

"CANADESE" KANO

R.M. Boele, W.E. Diemer & K. Dommerholt

Begeleider: Jager

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Summary	2
1. Inleiding	2
2. Probleemstelling	2
3. Onderzoeksaspecten	2
3.1 Technologieën	2
3.1.1 Toegepaste materialen	2
3.1.2 Processen en werkmethoedieken	4
3.1.3 Productiemiddelen	6
3.1.4 Speciale gereedschappen	6
3.2 Beheersing	7
3.2.1 Procescapaciteiten	7
3.2.2 Kosten	7
3.2.3 Neveneffecten	7
3.3 Toepassing	7
3.3.1 Geschiedenis	7
3.3.2 Cases	8
3.3.3 Design rules	9
3.3.4 Trends	12
4. De verschillende alternatieven	12
4.2 Ontwerpparameters	12
5. Keuze van de alternatieven	13
6. Detaillering ontwerp toerkano	13
6.1 Toe te passen materialen	13
6.2 Detaillering van de constructie	15
6.2.1 De zitjes	15
6.2.2 De ribben	15
6.2.3 De deklíjst	15
7. Vervaardigingstechnieken	15
8. Conclusies en toetsing ontwerp aan eisenpakket	16
9. Bronnen	16
Literatuur	16
Internet	16
Bedrijfsbezoek	16

SAMENVATTING

In deze scriptie over de canadese kano wordt geanalyseerd hoe het geheel van de kano is opgebouwd, welke materialen en technieken er worden toegepast en bovendien worden er aanbevelingen gedaan over een nieuw ontwerp van een Canadees.

Behandeld worden alle ontwerpaspecten van een tourkano voor minimaal twee personen. Dit uit zich onder meer in een beschrijving van de hi-tec materialen als daar zijn composieten, in de vezelversterkte hoek, en licht metalen zoals aluminium.

Er wordt een uiteenzetting gegeven van de huidige markt en de ontwikkelingen daarin, ook wordt er aan fabricage en design rules wordt veel aandacht besteed.

Een verdere uitwerking van de toerkano voor vlak water wordt gegeven, waarbij rekening is gehouden met de verschillende ontwerpaspecten en hiervoor verantwoorde keuzes zijn gemaakt aan de hand van de daarvoor geschetste en geanalyseerde mogelijkheden. Deze uitwerking bestaat uit een algemene vormbeschrijving, een uitgebreide materiaal-keuze en een detaillering van enkele onderdelen en productiemethoden.

SUMMARY

In this paper about the Canadian canoe an analyses is made of the build-up of the canoe, which materials and techniques are being used and above all recommendations are done towards a new design of a Canadian. Treated are all design-aspects of a touring canoe for at least two persons. This results in a description of hi-tech materials such as composites and light weight metals such as aluminium. A description of the current market and developments in it are given, also a lot of attention is given to production processes and design rules of the Canadian.

A detailed description of the touring canoe on lakes will be given, which includes different design criteria and responsible choices will be made based on previously sketched and analysed possibilities. This elaboration consists of a common form description, a detailed materials choice and a specification of some parts and production processes.

1. INLEIDING

Voor U ligt het verslag van het ontwikkelingstraject van een herontwerp van de Canadese kano. Dit verslag is vooral gericht op nieuwe materiaalkeuzes en vervaardigingmethoden die tot nu toe nog niet op grote schaal worden toegepast bij het produceren van de Canadese kano. Wat bedoelen we precies als we spreken over de Canadese kano? Dit is namelijk net zoiets als het hebben over "de Franse kaas" of de "Amerikaanse auto"; een generalisatie die nogal ruim te interpreteren valt. En het gebruik van de term "Canadese kano" of "Canadees" als bijnaam voor (open) kano's is in het Europese spraakgebruik te vergelijken met hoe wij in Nederland de term "Spa Rood" gebruiken wanneer we het over bronwater met prik hebben, terwijl er natuurlijk veel meer soorten / merken bronwater met prik bestaan. Deze uiteenzetting zal in het hierna volgende verduidelijkt worden.

2. PROBLEEMSTELLING

Op welke wijze valt een Canadese kano te ontwikkelen die qua materiaal- en fabricagetechnologie voldoet aan de huidige eisen van de buitensporter, het milieu en de kano producerende industrie, zonder dat aan kwaliteit en duurzaamheid wordt ingeboed in vergelijking met de huidige top-of-the-line Canadese kano's.

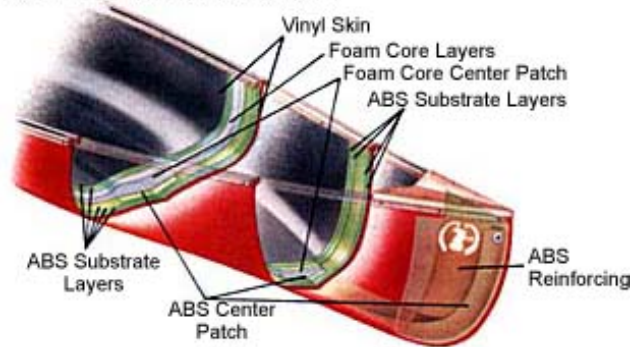
3. ONDERZOEKSASPECTEN

3.1 Technologieën

3.1.1 Toegepaste materialen

De hieronder staande materialen worden beschreven op basis van samenstelling, structuur en eigenschappen.

RX/RL Hull Construction

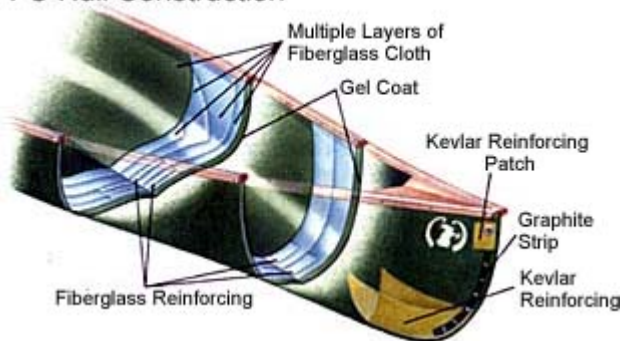


Figuur 1

Royalex (RX)

De wand van de kano bestaat uit een vinyl huid, gevolgt door unicellular foam ter opvulling, gecombineerd met lagen ABS matten. RX opbouw geeft een duurzame opbouw met een weersbestendige huid van vinyl en de ABS substraatlagen om een goede schokbestendigheid te creëren. RX is ook goed kleurbestendig onder invloed van zonlicht. De hoofdtoepassing ligt bij de wildwaterkano's.

FC Hull Construction



Figuur 2

Royalex lightweight (RL)

RL is de lichtere variant van RX. Iets minder duurzaam door toepassing van minder ABS substraatlagen. De toepassing ligt vooral binnen de recreatieve tak van het kanovaren.

