

Väikelaevaehituse kompetentsikeskuse elektroonika katsetootmislabori tehniline spetsifikatsioon

Allan Lipu
Argo Kasemaa



Kuessaare 2010

Sisukord

1. Uuringu eesmärk	3
2. Uuringu taust.....	3
3. Elektroonika katsetootmislabori vajadus, eesmärgid ja rakendused	4
4. Võrdlus olemasolevate elektroonika disaini- ja katsetootmislaboritega	6
5. Elektroonika katsetootmislabori protsessikirjeldus.....	7
6. Elektroonika katsetootmislabori tehniline spetsifikatsioon	8
6.1. Laboriseadmete orienteerivad hinnad ja investeeringute maht	8
6.2. Laboriseadmete paigutuse planeerimine, ruumivajadus ja eritingimused ..	10
6.3. Laboriga seotud jooksvate kulude hinnang	11
6.4. Laboriteenuste hinnakalkulatsioon	12
7. Kokkuvõte	12
8. Kasutatud allikad	13
Lisa 1 Laboriseadmete amortisatsiooniarvutus	14
Lisa 2 Katsetootmislabori ruumiplaan ja seadmete paigutus.....	15

1 Uuringu eesmärk

Käesoleva uuringu eesmärgiks on Väikelaevaehituse Kompetentsikeskuse elektroonika katsetootmislabori (EKTL) tehnilise spetsifikatsiooni koostamine, selgitades välja vajadused soetatava laboritehnika ja laborisisustuse osas, planeerides ruumivajadused, eritingimused ja laboritehnika paigutuse ning koostades orienteerivad hinnakalkulatsioonid elektroonika katsetootmislabori asutamiseks vajalike investeeringute ning palga-, materjali, ülalpidamis- ja hoolduskulude kohta, samuti osutatavate teenuste kohta.

2 Uuringu taust

TTÜ Kuressaare Kolledži poolt tehtud uuringu järgi tegutses Eestis 2009. aastal väikelaevaehituse valdkonnas aktiivselt 39 ettevõtet, kusjuures väikelaevaehituse ja -remondi tunnistamisotsus oli välja antud ühtekokku 62-le ettevõttele. 2009. aastal oli väikelaevaehituse ettevõtete müügikäive ligikaudu 380 mln Eesti krooni, millest üle 80% andsid Saaremaal asuvad ettevõtted (12). Regionaalarengu vaatenurgast on tähelepanuväärne, et Saaremaa tööstustoodangust moodustab väikelaevaehitus ligi 20% ning Eesti kümne suurema väikelaevaehitusega tegeleva ettevõtte hulka kuulub tervelt kaheksa Saaremaal tegutsevat ettevõtet [1].

Eesti väikelaevaehituse 2009.a. toodangust läks 95% toodangust eksporti, mis näitab Eesti väikelaevaehituse rahvusvahelist konkurentsivõimet. Näiteks Saaremaal tegutseva AS Baltic Workboats toodangu suuremateks tellijateks olid 2009.a. Rootsi veeteede amet, Helsingi hüdrograafiateenistus, Aserbaidžaani tolliamet, Poola piirivalve ja Bulgaaria piirivalve. 2009. aastal võideti Rootsi piirivalve hange viie patrull-laeva ehitamiseks, mis peavad valmima 2013. aastaks [2].

Väikelaevaehitus ei ole ainus Saaremaal järjepidevat arengut näidanud tööstusharu. Saaremaal tegutseb kolm Eesti mastaabis keskmise suurusega elektroonikatehast: Enerpoint Saare OÜ, Incap Electronics Estonia OÜ ja Ionix Systems OÜ (endise nimega Volex Estonia OÜ) ning nende töötajate arv kokku on hinnanguliselt poole tuhande suurusjärgus. Jõudsa arengu on Saaremaal läbi teinud erinevatele tööstusharudele kummidetaile ekspordiks tootev tööstus, kus töötajate arv on samuti poole tuhande piirimail. Seda tööstusharu esindavad ettevõtted Trelleborg Industrial Products Estonia OÜ ja Merinvest OÜ.

Erinevate tööstusharude, nagu kõnealusel juhul väikelaevaehituse, elektroonika-tootmise ja kummidetailide tootmise lähestikune paiknemine kohalikus majandusruumis loob eeldused tööstusharudevaheliseks sünergiaks. Taolise sünergia katalüsaatoriks võiks saada projekt "Väikelaevaehituse kompetentsikeskus" ning selle raames planeeritavad katselaborid, sealhulgas elektroonika katsetootmislabor.

