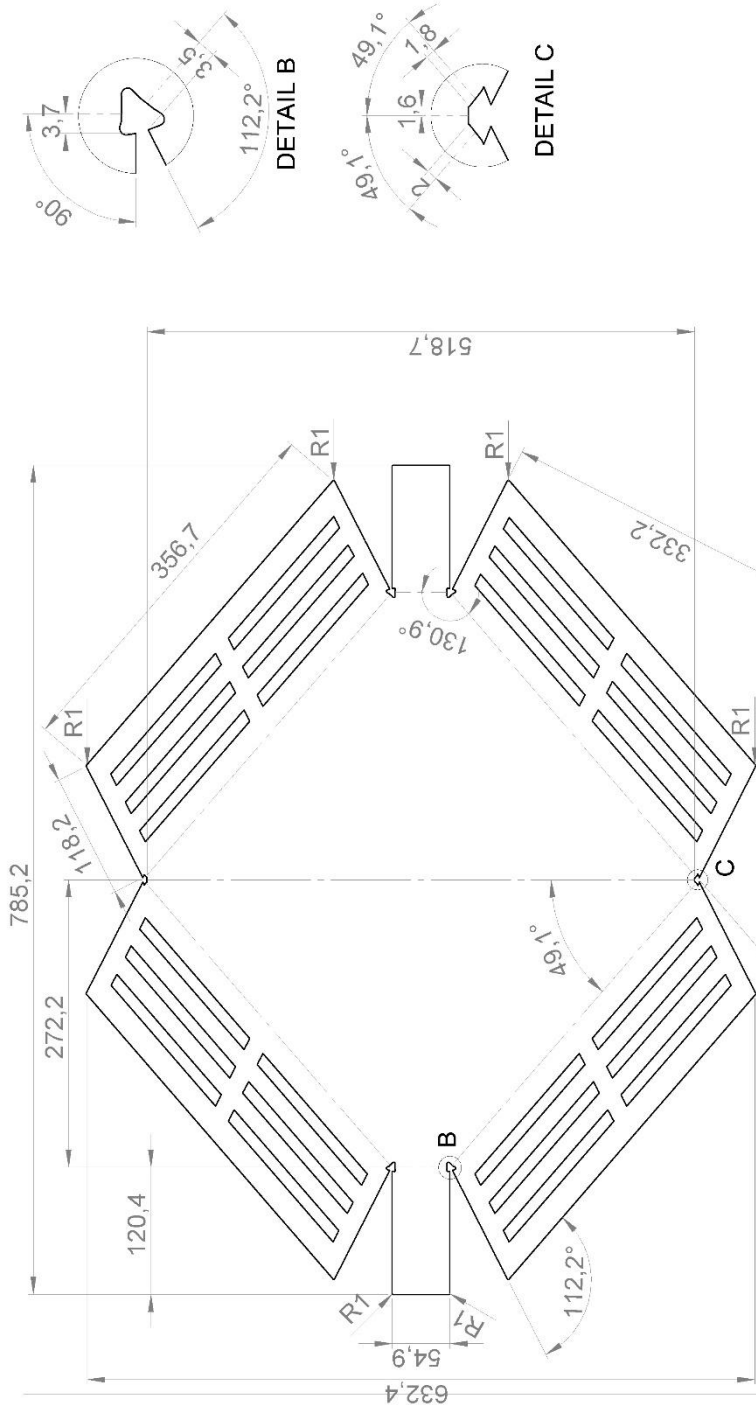
PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM MATERIAL CorTen A (2mm) SURFACE FINISH --	ESSCHERT DESIGN	ESSCHERT DESIGN DATE 16-1-2013	SCALE 1:1	REV. 01	TITLE FF144 - Part	
						DRAWING NO. 4	
						FILE / PART NAME Drawing FF144 Part 2	
						SHEET 3 OF 3	



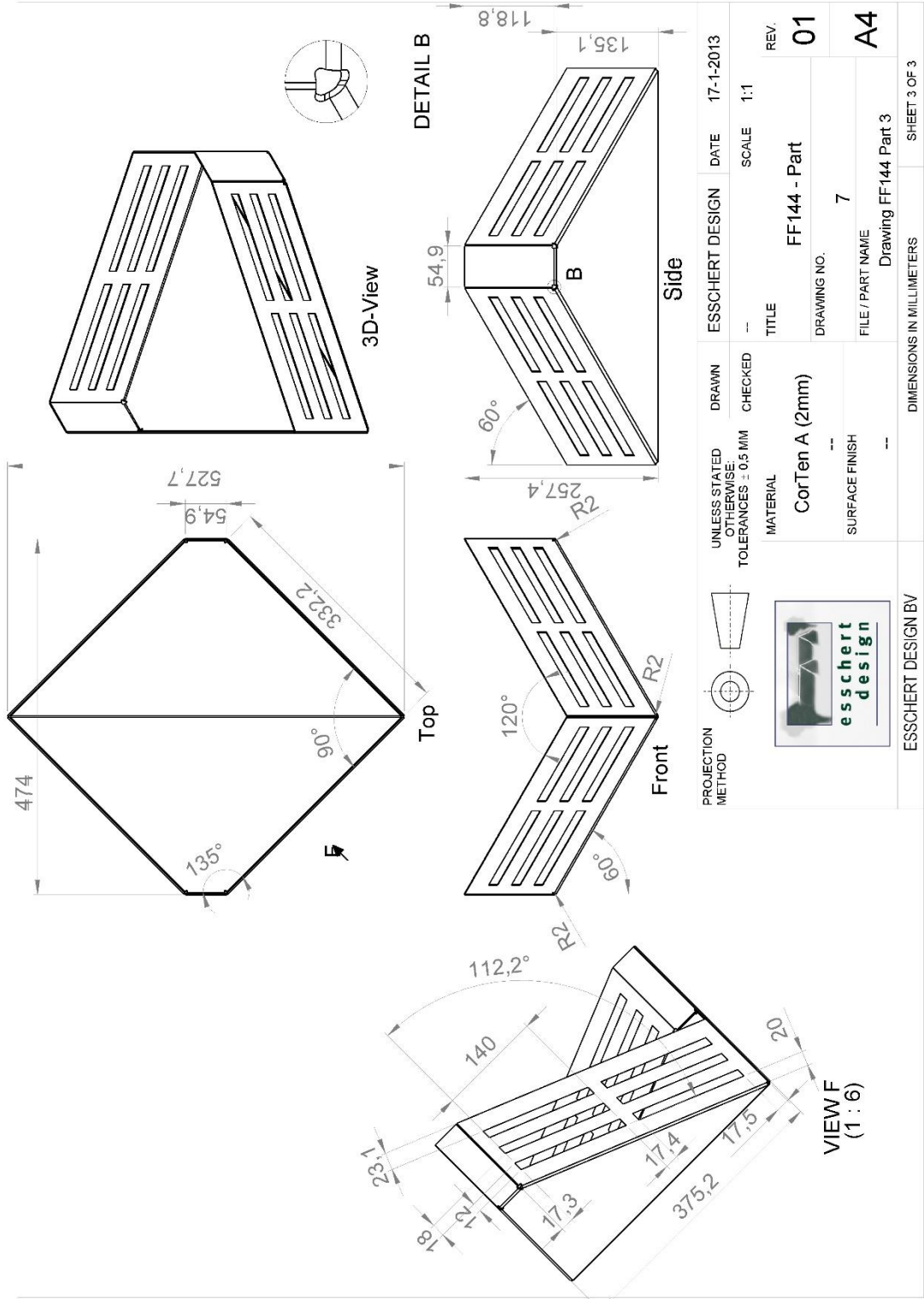
3D- View

Sheet Metal (DXF-File) - bends

PROJECTION METHOD	UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN CHECKED	ESSCHERT DESIGN		DATE	17-1-2013	
			TITLE		SCALE	1:1	
			DRAWING NO.		REV.		
			FILE / PART NAME		01		
 esschert design		MATERIAL		CorTen A (2mm)		FF144 - Part	
		SURFACE FINISH		--		5	
		--		Drawing FF144 Part 3		A4	
ESSCHERT DESIGN BV			DIMENSIONS IN MILLIMETERS			SHEET 1 OF 3	



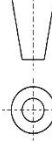
	 PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM		DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	17-1-2013			
					CHECKED		SCALE	1:1			
			MATERIAL		CorTen A (2mm)		TITLE		FF144 - Part	REV.	01
			SURFACE FINISH		--		DRAWING NO.		6		A4
			--		Drawing FF144 Part 3						
ESSCHERT DESIGN BV			DIMENSIONS IN MILLIMETERS				SHEET 2 OF 3				

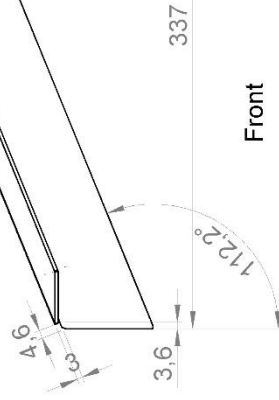
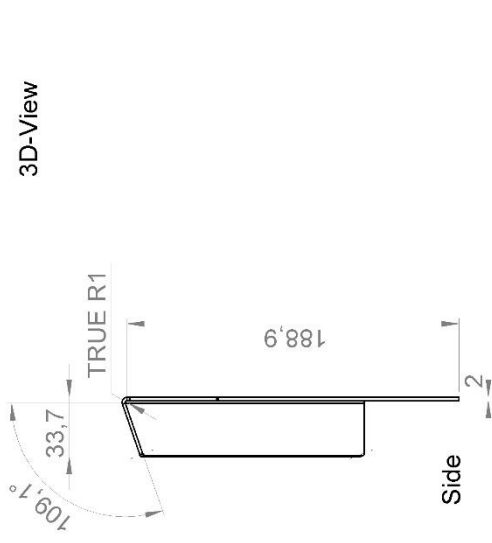
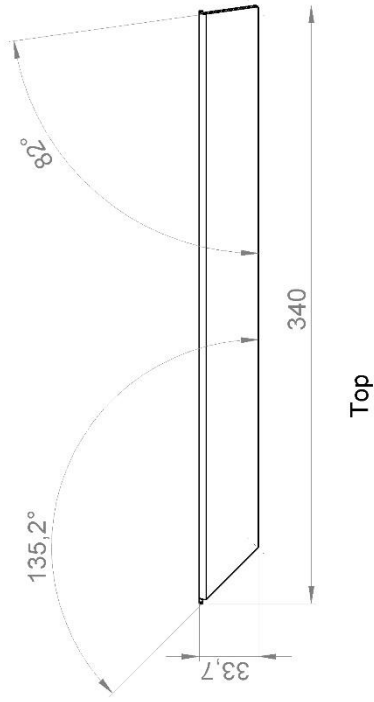


Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support. The drawing shows two views: a front view (top) and a side view (bottom). The front view is a rectangle with a width of 330.1 and a height of 110.5. The side view shows a profile with a radius R1 and a height of 110.5. The part is labeled "UP 110.5 R 1" and "330.1".

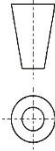
PROJECTION METHOD

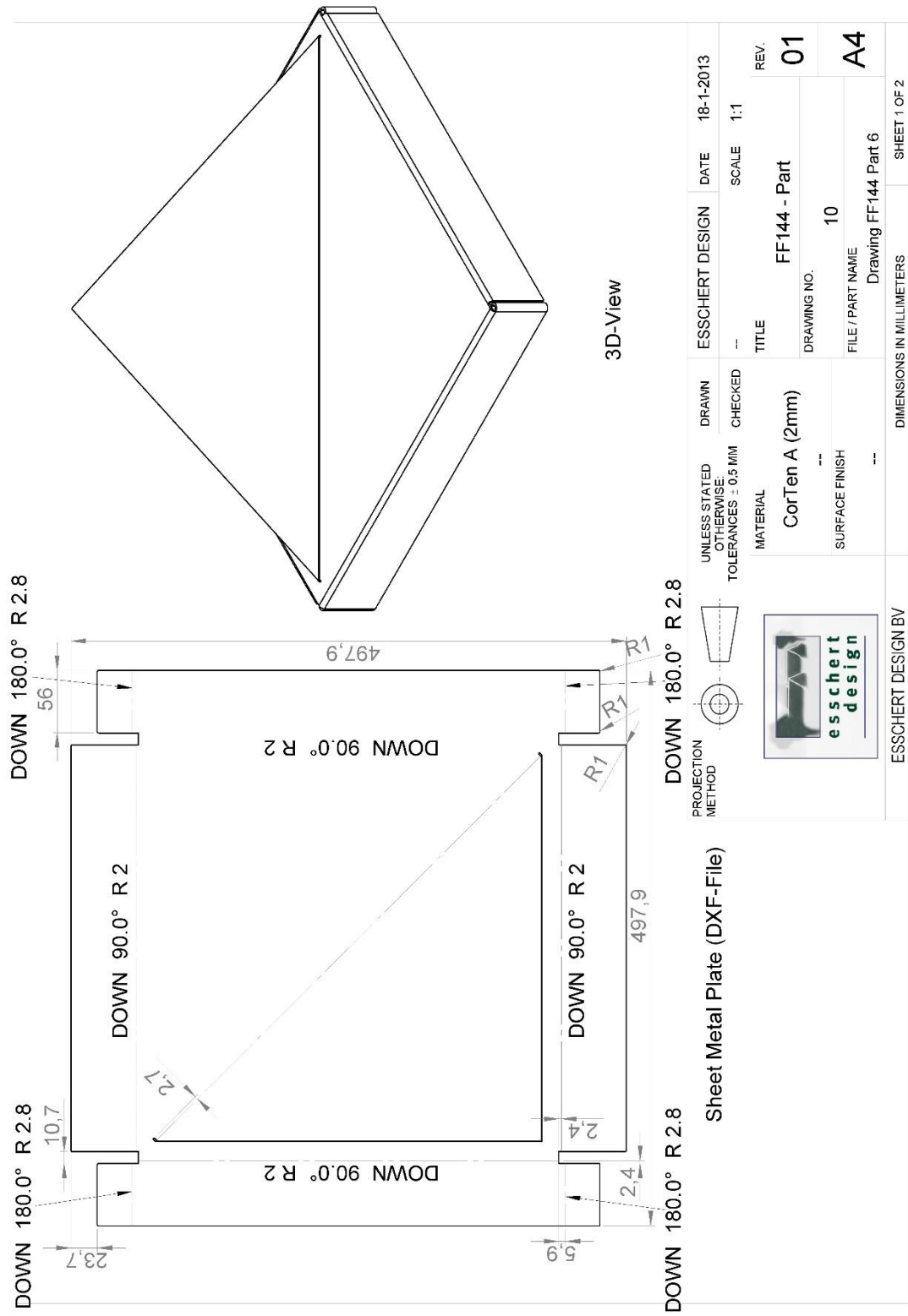


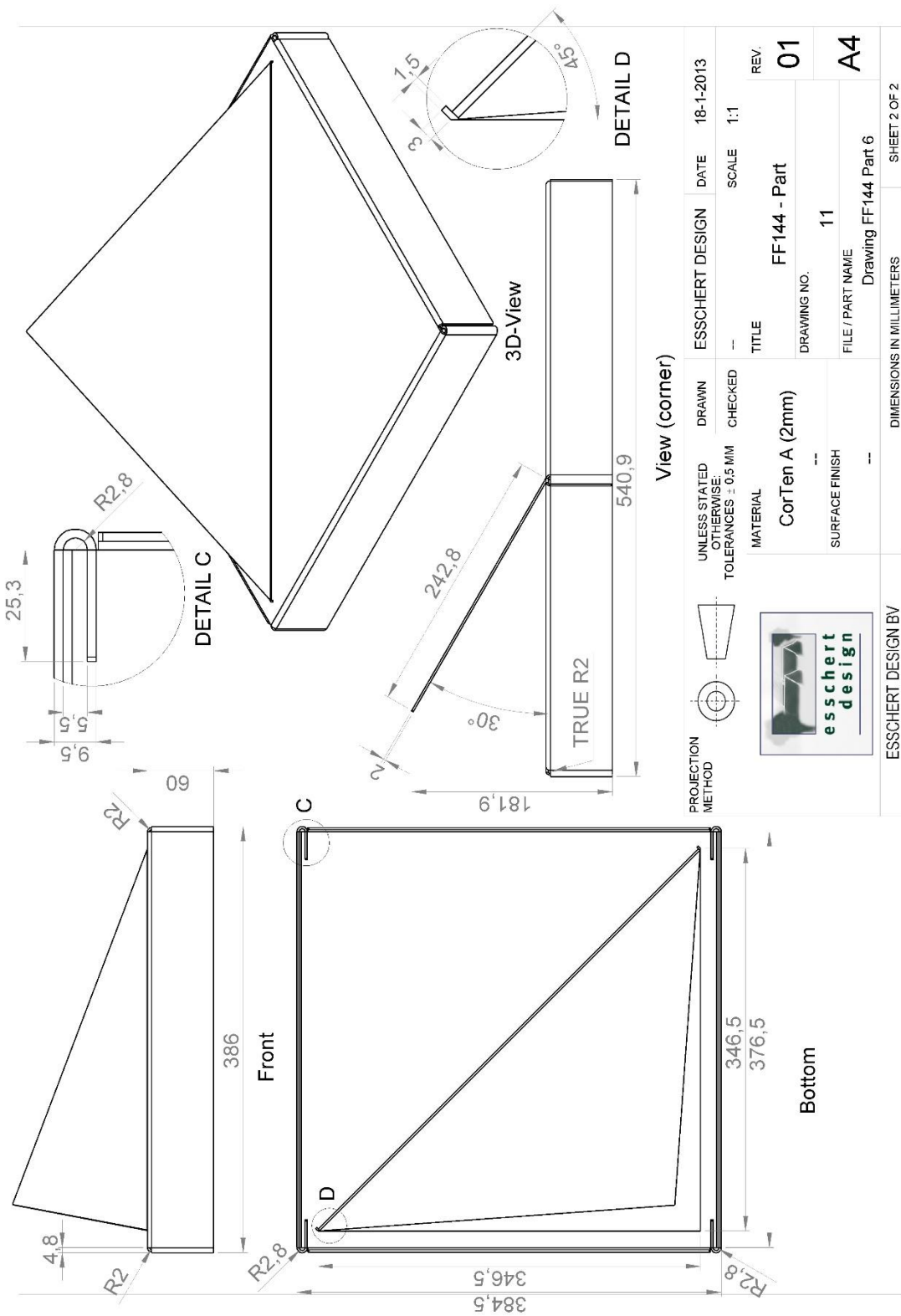
 PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-1-2013	
		MATERIAL	CHECKED	—	SCALE	1:1	REV.
			CorTen A (2mm) SURFACE FINISH	TITLE FF144 - Part DRAWING NO.	01		
DIMENSIONS IN MILLIMETERS		FILE / PART NAME Drawing FF144 Part 4	A4	SHEET 1 OF 2			



Part 5 is like this part (Part 4),
But bended in opposite direction!

PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	ESSCHERT DESIGN	DATE	18-1-2013	
			CHECKED	--	SCALE	1:1	
		MATERIAL		TITLE			
	CorTen A (2mm)		DRAWING NO.		REV. 01		
	SURFACE FINISH		9				
	--		FILE / PART NAME		A4		
ESSCHERT DESIGN BV		Drawing FF144 Part 4					
		DIMENSIONS IN MILLIMETERS				SHEET 2 OF 2	





Bijlage VII

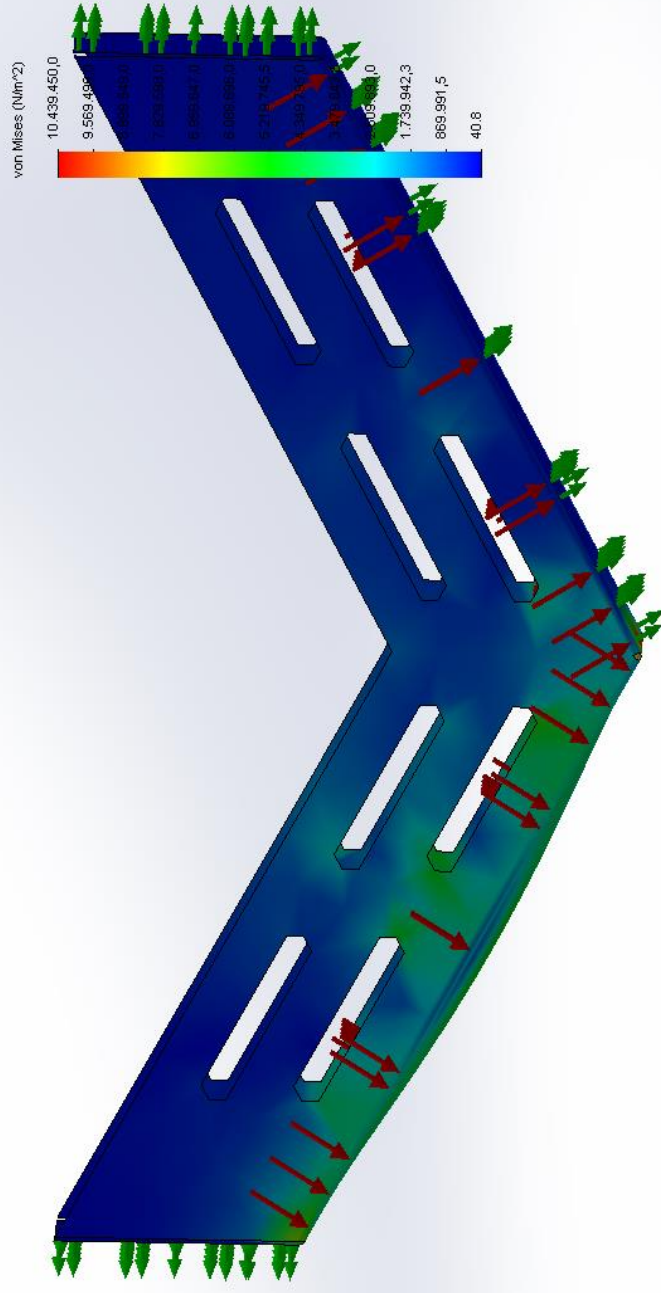
“Analyses”

Model name: Bovenbak type 4
 Study name: Study 1
 Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
 Deformation scale: 60.1616

Top Plane
 Right Plane
 Origin
 Sheet-Metal2
 Base-Flange1
 Edge-Flange1
 Closed Corner2
 Cut-Extrude1
 Cut-Extrude2
 Flat-Pattern2

Study 1 (-Default-)
 Bovenbak type 4 (-[SW]Cast S
 Connections
 Fixtures
 Roller/Slider-1
 External Loads
 Pressure-1 (1920 N/m^2)
 Mesh

Results
 Stress1 (-vonMises-)
 Displacement1 (-Res disp-)
 Strain1 (-Equivalent-)



Educational Version. For Instructional Use Only

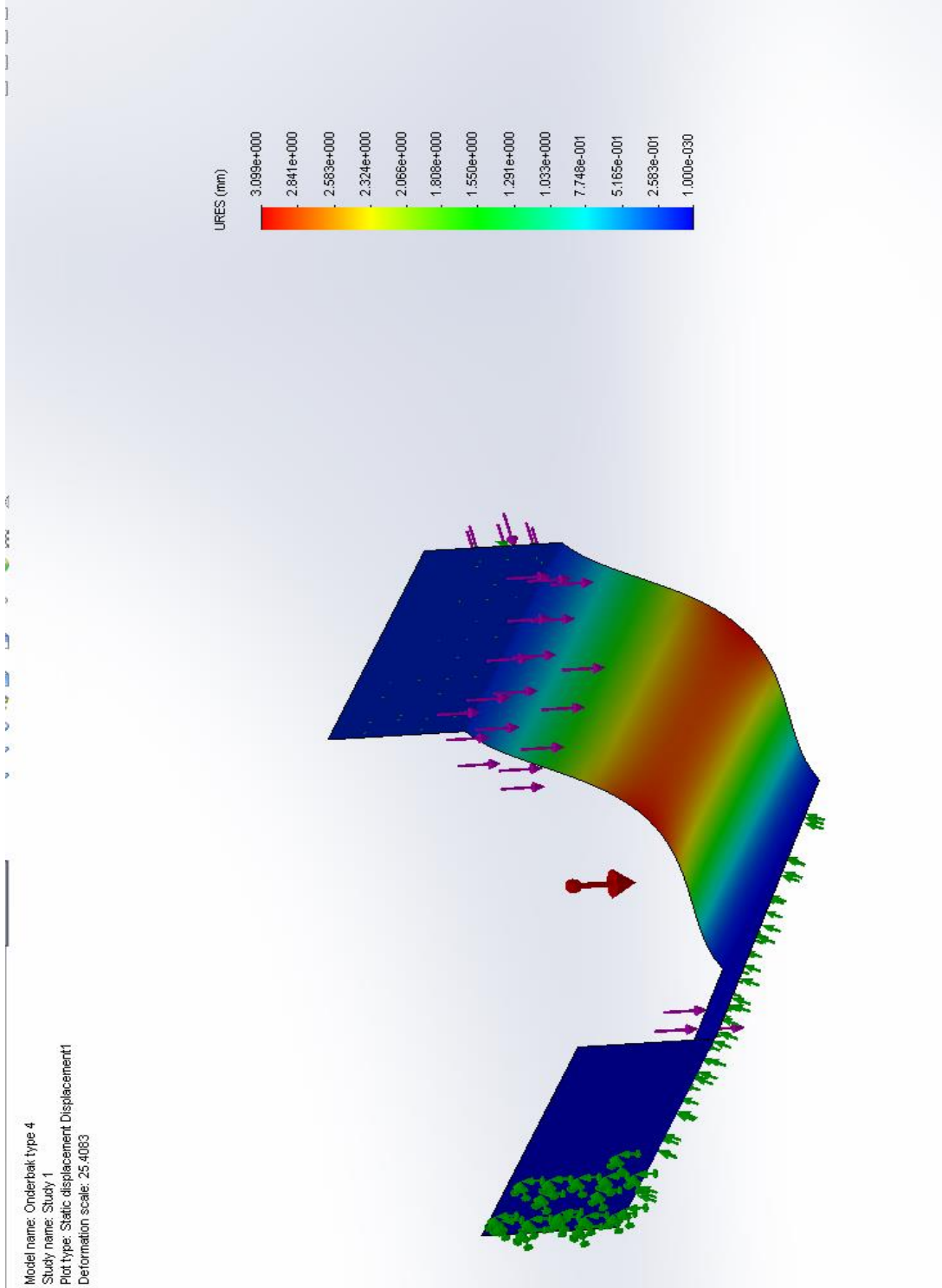
Model Motion Study 1 Study 1

enbak type 4

Model name: Orderbak type 4
 Study name: Study 1
 Plot type: Static displacement/Displacement1
 Deformation scale: 25.4083

Cut list(1)
 Equations
 Cast Stainless Steel
 Front Plane
 Top Plane
 Right Plane
 Origin
 Sheet-Metal1
 Base-Flange1
 Flat-Pattern1

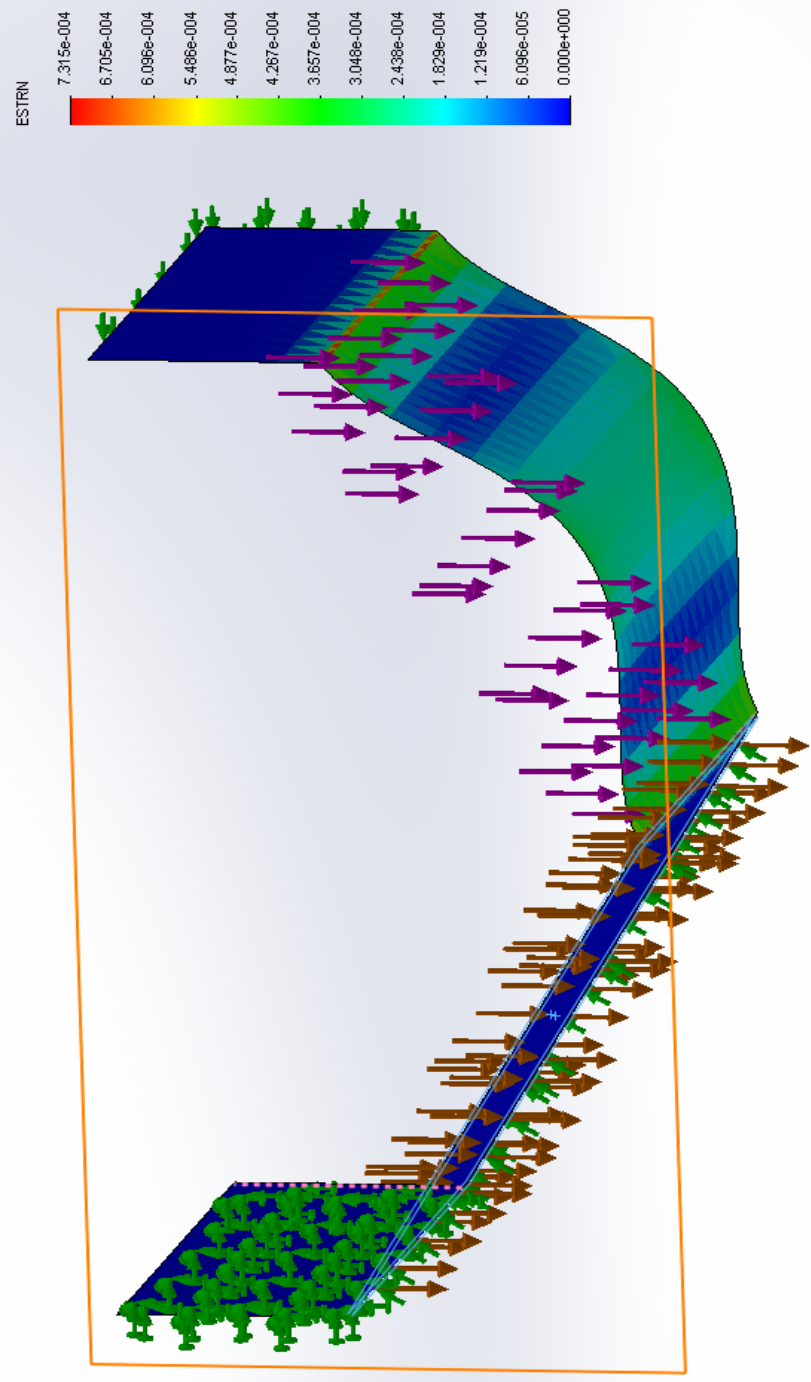
Study 1 (-Default-)
 Orderbak type 4 (-AISI 304-)
 Connections
 Fixtures
 Fixed-1
 Roller/Slider-2
 External Loads
 Force-1 (Per item: -3000 N)
 Force-2 (Per item: 1500 N)
 Gravity-1 (-9.81 m/s^2)
 Force-3 (Per item: 200 N)
 Mesh
 Results
 Stress1 (-vonMises-)
 Displacement1 (Res dls)
 Strain1 (-Equivalent-)

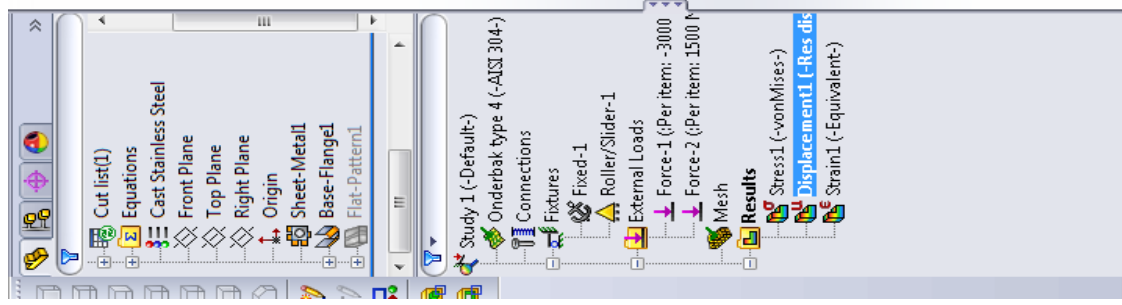


Model name: Onderbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static strain (Top) Strain1
Deformation scale: 27.5517

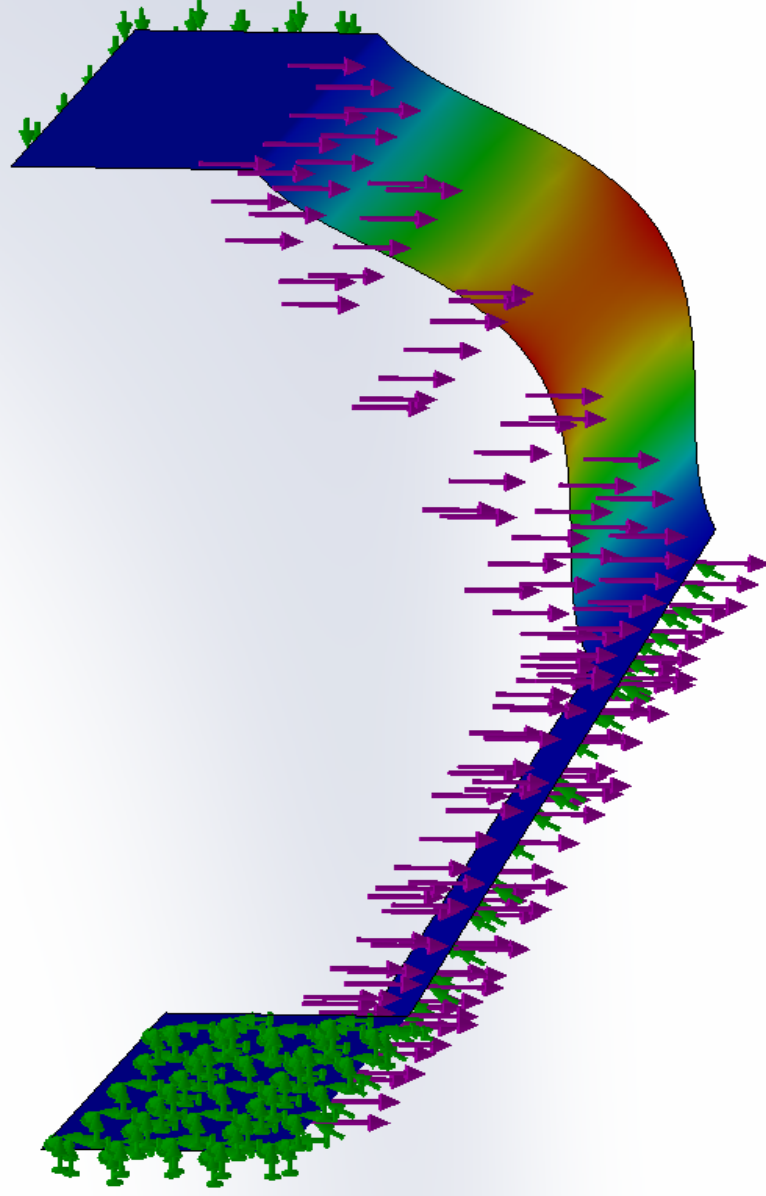
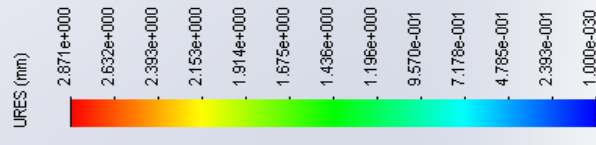
Cut list(1)
Equations
Cast Stainless Steel
Front Plane
Top Plane
Right Plane
Origin
Sheet-Metal1
Base-Flange1
Flat-Pattern1

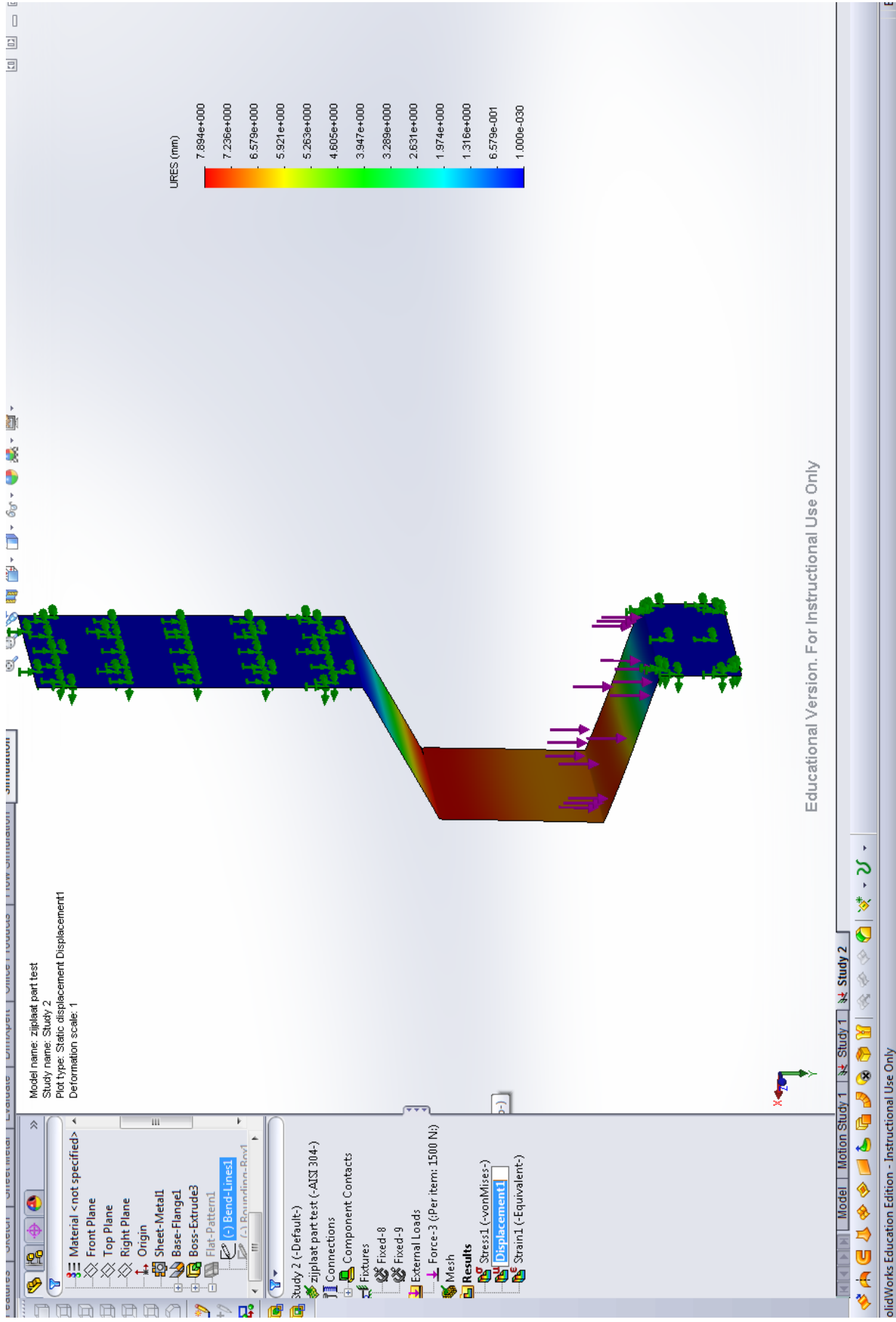
Study 1 (- Default -)
Onderbak type 4 (- AISI 304 -)
Connections
Fixtures
Fixed-1
Roller/Slider-1
External Loads
Force-1 (Per item: -3000)
Force-2 (Per item: 1500 N)
Mesh
Results
Stress1 (-vonMises-)
Displacement1 (-Res disp
Strain1 (-Equivalent-)





Model name: Onderbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 27.5517





Material <not specified>

Front Plane

Top Plane

Right Plane

Origin

Sheet-Metal1

Base-Flange1

Base-Extrude3

Flat-Pattern1

(-) Bend-Lines1

Rebound-Rev1

Study 2 (-Default-)

zijplaat part test (-AISI 304-)

Connections

Component Contacts

Fixtures

Fixed-8

Fixed-9

External Loads

Force-3 (Per item: 1500)

Mesh

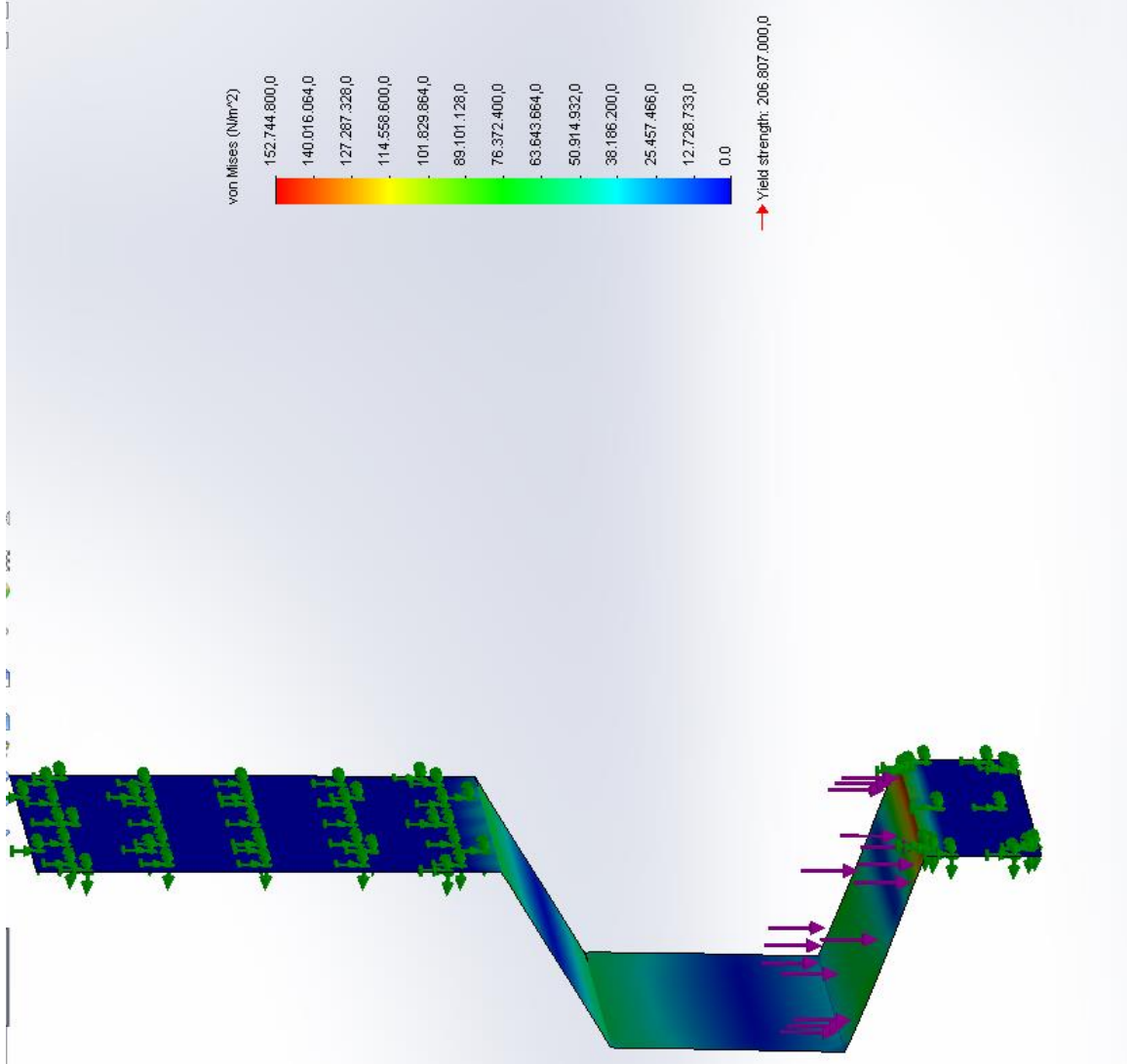
Results

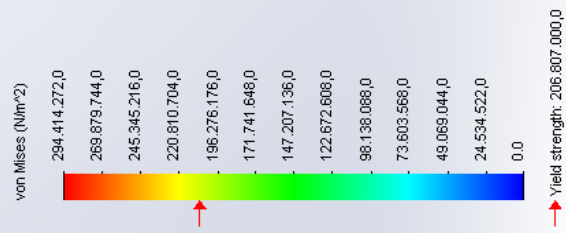
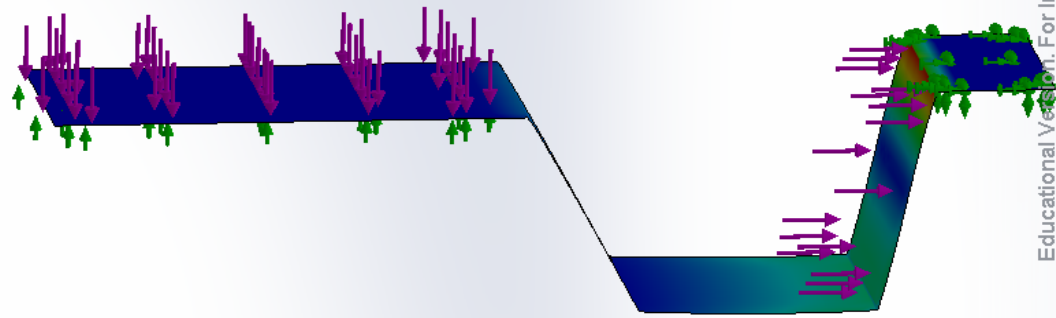
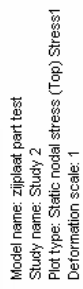
Stress1 (-vonMises-)