Fiberglas doek (FC)

Erg licht (lichter dan RX en RL), echter door zijn eigenschappen minder schokbestendig. De FC opbouw is als volgt: Een buitenlaag van gelcoating voor hoogglans en weersbestendigheid, gevolgt door fiberglas lagen met epoxyhars of isophtalische polyesterhars. De hoofdtoepassing ligt wederom bij het recreatieve kanovaren.

Crosslink 3&trade

De opbouw bestaat uit een laag Crosslink 3 (bestaat voornamelijk uit HDPE), gevolgt door een kern van schuim, afgedekt met een lineaire laag HDPE. Qua eigenschappen is Crosslink 3 sterk en erg duurzaam. Bovendien heeft deze opbouw een hoge slagbestendigheid en een goed koude- en geluidsisolatie door de schuimlaag.

Carbonlite 2000 (CL)

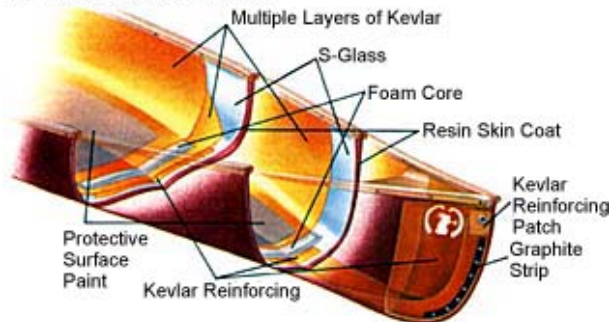
CL is even zwaar als glasvezel, echter beter schokbestendig dan glasvezelmatten. Bovendien is dit materiaal hoog UV-bestendig, weersbestendig en heeft het een goed vormgeheugen na indeuken. CL is goedkoper dan glasvezel, is 100% recyclebaar en heeft een hoge vormvrijheid.

Als verder pluspunt dient aangemerkt te worden dat de kleur zich door het gehele materiaal bevindt i.p.v. alleen een coating.

Kevlar (KV = Kevlar 49)

Kevlar is sterker dan fiberglas, 20% lichter dan fiberglas (door de lage dichtheid), beter scheurbestendig en 5x sterker dan staal. De impactsterkte is het grootste voordeel van het materiaal. De opbouw bestaat globaal uit een gelcoating, gevolgd door 3 tot resp. 11 lagen kevlar.

KL Hull Construction



Figuur 3

Kevlar lightweight (KL)

KL is de lichtere variant van Kevlar 49. De slagsterkte bij deze opbouw wordt gehaald uit de kevlar matten en de stijfheid uit Corecell-schuim (een stijf, maar toch elastisch lineair schuim). Het lage gewicht wordt gehaald in de opbouw door het weglaten van verribbingen en het vervangen van de gelcoating door een verflaag.

Aluminium

Aluminium wordt bij de canadese kano toegepast voor de grondvorm. Aluminium kan als enkele laag toegepast worden of met een schuimlaag ertussen. De betere aluminium kano's worden gemaakt van legering 6061-T4 dat magnesium en siliconen bevat en door zijn warmtebehandeling erg sterk is, terwijl het gewicht toch laag gehouden kan worden door de lage dichtheid. Een goedkopere variant is het koud gedeformeerde 5052-H32. Dit is zachter en minder stijf dan het warmtebehandelde 6061-T4.

Hout

De in de kanobouw toegepaste houtsoorten zijn voornamelijk: multiplex, cederhout, mahoniehout en tropisch / Europees hardhout. Multiplex wordt in combinatie met epoxyhars vaak toegepast voor de grondvorm. Cederhout (blank / wit) wordt voornamelijk toegepast voor de grondvorm en verribbingen en is hier eigenlijk de beste houtsoort voor, aangezien het licht, sterk, erg flexibel en verrottingsbestendig is. Mahoniehout wordt eigenlijk alleen nog maar toegepast voor de afwerking van luxe, handgemaakte Canadezen. Tropisch / Europees hardhout wordt in de kanobouw puur en alleen gebruikt voor de opbouw van de grondvorm en verribbingen. Hout is een erg moeilijk materiaal in de kanobouw, aangezien het veel expertise vereist om mee te werken, omdat het voornamelijk handwerk is.

3.1.2 Processen en werkmethoedieken

Informatie over processen en werkmethoedieken voor het fabriceren van kunststof kano's via methoden als rotatiegieten, persen, lamineren etc. met behulp van een matrijs is weinig over te vinden in de literatuur. Dit aangezien kanofabrikanten hun fabricageprocessen vanwege concurrentie redenen niet zomaar prijs geven. Er zijn echter wel enkele methoden bekend over de opbouw van de kano. Deze kunnen echter gehaald worden uit de plaatjes die wij verschaffen onder het kopje materialen. Dit is zeer summier, maar meer informatie was hierover niet. Voor de fabricage van het materiaal Crosslink 3 is echter wel een proces bekend dat voor de meeste kunststof kano's wel zijn opgang heeft. Een kanoromp van een kunststof kano begint als afgemeten hoeveelheid kleine granulaatkorrels die gefaseerd in een matrijs worden gebracht voor het lamineren. De matrijs wordt vastgehouden door een mechanische arm en een transportopstelling, welke de matrijs langzaam heen en weer bewegen, terwijl deze wordt

geroteerd in een serie van tevoren bepaalde richtingen. In deze inrichting wordt de matrijs naar een hoge temperatuuroven gebracht en hier vindt het rotatiegietproces plaats. Tot slot wordt de romp uit de matrijs verwijderd, waarna hij kan afkoelen tot verdere bewerkingsstappen volgen. Onder de kritische factoren in het gehele proces zitten de frequentie en duur van verhitting en afkoelingscycli, de juiste hoek en snelheid van rotatie en de kwaliteit van de matrijs en de grondstof.

Over de houtbouw is het volgende bekend:

Conventionele houtbouw

In het verre verleden werden boten gemaakt door een boomstam uit te hollen, later werden de zijden wat verhoogd met planken, die er met houten pennen of bindsels tegenaan gezet werden. Zo hebben de mensen zo langzamerhand boten van planken leren bouwen. Dit bouwen met planken wordt hier de klassieke bouwmethode genoemd. Nu kunnen er verschillende methoden gebruikt worden:

Karveel:

De bouw begint met het leggen van de kiel en het daarop zetten van een stevig spantwerk, waartegen de planken sluitend tegen elkaar bevestigd worden.

Overnaads:

Ook nu wordt begonnen met het leggen van de kiel maar daarna wordt meteen begonnen met het bevestigen van de stroken huid, die overlappend aan elkaar bevestigd worden, de spanten worden later tijdens de bouw in de romp bevestigd. De overnaadse bouw is uitgevonden door de Vikingen, die met hun sterke lichte schepen de wereldzeeën trotseerden. Moderne overnaadse boten worden ook veel gemaakt van multiplex dat als voordeel heeft dat het homogener is en dat er bredere delen van gemaakt kunnen worden.

