

Mer utrustning och bättre stabilitet med hjälp av ingenjörens materiallära

Av Hans Annell

För oss som bygger för att navigera ute på sjön är det avgörande att modellen inte kantrar om det är blåsig, och att modellen inte spricker, varken på grund av duggregn, hög luftfuktighet, kyla eller värme. Båten bör ligga lagom djupt i vattnet. Och den bör få plats i bilen och gå att bära på egen hand (eller hur, Mats O?).

Hur väljer Du byggmaterial?

Hur resonerar du när du väljer byggmaterial? "Det funkade bra förra gången", "Köpte det som fanns i butiken" ...?

Vi har tidigare resonerat kring val av byggmaterial och färg, och hur man kan planera för en lämplig skala för att uppnå en tillräcklig bärighet:

Nr	Artikel
4	Hjälp hur ska jag måla?
7	Viktproblem hos modellbåtar – se upp med skalan!
8	Beräkna modellens effektbehov
9	Beräkna obbyggda modellens vikt för att optimera skala och sjövärdighet

Ja men nu är det väl bara att bygga då! Nja ... det finns ju många fallgorpar, olika djupa för olika byggmaterial...

Materiallära

Din modell bör som sagt inte deformeras, varken av sin egen tyngd, yttre belastning eller förändringar i temperatur eller luftfuktighet. Därför ska vi titta närmare på för- och nackdelar med några vanliga byggmaterial. Tyvärr finns inget material som alltid är bäst, så du behöver välja en kompromiss som är "good enough" för varje byggdel!

Trä

Trä är för många av oss det självklara byggmaterialet, men det gäller att välja rätt träslag för rätt byggdel. Balsa tex är uselt till ytor men bra till tex förstärkningar, plywood är bra till ytor under vissa förutsättningar, lind och furu likaså.

Termoplaster

Termoplaster (styrén, abs, mfl) har fördelar som fuktållighet, lätt att skära och har en jämn yta. Nackdelarna är flera. Materialet är mjukt, inte tätt mot ljus, har kraftiga temperaturrelater och många "snälla" färger missformar plasten. Det är inte säkert att fördelarna överväger för just din radiostyrda modellbåt.

2K-plast och laminatkonstruktioner

2K-plast, dvs 2-komponents hårdplaster, ger med rätt material och handlag lätta och starka konstruktioner.

En stor nackdel är de betydande hälsoriskerna. Utan skyddsutrustning kan du utveckla en livslång överkänslighet.



2K = ohälsa. Bild: www.kinn.com

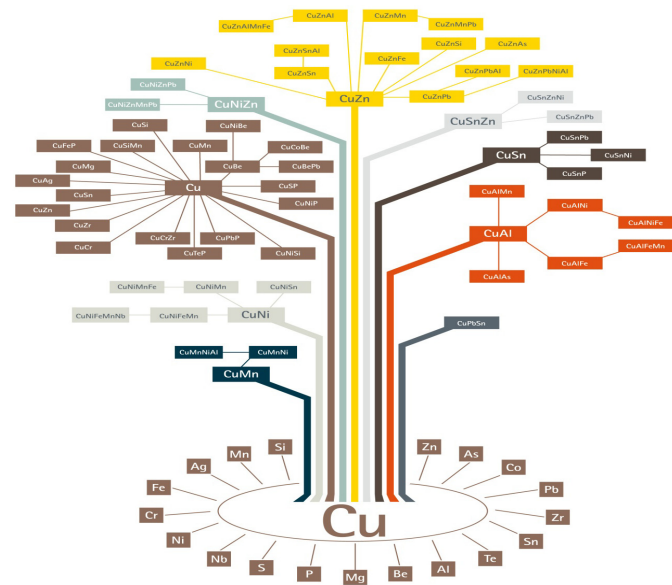
För dig som vill fördjupa dig i 2K-plast, tag på andningsmask, skyddsglasögon och handskar och gå in på:

- www.thomassondesign.com
Fördjupa dig i konstruktion av laminat med kärna av olika träslag. Plasten armeras med olika fibermaterial. Syftet är att bygga starka och lätta kajaker.
- www.scaleshop.com/vaxo.htm
Klubbens Lasse Björkströms erfarenheter vid hans bygge av "Vaxö". Värdefull och lärorik fakta!

Metaller

De vanligaste metallerna för modellbygge är mässing och aluminium i form av tråd, profil och plåt, samt pianotråd.

Pianotråd är stål som behandlats så att den uppnått en hårdhet som kallas "Spring Tempered". Såväl mässing som aluminium tillverkas i olika varianter (legeringar) och olika hårdheter.



The Copper Alloys Tree. Illustration: www.copperalliance.eu.