Displacement1 (-Res disp)

Strain1 (-Equivalent-)

Model name: zijplaat part test
Study name: Study 2
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 1



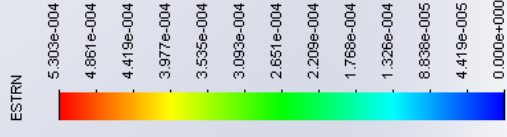
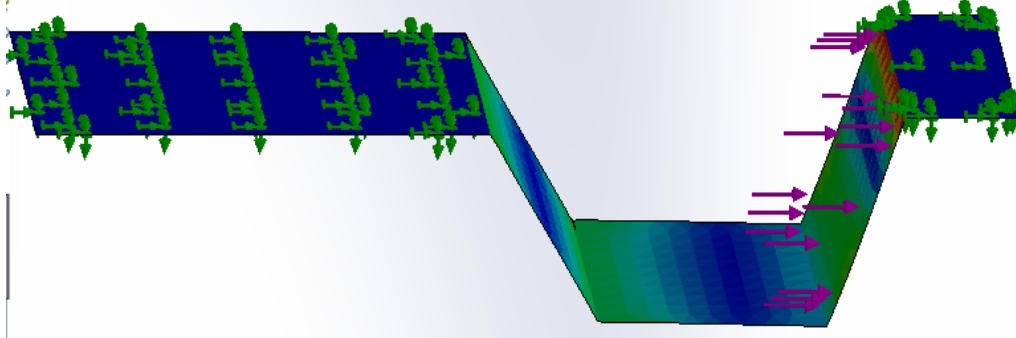


Educational Version. For Instructional Use Only

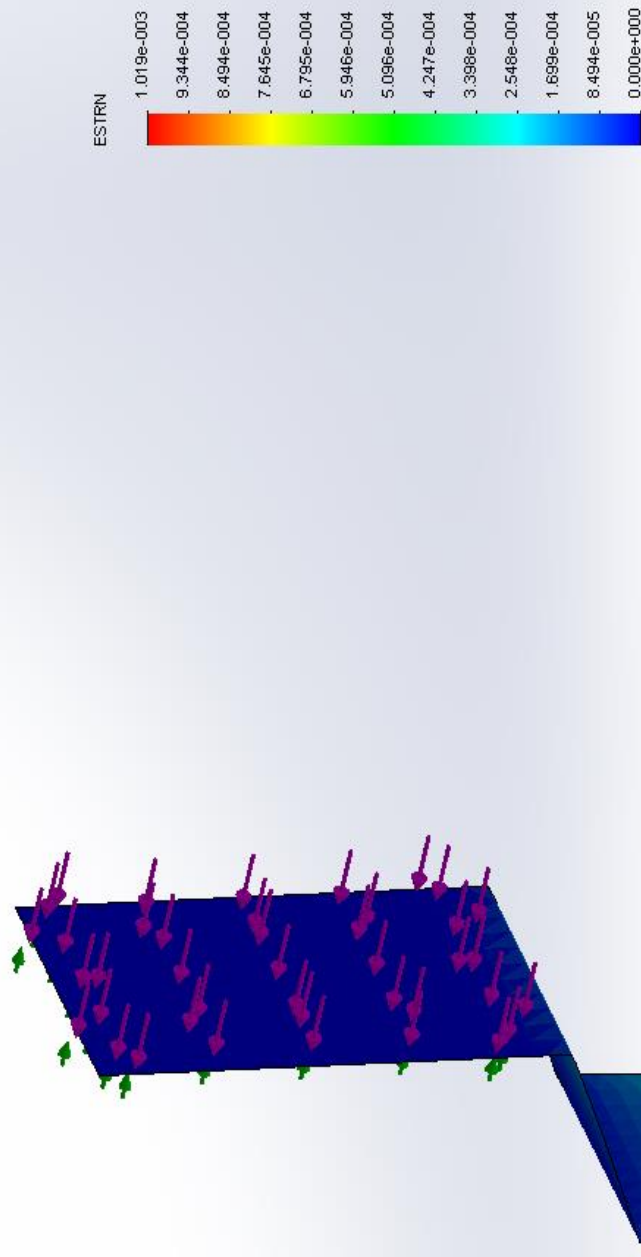
Model name: zipplaat part test
 Study name: Study 2
 Plot type: Static strain (Top) Strain1
 Deformation scale: 1

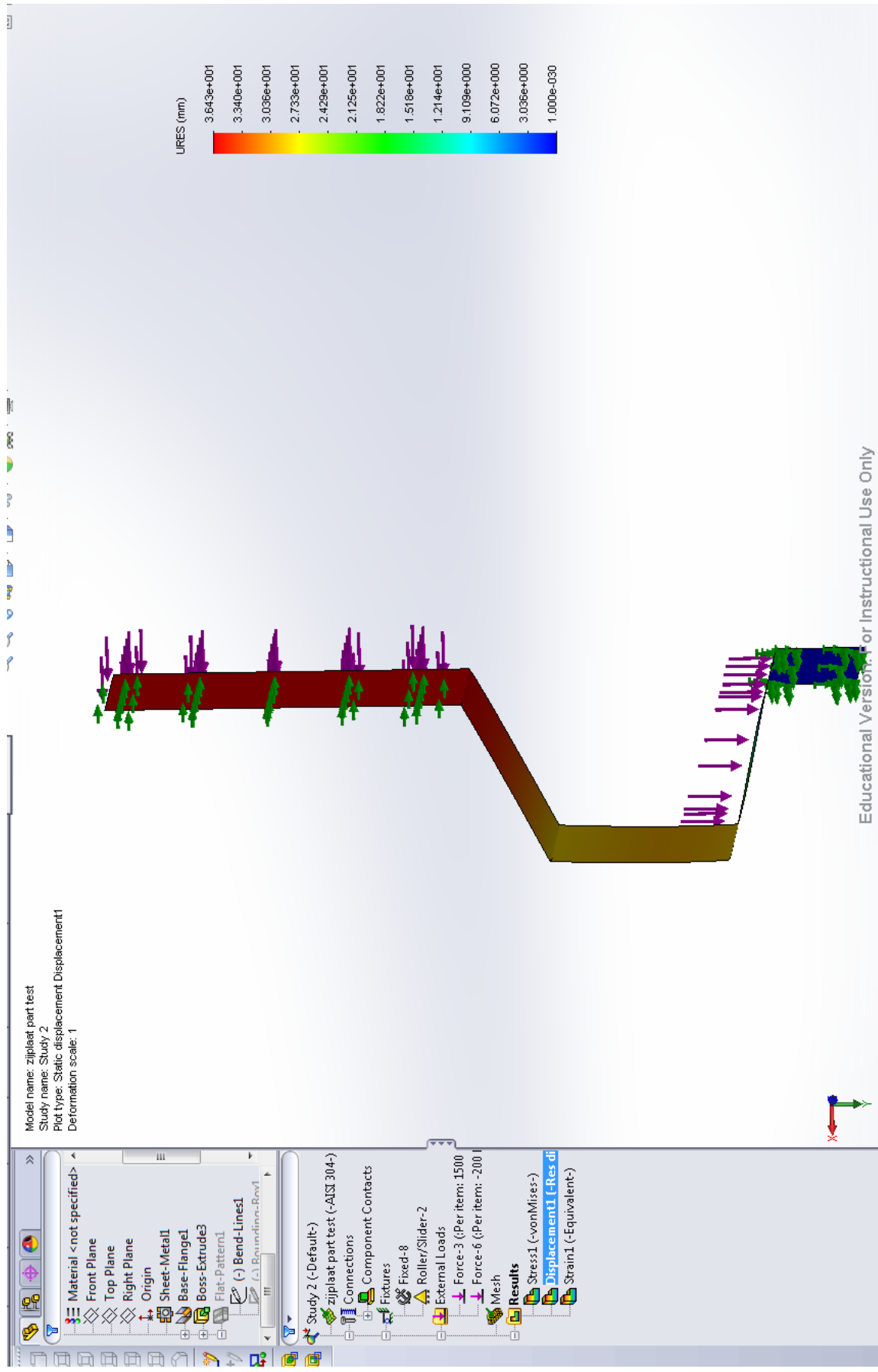
Material <not specified>
 Front Plane
 Top Plane
 Right Plane
 Origin
 Sheet-Metal1
 Base-Flange1
 Boss-Extrude3
 Flat-Pattern1
 (-) Bend-Lines1
 (-) Bend-Lines-Rev1

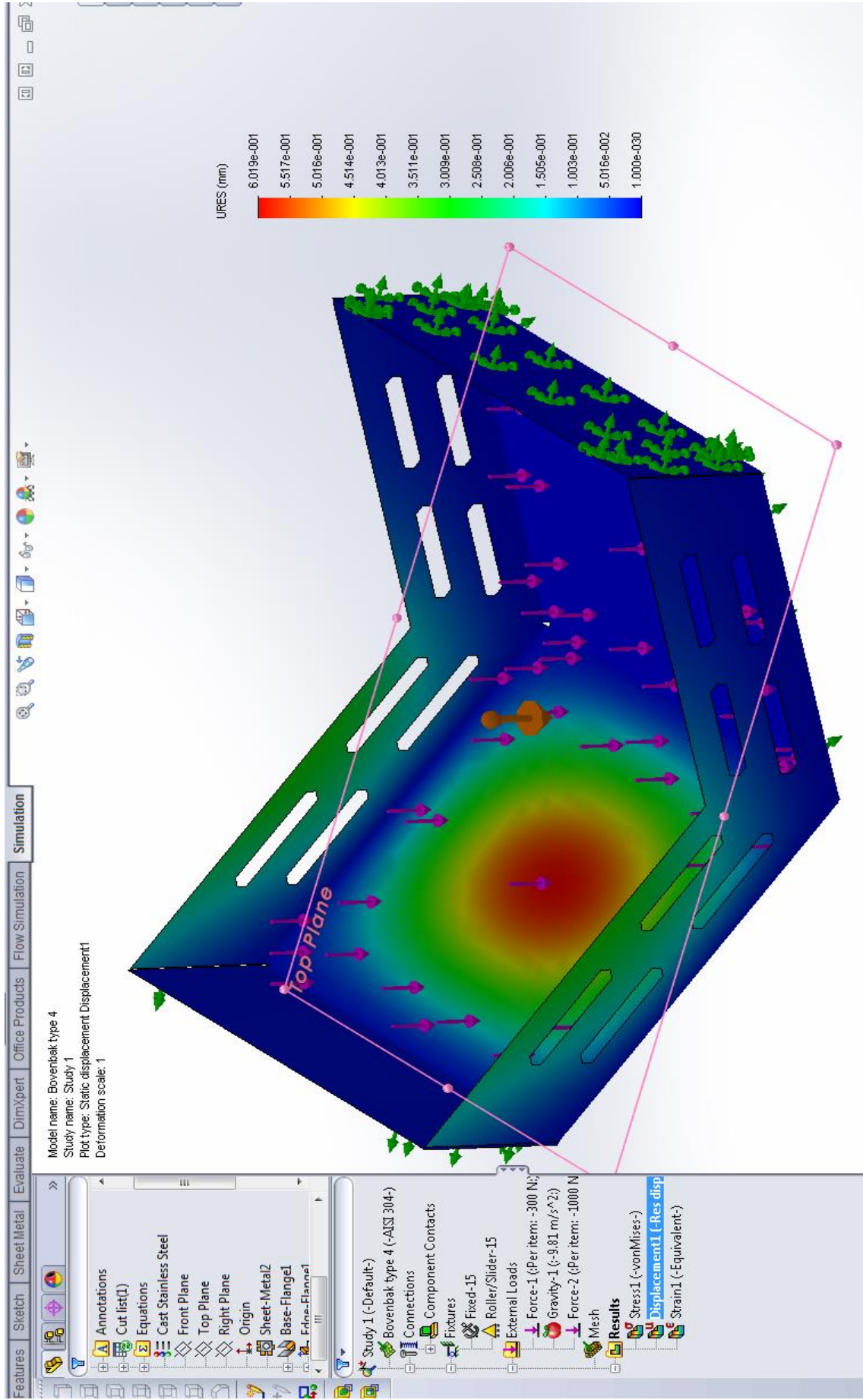
Study 2 (-Default-)
 zipplaat part test (-AISI 304-)
 Connections
 Component Contacts
 Fixtures
 Fixed-8
 Fixed-9
 External Loads
 Force-3 (Per item: 1500)
 Mesh
 Results
 Stress1 (-vonMises-)
 Displacement1 (-Res displ)
 Strain1 (-Equivalent-)

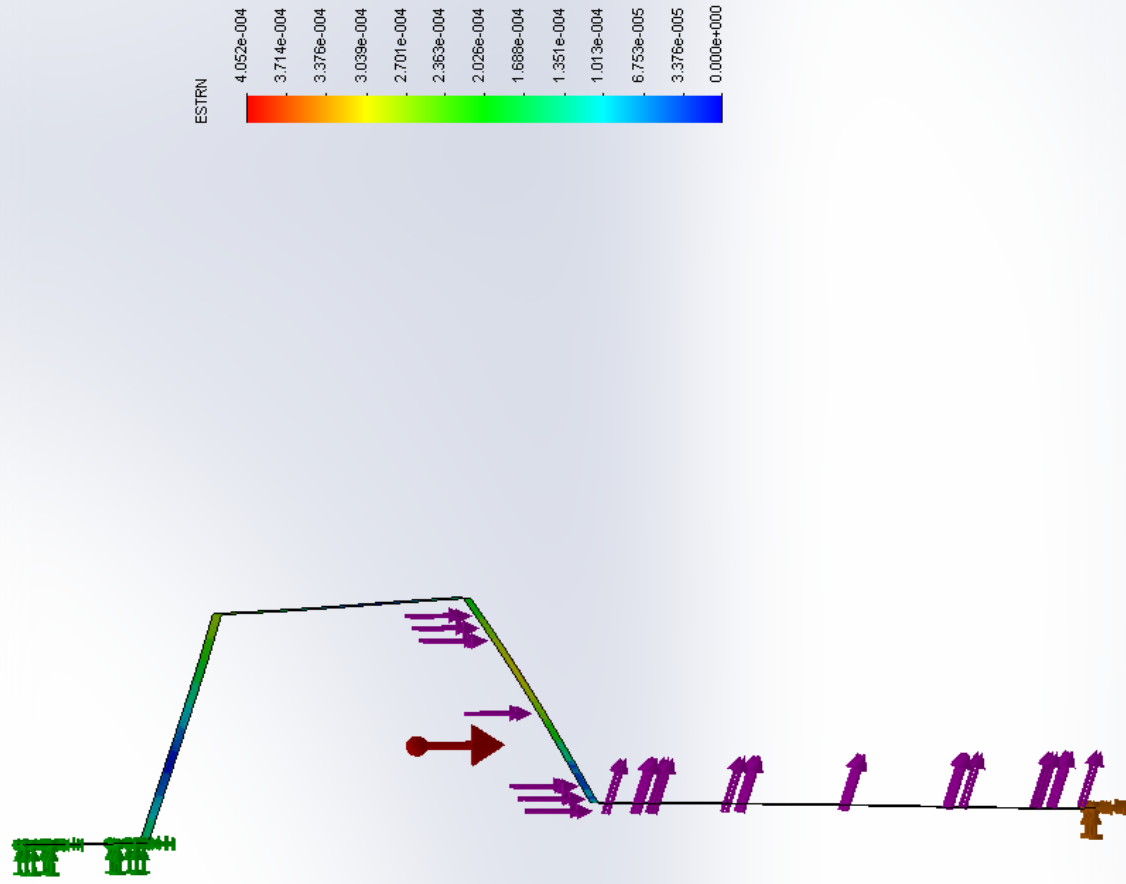
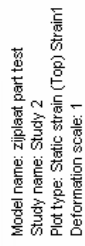


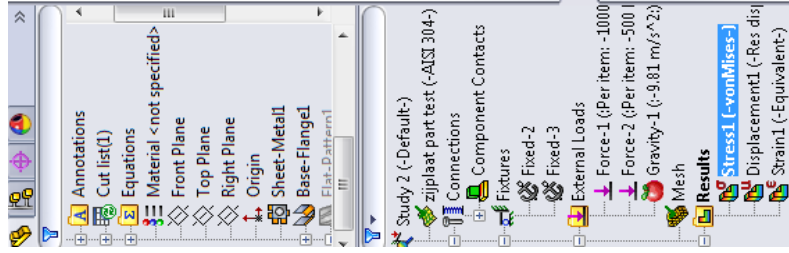
Model name: zijplaat part test
Study name: Study 2
Plot type: Static strain (Top) Strain1
Deformation scale: 1



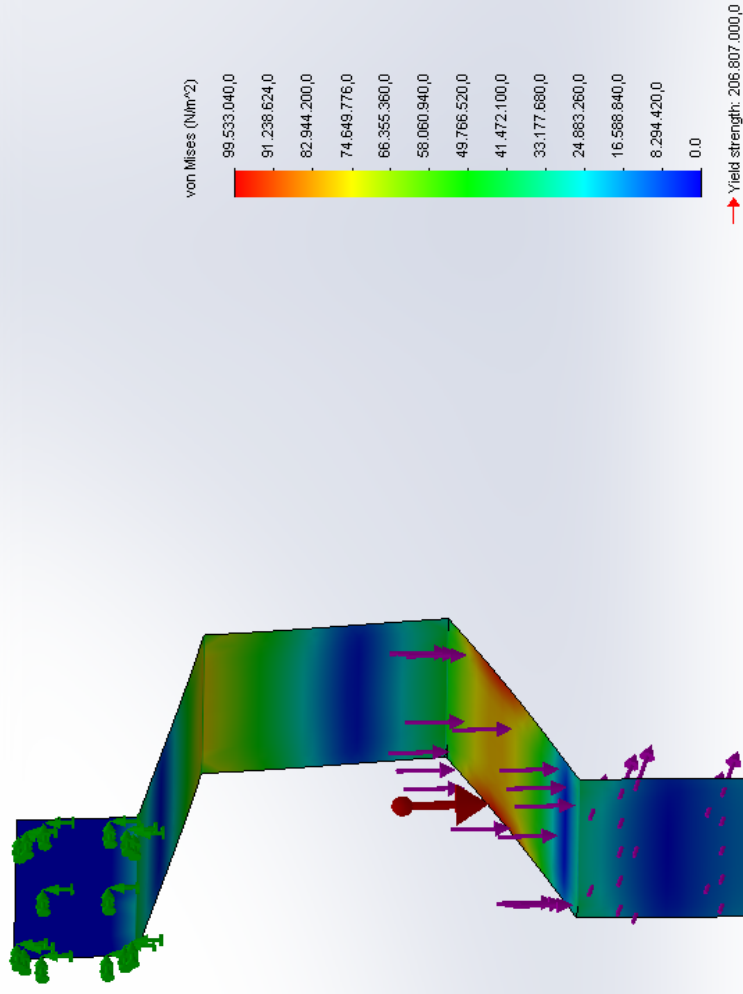








Model name: zijplaat part test
Study name: Study 2
Plot type: Static modal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 1