Lattenbouw

Moesten men vroeger de latten voor ze op de spanten aangebracht werden, schaven om een goede passing, van lat tegen lat, te krijgen, nu worden de latten aan de ene kant hol en aan de andere kant bol gefreesd en passen ze zo in elkaar. Had men vroeger alleen maar spijkers van messing of gegalvaniseerd ijzer, wat zeker op den duur aantasting van het hout, door oxydatie van die spijkers opleverde. Nu zijn er roestvrijstalen nagels, die in elk geval langer meegaan. Ten slotte waar de vakman eerder vertrouwde op het water, dat het hout deed zwellen, om de boot dicht te krijgen, worden de latten nu op elkaar gelijmd. De romp is dan altijd waterdicht, ook als de boot op het droge gestald wordt. Conventionele lattenbouw levert sterke, duurzame boten op, die wel wat zwaar zijn. Een nog modernere lattenbouw is de "woodcore" methode.

Woodcore

Eerst wordt er een romp gebouwd zoals bij de conventionele lattenbouw, maar dan zonder spijkers om de latten te verbinden. De latten worden gewoon op een spantwerk tegen elkaar gelijmd. Daarna wordt de romp van binnen en buiten glad geschuurd en bekleed met een stevige laag glasweefsel gedrenkt in epoxyhars. Omdat er een stevige kunststof laag aan twee kanten om het hout heen komt is het niet nodig dat er hardhout gebruikt wordt. In de meeste gevallen wordt er Red Cedar gebruikt omdat dit licht is en er grote lengten zonder fouten van te krijgen zijn.

In de conventionele lattenbouw blijven de spanten in de romp zitten, maar bij Woodcore wordt in vele gevallen het spantenraam als mal weer gebruikt en worden er zo nodig later enkele spanten in de romp aangebracht. Het resultaat een stevige lichte composiet boot. Woodcore is bij uitstek de methode voor het bouwen van "one off's", boten waarvan geen series gebouwd worden.

Modern overnaads

Klassieke methode:

Zoals al bij de conventionele houtbouw vermeld staat is de overnaadse bouw een van de oudste manieren om een schip te bouwen. Het is een voordelige methode die weinig mallen vereist. Vroeger was dat zeker zo de bouwer bouwde vaak een of twee typen boten en was daarop helemaal ingespeeld. Hij wist dus van elke plank het model en de afschuining die er aan de kanten aangeschaafd moesten worden. In vele oude

overnaadse boten vindt je dan ook alleen dunne gebogen (gestoomde) essen spantjes die de boot in model houden. De delen werden aan elkaar gemaakt met houten pennen en later met rood koperen klinknagels. Het zijn prachtige boten om te zien maar erg arbeidsintensief.

Moderne manier:

De nieuwere methode geeft ook hele mooie resultaten, maar met veel minder werk. Omdat de delen (multiplex) direct aan elkaar gelijmd worden is er veel minder binnenwerk in een boot nodig dan vroeger. Zo ontstaat er een lichte sterke romp die er ook nog mooi uitziet. Nu er al zo'n veertig jaar van dit soort boten rondvaren, weten men, dat deze vaartuigen duurzaam zijn en ook niet veel onderhoud vragen. Met een computer kunnen de uitslagen van delen op de millimeter nauwkeurig berekend worden. Met epoxyhars kunnen de boten van binnen en buiten behandeld worden en dan zijn ze ook nog makkelijk in het onderhoud.

Vormverlijmen

Vormverlijmen is een techniek, die ontstaan is in de laatste wereldoorlog. De boten die zo gebouwd zijn heten ook wel "plakhouten" boten. Men begint met een stevige houten mal. Over die mal wordt een laag plastic aangebracht en daar worden diagonaal over elkaar enkele dunne lagen hout (fijner) gelijmd. Als lijm wordt tegenwoordig vaak epoxyhars gebruikt, maar ook de oorspronkelijke resorcine of melamine zijn heel goed te gebruiken. Om het fijner op de mal te houden worden er vele nietjes gebruikt. Vacuüm zou ook goed zijn om het hout aan te drukken.

Moelijkheden:

Het grootste probleem bij vormverlijmen is het ontstaan van luchtinsluitingen tussen de lagen. Om dit te voorkomen moet er die stevige, latten mal gebouwd worden (met de latten dicht opeen), of moet er door de lijm (in dit geval dan epoxyhars) een verdikkingsmiddel gedaan worden, zodat er dikke lagen van aangebracht kunnen worden.

Het bouwen van een (bijna) gesloten mal is duur en eigenlijk alleen te verantwoorden als er meerdere boten op gebouwd gaan worden. In andere gevallen is de truc met het vulmiddel beter. In de beginperiode van het epoxy-composiet bouwen zijn er veel boten op deze manier gebouwd. De mal, spanten met langslatten (stringers) bleef dan als binnenconstructie in de boot zitten.

Opbouw:

Meestal wordt met drie lagen dik fijner of dun triplex volstaan, waarbij de laatste laag langsscheeps aangebracht kan worden, dit wordt vooral gedaan bij boten, die met blanke lak afgewerkt worden. Het resultaat is mits alles goed past prachtig om te zien. Twee lagen wordt ook wel toegepast maar dan is er toch een derde laag, glasweefsel met epoxyhars nodig om een waterdicht resultaat te garanderen.

Ashcroft:

Een alternatieve methode is Ashcroft waarbij lagen dun triplex in dezelfde richting overlappend op elkaar gelijmd worden. Deze techniek kan ook worden toegepast op delen van een romp of opbouw waar extreme bolling of torsie voorkomt. Goed gebouwde vormverlijmden rompen zijn licht en stijf, ze hebben haast geen binnenwerk nodig en gaan lang mee.

3.1.3 Productiemiddelen

Voor conventionele houtbouw van de Canadese kano is dit voornamelijk handwerk, waarbij ook wel gebruik gemaakt wordt van het proces van bevochtigen, vervormen en persen onder hoge druk in matrijzen. Modernere constructies van fiberglas en dergelijke worden nog veel met de hand in matrijzen geplaatst of erover en onder druk samengeperst en verhit, zodat de thermohardende epoxyharsen hun vaste vorm aannemen. Opschuimen van binnenwerken van de grondvormen gebeurt bovendien veelal in matrijzen. Nieuwere hightech polymeren als Carbonlite en Crosslink 3 worden verwerkt tot kanogrondivorm d.m.v. rotatiegieten. Men ziet dus een verschuiving van handwerk naar de meer geautomatiseerde productieprocessen.

3.1.4 Speciale gereedschappen

Voor de conventionele houtbouw vallen als speciale gereedschappen aan te merken de klinkhamer, de kopspijktrekker, fingerplane en de kanohamer. Voor moderne

productietechnieken worden specifieke matrijzen gebruikt voor de hoofdvorm, waarbij vooral aan rotatiegietinrichtingen gedacht moet worden als men het over speciale gereedschappen heeft.