3 Elektroonika katsetootmislabori vajadus, eesmärgid ja rakendused

Väikelaevaehitus hõlmab protsessiahela lülidena tootearendust, hankeid ja logistikat, tootmist, turundust ja müüki ning müügi järgset teenindust. Ettevõtete vajadusi täiendavate teadmiste ja oskuste järele ning ootusi loodavale kompetentsikeskusele on selgitatud ettevõtjatega tehtud intervjuude ja ümarlauakohtumiste kaudu, kus kirjeldati ettevõtete hetkeolukorda, probleeme ning tulevikunägemusi tehnoloogilise arengu vajadusest. Ettevõtete poolt oodatakse võimalust **osta vastavalt vajadusele sisse labori- ja/või spetsialistiteenust**, kuna tootearenduse erinevate vajaduste katteks ei ole ettevõtetel endil sageli majanduslikult otstarbekas palgata täiskohaga spetsialisti või investeerida katseseadmetesse.

Elektroonsete süsteemide pidev täiustumine ning elektroonikaseadmete mõõtmete, kaalu, energiatarbimise ja hinnataseme vähenemine võimaldab varustada ka väikelaevu üha rohkem niisuguste elektroonsete seadmete ja süsteemidega, mida varem ei ole olnud võimalik praktikas realiseerida või siis on neid võidud kasutada üksnes suurtel laevadel või isegi üksnes militaarotstarbel. Merenduses tänapäeval kasutatavate elektroonsete süsteemide paljusust iseloomustab järgnev loetelu (mis ei pruugi olla ammendav):

- välis- ja sisesidesüsteemid (*communication systems*)
- asukohamääramise süsteemid (*position-fixing systems*)
- elektroonsed kaardisüsteemid (*electronic charting*)
- autopiloodid (*autopilots*)
- kokkupõrgete vältimise süsteemid (*collision avoidance systems*)
- mõõteseadmed ja -süsteemid kiiruse, sügavuse, tuule tugevuse jm parameetrite mõõtmiseks (*instrument systems: speed logs, wind, depth*),
- sonarid (*echo sounders, fishfinders*)
- radarid (*radars*)
- turvalisussüsteemid (*security and safety systems*)
- jõu- ja juhtimiseadmete elektroonika (*electronic engine and steering controls*)
- süsteemid kütusekulu optimeerimiseks (*fuel management systems*)
- autonoomse energiavarustuse süsteemid: päikesepaneelid, tuulegeneraatorid, pukseeritavad generaatorid jm (*autonomous energy supply systems: solar panels, small wind power systems, towed generators etc*)
- valgustussüsteemid (*lighting systems*)
- meelelahutuselektronika (*entertainment systems*)

Väikelaevadel kasutatavad elektroonsed seadmed ja süsteemid peavad olema mõõtmetelt väikesed ja kaalult kerged, väikese energiatarbega, töökindlad, vastupidavad keskkonnamõjutustele ja toitepinge kõikumistele, “arukad” (*smart*) ja lihtsalt käsitsetavad ning neid peab väikelaevaehitaja poolt olema võimalik integreerida ühtseks juhtimis- ja kontrollisüsteemiks, mida peaks üha enam saama iseloomustada kui ‘arukat’ süsteemi.

Eelöeldust lähtudes oleksid väikelaevaehituse kompetentsikeskuse juurde planeeritava **elektronika katsetootislabori rakendused** järgmised:

- 1) **Liideste e. sobitusmoodulite väljatöötamine erinevate seadmete ja süsteemide kokkusobitamiseks.** Väikelaevaehituse praktikas tõstatub sageli vajadus erinevate seadmete ja süsteemide kokkusobitamiseks, kuna maailma eri paigus tegutsevad seadmete tootjad kasutavad erinevaid andmeside protokolle, erinevaid toite- ja juhtpingeid jms. Samuti tuleb aeg-ajalt ette vajadusi selliste seadmete ja süsteemide kokkusobitamiseks, millistest ühed on ette nähtud tööks suurtes süsteemides (suurtel laevadel), teised aga tööks väikelaevadel, millest tuleneb kummagi suuna konkreetsete tehniliste lahenduste spetsiifika. Elektronika katsetootislabori ülesanne oleks vastavate liideste e. sobitusmoodulite (*interfacing*) väljatöötamine ja vajadusel nende väikeseerias või protoseerias valmistamine.
- 2) **Liideste e. sobitusmoodulite väljatöötamine süsteemide ja seadmete vaheliste ühendusjuhtmete hulga ja kaalu vähendamiseks.** Eelneva punktiga seondub vajadus edastada laevas toimivate elektronsete süsteemide ja seadmete vahelisi juht- ja andmesignaale võimalikult väheste ühendusjuhtmete ja -kaablite kaudu, mis võimaldab vähendada laeva juhtme- ja kaablivõrgu kaalu ja maksumust. Juhtmevaba signaaliülekanne vähendab järsult rikete tekkimise võimalusi, kuna 80% laevaelektronika riketest on väidetavalt põhjustatud ühendusjuhtmetes niiskuse mõjul tekkinud leketest või katkestustest [6]. Elektronika katsetootislabori üks tegevusvaldkondi võiks olla vastavate liideste (sobitusmoodulite) väljatöötamine ja nende väikeseerias või protoseerias valmistamine.
- 3) **Muude väikelaevadel kasutatud leidvate elektronsete seadmete ja moodulite ning valgustus- jm elektriliste seadmete väljatöötamine,** sh energiasäästliku LED-valgustus tehnoloogia laialdane evitamine, ning vajadusel nende seadmete väikeseerias või protoseerias valmistamine.
- 4) **Elektronsete seadmete ja süsteemide katsetused ja parameetrite mõõtmised.** Elektronika katsetootislaboris on võimalik väikelaevade elektronsete seadmete ja süsteemide või nende moodulite (nii sisseostetud kui ka laboris kohapeal valmistatud) katsetamine ja parameetrite mõõtmine nii laboris kui välitingimustes, selgitamaks nende vastavust tootja spetsifikatsioonile ja sobivust kasutajale, tekitatavate häiresignaali ja -väljade parameetreid, kindlust välisnähtude suhtes jne. kuni häiresignaali ja -väljade avastamise, mõõtmise ja kõrvaldamiseni välitingimustes juba toimivates süsteemides.