De vanligaste kvalitéterna för hobbyarbeten är:

- Mässing, typ "Cartridge Brass".
Benämns CW505L eller CuZn30, dvs legering av 70% koppar och 30% zink. Hårdheter tex O, H01, H04, H18. Står emot deformation bättre än "Common Brass".
- Mässing, typ "Common Brass".
Benämns CW508L eller CuZn37, dvs legering av 63% koppar och 37% zink. Hårdheter tex O, H01, H04, H18. Lättare att bearbeta än "Cartridge brass".
- Aluminium används sällan i 100% ren form. Legering med andra metaller, bla Mangan (Mn), Kisel (Si) och Magnesium (Mg), ger specifika grundegenskaper, t ex:
 - 1050 (---) Mjuk, god formbarhet.
 - 3003 (Mn) 20% starkare än 1050, god formbarhet.
 - 6061 (Mg, Si) Styv, sämre formbarhet.Därefter behandling för hårdhet; O, H14, T1, T6, m fl.

Materialegenskaper att värdera

Några materialegenskaper att värdera vid bygge av radiostyrd modellbåt, dvs för utomhusbruk:

Egenskap	Att tänka på
Fuktsäkert	Färg på trä ökar vikt avsevärt
Låg vikt	Ge vikt till utrustning och stabilitet
Formstabil	Behåll stilen genom åren
Opak	Inte bli genomskinligt av ljus
Bearbetbart	Kunna reparera färdig modell
Hälsosamt?	Hantera hälsoriskerna!
Köpa vardå?	Lista över inköpsställen!

Fuktsäkert – Färg på trä ökar vikt avsevärt

Överst på listan över lämpliga egenskaper för en utomhusmodell är såklart att skrovet ska tåla att ligga i vatten, och att överbyggnad och detaljering tål ett visst mått av regn.

Lika viktigt är att innanmätet av såväl överbyggnad som skrov måste tåla förändringar i luftens fuktighet. Ifall du uteslutande bygger i plast eller metall är luftfuktighet inget problem.

Trä däremot måste alltid målas även på insidan för att inte spricka. Tänk på att lind, balsa och abachi är betydligt mer fukt-känsligt än björkplywood och furulister. Trä behöver tjockare färglager än plast och metall för att uppnå motsvarande ytfinish. Färgen kommer alltså att ge ett avsevärt tillskott till vikten, eftersom färg har samma densitet som plast.

Låg vikt – Ge vikt till utrustning och stabilitet

Det här med vikt och viktfordelning är viktigt för dig som vill spara på modellens egenvikt för att kunna stoppa in allsköns utrustning i båten; ljudmodul, vattenspruta, schottelpropulsion, radar, belysning, ankarspel, etc. Och så klart, för ranka fartyg är viktfordelningen i höjdlid helt avgörande för sjövärdigheten!

Formstabil – Behåll stilen genom åren

Vill du bygga formstabil med teoretiskt stöd?

Bra! Nu öppnar vi formelsamlingen för att titta närmare på några för modellbygge avgörande materialtekniska begrepp. Härligt att kombinera praktiskt byggande med ingenjörsteori, eller hur?!

Egenskap	Beteende i praktiken
E	Styvhet "Elasticitetsmodul" Beskriver hur mycket materialet sviktar <u>utan</u> att deformeras permanent. Lågt värde på "E" betyder att materialet är elastiskt (plast), högt betyder styvt (metaller).
$\sigma^{0.2}$	"Ger vika" "Sträckgräns" Anger belastningen då materialet deformeras permanent. Lågt värde betyder att det lätt bryts av (balsa), fjäderstål däremot har ett högt värde.
α	Temperatur-rörelse "Längdutvidningskoefficient" Visar hur materialet sväller/krymper vid ökande/minskande temperatur, jämfört med klimatet vid fixering. Plast har stora rörelser, metall små.

Jämförelsekvoter definierar optimala byggmaterial

För att urskilja vilket byggmaterial som är optimalt för varje byggdel skapar vi jämförelsekvoter. Materialparametrarna "E", " $\sigma^{0.2}$ ", och " α ", divideras dels med varandra, dels med byggmaterialets vikt "m" för en typisk dimension.

Jämförelsekvot	Ju högre värde, desto...
1 Styvhet / vikt (E / m)	...mer styvt och oelastiskt i förhållande till sin vikt
2 "Ger vika" / vikt ($\sigma^{0.2}$ / m)	...mer tåligt för hög belastning i förhållande till sin vikt utan att ge vika
3 Styvhet / temp.rör. (E / α)	...bättre på att hålla tillbaka andra materials längdförändring vid temperaturförändringar

Beroende på hur utsatt byggdelen är för yttre påverkan sorteras den i en av fyra grupper. Varje grupps optimala byggmaterial beskrivs i kapitlet "Optimalt material för...":

- ...Fixerade ytor: hyttsidor och däck
- ...Ytor med fri ände: däck med överhäng, brädgång
- ...Utsatta ytor och detaljer: master, avtagbara luckor,
- ...Förstärkningar: Lister och profiler

I tabellerna som därefter följer spaltas materialens egenskaper i detalj. Grön-markerade fält innebär att materialet är "bäst i sin grupp", rött fält betyder "sämst i gruppen". Ett vitt fält betyder att det är sådär lagom, varken bäst eller sämst.