3.2 Beheersing

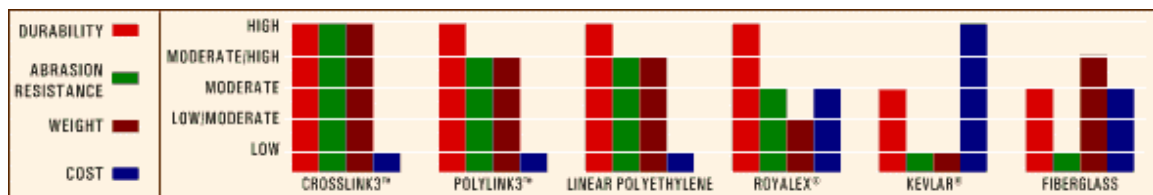
3.2.1 Procescapaciteiten

Er is weinig bekend over de toegepaste procesparameters (zie bovenstaande) voornamelijk bij de moderne kunststof boten, houten kano's worden evenwel vaak volgens conventionele houtbouwtechnieken vervaardigd. In de meeste gevallen is het handwerk of worden de houten grondvormen vervaardigd op analoge wijze aan de vervaardiging van multiplex schaaldelen, dus onder hoge druk in een matrijs persen van de gebruikte houtsoort, waarbij het hout vervormd kan worden door het inspuiten van stoom waardoor het hout vrij gebogen kan worden. Glasfiber en epoxyharsen worden in hun uiteindelijke verkregen door ze om een matrijs te plaatsen en te verhitten tot de glastemperatuur van het materiaal.

3.2.2 Kosten

Handwerk is duur, vandaar dat de arbeidsintensieve houten Canadese kano's vrij prijzig zijn. Echter de grondstoffen zijn vaak niet al te duur, bijvoorbeeld rood cederhout. Kunststof kano's zijn qua materialen tegenwoordig vaak iets duurder vanwege het feit dat deze vaak hightech zijn, waarbij dure materialen worden gebruikt. Echter hierop wordt veel bespaard doordat de fabricageprocessen geautomatiseerd zijn en deze kano's in massaproductie worden vervaardigd. Ons inziens is de fiberglas constructie de goedkoopste qua materialen (fiberglas, hars en evt. schuim) en vervaardiging die door het vormen in matrijzen zeker een groot deel minder arbeidsintensief is dan de houtbouw.

Prijsschattingen volgens erkende kanobouwer (Old town canoe) in vergelijking met duurzaamheid, weersbestendigheid en gewicht.



Figuur 4

3.2.3 Neveneffecten

Mogelijke neveneffecten van toepassing van kunststoffen in de Canadese kano zijn schadelijkheid voor de gezondheid bij verwerking. Dit geldt echter ook voor cederhout, waarvan het stof giftig is. Milieutechnisch gezien zijn de hardhoutsoorten schadelijk i.v.m. ontbossing etc. Echter wanneer men deze houtsoorten toch wil toepassen, kan men zijn hout inkopen bij een handelaar die weer nieuwe bomen aanplant. Toepassing van kunststoffen is redelijk schadelijk i.v.m. een lage recyclingsfactor, aangezien vele kunststoffen niet afbreekbaar zijn, zoals kevlar. Bovendien zijn de verwerkingsprocessen schadelijker. Aluminium is qua recycling een gunstig materiaal, echter niet als het gecoat wordt en bovendien is het vervaardigingproces van de grondstof uit bauxiet een energie rovende en milieubelastende activiteit.

3.3 Toepassing

3.3.1 Geschiedenis

Alhoewel veel mensen geloven dat de eerste kano ontwikkelt is in de 17e eeuw door de Woodland Indians van Noord-Amerika, is dit niet helemaal waar. De eerste kano's waren namelijk aanpassingen van de zeewaardige uitgeholde boomstammen, gebruikt door de indianen van de Caribische eilanden. Deze uitgeholde boomstammen werden gebruikt om tussen de Caribische eilanden te pendelen. Het Caraibische woord "kenu" dat dient als de basis van het woord kano, betekend letterlijk "de uit een boom gehakte boot". In de vroege 17e eeuw begonnen Noord Amerikaanse indianen de huidige bekende versie van de kano te ontwikkelen. Door ze op te bouwen uit uitgeholde boomstammen en sterke lichtgewicht basten van berkenbomen aan het houten skelet te bevestigen. Deze boten die over de laatste 400 jaar

eigenlijk niet veranderd zijn, bleken uiterst geschikt te zijn om beken, rivieren en meren die vaak zeer ondiep waren te kunnen bevaren. Berkenbast was de perfecte keuze om kano's van te maken. Dit materiaal was niet alleen licht en glad, maar ook waterdicht en schokbestendig. Bovendien kan men de berkenboom bijna overal in Canada vinden.

De verschillende onderdelen van de kano werden bijeen gehouden door de wortels van de witte den en waterdicht gemaakt door er warme dennenhars overheen te gieten. Toen de handel zich begon te ontwikkelen in Noord-Amerika, ontstond ook de grotere vraag naar kano's. De pelshandel werd zelfs zo groot dat de Fransen 's wereld eerste kanofabriek bouwden bij Trois Rivières in Quebec rond het jaar 1750. Vele van de toen in gebruik zijnde kano's konden tot twaalf mensen dragen en een lading van rond de 2400 kg.

Er zijn twee typen kano's, de K-boot of kajak, een gesloten vaartuig, in het algemeen bedoeld voor éénmansgebruik en voortgestuwd door een enkele peddel met een blad aan elk uiteinde. Het tweede type kano is de meer traditionele C-boot, of Canadees. De Canadees wordt gefabriceerd uit verschillende materialen, variërend van hout tot kevlar. Dit type kano is meestal 5,3 meter lang en het gewicht is afhankelijk van het gebruikte materiaal. De Canadees is bedoeld voor twee personen, waarbij elke kanoër één peddel met één blad gebruikt.

De Europese verwarring

De eerste open kano's waar men in Europa in recreatieve zin mee in aanraking kwam, waren meestal van het type dat men in Amerika de "Canadese stijl" kano's noemden. Omdat men hier in Europa waarschijnlijk niet beter wist, en omdat in Europa de op de kajak gebaseerde vaartuigen al bekend stonden als kano, ging men in verscheidene Europese landen de benaming Canadese kano, of "Canadees" voor alle soorten open kano's gebruiken. Iets wat behoorlijk verwarrend werkt: Er zijn bijvoorbeeld mensen die daardoor denken dat een "open kano" een kajak is of als ze het helemaal door elkaar halen noemen ze een kano zelfs wel een "Canadese kajak".