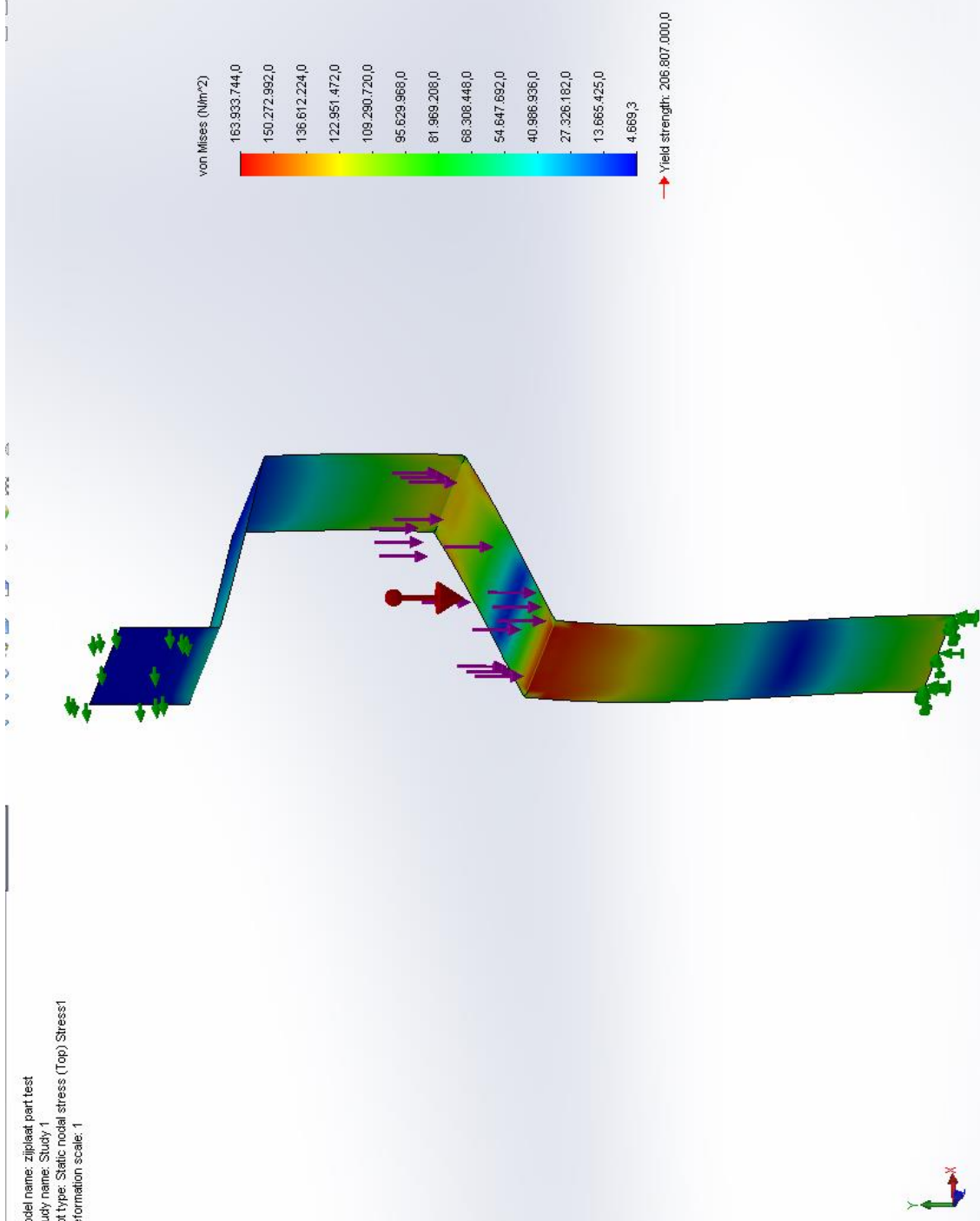


Model name: zijplaat part test
 Study name: Study 1
 Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
 Deformation scale: 1

Cut list(1)
 Equations
 Material <not specified>
 Front Plane
 Top Plane
 Right Plane
 Origin
 Sheet-Metal1
 Base-Flange1

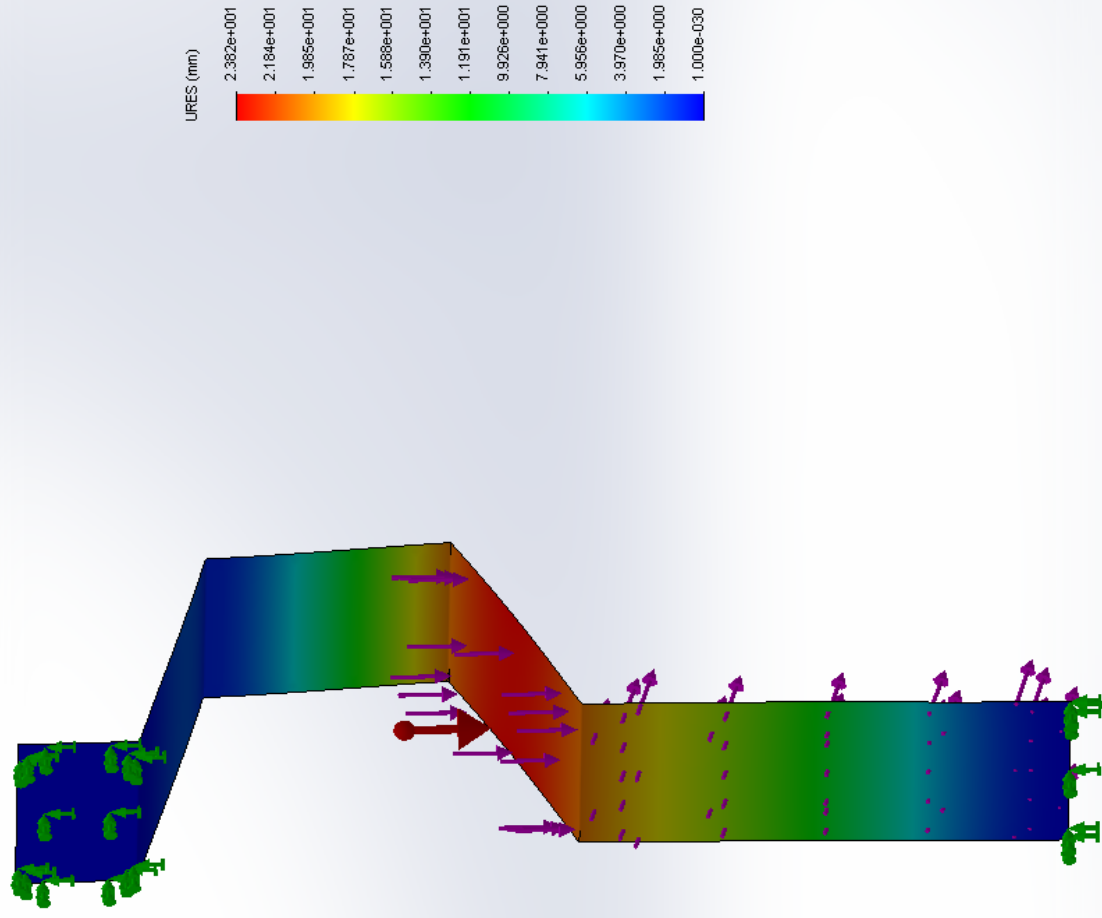
Study 1 (-Default-)
 zijplaat part test (-ANSI 304-)
 Connections
 Fixtures
 Fixed-3
 Roller/Slider-2
 External Loads
 Gravity-1 (-9.81 m/s²)
 Force-1 (Per item: -1000)
 Mesh

Results
 Stress1 (-vonMises-)
 Displacement1 (-Res disp)
 Strain1 (-Equivalent-)

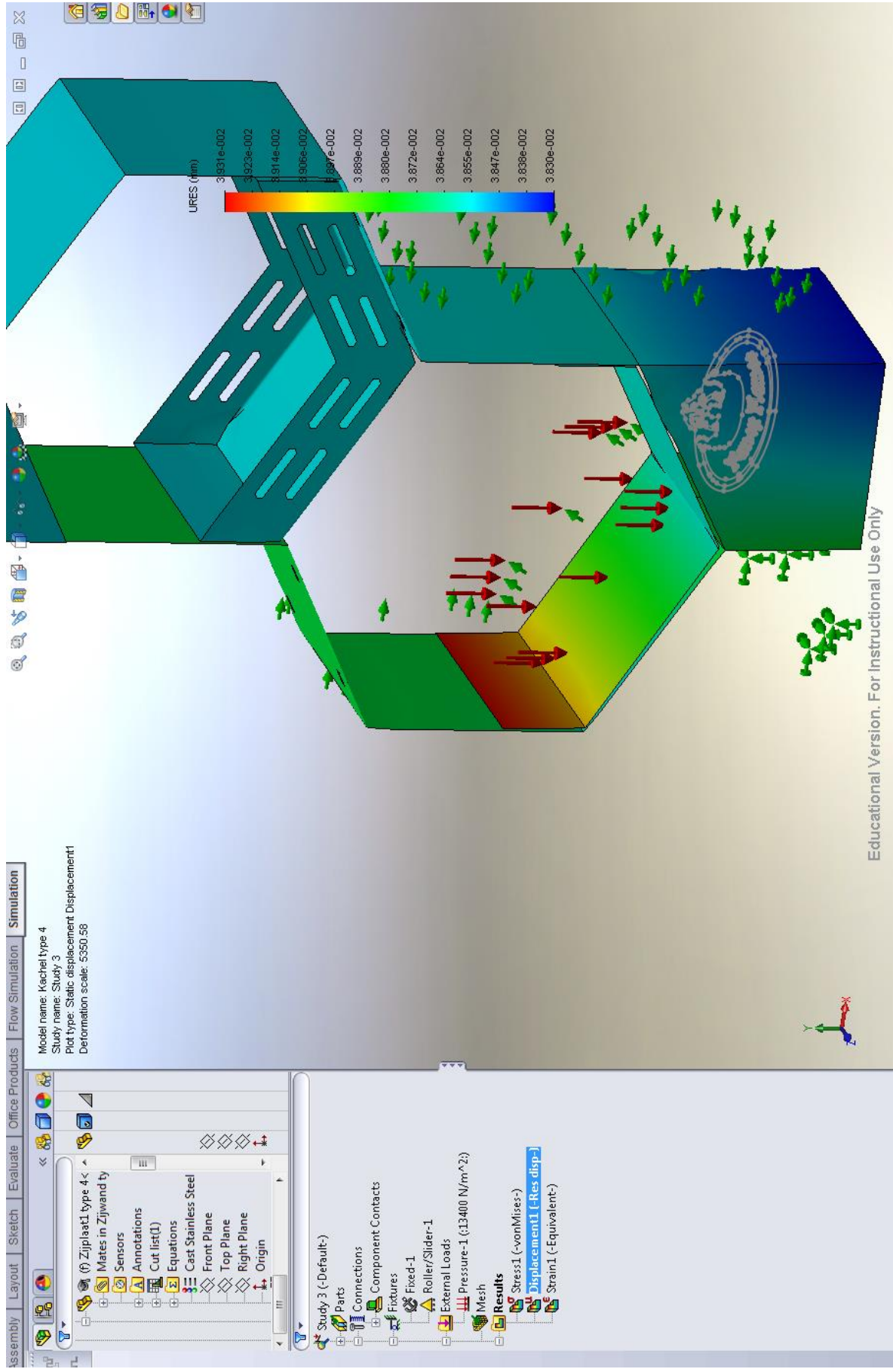


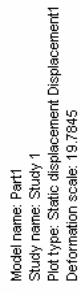


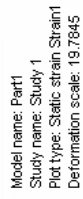
Model name: zijplaat part test
Study name: Study 2
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



Educational Version. For Instructional Use Only



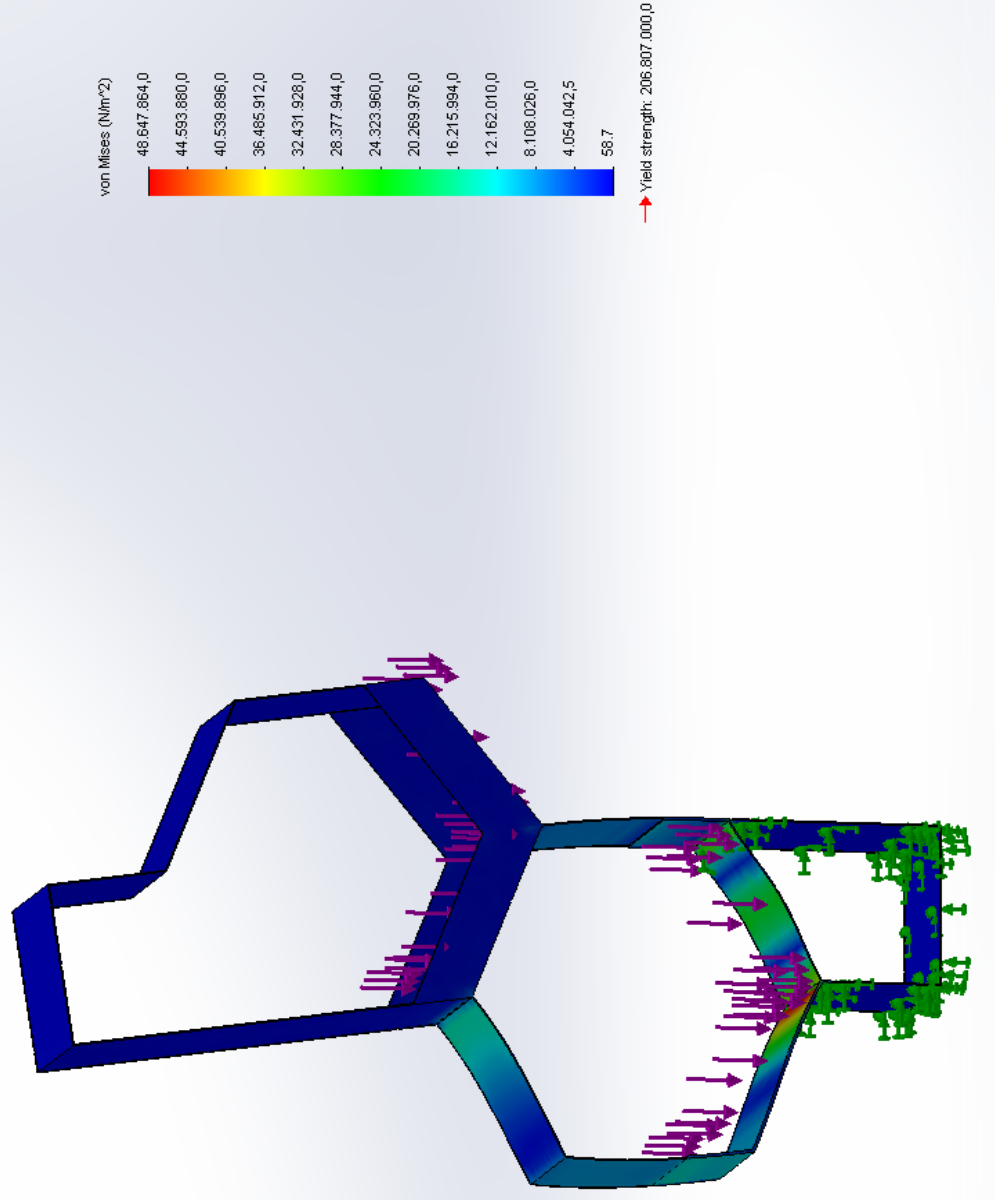


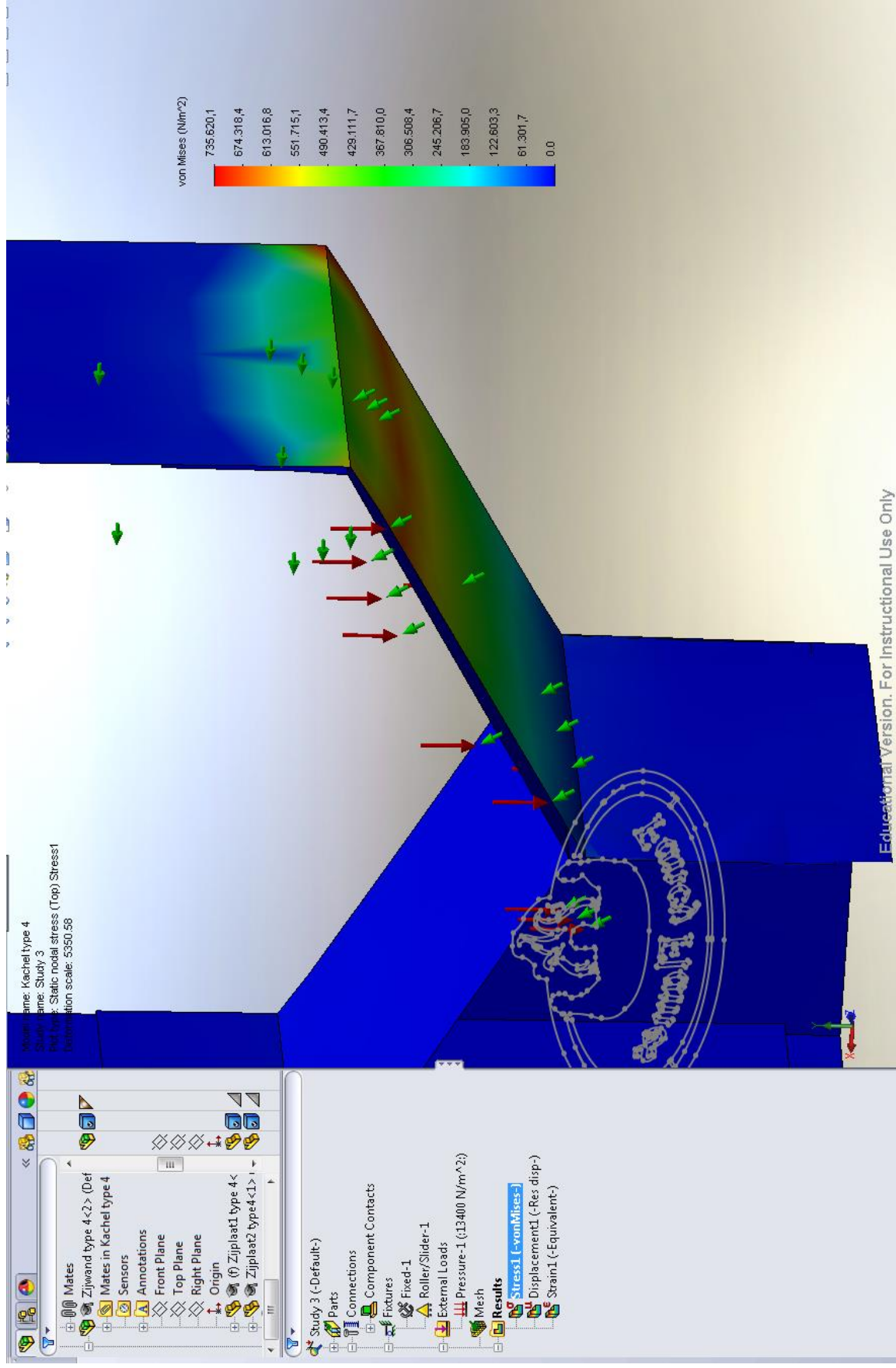


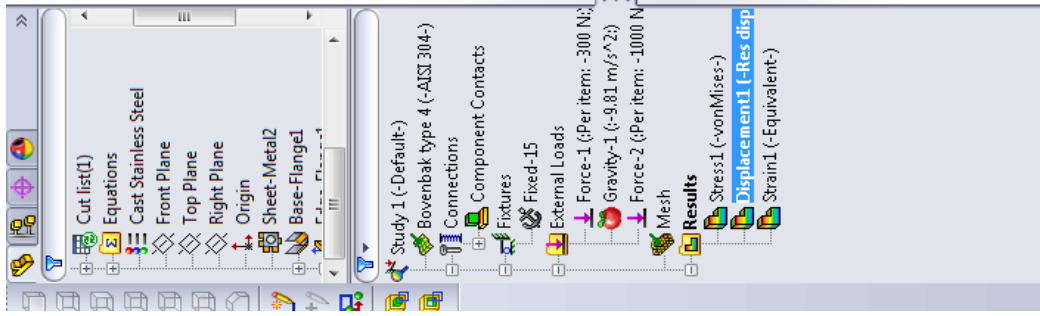
Educational Version. For Instructional Use Only