Optimalt material för fixerade ytor: hyttsidor och däck

Material för ytor som är fixerade i alla riktningar, t ex hyttsidor och däck, kännetecknas av högt värde på "Kvot 1". Materialen är styva och oelastiska i förhållande till sin vikt. Av viktskäl bör du också sträva efter högre "Kvot 1" ju högre upp i fartyget materialet sitter.

Fixerad yta av trä eller plast: välj tunn plywood

Trä kan med fördel användas för slutna ytor som är ordentligt uppstagade, t ex hyttsidor. Bäst är tunn plywood, t ex 0,4 eller 0,7mm. Balsaflak är ett sämre alternativ jämfört med såväl tunn plywood som abachiflak.

Om du ändå vill använda plast trots dess stora massa så är styrén det minst dåliga valet. Tänk på att större ytor av plast bucklar och/eller skevar vid förändrad temperatur. Plast lämpar sig därför bäst för små ytor. Ifall du bygger in skarvar där rörelser kan ske, eller förstärkningar av tex pianotråd, kan dock plast funka även för större ytor.

Fixerad yta av metallplåt-folie: välj aluminium

Använd aluminium till däcksbeklädnad, eftersom det är både lättare och styvare än plast, lika styvt som mässing i förhållande till sin vikt, och inte behöver skyddsmålas som trä.

Fixerad yta, plåtkvalitet	Köpställe	Storlek (mm)	Tjocklek (mm)
Aluminium 1050A-H14 ^X	RealityInScale	200x250	0,1
Aluminium 1050A-H18	(Offset-plåtar)	200x300	0,2
Aluminium 1050A-H14 ^X	RealityInScale	200x250	0,2
Aluminium 1050A-H14	Conrad	200x300	0,3
Aluminium 3003-H14	K&S Metals	102x254	0,41

X: Se beskrivning längst ned på sid 12.

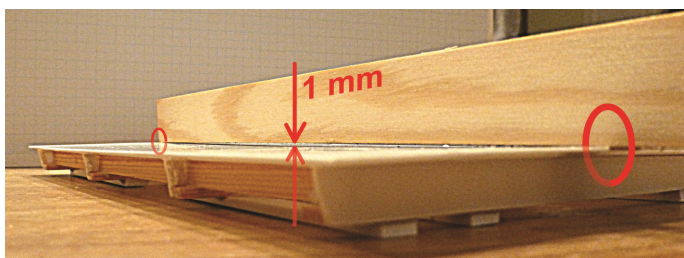
Optimalt material för ytor med fri ände: däck med överhäng, avtagbara luckor, brädgång

Ytor som har en eller flera fria ändar, t ex däck med överhäng, och brädgång med stor andel dräneringsglipa nedtill, bör byggas i material som har högt värde på såväl "Kvot 2" som "Kvot 3". Materialen tål en hög belastning i förhållande till sin vikt utan att ge vika, och de håller emot temperaturrelser väl.

Fri ände: plast och trä bör undvikas

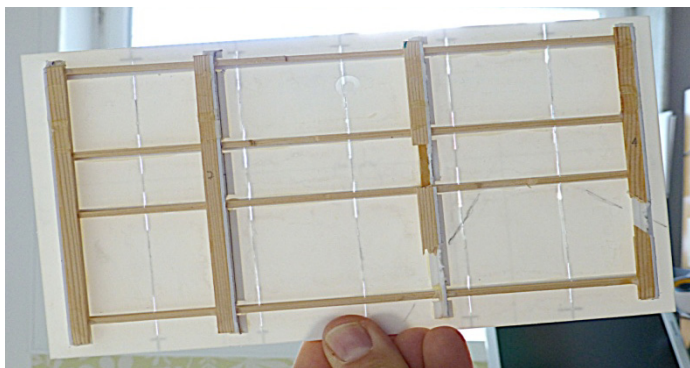
Trä bör undvikas ifall ytan har fler än en fri ände. Träet missformas lätt, dels av fukt, dels av värmerörelser i färgen. Detta gäller även tunn plywood.

Plast bör undvikas för ytor med fri ände pga den stora längdförändringen som sker vid temperaturer som avviker från hobbyrummets monterings temperatur ; krymper vid sjunkande temperatur och sväller vid ökande, se bild nedan.