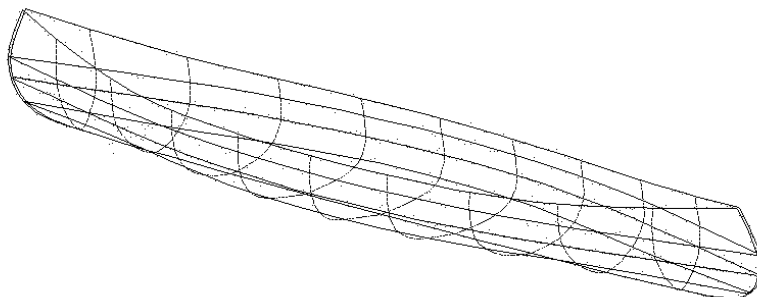
3.3.2 Cases

Er is gekozen voor bij deze cases voor twee voorbeelden van zelfbouwkano's. Deze geven een goede indruk wat er bij het bouwen van een kano komt kijken. Verder geeft het enige informatie over afmetingen, draagvermogen, constructieve details en toepassingsgebieden.

Eleanor, een elegante Canadese kano.

Deze boot is bedoeld voor tochten op binnenwater, ze heeft voldoende draagvermogen voor twee personen, een lichtgewicht kampeeruitrusting en eventueel een klein kind of huisdier. U kunt er totaal zo'n 375 kilo in meenemen

Dit laadvermogen komt tot stand door de grote lengte van 5,50 Mtr. Bij het vervoer op een kleine auto kan dit misschien problemen opleveren. Eleanor, een lange slanke kano stelt wel enige eisen aan de vaardigheid van de inzittenden. Door de licht V-vormige bodem is ze echter wel koersvast. Ze zal door haar geringe breedte, van 78 cm, makkelijk en snel varen. De romp heeft een moderne asymmetrische vorm met een scherpe steven en een wat voller achterschip. Ze wordt gevaren met de bemanning zittend op losse knielzittingen, zodat de trim van de boot gewijzigd kan worden.



Figuur 5 Eleanor Canadese kano, ontwerp R Hijszeler.

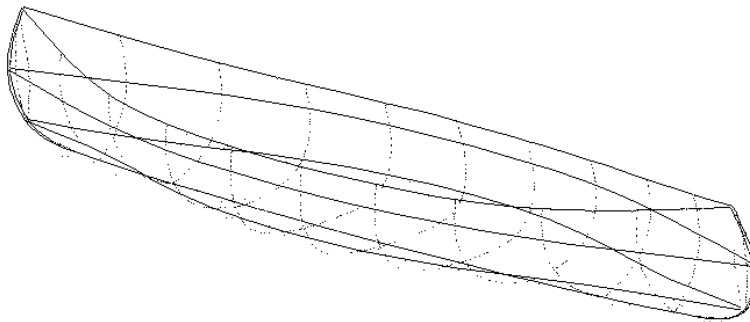
De Eleanor wordt gebouwd van Red Cedar latten, volgens de woodcore methode. Ze wordt op de kop, op een frame van houten balken en multiplex hulpspanten gemaakt. Lat voor lat worden, aan twee kanten tegelijk, tegen elkaar gelijmd. Als het houtwerk klaar is, wordt de romp gladgeschuurd en aan de buitenkant voorzien van een bekleding van glasweefsel en

epoxyhars. Daarna wordt de boot van het frame getild en omgedraaid, dan wordt ook de binnenkant gladgeschuurd en met glasweefsel bekleed. Is dat klaar dan kunnen er in de stevens nog waterdichte compartimenten gemaakt worden. Om de boot steviger te maken worden er bovenaan de binnenkant van de romp twee latten gelijmd, waartussen in het midden een afstandshouder wordt bevestigd. Het laatste houtwerk is het aanbrengen van twee houten schuurlijsten aan de buitenkant van het boord. Hierna kan de hele boot gelakt worden met een goede blanke lak. De totale duur van de bouw is ongeveer 80 uur.

Trudy, een stabiele Canadese kano.

Deze boot is bedoeld voor tochten op binnenwater, ze heeft voldoende draagvermogen voor twee personen een uitgebreide kampeeruitrusting en eventueel een klein kind of huisdier. Het laadvermogen van deze boot bedraagt 400 kilo. Dit laadvermogen komt tot stand door de volle spantvorm in het midden. De boot is geschikt voor het vervoer op een kleine auto. Trudy is door iedereen makkelijk te varen. De ronde bodem maakt de boot wendbaar en erg geschikt voor 't varen in kleinschalige vaargebieden. De Trudy heeft een grootste breedte van 84,5 cm en een lengte van 4,80 mtr. De romp heeft een licht asymmetrische vorm met een scherpere steven en een wat voller achterschip.

Ze wordt gevaren met de bemanning zittend op losse knielzittingen, zodat de trim van de boot gewijzigd kan worden. Als alternatief kunnen er ook een paar banken in de boot bevestigd worden.

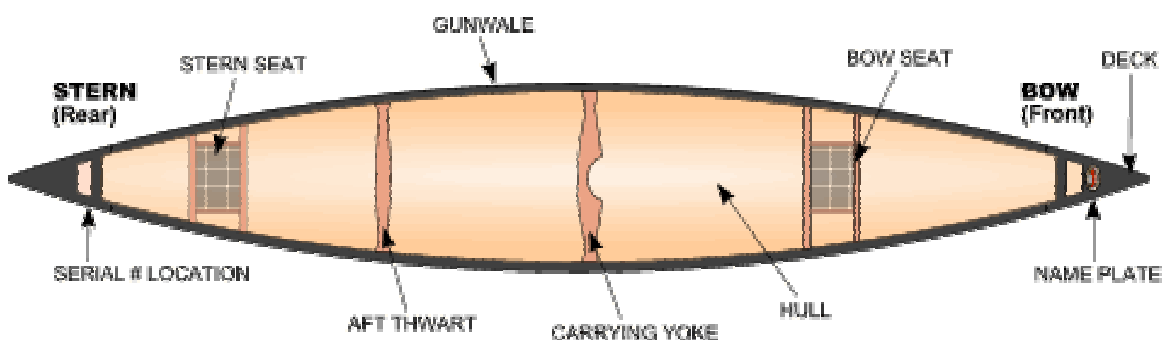


Figuur 6 Trudy canadese kano ontwerp R Hijzeler

De Trudy wordt gebouwd van Red Cedar latten volgens de woodcore methode. Ze wordt op de kop, op een frame gemaakt van houten balken en multiplex hulpspanten. Lat voor lat worden, aan twee kanten tegelijk, tegen elkaar gelijmd. Als het houtwerk klaar is wordt de romp gladgeschuurd en aan de buitenkant voorzien van een bekleding van glasweefsel en epoxyhars. Daarna wordt de boot van het frame gelicht en omgedraaid, dan wordt ook de binnenkant gladgeschuurd en met glasweefsel bekleed. Is dat klaar dan kunnen er in de stevens nog waterdichte compartimenten gemaakt worden. Om de boot steviger te maken worden erboven aan de binnenkant van de romp twee latten gelijmd waar tussen in het midden een afstandshouder wordt bevestigd. Het laatste houtwerk is het aanbrengen van twee houten schuurlijsten aan de buitenkant van het boord. Hierna kan de hele boot gelakt worden met een goede blanke lak. De totale duur van de bouw is ongeveer 80 uur.