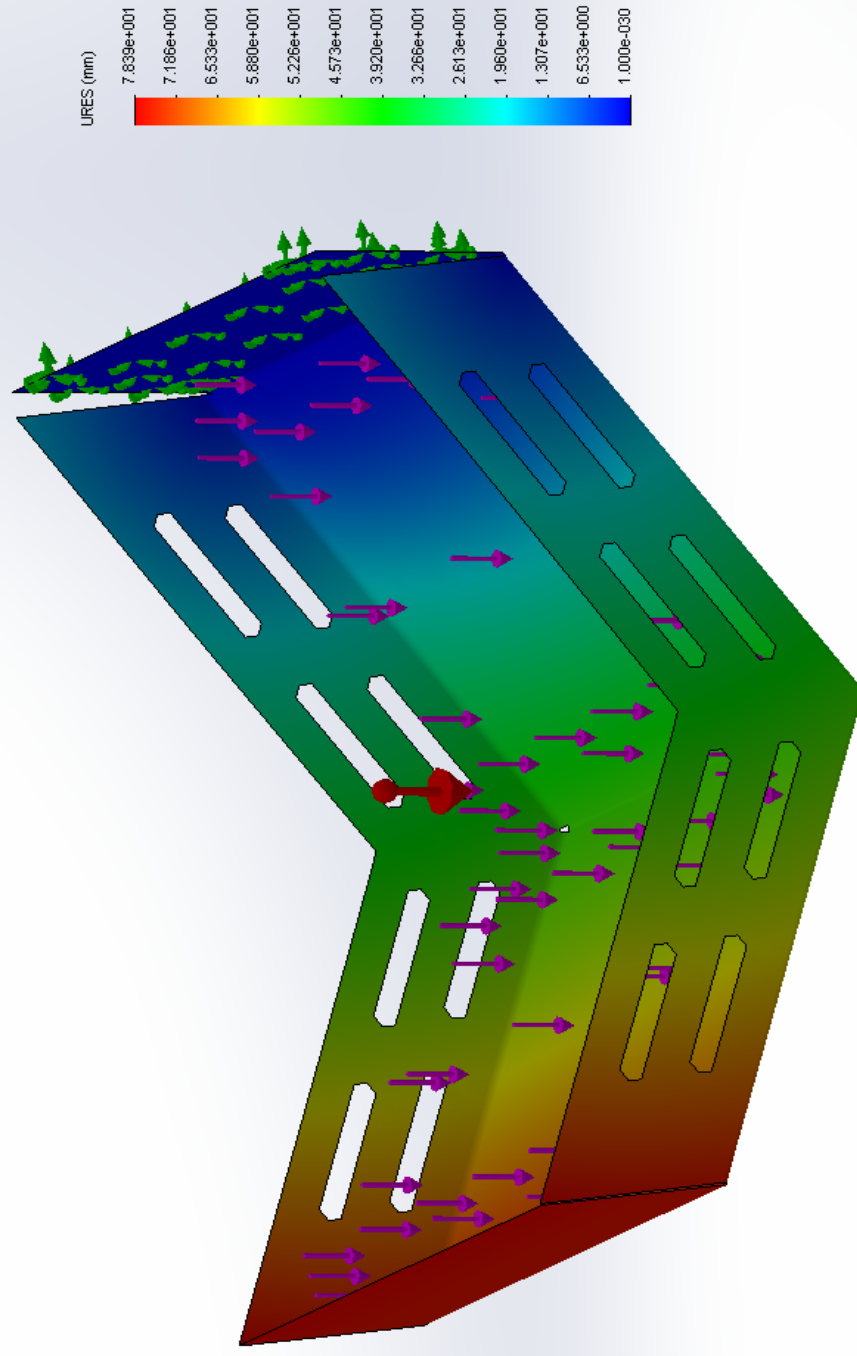
Model name: Part1
Study name: Study.1
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 13.7845

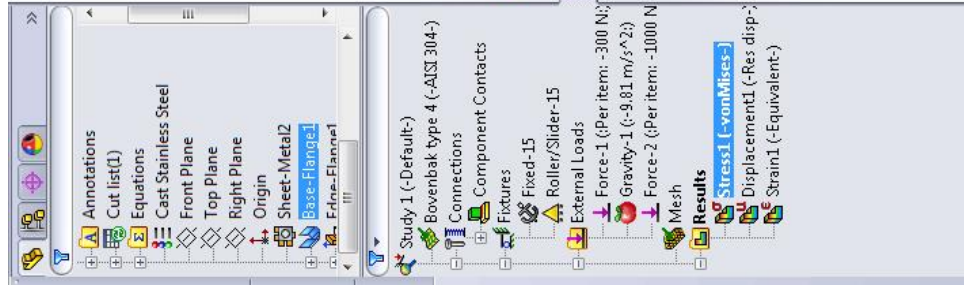




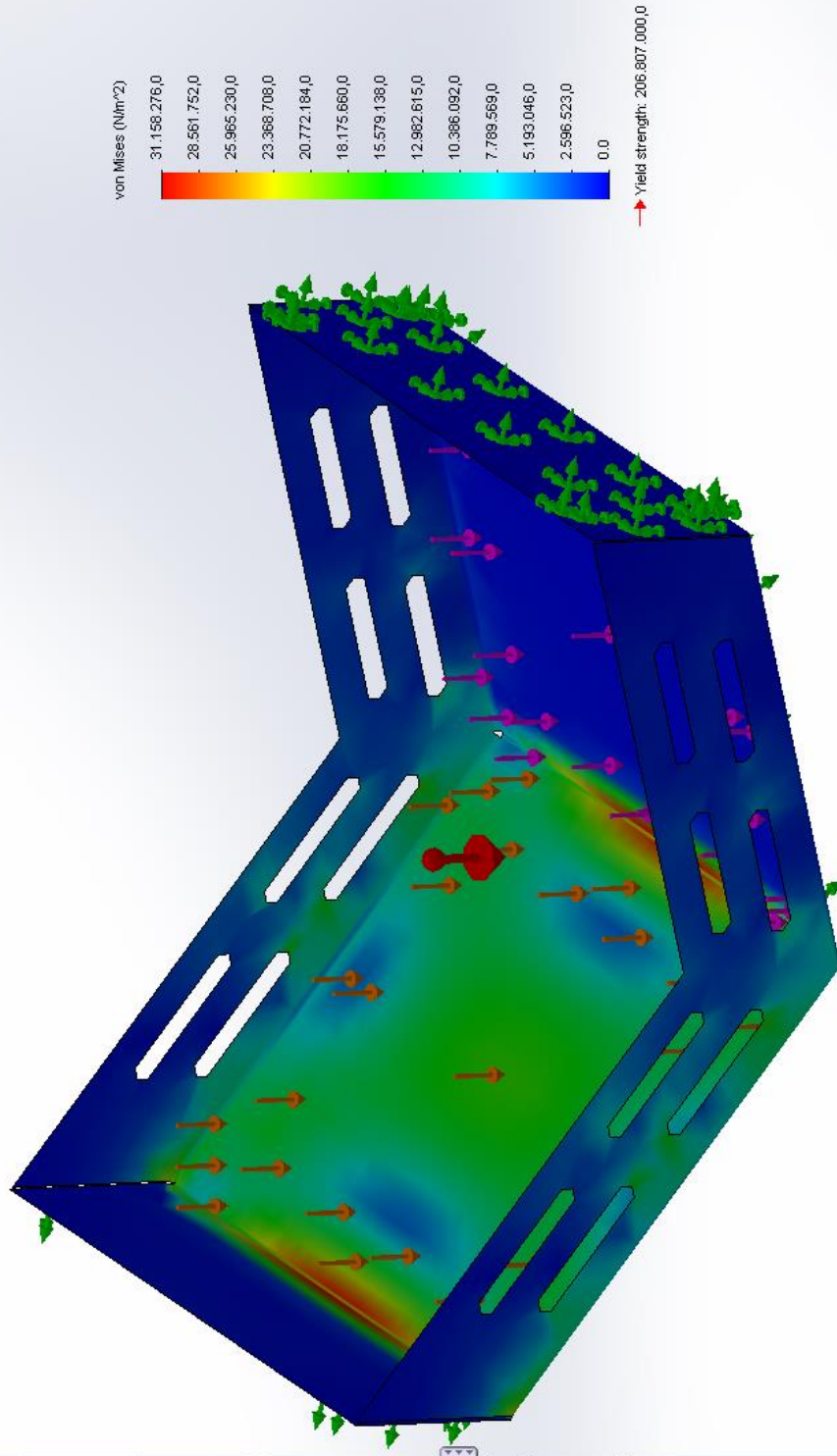


Model name: Bovenbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



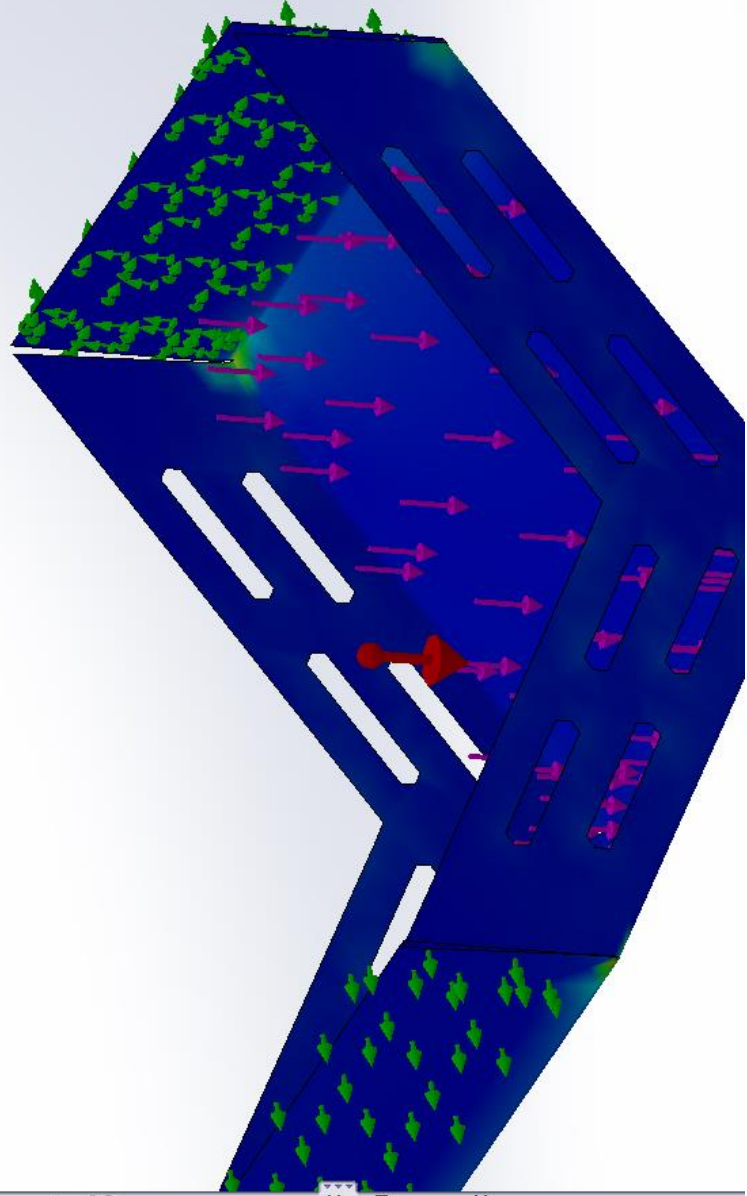
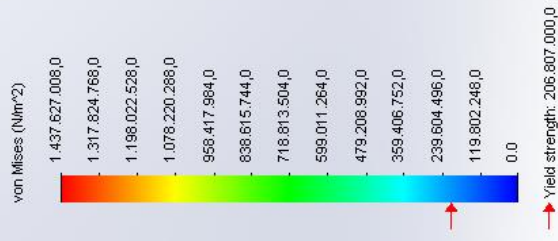


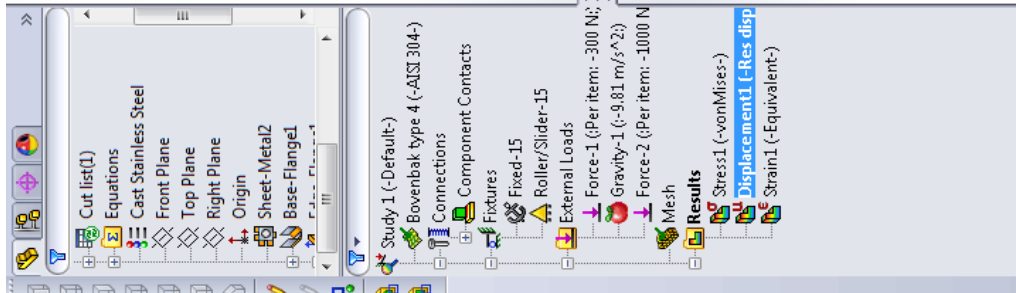
Model name: Bovenbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 1



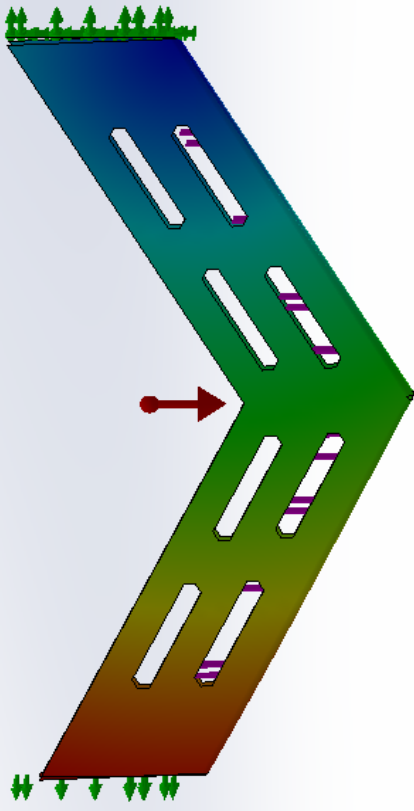
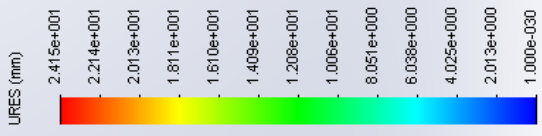


Model name: Bovenbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static nodal stress (Top) Stress1
Deformation scale: 1



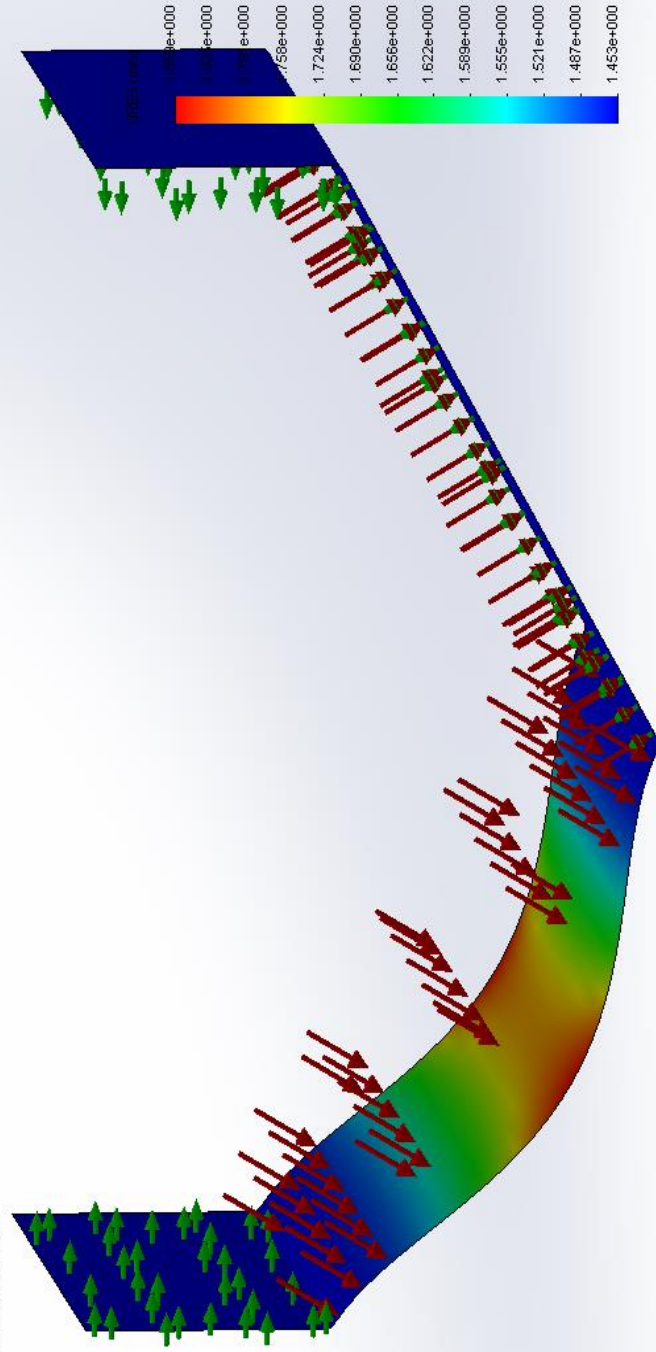


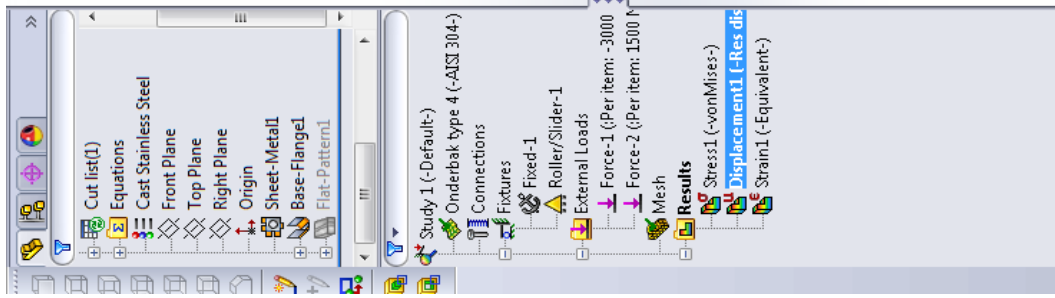
Model name: Bovenbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 1



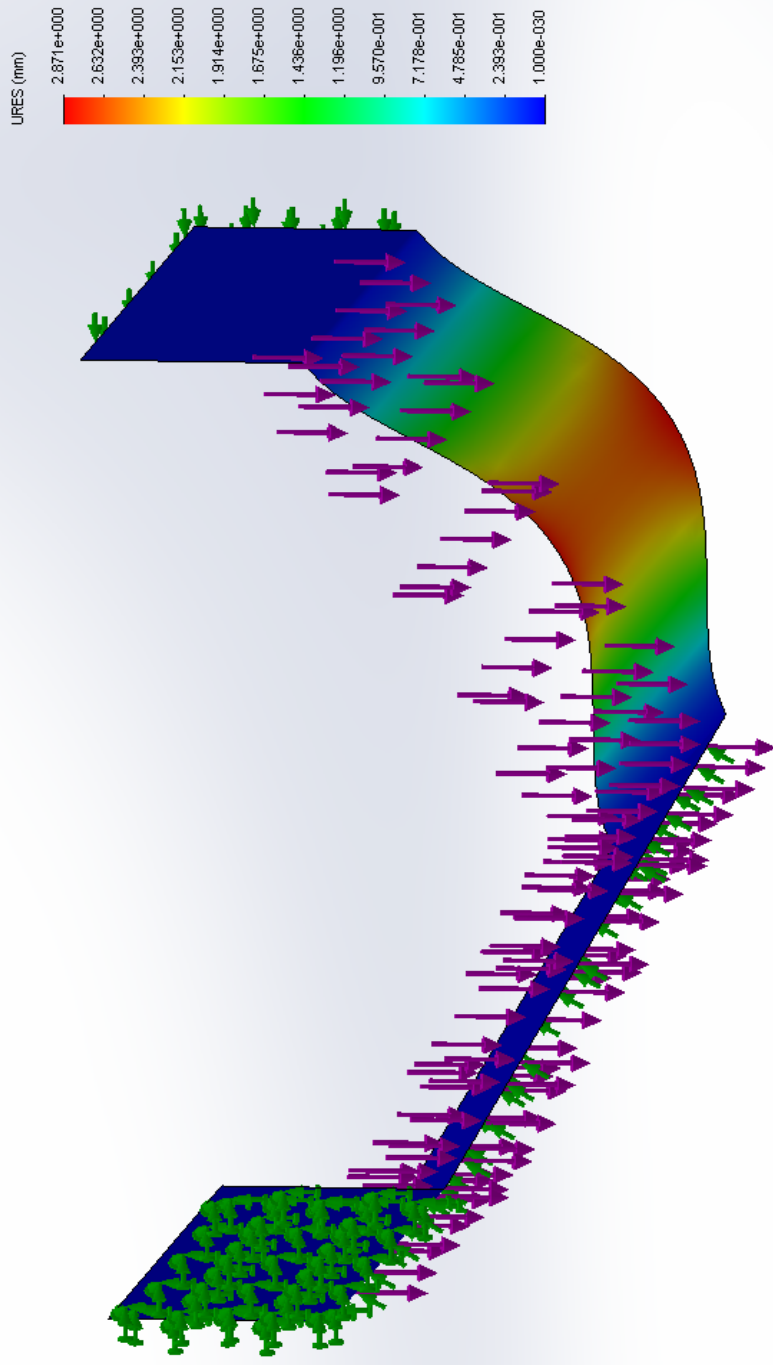


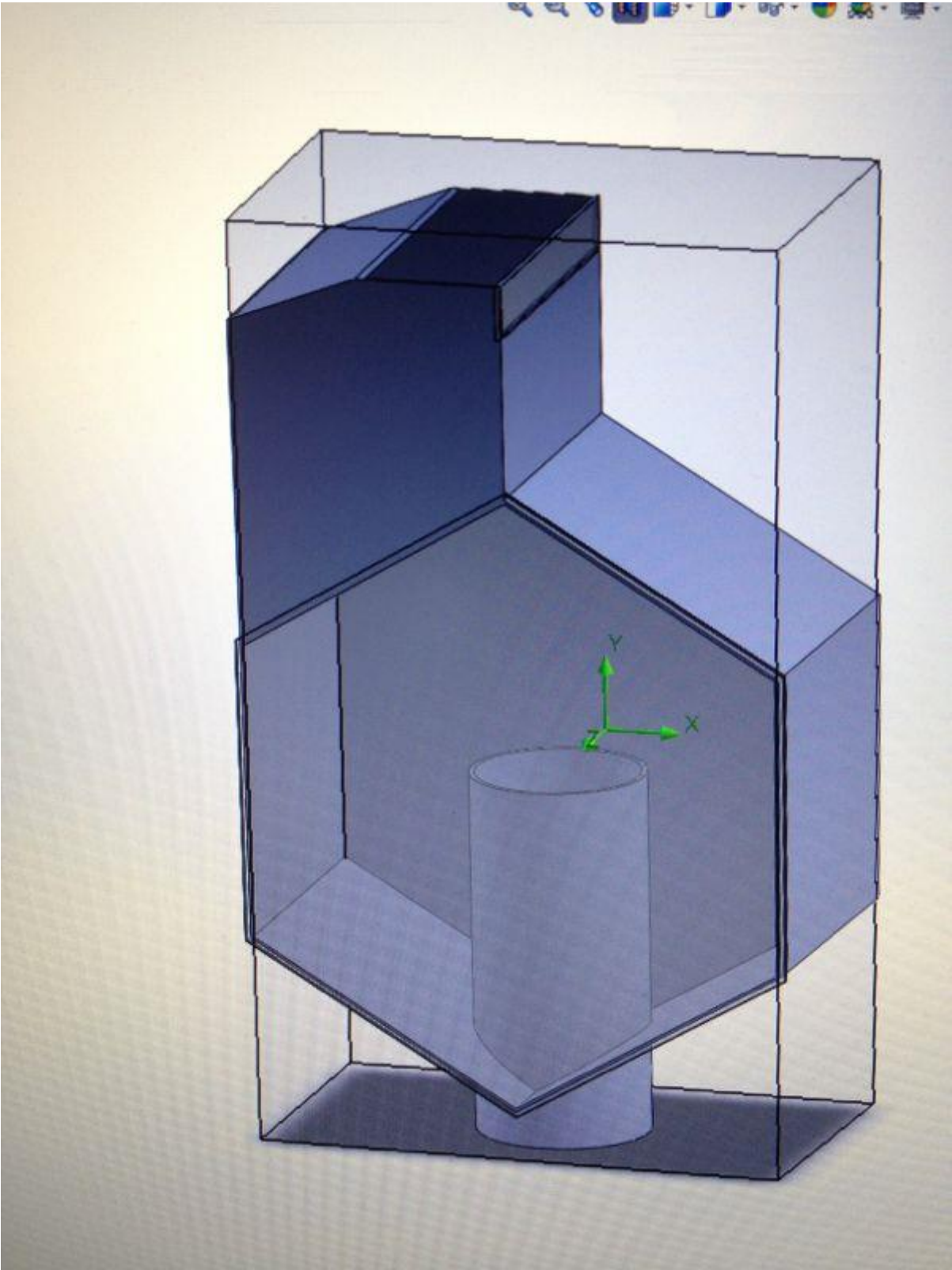
Model name: Onderbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 47.2062