Styrénluckan blir skev, hela 1 mm på 20 cm längd, vid körningar utomhus. Luckans yta blir avkyld av utetemperaturen och krymper, medan förstärkningen av styrénprofil i underkant av den bärande ramen utvidgas eftersom motorer och batteri avger värme vid drift. Dubbelt feltänk av byggaren!

Ifall du förbereder skarvar där temperaturrelserna kan ske, och kompletterar med förstärkningar av tex pianotråd eller mässing, kan plast funka även för större ytor, se bild nedan.



Luckans yta av styren har i efterhand skurits itu i kortare sektioner, så att längdförändringen pga temperaturskillnader fördelas över mindre ytor.

Förstärkning med syftet "mothåll för temperaturrelser" ska monteras:

- dels dikt mot luckans undersida, för att hålla emot krympningen pga uteklimat,
- dels i den bärande ramens underkant, för att hålla emot svällningen pga motor- och batterivärme. I stället för styrénprofil ska mässingsprofil eller pianotråd användas.

Fri ände av metallplåt/-folie: välj mässing eller aluminium

Metallplåt/-folie lämpar sig väl, eftersom dess temperaturrelser är liten vid ändrad temperatur. De lämpliga kvalitéerna av mässing och aluminium i följande tabell tål ungefär lika stor belastning utan att ge vika. Aluminium har fördelen låg vikt och

att det kan skäras med kniv, men måste fästas med t ex epoxi. Mässing å andra sidan kan lötas vilket ger starka fogar.

Yta med fri ände, plåtkvalitet	Köpställe	Storlek	Tjocklek
Mässing CW505L-H02	Micro-Mark	152x305 mm	0,125 mm
Mässing CW508L-H03	SkapaMer	200x300 mm	0,15 mm
Aluminium 3003-H14	K&S Metals	102x254 mm	0,41 mm

Optimalt material för utsatta ytor och detaljer: master, avtagbara luckor, ramper

Med utsatta ytor och detaljer menas nättare delar på båten som exponeras för din egen eller andras klantighet. Dessa bör byggas av material med hög sträckgräns $\sigma^{0.2}$ och högt betyg i "Kvot 2", dvs tåla en hög belastning utan att ge vika, både i absoluta tal och i förhållande till sin vikt.

Utsatta ytor och detaljer: plast och trä bör undvikas

Vi börjar med att konstatera att utsatta ytor och detaljer inte bör byggas varken i plast eller trä. Alla typer av trä, även plywood, missformas av fukt. Plast bör undvikas pga stor längdförändring vid skiftande temperatur.

Utsatta ytor av metallplåt: välj mässing eller aluminium

Utsatta ytor kan t ex vara avtagbara luckor (behöver tåla att ramla i backen), klaffar, ramper. Mässings- och aluminiumplåt att föredra, precis som för "ytor med fri ände", se tabellen ovan.

Utsatta detaljer av metallrör: välj mässing eller aluminium

För master och andra detaljer av rör rekommenderas:

Utsatta detaljer, Rörkvalitet	Köpställe	Godstjocklek
Mässing CW508L-H04	Albion Alloys	---
Aluminium 3003-H14	K&S Metals	$\leq 0,4$ mm
Aluminium 6061-T6	K&S Metals	$> 0,4$ mm

Utsatta detaljer av metalltråd: välj mässing eller pianotråd

Pianotråd av fjäderhärdat stål är överlägset starkast, men är för detaljarbete svårt att använda till annat än t ex antenspröt, eller osynliga försäkringar. I övriga fall är mässing ett bra val.

Utsatta detaljer Trådkvalitet	Köpställe
Mässing CW505L-H01/H02	K&S Metals
Pianotråd (fjäderhärdat stål)	K&S Metals

Optimalt till förstärkningar

Förstärkningar utgörs av lister, trådar eller profiler. De används för att:

- Öka styvheten hos byggdelar så att de varken ger vika, bångnar eller svajar.
- Hålla tillbaka längdförändring som orsakas av fukt eller temperatur.

Ett material som lämpar sig till förstärkning utmärker sig med ett högt värde på "Kvot 3".

Förstärkningar för fixerade ytor

Balsalister är bästa valet till förstärkning inuti strukturer som är fixerade i alla riktningar, tex inne i skrovet eller hyttens. Undvik plast till förstärkningar pga tyngd och temperaturkänslighet.