3.3.3 Design rules

Hieronder staat allereerst een overzichtsplaatje van de verschillende onderdelen van de Canadese kano.



Ontwerpaspecten:*Lengte*

Langere kano's hebben een grotere rompsnelheid, ze sporen beter en hebben een groter potentieel aan draagvermogen. Kleinere kano's zijn beter te sturen en lichter qua gewicht.

Breedte

De breedte wordt gegeven in twee bematingen: de breedte bij het dolboord (gunwale) en de breedte op de 4 inch waterlinie. De 4 inch waterlinie-breedte heeft de grootste invloed op prestatie; hoe breder de kano, des te stabiel, maar trager de kano wordt. Smalle kano's mogen minder stabiel zijn, maar bieden betere efficiëntie en rompsnelheid.

Diepte

Grotere diepte zorgt ervoor dat er meer last gedragen kan worden en geeft een betere barrière tegen spatwater. Echter diepe kano's zijn moeilijker te varen onder winderige omstandigheden en zijn zwaarder. De vorm van de bodem van de kano en hoe deze overgaat in de zijanten beïnvloedt de prestaties. De stabiliteit van een kano wordt grotendeels beïnvloedt door zijn doorsneden.

Waterlijn

De vorm van de boeg waar deze het water raakt heeft een groot effect op de prestaties van de kano. Een scherpe mesachtige lijn gaat makkelijk door het water, een botte boeg geeft meer drijfvermogen in golven, dus een drogere vaartocht.

Symmetrie

Symmetrische kano's bieden een veelzijdiger ontwerp en zijn makkelijker van tandemkano naar solokano om te bouwen. Asymmetrische kano's dienen vaak één specifiek doel.

Platte bodem

Figuur 7

Kano's met een platte bodem bieden een hoge initiële stabiliteit, d.w.z. ze zijn heel secuur op rustig water. Kano's met een platte bodem zijn goed voor algemene recreatieve toepassingen, waarbij stabiliteit gevraagd wordt.

Lichte boog bodem

Figuur 8

Dit type kano heeft minder initiële stabiliteit, maar goede secundaire stabiliteit. Als de kano naar één kant overhelt, zal het op zijn zijkant balanceren en weerstand bieden tegen verder omkiepen. Dit type kano biedt de beste allround performance en is ook geschikt voor wildwatervaren.

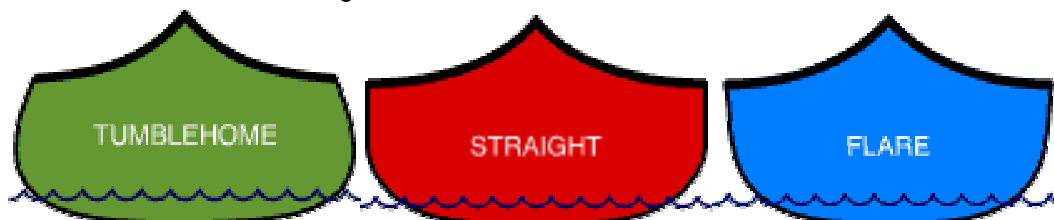
Ronde bodem

Figuur 9

Kano's met een ronde bodem hebben een hoge secundaire stabiliteit, maar weinig initiële stabiliteit. Ze worden ontworpen voor snelheid en efficiëntie en hebben vaak een specialistische toepassing.

Kielen

Een kiel helpt korte kano's bij het sporen en verhoogd de weerstand van de kano tegen zijwinden. Het toepassen van een kiel is vooral belangrijk bij de recreatieve, rustige kano.

Flare, Tumblehome en Straight-sided

Figuur 10

De zijanten van de kano kunnen bovenstaande vorm hebben. Flare is goed tegen spatwater en verhoogt de stabiliteit. Tumblehome geeft een smallere bovenkant en vergemakkelijkt het peddelen, echter de stabiliteit neemt af. En straight bevindt zich tussen deze twee typen in.

NB: Men dient in gedachte te houden dat vele kano's meerdere van deze typen zijden kunnen omvatten.

Kiellijn

Dit is de curve van de kiellijn van boeg tot achterzijde. Hiervan zijn er drie typen:

Rechte lijn

Figuur 11

Deze kiellijn heeft geen kromming, waardoor hij heel goed spoort, maar slecht is qua wendbaarheid.

Grote kromming

Figuur 12

Extreem grote kromming in de kiellijn biedt een hoge wendbaarheid, maar spoort niet goed.

Gemiddelde kromming



Figuur 13

Kano's met deze kromming staat meestal wat omhoog bij beide uiteinden en geven een combinatie van de eigenschappen van bovenstaande typen. De meeste kano's met recreatieve toepassingen hebben deze vorm.

3.3.4 Trends

De trends op het gebied van de Canadese kano gaan steeds meer van de traditionele ceder- of vurenhouten kano naar een meer Hi-tech kunststofkano met betere weers- annex omgevingsbestendigheid en zeker een hogere slagbestendigheid. Een tweede punt dat hiervoor spreekt is de lichtere constructie die het mogelijk maakt op de mooiste plekken te komen (evt. met tillen) tijdens een trektocht. De vormvrijheid, zeker bij complexe dubbelgekromde oppervlakken, is groter bij kunststoffen, waardoor eenvoudiger te gebruiken en beter te wenden kano's ontstaan. Zeker in de huidige buitensportontwikkelingen waar de kano een groeiend aandeel in heeft, zijn kunststof kano's in opgang door hun gunstige prijs-kwaliteit verhouding. Dit bewerkt de alsmar hogere wensen van de buitensportconsument richting de kunststof kano die sinds de jaren 70 steeds meer de overhand neemt. Vooral ook is te zien dat de op de trektocht gerichte kano's hydrodynamischer en wendbaarder worden door nieuwe vormen en speciale coatings voor de grondvorm.

4. DE VERSCHILLENDE ALTERNATIEVEN

Naar aanleiding van de relatief grote doelgroep "de recreatieve kanovaarder", is er besloten deze doelgroep op te splitsen naar drie gebruiksmogelijkheden:

1. Toerkano voor ruw water. Deze kano wordt vooral gebruikt op groot open water waar veel golfslag plaats vindt. Belangrijke eisen hierbij zijn de goede stabiliteit in de golven en het tegenhouden van spatwater, waarbij rekening gehouden moet worden met de zijwind op open water.
2. Toerkano voor wild water.
3. Deze kano wordt gebruikt op rivieren met stroomversnellingen. Hierbij zijn belangrijke eisen de grote wendbaarheid, het tegenhouden van spatwater en de geringe diepte van de boot. Toerkano voor vlak water. Deze kano wordt vooral gebruikt voor lange tochten op rustige rivieren en meertjes. Belangrijke eisen zijn de koersvastheid, de stabiliteit en het grote draagvermogen voor eventuele kampeeruitrustingen.