Siin on vajalik märkida, et mistahes elektrilised ja elektroonsed seadmed ja süsteemid (eriti aga domineerivaks kujunenud digitaalsed seadmed ja süsteemid) tekitavad enda ümber ja endiga seotud ühendusjuhtmetes elektromagnetilisi häirevälju ja -signaale, mis võivad häirida teiste lähedaste seadmete ja -süsteemide tööd. Asjaolude kokkulangemisel võivad taolised häired näiteks navigatsioonisüsteemide puhul tuua kaasa fataalseid tagajärgi.

- 5) **Info- ja konsultatsiooniteenused** väikelaevaehituse ettevõtetele, mis hõlmaksid merenduselektronika valdkonnas ettevõtjatele teabe kogumist ja süstematiseerimist, ülevaadete koostamist, konsultatsioone, koostööpartnerite otsingut jm.
- 6) **Elektronikadisaini teenus** elektronikatootmissettevõtetele, masina- ja aparaadiehitusettevõtetele jt huvitatud pooltele. Näitena võib tuua Kuressaares toimivad allhanketootmisega tegelevad elektronikaettevõtted, kellel puuduvad kohapealsed elektronikadisaini osakonnad, kuid kes aeg-ajalt oleksid klientide soovil vastava teenuse sisseostmisest huvitatud.
- 7) **Uute toodete kohandamine seeriatootmiseks teenusena** elektronikatootmise ettevõtetele, masina- ja aparaadiehitusettevõtetele ja teistele huvitatud pooltele. Teenus hõlmab kliendilt saadud tootedokumentatsiooni alusel uue toote katseeksemplaride või katselise väikeseeria valmistamist, tehes protsessi käigus vajalikuks osutunud muudatused toote disainis või töötades välja ja dokumenteerides sellekohased parandusettepanekud, mis tagaksid toote sobivuse edasiseks seeria- või masstootmiseks.
- 8) **Praktikabaasi teenus** elektronika ja elektrotehnika erialasid õpetavatele õppeasutustele.

4 Võrdlus olemasolevate elektronika disaini- ja katsetootmislaboritega

Teadaolevalt ei ole Eestis praegusel hetkel ühtegi merenduselektronikale spetsialiseerunud elektronikadisaini laborit.

Lähimad üldelektronika disaini- ja katsetootmislaborid paiknevad nii Saaremaa väikelaevaehituse klastri kui ka loodava väikelaevaehituse kompetentsikeskuse suhtes neljatuhande autosõidu kaugusel Tallinnas. Samas on elektronikadisaini kui teenust pakkuvaid tõsiseltvõetavaid ettevõtteid ka Tallinnas siiski üksikuid. Neist on valdav osa koondunud ELIKO-gruppi.

Mitmed firmad, kes kunagi alustasid oma tegevust elektronikadisaini pakkumisega (Ektaco, Oskando, Rantelon jt), on vahepeal leidnud oma tooteniši ning disainiteenuse pakkumine on kas jäänud kõrvale või siis seondub pakutav disainiteenus otseselt nende kitsama tegevusalaga. Ülejäänud ühe-kahe töötajaga firmade internetis muude tegevuste kõrval pakutav elektronikadisaini- ja valmistusteenus on reeglina käsitöönduslikul tasemel.

OÜ ELIKO Tehnoloogia Arenduskeskus on Tallinna Teaduspargi juures toimiv Tallinna Tehnikaülikooli ja grupi eraettevõtete ühissetevõte, mille tegevus on fokuseeritud kahele kitsamale valdkonnale: *Smart Space Technologies and Services (SSTS)* ning *Advanced Signal Processing (AST)*.