Fixerad yta, här ska förstärkningen sitta	Material
Dolt, inuti struktur	Balsalist

Förstärkningar för ytor med fri ände

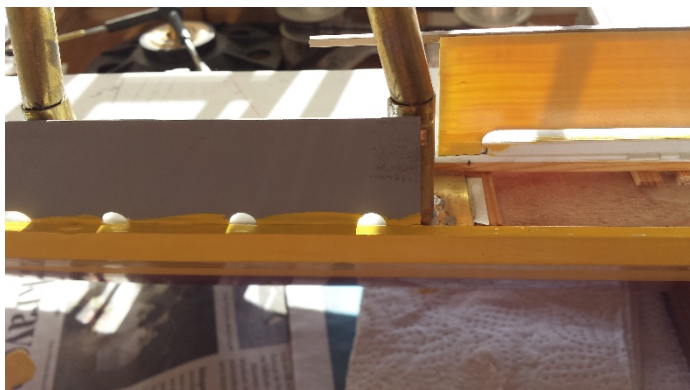
Vid förstärkningar av ytor med fri ände är pianotråd eller mässingsprofiler bästa valet. Om du ändå väljer trä, trots känsligheten för ändringar i luftfuktighet, så är furu bäst på att hålla emot temperaturrelser, undvik balsa.

Fri ände, här ska förstärkningen sitta	Material
Synligt, men vill dölja den	Pianotråd
Synligt	Mässingsprofiler *; snygga att se på!
Dolt ... ifall du väljer trä	Furu

*) Snygga och kläna mässingsprofiler köper du tex hos www.ironbill.se eller www.hassler-profile.li.

Opak - Inte bli genomskinligt av ljus

Om solen ligger på, eller hyttbelysningen är tänd, så vill du inte att väggarna ska bli genomskinliga! Hur opakt är materialet, dvs i vilken grad blockerar det ljus? Plaster måste grundmålas med mörk primer för att bli täta mot ljus.



Till höger i bild syns hur solen gör gulmålad styrén genomskinligt. Mörk primer gör ytan ogenomskinlig (opak), vänster i bild.

Bearbetbart – kunna reparera färdig modell

Det underlättar om modellen kan repareras ifall olyckan skulle vara framme, dvs slippa bygga en helt ny detalj. Kanske klantar du dig under byggtiden, eller krockar med bryggan? Eller besvärar av folk med yviga armrörelser och långa kepsskärmar?

Material	Bearbetbart?
Mässing	Styvt. Sammanfogas hållbart med lödning, eller med epoxilim. Svårt att rätta ut skeva ytor, svårt att skära bort delar av skadade partier
Aluminium	Styvt och lätt. Sammanfogas med epoxilim. Svårt att rätta ut skeva ytor
Trä	Styvt, lätt och hållbart. Lätt att reparera
Plast	Termoplast. Segt och mjukt. Lätt att reparera.
2K-plast	Styvt, repareras med epoxilim.

Hälsosamt? – hantera hälsoriskerna!

Samtliga byggmaterial och byggmetoder har sina hälsorisker. Det är viktigt att ta reda på lämpliga skyddsåtgärder!

Material	Hälsorisker?
Mässing, Aluminium	Varken lödångor (flusmedel), tvåkomponentspackel eller epoxilim är så där jättebra för hälsan.
Trä	Limmas visserligen med ofarligt vitlim, men måste målas med lösningsmedelbaserad färg för att bli fuktsäkert.
Plast	Ark och profil i termoplast. Måste limmas med epoxi (kontaktallergi), cyanoakrylat (irriterar ögon och luftvägar) eller plastlim (starkt lösningsmedel).
2K-plast	Kallas också hårdplast. Två vätskor, harts (plastvätska) och flytande härdare, blandas och härdar därefter. De vanligaste 2K-plasterna inom hobby torde vara epoxi och polyester. Alla som arbetar med <u>ej uthärdade</u> plaster riskerar att få hudallergi. Både harts och härdare är allergiframkallande, speciellt potent är flytande epoxiharts. Skydda hud och ögon noggrant! Epoxi har endast en svag lukt, medan polyester luktar väldigt starkt. Ångorna anses dock inte giftiga, men pga risken att bli omtöcknad och illamående bör andningsmask användas.



Köpa vardå? – lista över inköpsställen!

Plast och trä kan du köpa lite varstans. Metall däremot är svårare att få tag på, speciellt besvärligt att hitta är tunn plåt i stora format, dvs ark som är mindre än 0,5 mm tjocka och i storleksordningen 20 x 30 cm. Här nedan listas därför några inköpsställen för metallplåtar som omnämns i denna artikel.