4.2 Ontwerpparameters

Deze parameters zijn gebaseerd op de hierboven genoemde drie doelgroepen.

	Toerkano voor ruw water	Toerkano voor wild water	Toerkano voor vlak water
Lengte	Lang (5,2 m)	Kort (4,5 m)	Extreem lang (5.6 m)
Breedte	Breed (85 cm)	Smal (78 cm)	Gemiddeld (82 cm)
Diepte	Groot (37 cm)	Klein (30 cm)	Gemiddeld (34 cm)
Waterlijn	Voorwaartse steven	Voorwaartse steven	Teruggebogen steven
Symmetrie	Symmetrisch	Symmetrisch	Symmetrisch
Bodem	V-bodem	Lichte boog bodem	Platte bodem

Kielen	Geen	Geen	Wel
Zijden	Flare	Straight	Tumblehome
Kiellijn	Lichte kiellijn met verheffing	Gebogen kiellijn	Rechte kiellijn

Tabel 1

5. KEUZE VAN DE ALTERNATIEVEN

Er is gekozen voor de Toerkano voor vlak water. Deze zal vooral in Nederland veel gebruikt worden en past het beste bij de eerder geformuleerde probleemstelling. Er wordt hier vooral gedoeld op de "gezinskano", waarbij de grote stabiliteit en een groot draagvermogen een pré zijn. Deze kano zal aan de volgende eisen moeten gaan voldoen:

1. Gewicht van de lege kano mag maximaal 35 kg zijn
2. De kano moet slagbestendig zijn
3. De verkoopprijs mag maximaal Fl. 3000,= bedragen
4. De kano moet uit kunststof vervaardigd worden
5. Het draagvermogen moet minimaal 375 kg zijn
6. De kano moet uiterst stabiel en koersvast zijn
7. De diepgang van de kano mag maximaal 15 cm bij volledige belading
8. De verschillende materialen dienen zo veel mogelijk te scheiden te zijn
9. De kano moet ruimte bieden aan minimaal twee volwassenen

Hieronder staat het model van de kano zoals hij eruit zou moeten zien volgens de eerder omschreven ontwerpaspecten.

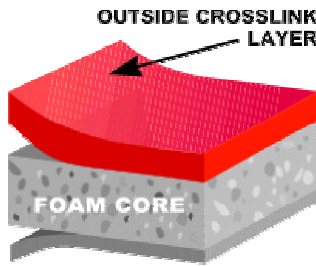


Figuur 14

6. DETAILLERING ONTWERP TOERKANO

6.1 Toe te passen materialen

Aan de hand van § 3.1.1 en § 3.2.2 is een keuze gemaakt uit de uiteengezette composietmaterialen voor de hoofdvorm van de toerkano. Ons oog is hierbij gevallen op Crosslink 3, dat vanwege zijn gunstige combinatie van eigenschappen ons doel van de rustige recreatieve toervaarder beantwoordt.



Crosslink 3

De Crosslink 3 grondvorm wordt geproduceerd door een rotatiegietproces, gepatenteerd door L. Gilman. Crosslink 3 werd in 1983 na een jarenlange R&D periode op de markt gebracht. Het is een wetenschappelijk ontworpen sandwich-constructie die een laag van gesloten schuimkern omringt door lagen gecrosslinked HDPE. Deze combinatie en het unieke proces waarmee het wordt gefabriceerd zijn de hoofdredenen voor de materiaalsterkte. De kano heeft hierdoor een hoge inherent drijfvermogen, ook al is de kano gevuld met water, zal deze nog blijven drijven. De natuurlijke neiging van Crosslink 3 is om terug te keren in de originele vorm waarin deze gegoten is (vormgeheugen). L. Gilman noemt de Crosslink samenstelling een composiet die een vernette chemische structuur bevat die grotendeels het lineaire traditionele PE overtreft. De unieke moleculaire structuur zorgt ook voor een hoge UV-resistentie en weersbestendigheid tegen oppervlaktespanningen. Bovendien zijn door een aantal kanofabrikanten methodes ontwikkeld om Crosslink 3 te kunnen recycleren.

Hieronder volgt een motivering per opgestelde eis uit hoofdstuk 5 voor de gemaakte keuze van Crosslink 3.

Eis	Motivering voor Crosslink 3
Gewicht van de lege kano mag maximaal 35 kg zijn	Hoewel Crosslink 3 t.o.v. andere composieten zoals kevlar en royalex een grotere dichtheid heeft, zal de kano onder het streefgewicht van 35 kg blijven.
De kano moet slagbestendig zijn	Crosslink 3 bezit een hoge slagbestendigheid door zijn hoge graad van kristalliniteit en vernetting van de polymeerketen.
De verkoopprijs mag maximaal Fl. 3000,= bedragen	Aangezien Crosslink 3 een relatief lage kostprijs heeft t.o.v. andere composieten zal de kostprijs relatief laag kunnen blijven (zie § 3.2.2).
De kano moet uit kunststof vervaardigd worden	Crosslink 3 is een composiet opgebouwd uit een laag gecrosslinked HDPE. gevolgt door een kern van schuim, afgedekt met een lineaire laag HDPE.
Het draagvermogen moet minimaal 375 kg. zijn	Door de gebruikte schuimkern ontstaat het grote drijfvermogen, waarbij een onder water gelopen kano zelfs nog blijft drijven. (dichtheid van de kano < 1)
De kano moet uiterst stabiel en koersvast zijn	Crosslink 3 staat de benodigde vormgeving voor een stabiele en koersvaste kano toe.
De diepgang van de kano mag maximaal 15 cm bij volledige belading	Het grote drijfvermogen van Crosslink 3 zorgt voor een lage diepgang. Deze diepgang wordt mede bepaald door de gekozen vormgeving (flat bottom).
De verschillende materialen dienen zo veel mogelijk te scheiden te zijn	Door de eenvoudige opbouw van Crosslink 3 uit slechts drie lagen t.o.v. kevlar en royalex, is het materiaal redelijk te scheiden.
De kano moet ruimte bieden aan minimaal twee volwassenen	Crosslink 3 staat afmetingen van de kano toe, zodat de kano ruimte biedt aan minimaal twee personen

Tabel 2

6.2 Detaillering van de constructie

6.2.1 De zitjes

Bij het kanovaren zijn twee zitposities mogelijk. Te weten zittend en knielend. De zitpositie geeft een ontspannen houding, terwijl de knielpositie meer stabiliteit geeft en een krachtigere basis om vanuit te kunnen peddelen. Omdat het hier gaat om een toerkano, waarbij de kanovaarder een lange tijd achtereen in de kano zit, wordt er uitgegaan van de zitpositie. Dit heeft tot gevolg dat de zitjes laag in de kano gemonteerd moeten worden om een laag zwaartepunt te kunnen bereiken, waardoor de stabiliteit wordt verhoogd. Het ideale type zitje hiervoor is het zogenaamde 'vastgenagelde' zitje. Deze zorgt voor een betere stabiliteit van het zitje dan van een 'opgehangen' zitje. Vastgenagelde zitjes kunnen lager in de kano gemonteerd worden, waardoor de kanovaarder comfortabeler zit. De zitjes zullen van hout vervaardigd worden, aangezien dit het goedkoopste materiaal is en tevens zal de fabricagemethode goed aansluiten bij de kleine serieproductie van deze onderdelen.