ELIKO pakub koostöös oma partneritega klientidele ka elektroonikaseadmete välja-
töötamise terviklahendusi ideest realisatsioonini, sh katsemudelite valmistamist;
tootmisdokumentatsiooni koostamist; seeriatootmist ja testsüsteemide valmistamist.
Sealjuures on ELIKO poolt deklareeritavad põhikompetentsid järgmised
(http://www.eliko.ee/index.php?id=750&news_id=26):

- Signaaliprotsessoritel ja FPGA-del põhinev sensorsignaalitöötlus
- Täppismõõtmis- ja meditsiiniseadmed
- Erinevad RFID tehnoloogiad
- Portatiivsed tööstuslikud mõõteseadmed ja andmehõivesüsteemid
- Tööstuskontrollerid ja sardseadmed
- Suured mobiilsidel põhinevad juhtimissüsteemid (üle 1000 sõlme)
- Veebipõhine juhtimissüsteemide tarkvara
- Testimise riist- ja tarkvara elektroonikatööstusele, sidesüsteemidele.

ELIKO kompetentsivaldkonnad ei seostu seega merenduselektronika ja väikelaevaehituse vajadustega.

Eelöeldu põhjal tuleb tõdeda, et käesoleval hetkel on vajadus väikelaevaehitajate teenindamiseks merenduselektronikale (*marine electronics*) spetsialiseerunud elektroonika disaini ja katsetootmise labori osas Eestis siiani katmata ning soodsaim asukoht selleks oleks kahtlemata loodava väikelaevaehituse kompetentsikeskuse juures piirkonnas, kuhu väikelaevaehitus Eestis on koondunud. Lisaks võiks väikelaevaehituse kompetentsikeskuses paiknev elektroonikalabor pakkuda mitmepoolseid koostöövõimalusi TTÜ Kuressaare Kolledžis õpetatavate elektroonsete süsteemide ja väikelaevaehituse erialade üliõpilaste ja õppejõududega.

5 Elektroonika katsetootmislabori protsessikirjeldus

Elektroonika katsetootmislabor hõlmab endas nii elektroonikalülituste kui ka elektroonika juurde kuuluvate abistava otstarbega mehaanikaosade (kinnituselemendid, korpused, täiturelemendid jm) disaini (projekteerimist), juhul kui viimaseid ei ole võimalik hankida standardsete osadena. Elektroonika katsetootmislabori tööprotsess kujutab endast üldjuhul järgmist protsessiahelat:

- 1) **Toote üldine disain:** ülesande püstitus → seadme v. süsteemi tööalgoritmi kirjeldamine → seadme ja/või süsteemi moodulskeemi (plokk skeemi) väljatöötamine →
- 2) **Lülitusdisain:** seadme ja/või moodulite lülitusskeemidisain →
- 3) **Toote maketeerimine ja trükkplaadidisain:** moodulite maketeerimine ja test/mõõtmised → seadme (süsteemi) maketeerimine ja test/mõõtmised → trükkplaadidisain →
- 4) **Mehhaanikaosade disain** →

- 5) **Trükkplaadivalmistus:** trükkplaadi (-plaatide) prototüüpide valmistamine → trükkplaatidele komponentide monteerimine (ladumine ja jootmine) →
- 6) **Mehhaanikaosade valmistus** (kompetentsikeskuse tehnoloogialaboris või sisseostetava teenusena) →
- 7) **Toote koostamine:** moodulite kokkumonteerimine (komponentidega trükkplaadid + mehhaanika) → seadme (süsteemi) kokkumonteerimine →
- 8) **Toote** (seadme, süsteemi) test/mõõtmised laboris →
- 9) **Toote** (seadme, süsteemi) test/mõõtmised välitingimustes.

Proto- või väikeseeriatootmise puhul hõlmab protsessiahel jaotusi 5 kuni 8.

6 Elektroonika katsetootmislabori tehniline spetsifikatsioon

Nagu eespool öeldud, hõlmab elektroonika katsetootmislabor endas nii elektroonikalülituste kui vajadusel ka elektroonika juurde kuuluvate abistava otstarbega mehaanikaosade disaini.

Kasutusotstarbest lähtuvalt on vajalikud laboriseadmed jaotatud kolme rühma: disainilabori (projekteerimislabori) seadmed, katse- ja mõõtelabori seadmed ning elektroonika katsetootmise seadmed. Seadmete hindade kohta on esitatud esialgsete hinnapäringute põhjal selgunud summaarne miinimum- ja maksimumpiir. Hindade täpsustamine on võimalik peale laborite seadmete ja sisustuse hanke pakkumiskutse saatmist tehnoloogilisi seadmeid müüvatele ettevõtetele

6.1 Laboriseadmete orienteerivad hinnad ja investeringute maht

Tabel 1. Disainilabori seadmed (ruum A)