Inköpsställen	Minsta tjocklek (mm)	Största ark (mm)
A AlbionAlloys.co.uk	Alu --- 1	--- 1
	Mä --- 1	--- 1
B Conrad.se	Alu 0,3	200x300
	Mä 0,3	200x300
C Hobby-lobby-modellbau.com	Alu 0,3	200x400
	Mä 0,2	200x300
D K&S Metals – ksmetals.com	Alu 0,125	305x762 ³
	Alu 0,4 - 1,6	102x254
	Alu 0,8 - 3,2	152x305
	Mä 0,05; 0,125	305x762 ³
	Mä 0,125 - 0,8	102x254
	Mä 0,25 - 1,6	152x305
E Micromark.com ²	Mä 0,125	152x305
F RealityInScale.com	Alu 0,1; 0,2	200x250
G SkapaMer.se (Efco)	Alu 0,15	200x300
	Mä 0,15	200x300
R Plåt för offset-tryck	Alu 0,15 - 0,5	---

Alu = aluminium, Mä = mässing.

1 = Albion Alloys saluför tyvärr inte plåt, dock ett stort sortiment rör med ytnka 0,1mm i diameterintervall.

2 = Micromark plåt tillverkas av K&S, men finns inte i K&S eget sortiment.

3 = Rulle

Ingenjörens materiallära / Ytor - Metallplåt, plastark, träflak, glasfiberplast

	Densitet	Vikt...	Styvhet	"Ger vika"	Temperatur-rörelse	Kvot 1	Kvot 2	Kvot 3
	δ (g/cm ³)	...för typisk dimension m (g/cm ²)	Elasticitets-modul, E (MPa x 10 ³)	Sträckgräns, R _{p0,2} = $\sigma^{0.2}$ (MPa)	Längd-utvidgning, α 10 ⁻⁶ x m / (m x °C)	Styvhet / vikt Högt = bra (E / m)	"Ger vika" / vikt Högt = bra ($\sigma^{0.2}$ / m)	Styvhet / temp.rör. Högt = bra 10 ⁻³ x (E / α)
METALL								
Aluminiumplåt 1050A-H18 Al-99.5, Tryckeri offset-plåt	2,7 ^J	t = 0,2mm 0,05g/cm ²	67 ^J	120 ^J	24 ^J	1300	2400	2800
Aluminium-plåt 1050A-H14 ^X Al-99.5, RealityInScale.com	2,7 ^J	t = 0,2mm 0,05g/cm ²	67 ^J	103 ^J	24 ^J	1300	2000 ^X	2800
Aluminiumplåt 1050A-H111 Al-99.5, SkapaMer.se/Efco	2,7 ^J	t = 0,3mm 0,08g/cm ²	67 ^J	28 ^J	24 ^J	850	350	2800
Aluminiumplåt 1050A-H14 Al-99.5, Conrad.se	2,7 ^J	t = 0,3mm 0,08g/cm ²	67 ^J	103 ^J	24 ^J	850	1300	2800
Aluminium-plåt t ≤ 1,6 mm 3003-H14 AlMn1Cu, K&S Metals, "Food container foil"	2,7 ^J	t = 0,4mm 0,11g/cm ²	67 ^J	145 ^J	23 ^J	610	1300	3000
Aluminium-plåt t > 1,6mm 6061-T6 AlMg1SiCu, K&S Metals	2,7 ^J	t = 1,6mm 0,4g/cm ²	69 ^J	276 ^J	24 ^J	130	700	3000
Mässings-plåt CW508L-H02 CuZn37, Conrad.se	8,4 ^H	t=0,3mm 0,25g/cm ²	110 ^H	170 ^H	21 ^H	450	675	5200
Mässings-plåt CW508L-H03 ^X CuZn37, Hobby-lobby-modellbau.com	8,4 ^H	t=0,2mm 0,17g/cm ²	110 ^H	160 ^H	21 ^H	650	940	5200
Mässings-plåt CW508L-H03 CuZn37, Skapamer.se / efco	8,4 ^H	t=0,15mm 0,13g/cm ²	110 ^H	160 ^H	21 ^H	850	1100	5200
Mässings-plåt CW505L-H02 CuZn30, K&S Metals, Micromark.com	8,5 ^H	t=0,125mm 0,11g/cm ²	114 ^H	170 ^H	20 ^H	1035	1550	6000
TRÄ								
Abachi-flak	0,38 ^K	t = 1,8mm 0,07g/cm ²	7 (längs) ^K 0,7 (tvärs)	40 (längs) ^K 4 (tvärs)	3 (längs) ^K 30 (tvärs)	längs: 100 tvärs: 10	längs: 560 tvärs: 56	längs: 2300 tvärs: 23
Balsa-flak	0,16 ^K	t = 2mm 0,03g/cm ²	3 (längs) ^Q 0,3 (tvärs)	8 (längs) ^K 0,8 (tvärs)	6 (längs) ^K 60 (tvärs)	längs: 100 tvärs: 10	längs: 270 tvärs: 27	längs: 500 tvärs: 5
Björk-plywood	0,75 ^K	t = 1mm 0,08g/cm ²	15 ^K	50 ^K	4 ^K	längs: 190 tvärs: 190	längs: 625 tvärs: 625	längs: 4000 tvärs: 4000
MÅLAT TRÄ								
Abachi-flak, målat båda sidor	---	2x0,03 + 0,07 = 0, 13g/cm ²	7 (längs) ^K 0,7 (tvärs)	40 (längs) ^K 4 (tvärs)	≥3 (längs) ^P ≥30 (tvärs)	längs: 54 tvärs: 5	längs: 300 tvärs: 30	längs: 2300 tvärs: 23
Balsa-flak, målat båda sidor	---	2x0,03 + 0,03 = 0, 09g/cm ²	3 (längs) ^Q 0,3 (tvärs)	8 (längs) ^K 0,8 (tvärs)	≥6 (längs) ^Q ≥60 (tvärs)	längs: 33 tvärs: 3	längs: 90 tvärs: 9	längs: 500 tvärs: 5
Björk-plywood, målat båda sidor	---	2x0,03 + 0,05 = 0, 11g/cm ²	15 ^K	50 ^K	≥4 (?) ^K	längs: 140 tvärs: 140	längs: 450 tvärs: 450	längs: 4000 tvärs: 4000