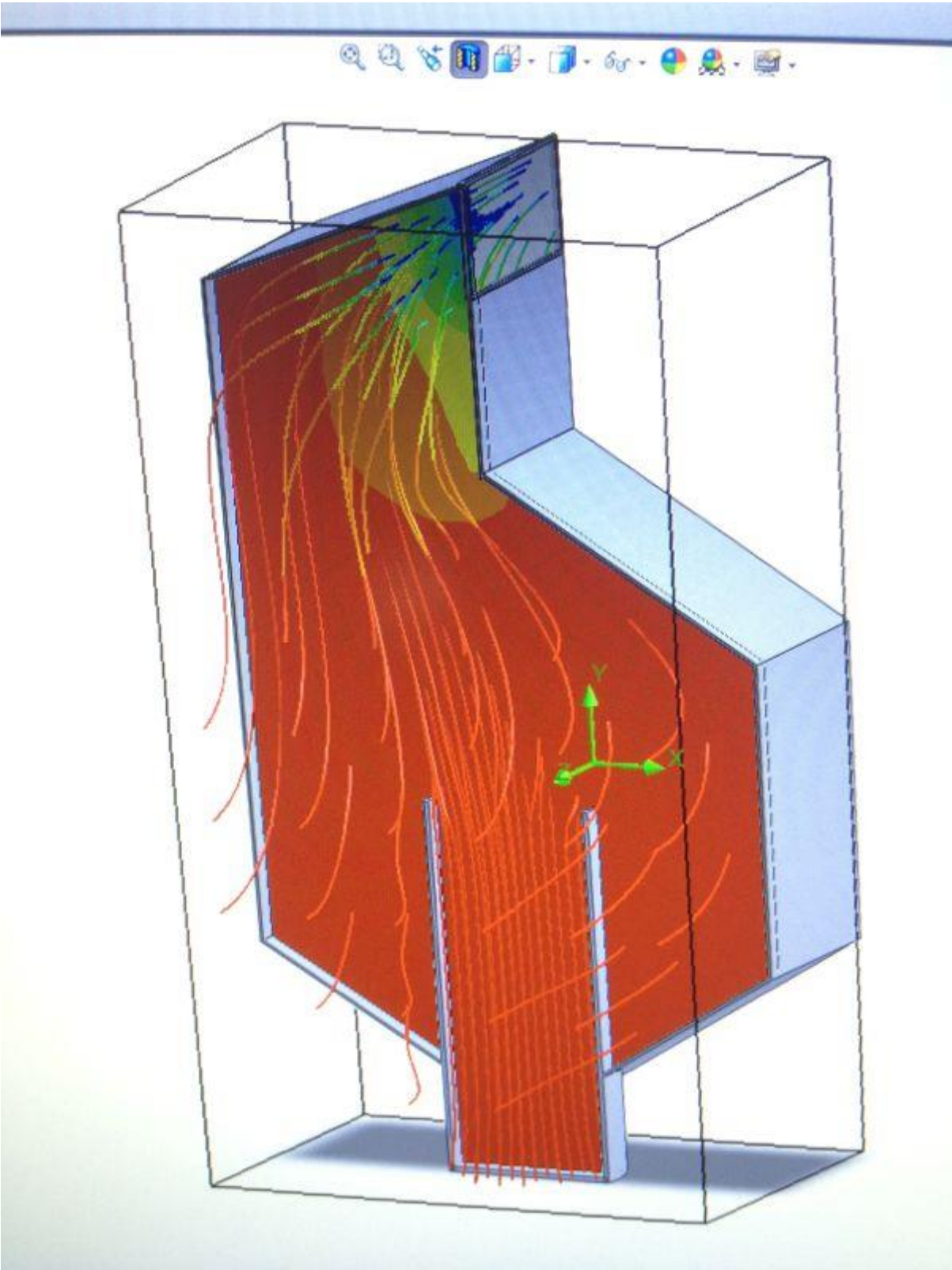


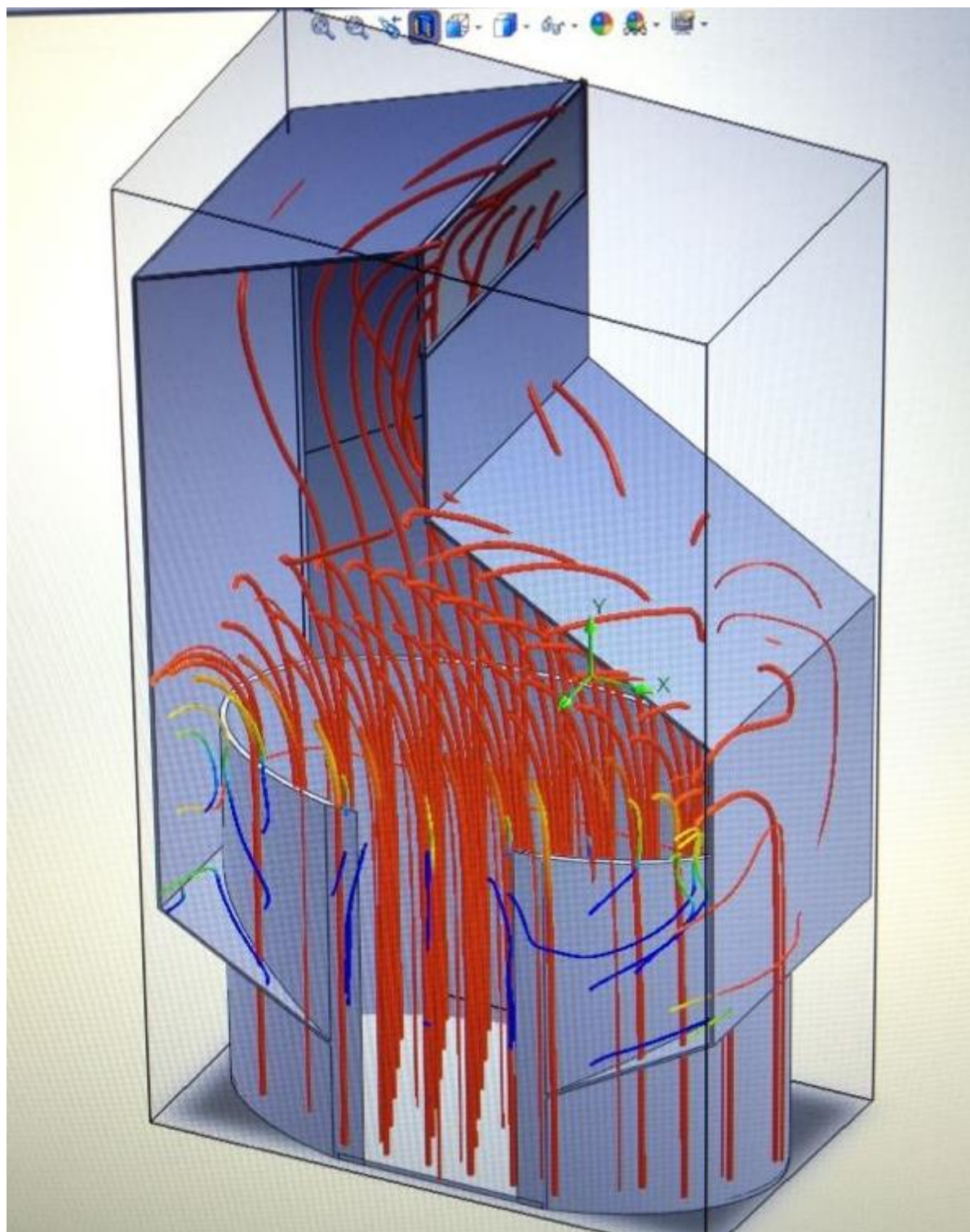


Model name: Onderbak type 4
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 27.5517



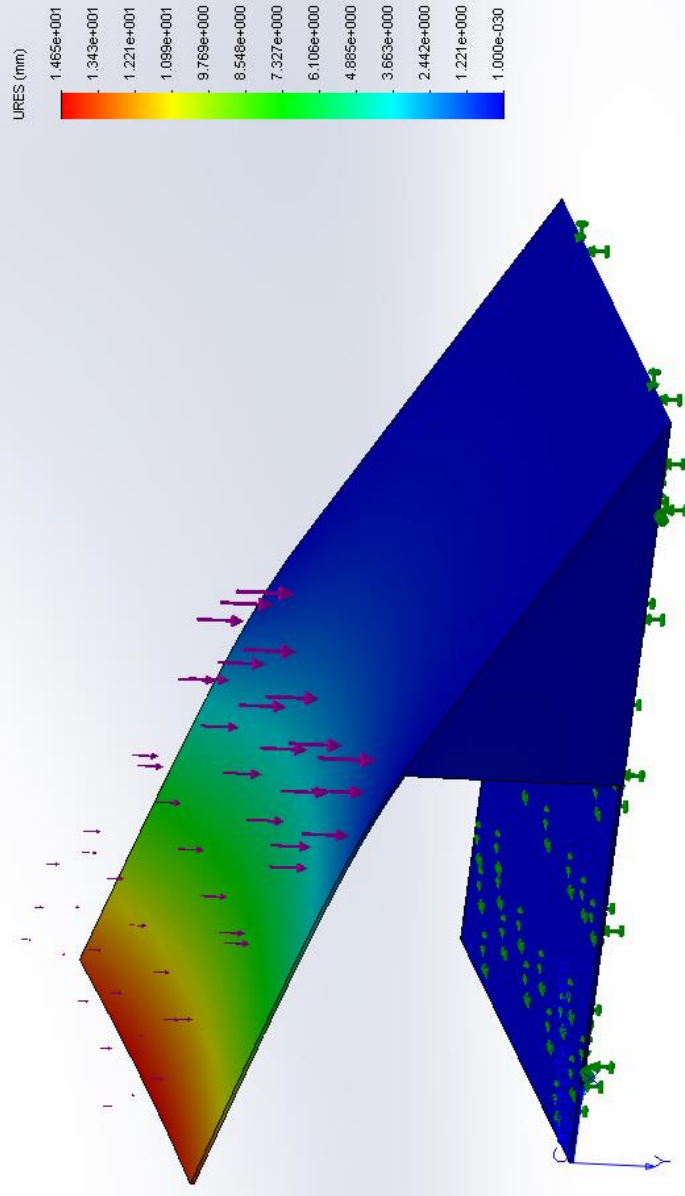


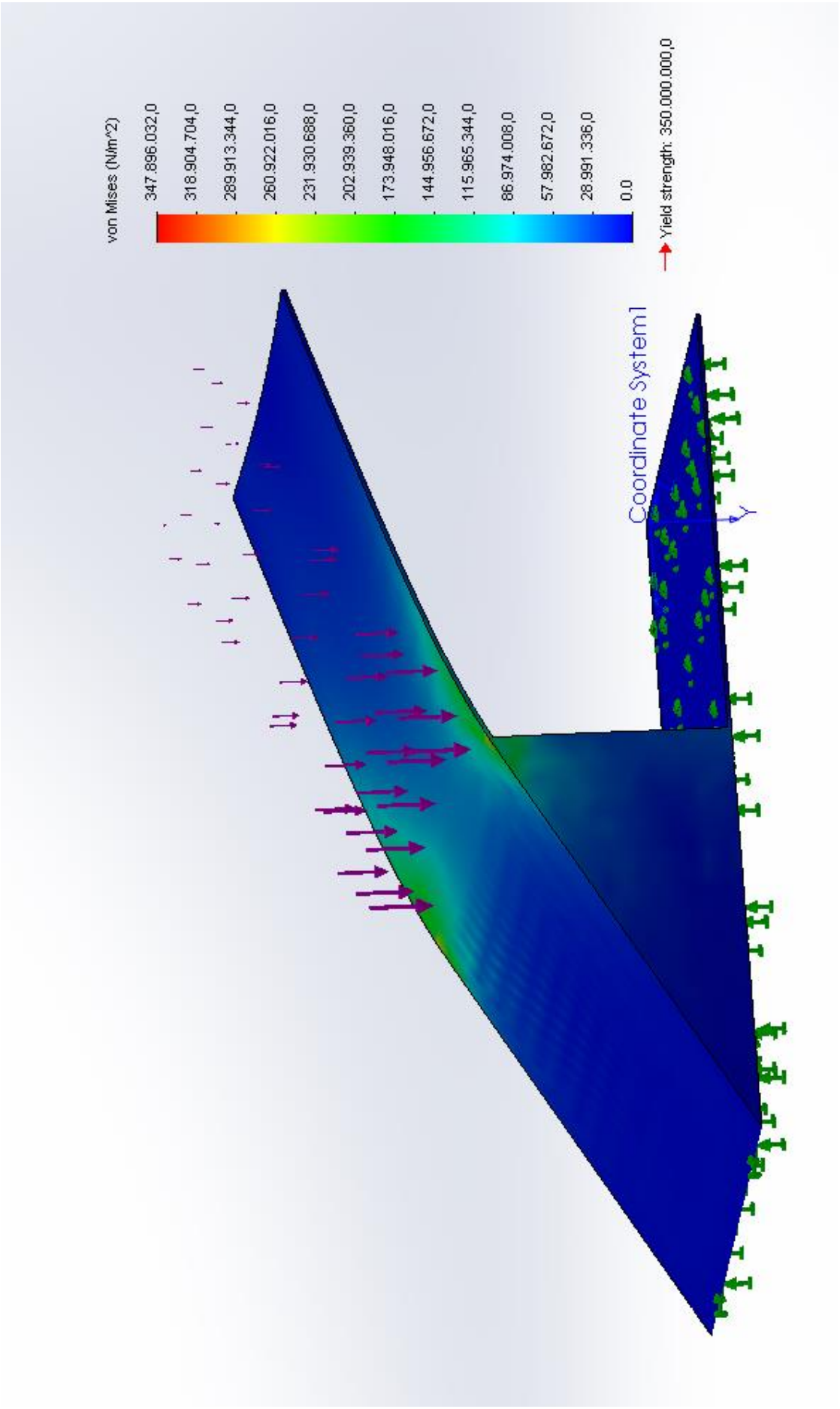






Model name: ANALYSE STANDARD
Study name: Study 1
Plot type: Static displacement Displacement1
Deformation scale: 3.47166





BIJLAGE VIII

“Assemblage”





FancyFlames 138 (FF 138) - outdoor fireplace

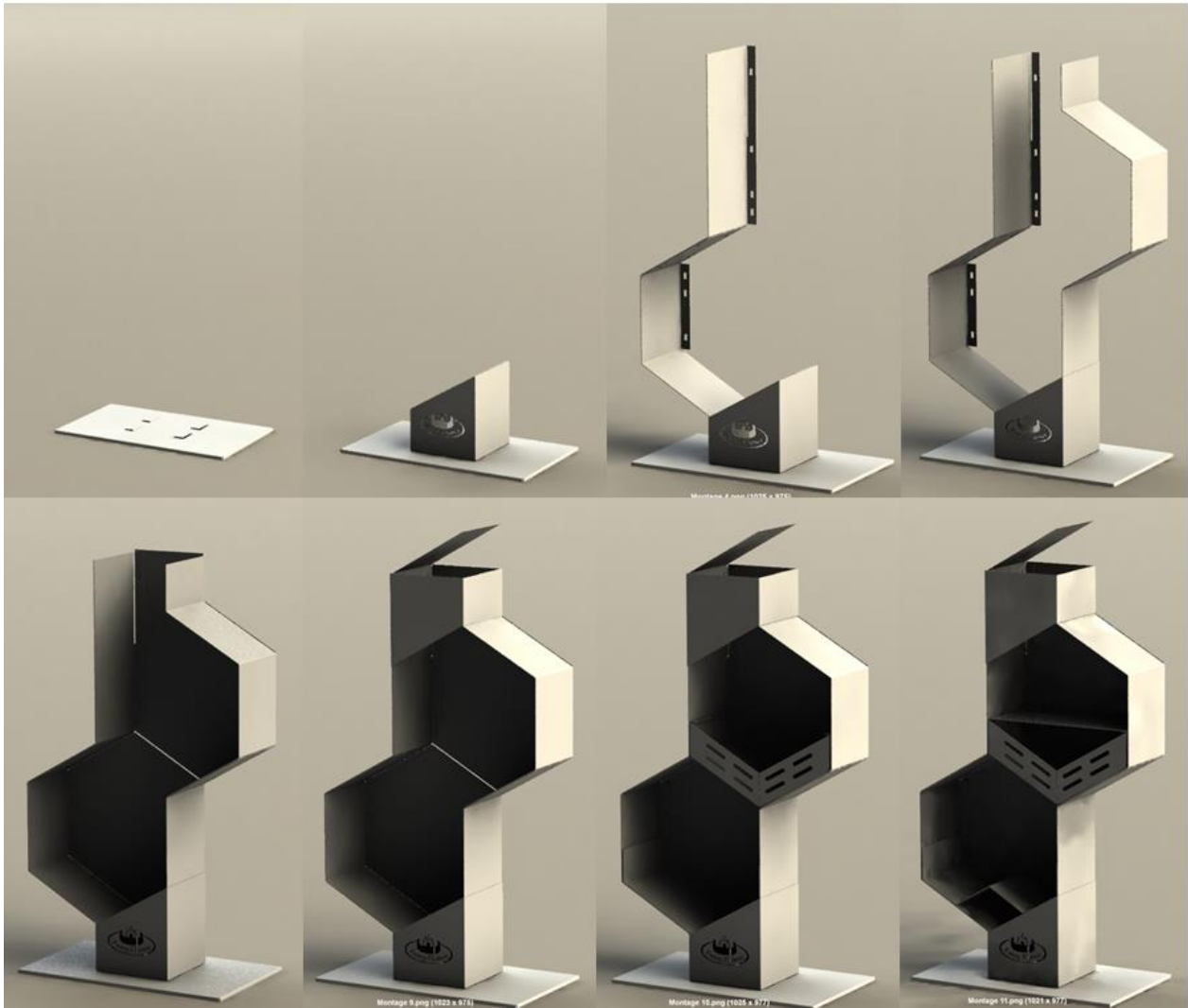
Exploded View with the following numbers/parts: **see next pages**

NumbersFile / Part names:

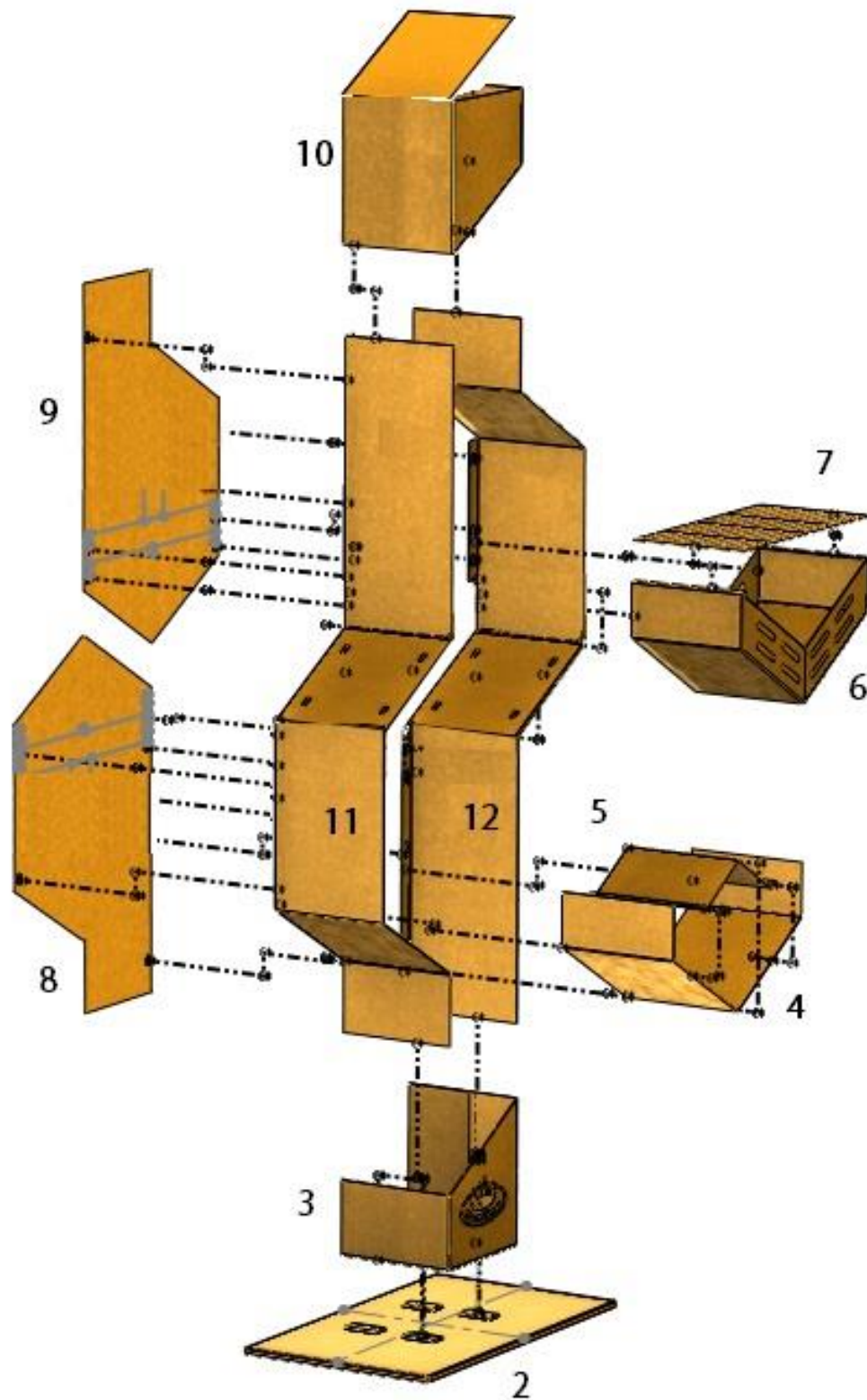
1	=	Part 1	=	Assembly (complete fireplace)
2	=	Part 2	=	Bottom Plate
3	=	Part 3	=	Standard
4	=	Part 4	=	Under Bin
5	=	Part 5	=	Small-wood Bin
6	=	Part 6	=	Top Bin
7	=	Part 7	=	Grill Plate
8	=	Part 8	=	Back-Plate Under ((NEW) Drawing Part 8_9 Combination)
9	=	Part 9	=	Back-Plate Top ((NEW) Drawing Part 10_11 Combination)
10	=	Part 10	=	Chimney ((NEW) Drawing Part 12_13 Combination)
11	=	Part 11	=	Side-Plate 1 * ((NEW) Drawing Part 14_15 AND 16_17 Combination)
12	=	Part 12	=	Side-Plate 2 (Same as Part 11) *

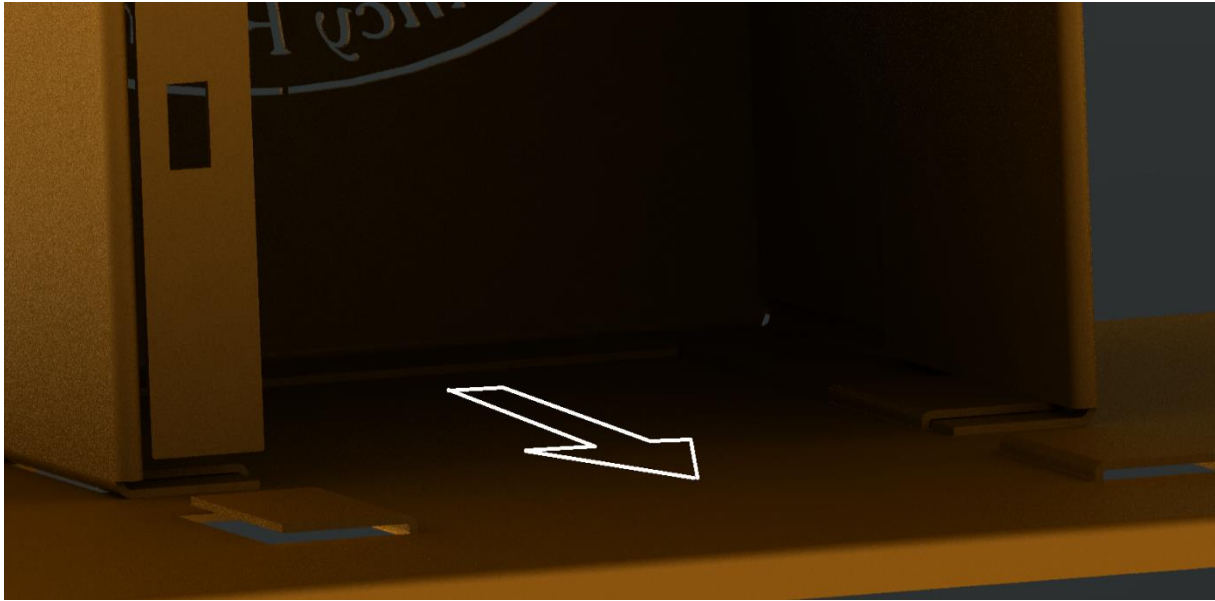
*The left and right side of the fireplace, are made out of the same parts

BLUE NAMES: DRAWING FILE-NAMES

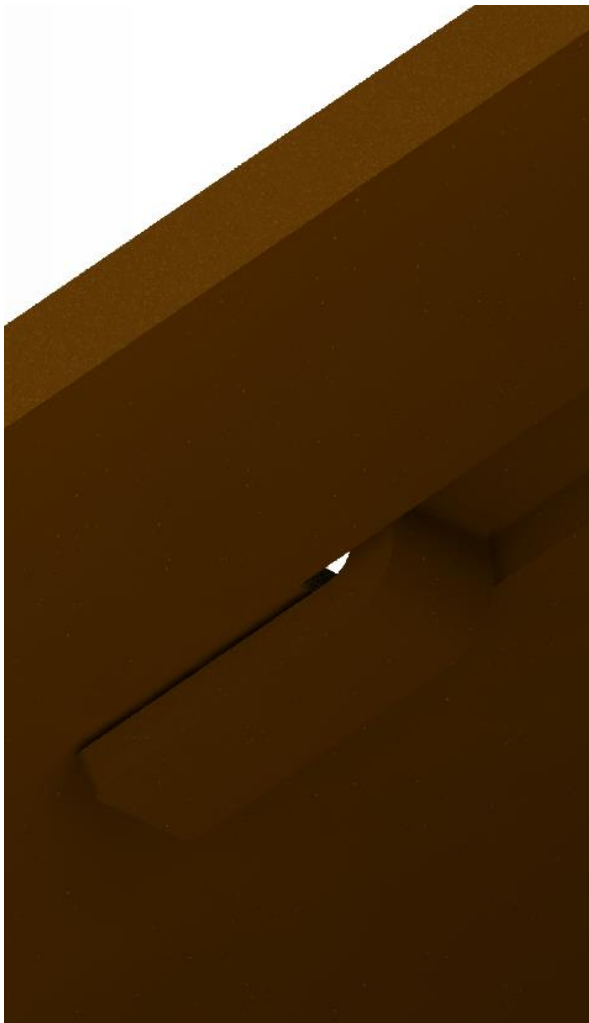


1=Assembly





Assembly method (hook/hole)



Part list - FF 142

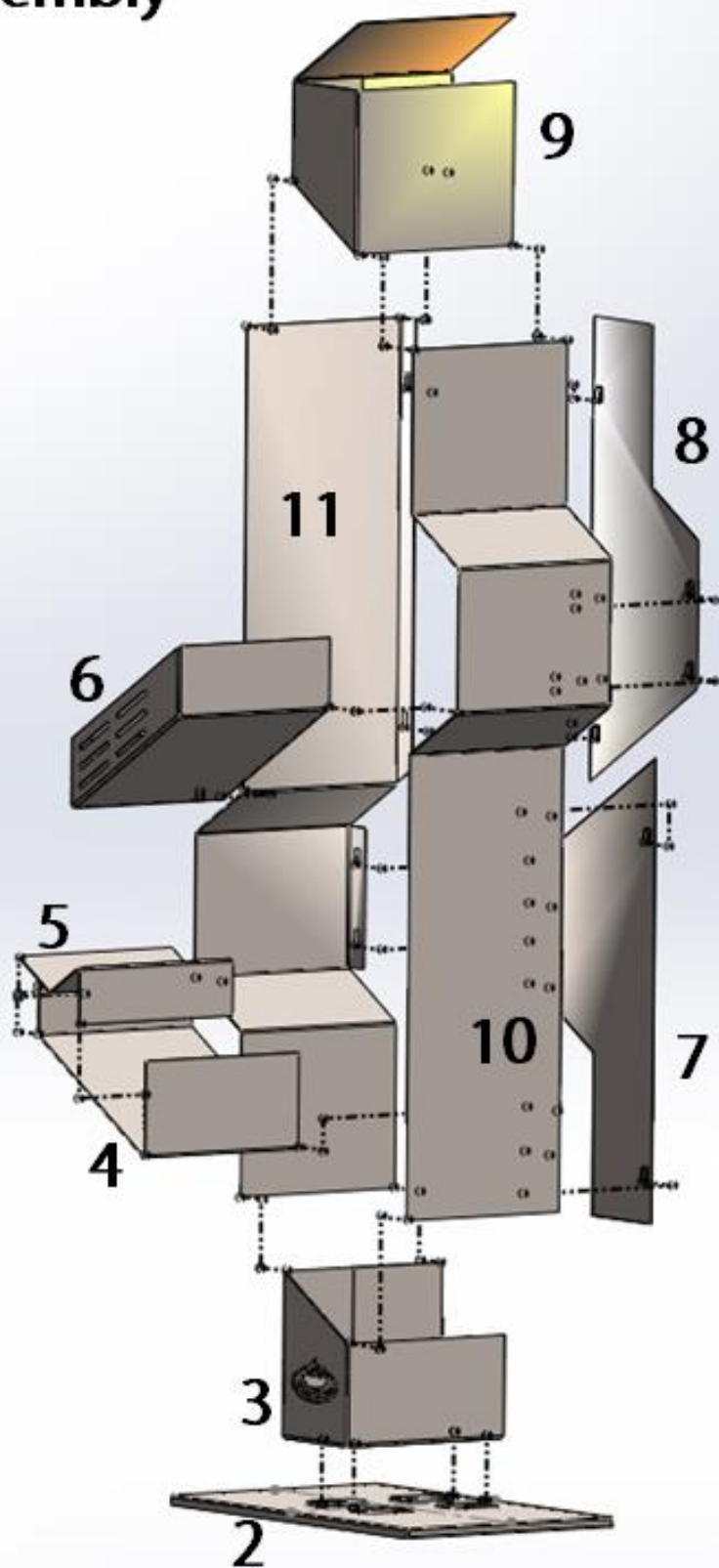


FancyFlames 142 (FF 142) - outdoor fireplace

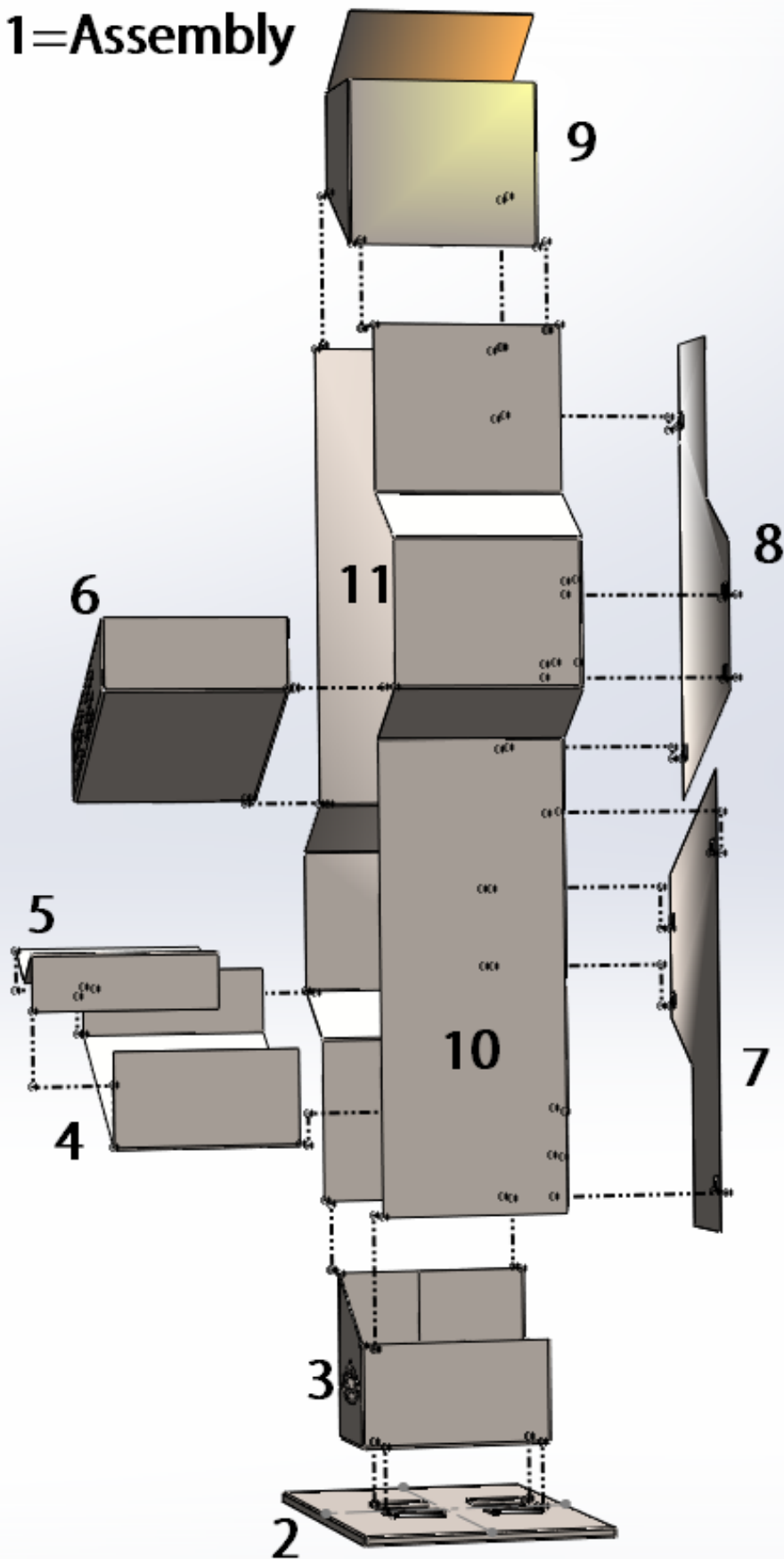
Exploded View with the following numbers/parts: **see next pages**

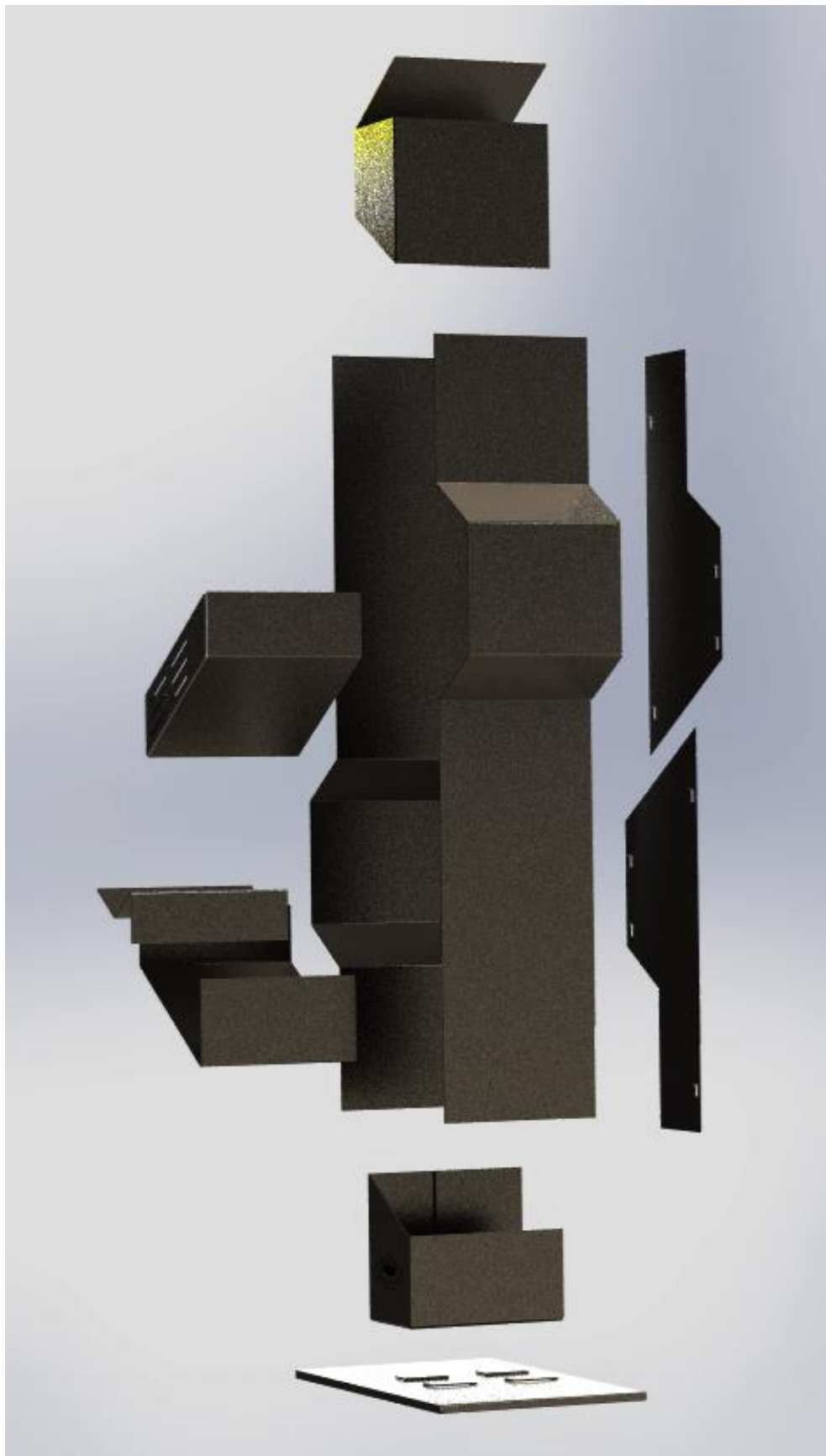
<i>Numbers</i>		<i>File / Part names:</i>	
1	=	Part 1	= Assembly (complete fireplace)
2	=	Part 2	= Bottom Plate
3	=	Part 3	= Standard
4	=	Part 4	= Under Bin
5	=	Part 5	= Small-wood Bin
6	=	Part 6	= Top Bin
7	=	Part 7	= Back-Plate Under
8	=	Part 8	= Back-Plate Top
9	=	Part 9	= Chimney
10	=	Part 10	= Side-Plate 1 (Side-Plate 2 (part 11) is same part as Part 10, but other bend-direction)

1=Assembly

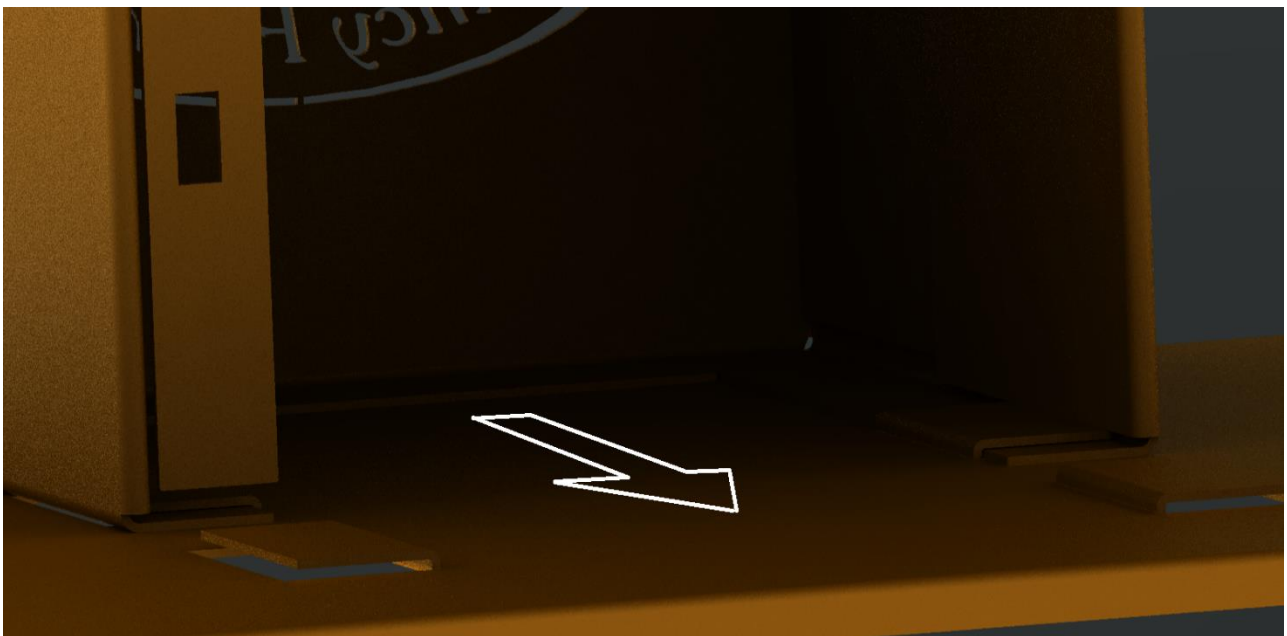
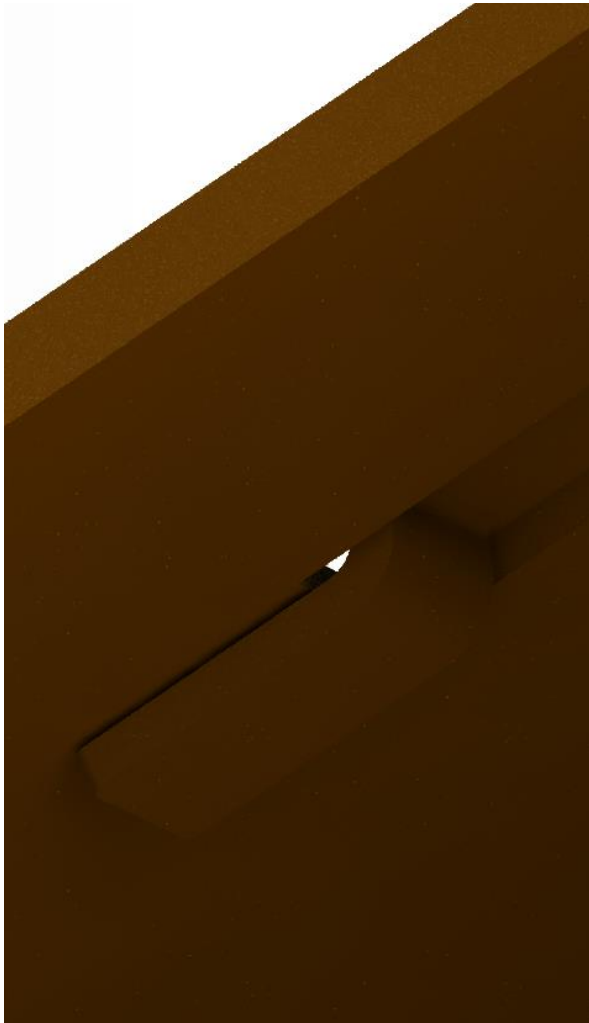