Nimetus	Min hind	Max hind	Kogus
1. Suure jõudlusega arvuti (Windows) + min 24" monitor	25000	35000	2
2. A3 mv laserprinter	15908	31673	1
3. A3 skanner	21391	37727	1
4. A4 laserprinter	4771	7947	1
5. Tarkvarapakett SolidWorks	50000	60000	min 1 litsents
6. Tarkvarapakett AutoCad	50000	60000	min 1 litsents
7. Tarkvarapakett Orcad Pspice	18000	50000	min 1 litsents
8. Tarkvarapakett Altium PCB	50000	60000	min 1 litsents
9. Töölaud, tool, riidul	10000	15000	2
Kokku EEK:	245 070	357 347	

Tabel 2. Katse- ja mõõtelabori seadmed (ruum B)

Nimetus	Min hind	Max hind	Kogus
1. Toiteallikad (<i>bench power supply unit</i>)	20000	50000	2
2. Multimeeter (<i>bench multimeter</i>)	15000	70000	2
3. Digitaalne ostsilloskoop	50000	150000	2
4. Spektrianalüsaator	105000	150000	1
5. PC arvuti (Windows) + min 21" monitor	7000	10000	1
6. ESD käsijootejaam	5000	10000	2
7. Jootejaamade kohtäratõmbe seadmed	6000	10000	1 komplekt
8. ESD kattega töölaud ja riiulid	16000	30000	2
9. ESD toolid	2000	2500	2
10. Mikrokontrolleerite programmaatorid (1 Atmel'i ja 1 Microchip'i kontrolleritele)	4000	8000	2
Kokku EEK:	230 000	490 500	

Tabel 3. Tootislabori seadmed (ruum C)

Nimetus	Min hind	Max hind	Kogus
1. SMD pastajootmisahi (<i>SMD reflow oven</i>)	40000	117000	1
2. Lainejootmismasin (<i>wave soldering machine</i>)	18000	60000	1
3. Trafarettprinter (<i>manual stencil printer</i>)	25000	50000	1
4. SMD ladumismasin koos jootepasta/liimi dispenseriga (<i>semiautomatic/automatic SMD pick & place machine</i>)	115000	365000	1
5. SMD komponendifiidrid (<i>tape feeders 8 to 30mm, stick feeders SO and PLCC</i>)	60000	170000	min 20tk
6. Trükkplaadifrees (<i>PCB milling machine</i>)	50000	125000	1
7. Parandustööde jootejaam (<i>repair station</i>)	30000	55000	1
8. Stereomikroskoop	15000	35000	1
9. Liimi/kompoundidispenser	5000	144000	1
10. ESD käsijootejaam	5000	10000	1
11. ESD käsitööriistad, karbid, riiulid	30000	50000	
12. Metallist aluslaud seadmetele (kandevõime min 100 kg)	64000	80000	8
13. Väike külmkapp tinapasta hoidmiseks	3000	5000	1
14. Suruõhukompressor	5000	10000	1
15. ESD töökitlid ja jalatsid	4500	9000	3
16. ESD tester	3000	6000	1
17. ESD kattega töölaud ja riiulid	16000	30000	2
18. ESD toolid	2000	2500	2
19. Jootejaamade kohtäratõmbe seadmed	6000	10000	1 komplekt
Kokku EEK:	496 500	1 333 500	

Tabel 4. Investeeringu hinnanguline maht kokku

Seadmete rühm	Min hind	Max hind	Keskmine hind
A Disainilabori seadmed	245 070	357 347	301 209
B Katse- ja mõõtelabori seadmed	230 000	490 500	360 250
C Tootmislabori seadmed	496 500	1 333 500	915 000
Kõik kokku EEK:	971 570	2 181 347	1 576 459

Märkus: Kõik hinnad on antud koos kehtiva käibemaksuga.

Tabeli 4. järgi on elektroonika katsetootmislabori seadmete soetamiseks vajaliku investeeringu esialgne hinnang vahemikus 1,0...2,2 mln EEK (62...139 tuh. EUR)

6.2 Laboriseadmete paigutuse planeerimine, ruumivajadus ja eritingimused

Elektroonika katsetootmislabori kogupindala on minimaalselt 50 m². Labor jaguneb neljaks eraldi ruumiks:

- A. Disainitööruum (projekteerimisruum) (min.) 12 m², kus paiknevad kaks arvutitöökohta.
- B. Katse- ja mõõtelabor (min.) 12 m², kus paiknevad kaks mõõteaparatuuriga varustatud töökohta.
- C. Tootmislabori ruum (min.) 18 m² (soovitav oleks vähemalt 30 m²).
- D. Materjalide, pool- ja valmistoodete ladu (min.) 8 m².

Kaste- ja mõõtelabori sisseseade (mõõteriistad, arvuti) paiknevad kahel normaalmõõtmega töölaual ja nende juurde kuuluvatel riulitel.