H, J, K, P, Q, X: Se beskrivning längst ned på sid 12.

Tabellen fortsätter på nästa sida.

Fortsättning av tabellen "Ingenjörens materiallära / Ytor - Metallplåt, plastark, träflak, glasfiberplast" från föregående sida.

	Densitet	Vikt...	Styvhet	"Ger vika"	Temperatur-rörelse	Kvot 1	Kvot 2	Kvot 3
	δ (g/cm ³)	m (g/cm ²)	Elasticitets-modul, E (MPa x 10 ³)	Sträckgräns , R _{p0,2} = $\sigma^{0,2}$ (MPa)	Längd-utvidgning, α 10 ⁻⁶ x m / (m x °C)	Styvhet / vikt Högt = bra (E / m)	"Ger vika" / vikt Högt = bra ($\sigma^{0,2}$ / m)	Styvhet / temp.rör. Högt = bra 10 ⁻³ x (E / α)
PLAST								
Färg och spackel (akryl=plast) 2 x grundfärg + 2 x toppfärg	1,2 ^X	t=0,25mm 0,03g/cm ²	---	---	70	---	---	---
Plexiglas Akryl/PMMA	1,2 ^K	t = 2mm 0,24g/cm ²	3 ^K	75 ^K	60 ^Q	10	310	65
PVC-plast (ofärgad)	1,3 ^K	t=0,75mm 0,10g/cm ²	2 ^K	20 ^K	80 ^K	20	200	35
ABS-plast (Vacuumformat)	1,1 ^K	t=0,75mm 0,08g/cm ²	2 ^K	40 ^K	80 ^K	25	500	25
PS = Styrén-plast (Tex EverGreen, Raboesch, Plastruc ... dock ej X identiska egenskaper E respektive $\sigma^{0,2}$)	1,1 ^K	t=0,75mm 0,08g/cm ²	3 ^K	35 ^K	90 ^Q	40	440	35
2-KOMPONENTPLAST MED FIBERARMERING								
Epoxi *, utan armering	1,3 ^J	---	4 ^K	---	40 ^K	---	---	---
2K-Polyester *, utan armering	1,2 ^K	---	4 ^K	---	20 ^K	---	---	---
Balsa-flak, utan armering	0,16 ^K	t = 2mm 0,03g/cm ²	3 (längs) ^Q 0,3 (tvärs)	8 (längs) ^H 0,8 (tvärs)	6 (längs) ^Q 60 (tvärs)	längs: 100 tvärs: 10	längs: 270 tvärs: 27	längs: 500 tvärs: 5
Glasfiberväv och - matta, 100g/m ²	2,6 ^K	0,01	---	---	5 ^K	---	---	---
Kolfiberarmerad epoxi	1,2 ^K	0,05g/cm ² t = 0,4mm	150 ^K	900 ^K	5 ^K	3000	18000	30000
Vaxö skrov 1, 650g m = 650g/3300cm² = 0,20g/cm² Glasfiber-matta 100g/m² 2K-Polyester	1,3 ^X	0,20g/cm ² t = 1,5mm X	16 ^K	200 ^K	10 ^K	80	1000	1600
Vaxö skrov 2, 350g m = 350g/3300cm² = 0,10g/cm² Glasfiber-matta 100g/m² Epoxi	1,4 ^X	0,10g/cm ² t = 0,7mm X	20 ^K	300 ^K	10 ^K	200	3000	2000
Vaxö skrov 3, 170g m = 170g/3300cm² = 0,05g/cm² Glasfiber-väv 100g/m² Epoxi	1,4 ^X	0,05g/cm ² t = 0,35mm X	20 ^K	300 ^K	10 ^K	400	6000	2000
Vaxö stomme Glasfiber-väv 100g/m² och Epoxi på 2mm balsaflak	---	2x0,05 + 0,03 = 0,13g/cm ²	?	300 ^K	10	>400 ?	> 3000 ?	> 2000 ?
Färja 280 spanter, Glasfiber-väv & polyester på 5mm Kapa-skiva	Kapa-skiva laminerad med glasfiberarmerad polyester kan antas ha samma hållfasthetsvärden som epoxilaminerat balsaflak ovan. Polyesterskiktet blir dock något tjockare och tyngre än epoxi, pga polyesterns högre viskositet.					> 400 ?	> 3000 ?	> 2000 ?