6.2.2 De ribben

Voor de toerkano voor twee personen kan volstaan worden met een enkele dwarsverbinding in het midden ter hoogte van de dekljsten. Door de keuze van een "vastgenageld" zitje worden de wanden van de kano ook onderling verbonden, waardoor de torsiestijfheid van de kano verhoogd wordt. Hierdoor zijn extra verribbingen in de constructie van de grondvorm overbodig geworden. Deze enkele dwarsverbinding (ook wel juk genoemd) is vaak van hout, waarbij er in dit ontwerp gekozen is voor hardhout. Dit heeft als grootste voordeel t.o.v. vezelversterkte kunststoffen dat het goedkoper is en beter bestand tegen torsie- en drukspanningen. Vezelversterkte kunststoffen kunnen voornamelijk spanningen opnemen in de vezelrichting, hierdoor is dit materiaal dus minder geschikt voor de dwarsverbinding. Het hardhouten juk zal aan de dekljst bevestigd worden d.m.v. klinknagels.

6.2.3 De dekljst



Figuur 15 De dekljst

De dekljst is in eerste instantie bedoeld voor het verkrijgen van stijfheid van de grondvorm en zorgt in tweede instantie voor een mooie afwerking. De traditionele dekljst wordt meestal gemaakt van essenhout. Echter bij de hier ontworpen kano wordt er uitgegaan van een aluminium dekljst, aangezien dit een lichter alternatief is. Dit scheelt t.o.v. essenhout ongeveer 2 kg. Bovendien vergt deze aluminium dekljst minder onderhoud. De dekljst kan gecoated worden met een poedercoating voor de gewenste afwerking. Deze coating verhoogt tevens de duurzaamheid van de dekljst.

7. VERVAARDIGINGSTECHNIKEN

De grondvorm begint als granulaat dat in fasen in een matrijs gebracht wordt voor een lamineerproces. De matrijs wordt vastgehouden door een mechanische arm en overbrenging die de matrijs rustig wiegen, terwijl deze geroteerd wordt in een serie van voorgeprogrammeerde richtingen en hij getransporteerd wordt naar en van een grote hoge temperatuursoven. Uiteindelijk wordt de grondvorm uit de matrijs gehaald, waar deze kan afkoelen, voordat hij wordt afgemaakt met zitjes, rails en dekljsten. Onder de kritieke factoren in het productieproces zijn onder meer de frequentie en duur van de verwarming en afkoelingscycli van invloed. Tevens zijn ook de juiste hoek, de rotatiesnelheid, de kwaliteit van

het PE en de matrijs zelf van invloed. Dit proces draagt eraan bij dat deuken eenvoudig uit de grondvorm springen.

De aluminium dekljst wordt geëxtrudeerd tot een profiel dat met klinknagels aan de grondvorm wordt gemonteerd. Deze montagetechniek zorgt voor een eenvoudigere demontage dan bijvoorbeeld technieken als lijmen. De poedercoating op de dekljst wordt aangebracht d.m.v. CVD technieken.

De zitjes worden op een kunststof rail bevestigd die d.m.v. klinknagels aan de wanden van de kano bevestigd zijn.

8. CONCLUSIES EN TOETSING ONTWERP AAN EISENPAKKET

Voor de toetsing van het gekozen materiaal Crosslink 3 aan de opgestelde eisen wordt verwezen naar § 6.1. De facetten van de verschillende vormgevingsaspecten van de kano zijn zo gekozen dat de kano optimaal voldoet aan de gestelde eisen voor de gekozen doelgroep. Over de verkoopprijs kan weinig worden gezegd aangezien er geen informatie beschikbaar is over de prijzen van Crosslink 3 en de vervaardigingsmethoden. Dit aangezien in Nederland geen kano's gebouwd worden i.v.m. te hoog arbeidsloon en strenge milieueisen. Wel is er gekeken worden naar de bestaande kano's van verschillende producenten, waarna een schatting gemaakt is van de toekomstige verkoopprijs van dit nieuwe ontwerp. Deze zal rond de fl. 2000,- zijn. De maximale verkoopprijs van fl. 3000,- zal dus zeker niet overschreden worden. Over het algemeen kan gezegd worden dat de kano goed aan zal sluiten op de wensen van de gekozen doelgroep; de kano is niet zwaar, spoort goed en is stabiel. Dit zijn de drie belangrijkste eisen voor een goede toerkano. De prijs is zeker gunstig mede door de keus van Crosslink 3 toe te passen als materiaal voor de grondvorm. Voor de overige onderdelen is er gekozen voor de meer conventionele oplossingen, omdat in de praktijk is gebleken dat dit gewoon niet te verbeteren is. Wel is er voor de dekljst voor een wat nieuwer materiaal gekozen dat nog niet veel is toegepast, omdat dit aanzienlijk veel voordelen met zich meebrengt met als belangrijkste aspecten de gewichtsbesparing en de mate van onderhoud.

9. BRONNEN

Literatuur

1. De Open Kano - Dirk Barends, uitgeverij De Vrieseborch - Haarlem, ISBN 90-6076-385-8
2. Path of the Paddle - Bill Mason
3. We-no-nah Canoe 98, 1252 Bundy Blvd, PO Box 247, Winona, Minnesota 55987
4. Mad River Canoe 98, PO Box 610, Waitsfield, Vermont 05673

Internet

1. <http://www.canoe.ca/AllAboutCanoes>
2. <http://madrivercanoe.com>
3. <http://www.wxs4all.nl/~ruurboot>
4. <http://www.otccanoe.com>
5. <http://www.swiftcanoe.com>
6. <http://www.nkb.nl>

Bedrijfsbezoek

1. Ruurd's botenbouw, Majepetswei 11, 9263 TR Eernewoude
2. Op Pad beurs '99, Statenhallen, Den Haag, zie bijlage
3. Experts
4. Dirk Barends, Gerard Brandtweg 64, 1602 LC Enkhuizen
5. Jan van Dalen
6. NKB Mailinglist