Tootmislaboris C paiknevad seadmed (trükkplaadifrees, ladumismasin, dispenser, pastaprinter, pastajootmisahi, lainejootmismasin) on oma teostuselt väikesemõõtmelised ja mõõduka energiavajadusega lauapealsed (*benchtop/desktop/small scale*) protovalmistuse seadmed, mille paigaldamine ei nõua erimeetmeid, v.a. väljatõmbeventilatsioon. Ruumis C peavad olema üldventilatsioonist eraldi toimiv väljatõmbeventilatsioon, mis tagab pastajootmisahjus ja lainejootmismasinas tekkivate gaaside ja aurude väljatõmbe. Ruumis C peab olema tõmbekapp liimimis- ja kompaundivalamistööde jaoks. Jootejaamadega töötamisel tekkivad jootegaasid ja –aurud tuleb eemaldada vastavate kohtäratõmbeseadmetega, samuti trükkplaadifreesi töötamisel tekkiv tolmu.

Labori kõigis ruumides on keelatud kasutada tolmu, auru või gaase tekitavaid aineid ja protsesse ilma kohtäratõmbeseadmete kasutamiseta.

Labori ruumides tuleb tagada temperatuur 18°...28°C ning suhteline õhuniiskus RH<80%. Sundventilatsioon peab tagama ruumides kerge ülerõhu, et vähendada tolmuosakeste sissepääsu. Ruumi C põrand peab taluma vähemalt 100kg punktkoormust.

Labori kõigi ruumide põrand peab olema elektrostaatilisi laenguid vältiva (ESD) kattega. ESD-nõuetest tulenevalt ei tohi tootmisruum C olla läbikäidav, v.a. pääs laoruumi D. Ruumides B, C ja D tohib kasutada üksnes ESD-märgistust omavaid töölaudu ja –toole, riuleid ja käsitööriistu. Elektriseadmete, ESD-tööpindade ja ESD-põranda maandamiseks peab olema ehitatud kaitsemaandus.

Mõned ruumis C paiknevad tootmiseseadmed vajavad suruõhku, millega varustamiseks on vajalik suruõhutorustik ja müra vältimiseks eraldi heliisoleeritud ruumis (võimalusel mõnes keldriruumis) paiknev väikese tootlikusega suruõhukompressor.

Laboris peab olema varustatud silmadušiga (viide Vabariigi Valitsuse määrusele "Töökohale esitatavad tervishoiu ja tööohutuse nõuded" §10 [7]), esmaabivahenditega ja kätepesemisvõimalusega.

Kogu katsetootmislabori seadmete keskmine elektrienergia tarbimine kokku ei ületa töörežiimis hinnanguliselt 10 kW.

6.3 Laboriga seotud jooksvate kulude hinnang

Labori tegevusega otseselt seotud jooksvateks kuludeks on seadmete amortisatsioon, ruumide üldkulud (küte, vesi, elekter), kulumaterjalid ja tööjõukulud.

Seadmete amortisatsiooniarvutus on toodud lisas 2. Seadmed on selles grupeeritud kahte rühma: amortisatsiooniajaga 5 aastat (IT seadmed, jootejaamad, multimeetrid, ESD-toolid ja –vahendid) ja amortisatsiooniajaga 10 aastat. Amortisatsioonisumma on leitud eraldi seadmete miinimumhinna ja maksimumhinna kohta.

Labori koosseisu kuuluvad elektroonikadisaini spetsialist (hõive 1,0), mehaanikadisaini spetsialist (hõive 0,5) ja tootmistehnik (hõive 1,0).

Tabel 5. Elektroonika katsetootmislabori jooksvad kulud aastas kokku

Kululiik	Selgitus	Arvestuse alus		Min summa	Maks. summa
		EEK/ tund	Töötunde/ aasta		
Palgakulu	Elektroonikadisaini spetsialist, laborijuhataja	200	2 000	400 000	400 000
Palgakulu	Mehaanikadisaini spetsialist 0,5 kohta	160	1 000	160 000	160 000
Palgakulu	Tootmistehnik	120	2 000	240 000	240 000
		EEK/m2/kuu	m2		0
Üldkulud	Elekter, küte, vesi, kanalisatsioon jm üldkulud*	150	50	90 000	90 000
Amortisatsioon	Labori sisseseade amortisatsioonikulud			132 000	276 000
		EEK/kuu	Kuluperiood		
Kulumaterjalid	Jootematerjalid, isikukaitsevahendid, printmaterjalid	3000	12	36 000	36 000
				Kokku aastas: 1 058 000	1 202 000

* Elekter, küte, vesi-kanal., rent, telefon, internet, puhastusteenus, turvateenus, üldhalduskulud

6.4 Laboriteenuste hinnakalkulatsioon

Laboriteenuste müük toimub töötunnipõhiselt, millele proto- või väikeseerialise tootevalmistuse korral lisandub kasutatud materjalide, komponentide ja pooltoodete maksumus.