H, J, K, Q: Se beskrivning längst ned på sid 12.

*: Skillnad mellan 2K-polyester och epoxi:

Polyester fäster bra endast på ej uthärdad polyester, krymper betydligt under härdningen (risk för missformade delar) och luktar starkt. Epoxi fäster bra på alla rena och torra underlag, men är mer allergiframkallande, framförallt flytande epoxiharts.

Ingenjörens materiallära / Metallrör och -tråd, trä- och plastlister

	Densitet	Vikt...	Styvhet	"Ger vika"	Temperatur-rörelse	Kvot 1	Kvot 2	Kvot 3
	δ (g/cm ³)	...för typisk dimension m (g/cm ²)	Elasticitets-modul, E (MPa x 10 ³)	Sträckgräns, R _p 0,2 = $\sigma^{0.2}$ (MPa)	Längd-utvidgning, α 10 ⁻⁶ x m / (m x °C)	Styvhet / vikt Högt = bra (E / m)	"Ger vika" / vikt Högt = bra ($\sigma^{0.2}$ / m)	Styvhet / temp.rör. Högt = bra 10 ⁻³ x (E / α)
METALL								
Aluminium-rör 6463-T1 (AlMg0.7Si, Albion Alloys Ltd)	2,7 ^J	Ø,3mm, Ø,2mm; 0,039cm ² 0,11g/cm	69 ^K	90 ^K	23 ^K	625	800	3000
Aluminium-rör Gods ≤ 0,4mm 3003-H14 (AlMn1Cu, K&S Metals)	2,7 ^J	Ø,3mm, Ø,2mm; 0,039cm ² 0,11g/cm	67 ^J	145 ^J	23 ^J	625	1300	2900
Aluminium-rör Gods > 0,4mm 6061-T6 (AlMg1SiCu, K&S Metals)	2,7 ^J	Ø,3mm, Ø,2mm; 0,039cm ² 0,11g/cm	69 ^J	276 ^J	24 ^J	625	2500	2900
Mässings-rör CW508L-H04 (CuZn37, Albion Alloys Ltd)	8,4 ^H	Ø,3mm, Ø,2mm; 0,039cm ² 0,33g/cm	110 ^H	300 ^H	21 ^H	330	900	5200
Mässings-rör CW505L-H02/H03 (CuZn30, K&S Metals)	8,5 ^H	Ø,3mm, Ø,2mm; 0,039cm ² 0,33g/cm	114 ^H	200 ^H	20 ^H	350	600	5700
Mässings-tråd CW505L-H01/H02 (CuZn30K&S Metals)	8,5 ^H	Ø1mm; 0,008cm ² 0,07g/cm	114 ^H	160 ^H	20 ^H	1600	2300	5700
Piano-tråd (stål) A228, Spring tmp. (K&S Metals)	7,9 ^J	Ø1mm; 0,008cm ² 0,06g/cm	207 ^J	400 ^J	11 ^J	3450	6700	19000
TRÄ								
Abachi-list	0,4 ^K	1,8x8mm 0,14cm ² 0,06g/cm	7 (längs) ^K	40 (längs) ^K	3 (längs) ^P	120	670	2300
Balsa-list	0,15 ^K	3x3mm 0,09cm ² 0,01g/cm	3 (längs) ^Q	8 (längs) ^K	6 (längs) ^Q	300	800	500
Furu-list	0,5 ^K	3x3mm 0,09cm ² 0,05g/cm	12 (längs) ^K	40 (längs) ^K	5 (längs) ^Q	240	800	2400
Lind-list	0,55 ^K	3x3mm 0,09cm ² 0,05g/cm	7 (längs) ^K	50 (längs) ^K	5 (längs) ^Q	140	1000	1400
PLAST								
PS = Styren-plast (Tex EverGreen, Raboesch, Plastruct ... dock ej * identiska egenskaper E respektive $\sigma^{0.2}$)	1,1 ^K	3x3mm 0,09cm ² 0,10g/cm	3 ^K	35 ^K	90 ^Q	30	350	35

H, J, K, P, Q: Se beskrivning längst ned på sid 12.