1=Assembly





Assembly method (hook/hole)



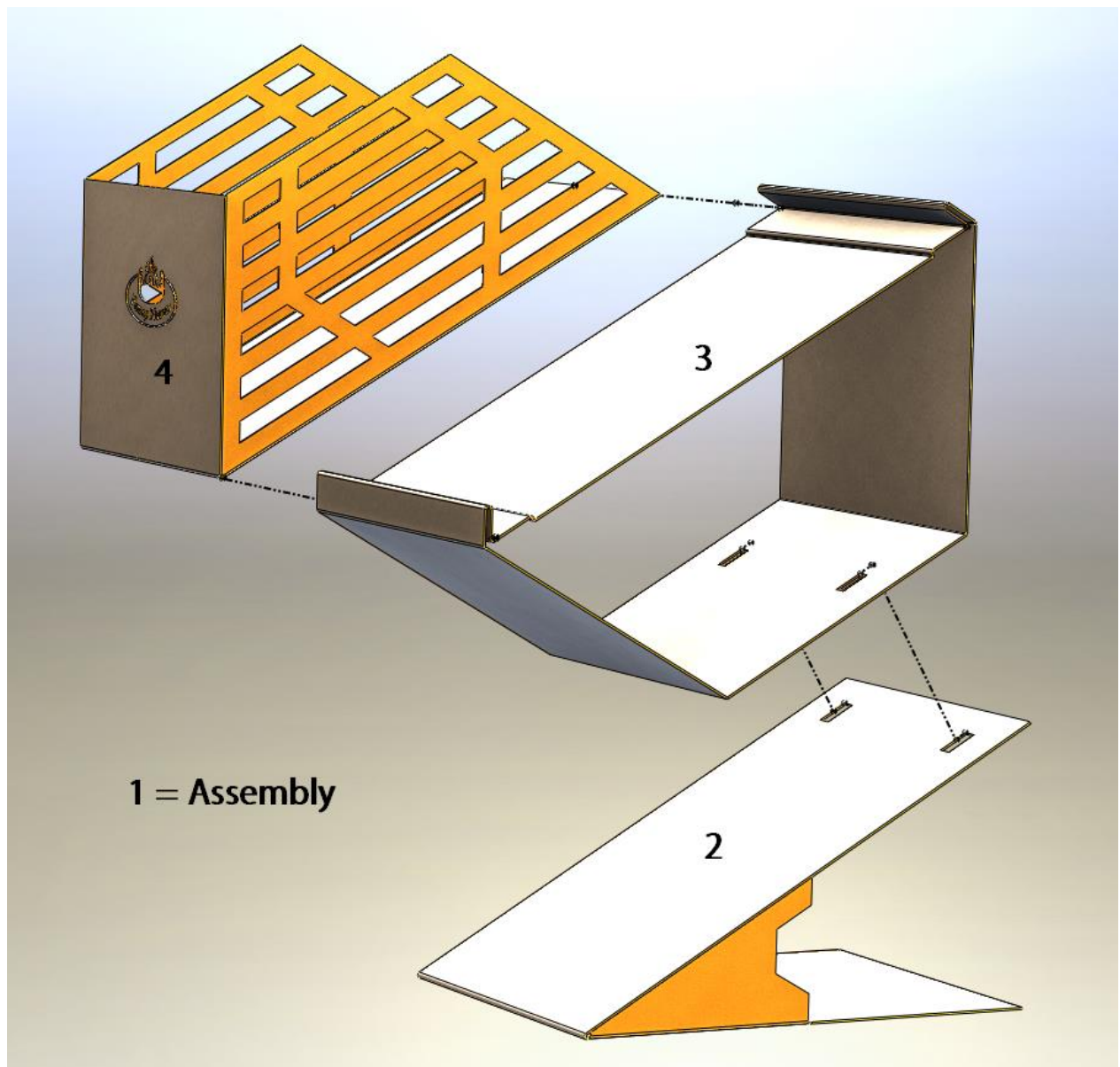
Part list - FF 143

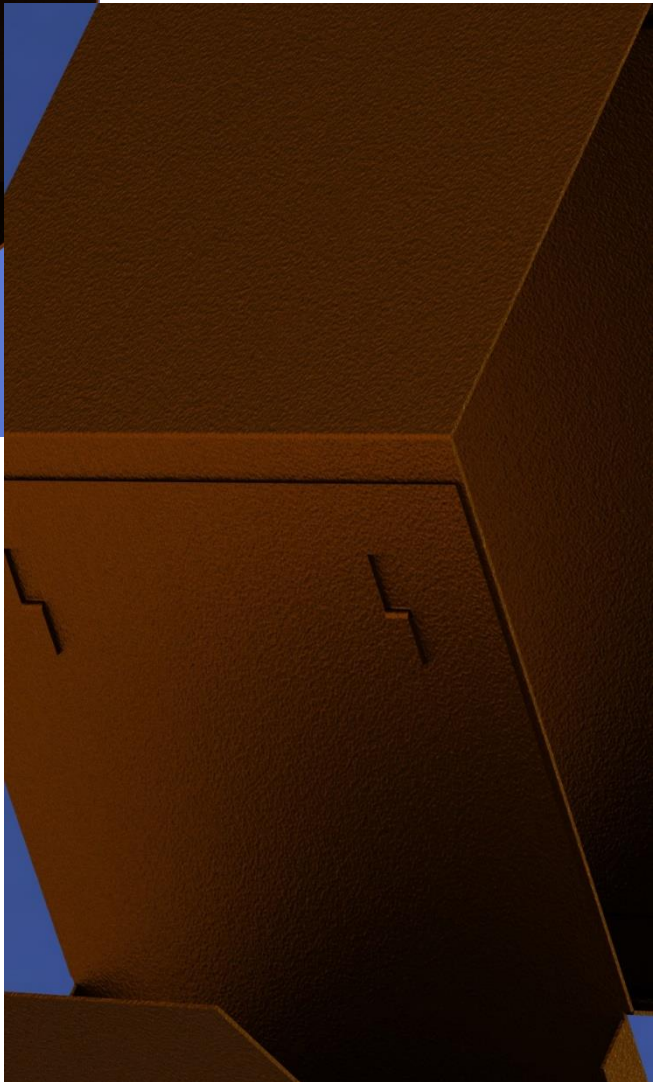
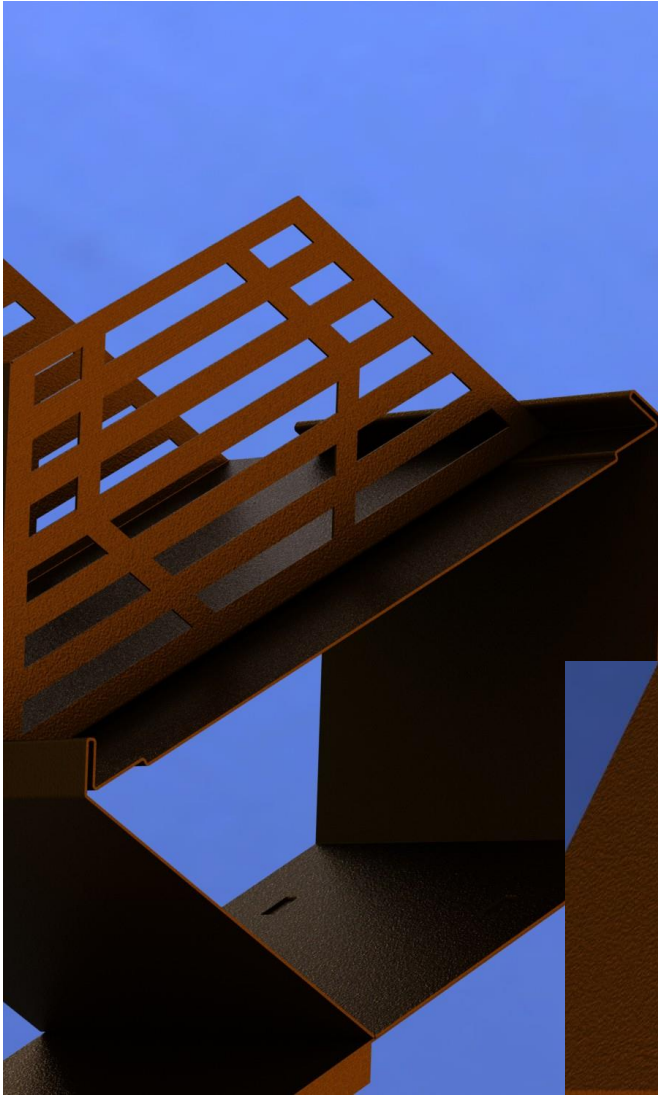


FancyFlames 143 (FF 143) - outdoor fireplace

Exploded View with the following numbers/parts:

Numbers		File / Part names:
1	=	Part 1 = Assembly (complete fireplace)
2	=	Part 2 = Standard
3	=	Part 3 = Wood storage
4	=	Part 4 = Fire bin





Part list - FF 144

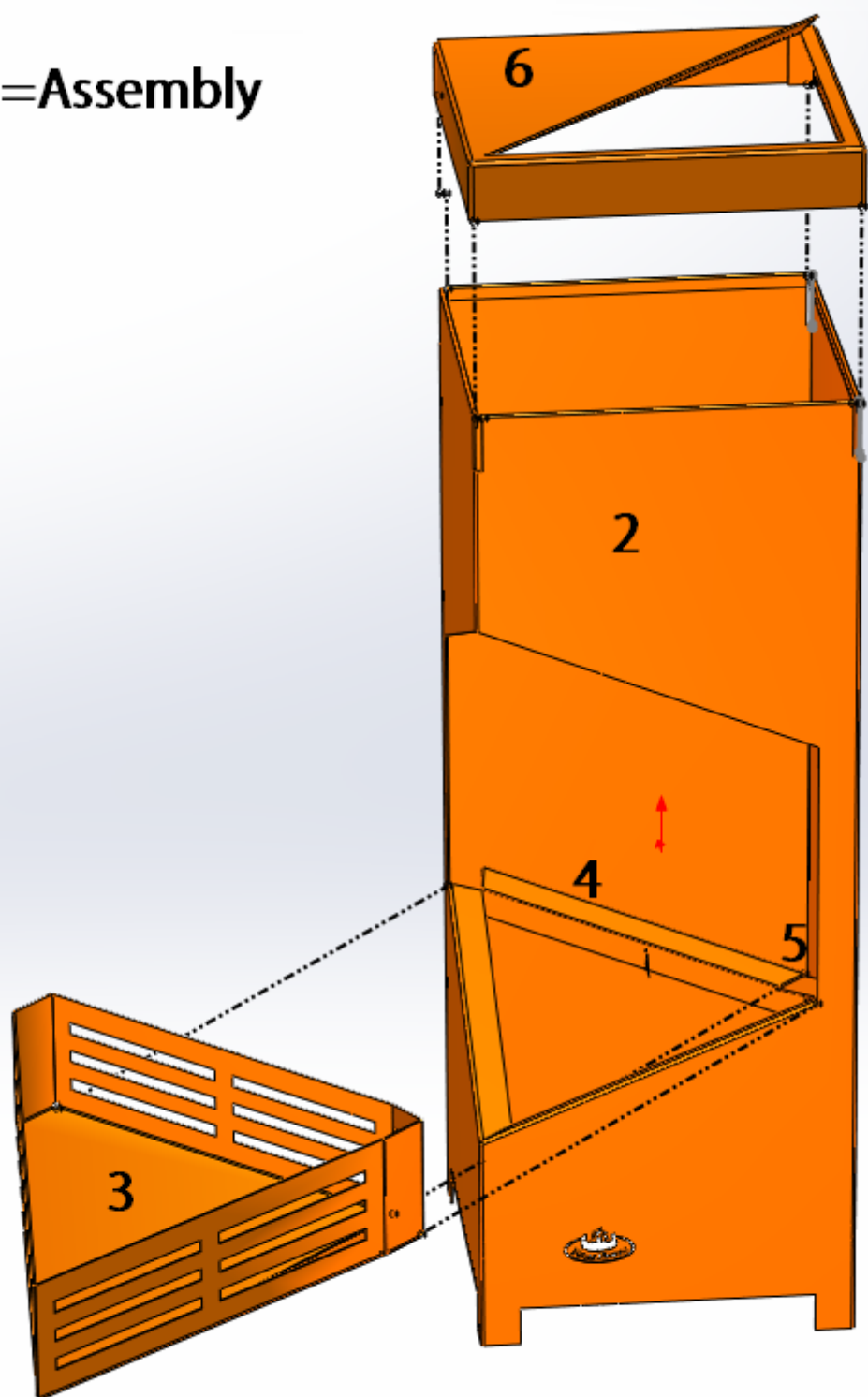


FancyFlames 144 (FF 144) - outdoor fireplace

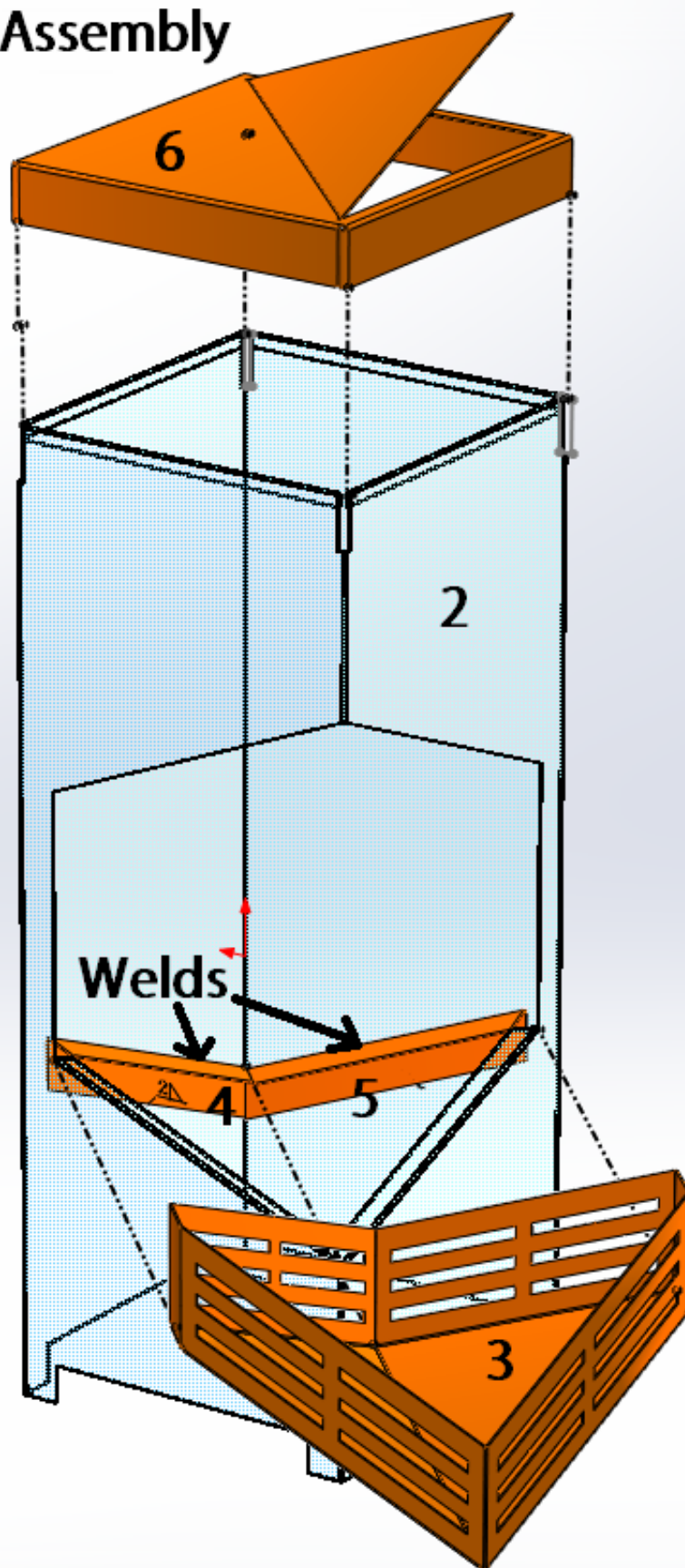
Exploded View with the following numbers/parts: **see next pages**

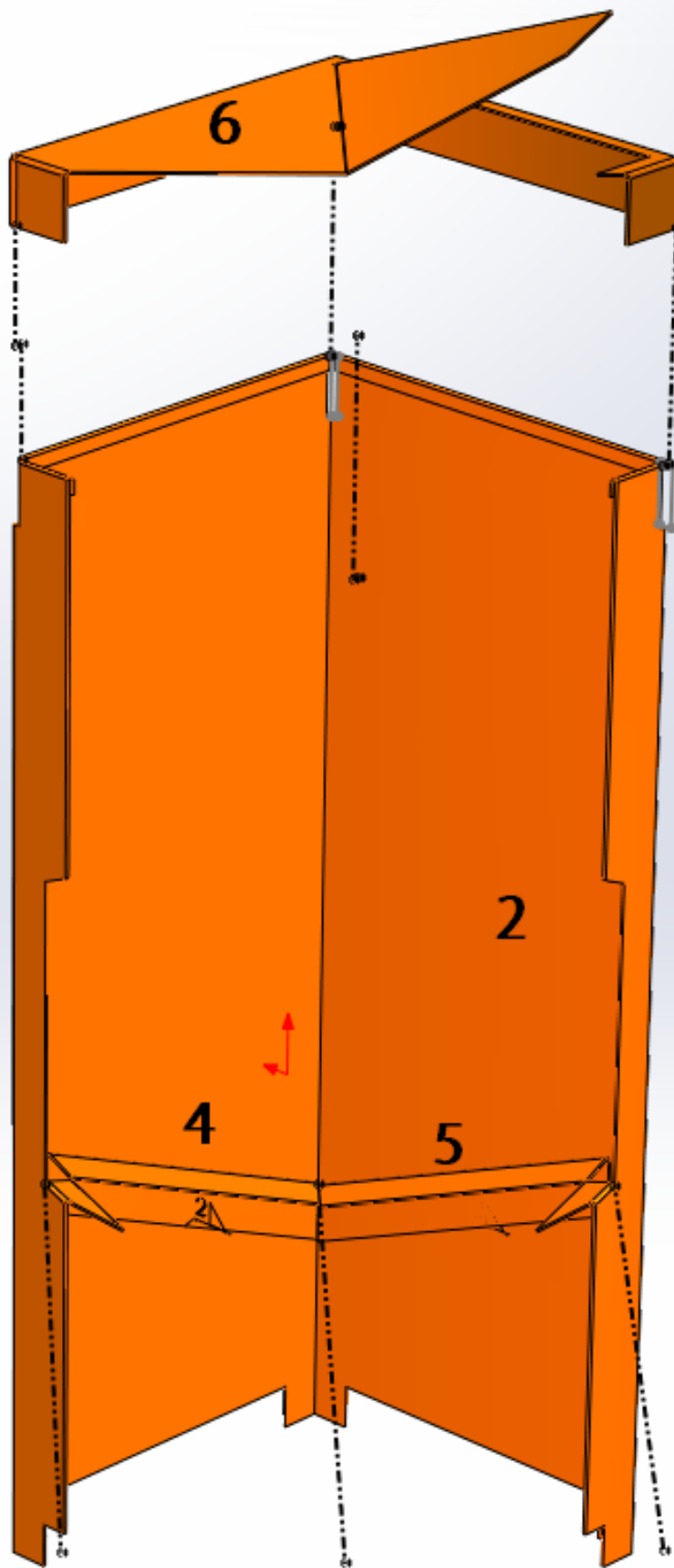
<i>Numbers</i>		<i>File / Part names:</i>	
1	=	Part 1	= Assembly (complete fireplace)
2	=	Part 2	= Housing
3	=	Part 3	= Fire Bin
4	=	Part 4	= Support Profile 1
5	=	Part 5	= Support Profile 2
			(same as part 4, but bended in opposite direction)
6	=	Part 6	= Chimney

1=Assembly



1=Assembly





Section View