Tabel 6. Laboriteenuse müügihinna kalkulatsioon

Elektronikadisaini spetsialist, töötunde aastas	a	2 000
Mehaanikadisaini spetsialist 0,5 kohta, töötunde aastas	b	1 000
Tehnik, töötunde aastas	c	2 000
Töötunnimaht kokku	$d=a+b+c$	5 000
Jooksvad kulud, EEK/a, maksimaalselt	e	1 202 000
Labori kulude katmiseks vajalik töötunni müügihind		
täielikult väljamüüdud töötundide korral, EEK/t	$h=e/d$	240
Eeldatav müüdud töötundide osakaal koguessursist	m	60%
Spetsialistiteenuse planeeritav müügihind, EEK/t	$H=e/(d*m)$	400

Laboriteenuse müügihind 400 EEK/t võimaldab katta elektroonika katsetootmise labori kulud alates labori töötunnimahu 60% müügitasemest.

7 Kokkuvõte

Elektronika katsetootmislabor on mõeldud sisseostetava teenuse kujul rahuldama väikelaevaehitusega tegelevate ettevõtete vajadusi väikelaevadel kasutatavate elektroonikaseadmete ja –süsteemide planeerimise, komplekteerimise ja eksploatatsiooni käigus ettetulevatele probleemidele lahenduste leidmisel, kui need lahendused seonduvad elektroonikaseadmete ja –süsteemide väljatöötamise, testimise ja katsetootmisega. Ülevaade võimalikest koostöövaldkondadest väikelaevu ehitavate ettevõtetega on antud käesoleva uuringu 3. alajaotuses. Erinevaid inseneriteenusi või nende paketti elektroonikaseadmete ja –süsteemide väljatöötamise ja katsetootmise valdkonnas on samas võimalik pakkuda ka muudele asjast huvitatud ettevõtetele ning teadus- ja haridusasutustele nii Eestis kui naaberregioonides.

Sõltuvalt seadmete konkreetsest valikust on elektroonika katsetootmislabori asutamiseks vajalik investeeringute maht hinnanguliselt vahemikus 1,0...2,2 mln EEK (62...139 tuh. EUR). Investeeringud jagunevad kolme rühma: elektroonika- ja mehaanikadisaini arvutid ja tarkvara, mõõteseadmed ja katsetootmise seadmed. Labori kogupindala on minimaalselt 50 m², mis jaguneb neljaks ruumiks: disaini- (projekteerimis-) ruum 12 m², mõõtelabor 12 m², tootmislabor 18 m² (soovitavalt 30 m²) ja ladu 8 m². Labori koosseisus on elektroonikadisaini spetsialist, mehaanikadisaini spetsialist (hõive 0,5) ja tootmistehnik. Labori ülalpidamiskulud aastas on vahemikus 1,1...1,2 mln EEK ning laboriteenuse müügihind on 400 EEK/tund, mis katab elektroonika katsetootmise labori kulud alates labori töötunniressursi 60% müügitasemest.

8 Kasutatud allikad

1. Ülevaade Eesti väikelaevaehitusest, TTÜ Kuressaare Kolledž, Anni Hartikainen, juuli 2010.a.
2. Nasva laevaehitajad jahivad Kuveidi šaikide usaldust. Äripäev 22.07.2010
3. John C. Payne. Understanding Boat Electronics. Sheridan House, NY 2006
4. Bygger båtelsystem med Erlang. Elektronik i Norden, 07.06.2010
5. Marine electronics. http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_electronics
6. Would the perfect marine instrument have wires? <http://www.tacktick.com>
7. Vabariigi Valitsuse määrus "Töökohale esitatavad tervishoiu ja tööohutuse nõuded". <https://www.riigiteataja.ee/akt/12843344>

Lisa 1 Laboriseadmete amortisatsiooniarvutus

a) Seadmed amortisatsiooniajaga 5 a

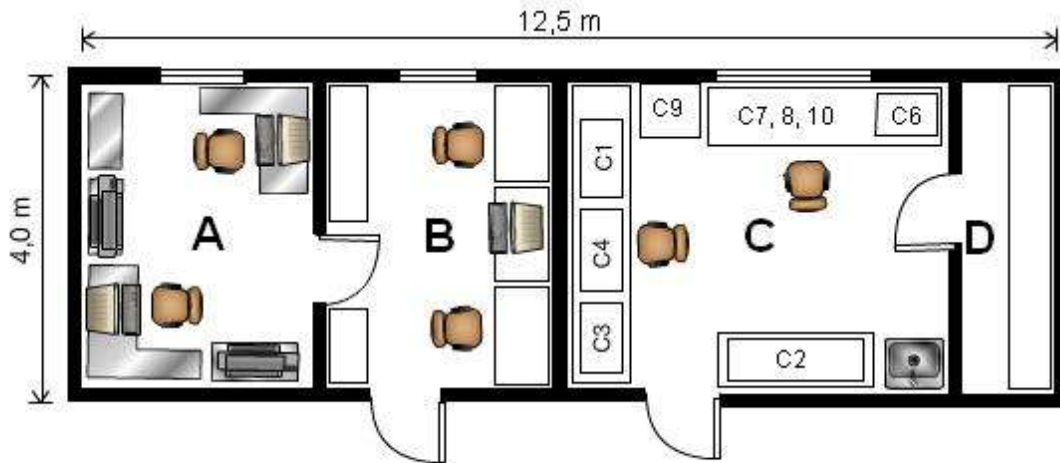
Seade	Min hind	Max hind	Ruum
Suure jõudlusega arvuti (Windows) min 24" monitoriga	25 000	35 000	A
A3 mv laserprinter	15908	31673	A
A3 skanner	21391	37727	A
A4 laserprinter	4771	7947	A
Tarkvarapakett SolidWorks	50 000	60 000	A
Tarkvarapakett AutoCad	50 000	60 000	A
Tarkvarapakett Orcad Pspice	18 000	50 000	A
Tarkvarapakett Altium PCB	50 000	60 000	A
Töölauad, tool, riul	10 000	15 000	A
Multimeeter (<i>bench multimeter</i>)	15 000	70 000	B
PC arvuti (Windows) koos monitoriga min 21"	7 000	10 000	B
ESD käsijootejaam	5 000	10 000	B
ESD toolid	2 000	2 500	B
Parandustööde jootejaam (<i>repair station</i>)	30 000	55 000	C
ESD käsijootejaam	5 000	10 000	C
ESD käsitööriistad, karbid, riulid	30 000	50 000	C
ESD töökitlid ja jalatsid	4 500	9 000	C
ESD toolid	2 000	2 500	C
Kokku EEK	345 570	576 347	
Amortisatsioon aastas EEK	69 114	115 269	

b) Seadmed amortisatsiooniajaga 10 a

Toiteallikad (<i>bench power supply unit</i>)	20 000	50 000	B
Digitaalne ostsiloskoop	50 000	150 000	B
Spektrianalüsaator	105 000	150 000	B
Jootejaamade kohtäratõmbe seadmed	6 000	10 000	B
ESD kattega töölauad ja riulid	16 000	30 000	B
Mikrokontrollerite programmaatorid (1 Atmel'i ja 1 Microchip'i kontrolleritele)	4 000	8 000	B
SMD pastajootmisahi (<i>SMD reflow oven</i>)	40000	117000	C
Lainejootmismasin (<i>wave soldering machine</i>)	18000	60000	C
Trafarettprinter (<i>manual stencil printer</i>)	25 000	50 000	C
SMD ladumismasin koos jootepasta/liimi dispenseriga (<i>semiautomatic/automatic SMD pick & place machine</i>)	115 000	365 000	C
SMD komponendifiidrid (<i>tape feeders 8 to 30mm, stick feeders SO and PLCC</i>)	60 000	170 000	C
Trükkplaadifrees (<i>PCB milling machine</i>)	50 000	125 000	C
Stereomikroskoop	15 000	35 000	C
Liimi/kompoundidispenser	5 000	144 000	C
Metallist aluslauad seadmetele (kandevõime min 100 kg)	64 000	80 000	C
Väike külmkapp tinapasta hoidmiseks	3 000	5 000	C
Suruõhukompressor	5 000	10 000	C
ESD tester	3 000	6 000	C
ESD kattega töölauad ja riulid	16 000	30 000	C
Jootejaamade kohtäratõmbe seadmed	6 000	10 000	C
Kokku EEK	626 000	1 605 000	
Amortisatsioon aastas EEK	62 600	160 500	
Amortisatsioon aastas kokku EEK	132 000	276 000	

Lisa 2

Elektronika katsetootmislabori eskiisplaan koos seadmete paigutusega



Seletuskiri eskiisplaani juurde

Ruumis A ehk tootedisainerite (tooteprojekterijate) tööruumis (12 m²) paiknevad kaks arvutitöökohta koos abilaudadega ja riiulitega.

Ruumis B ehk mõõtelaboris (12 m²) paiknevad kaks ESD-tingimustele vastavat töölauda koos riiulitega mõõteriistade jaoks, abilaud arvutiga ja riiulid. Laudadel paiknevad lisaks mõõteriistadele kaks jootejaama ja kohtäratõmbeseadmed.

Ruumis C ehk katsetootmise ruumis (18 m²) paiknevad ESD-aluslaudadel pastajootmisahi C1, lainejootmismasin C2, trafarettprinter C3, ladumismasin C4, trükkplaadifrees C6, parandustööde jootejaam C7, stereomikroskoop C8, tõmbekapp koos liimidispenseriga C9 ja jootejaam C10 ning kohtäratõmbe seadmed. Riiulitel paiknevad ülejäänud käsitööriistad ja tarvikud.

Ruumis D ehk laos (8 m²) hoitakse riiulitel materjale ning pool- ja valmistooteid.