

Petteri Parviainen

Veneen takalaidan kääntömekanismi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
23.11.2012

Tekijä Otsikko	Petteri Parviainen Veneen takalaidan kääntömekanismi
Sivumäärä Aika	28 sivua 23.11.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaajat	Lehtori Jari Savolainen Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää mahdollisia mekanismeja sekä komponentteja, joilla voitaisiin toteuttaa veneen takalaidan kääntäminen hydraulisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti.</p> <p>Työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle yhteistyössä Oy Marino Ab:n kanssa, jonka valmistama APB27-vene on muotoilultaan tavanomaisesta poikkeava sekä useilla innovatiivisilla yksityiskohdilla varustettu päivävene. Veneen takalaidan painon vuoksi laita on melko raskas nostettava hartiavoimin, joten Marinon omien kokemusten sekä asiakaspalautteiden perusteella, yritys halusi selvittää mahdollisuuksia veneen takalaidan kääntämiseen nappia painamalla.</p> <p>Tärkeimpänä tavoitteena mekanismille oli mahdollisimman yksinkertainen sekä kooltaan pieni rakenne, koska mekanismin tulisi olla jälkiasennettavissa jo olemassa oleviin veneisiin niiden rakennetta muuttamatta.</p> <p>Työssä tutkittiin neljää erilaista mekanismia, joita mahdollisesti voitaisiin käyttää sellaisenaan takalaidan kääntämisessä, ja lisäksi selvitettiin erilaisten komponenttien soveltuvuutta mekanismeihin. Lopputuloksena ei syntynyt täysin valmista ratkaisua, mutta suunnitelmat toimivat pohjana, jonka avulla voidaan tulevaisuudessa jatkaa suunnittelua.</p>	
Avainsanat	veneen takalaita, mekanisointi, nostomekanismi

Author Title	Petteri Parviainen Designing the Mechanism for a Boat Transom
Number of Pages Date	28 pages 23 Nov 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructors	Jari Savolainen, Lecturer Heikki Paavilainen, Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to clarify possible mechanisms and hydraulic, pneumatic and electrical components which could be used in turning the transom of the boat.</p> <p>This thesis was carried out at the Metropolia University of Applied Sciences in cooperation with Oy Marino Ab. Marino APB27 boat's design is unusual and it has a lot of innovative details. Because of the weight of the transom it is quite heavy to lift up and down with hands so Marino wanted to find out if it could be possible to turn the transom just by pressing the button.</p> <p>The main objective for the mechanism was a simple and compact structure because the mechanism should be able to be installed afterwards to the already manufactured boats without changing the structure of the boat.</p> <p>In this thesis four different mechanisms were studied, which could potentially be used as a turning transom. Furthermore, different components were also studied which could be used in mechanisms. As a result, no final solution was reached, but these plans can serve as a basis for further product development.</p>	
Keywords	transom of the boat, mechanizing, lifting mechanism

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	TEHONSIIRTOTAVAT	3
2.1	Hydrauliikka	4
2.1.1	Hydrauliikkajärjestelmä	5
2.1.2	Hydraulisyliinterit	6
2.1.3	Hydraulinen vääntömoottori	7
2.2	Pneumatiikka	8
2.2.1	Paineilmajärjestelmä	9
2.2.2	Pneumatiikkasyliinterit	10
2.3	Sähkökäyttö	11
2.3.1	Sähköjärjestelmä	11
2.3.2	Sähköiset toimilaitteet	12
3	TAKAL AidAN KÄÄNTÄMINEN	13
3.1	Nivelmekanismi - sylinteri keskellä rungon ulkopuolella	15
3.2	Nivelmekanismi - sylinteri rungon sisäpuolella	16
3.3	Nivelmekanismi - sylinterit rungon ulkopuolella	18
3.4	Hammashihnamekanismi	19
3.5	Vääntömoottori saranoille	19
3.6	Mekanismien valinta	19
4	VOIMIEN LASKEMINEN JA TULOSTEN KÄSITTELY	21
5	TOIMILAITTEEN MITOITUS JA TULOSTEN KÄSITTELY	25
6	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

Oy Marino Ab on yli 50 vuotta toiminut Suomen vanhin lasikuituveneiden valmistaja. Tinkimättömästä laadusta tunnetut Marino-veneet ovat saavuttaneet vuosien varrella 18 venealan kunniamainintaa, niistä viimeisimpänä APB27-vene (kuvio 1) on saavuttanut useita palkintoja niin kotimaassa kuin ulkomaillakin. [1.]



Kuvio 1. Marinon APB27-vene [1].

Marinon APB27 (All Purpose Boat) on muotoilultaan tavanomaisesta poikkeava ja siinä on käytetty useita innovatiivisia yksityiskohtia, kuten esimerkiksi veneen ympäri kiertävä vaahtomuovista valmistettu ja nukalla pinnoitettu törmäyssuoja, motorisoitu peräseinä, joka liukuu avotilan lattian alle piiloon sekä ainakin vielä tällä hetkellä käsivoimin käännettävä takalaita. Takalaidan ollessa ala-asennossaan (kuvio 2) veneen takaosaan muodostuu suuri, avoin ja tasainen pinta, joka tuo lisää tilaa oleskeluun sekä helpottaa rantautumista ja veneeseen nousua.



Kuvio 2. Veneen takalaita laskettuna ala-asentoon [1].

Takalaidan nostaminen ja laskeminen tapahtuu yhdellä kädellä, toisen käden pitäessä kiinni sivukaiteesta. Laidan painosta saatujen palautteiden sekä Marinon omien koke-
muksien johdosta ryhdyttiin selvittämään takalaidan mahdollista mekanisointia, sillä osalle käyttäjistä nostaminen sekä laskeminen hartiavoimin ovat raskaita, elleivät jopa mahdottomia.

Tämän insinööriyön aiheena oli siis selvittää miten APB27:n takalaita voitaisiin kääntää mekaanisesti sekä vertailla hydraulisten, pneumaattisten ja sähköisten toimilaitteiden sopivuutta laidan kääntämiseen.

2 TEHONSIIRTOTAVAT

Tehonsiirto voidaan toteuttaa mekaanisesti, hydraulisesti, pneumaattisesti sekä sähköisesti. Tässä työssä tarkastellaan hydraulisia, pneumaattisia sekä sähköisiä tehonsiirtojärjestelmiä sekä niiden toimilaitteita, joita voitaisiin mahdollisesti käyttää takalaidan kääntämisessä.

Tehonsiirtotapoja voidaan vertailla taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Tehonsiirtotapojen ominaisuuksien vertailu [2, s. 19].

Pneumatiikka	Hydrauliikka	Sähkökäytöt
Käytettävä paine 1 - 10 bar	Käytettävä paine 50 - 500 bar	Käytettävä jännite 5 - 48 VDC tai 230 - 400 VAC
Ilma on kokoonpuristuvaa. Väliasioiden tarkka toteutus mahdollista, mutta kallista toteuttaa.	Väliaine ei puristu kokoon. Saadaan toteutettua liikkeiden lukittuja ja tarkkoja väliasioiden.	Järjestelmä on mekaaniselta rakenteeltaan jäykkä. Tarkat väliasioidennot ovat mahdollisia. Tämä vaatii tarkkoja mekaanisia rakenneosia.
Nopeat liikkeet ovat tyypillisiä. Kuormitus vaikuttaa nopeuteen.	Liikkeet ovat tyypillisesti hitaita. Kuormitus ei sopivin järjestelyin vaikuta nopeuteen	Nopeat liikkeet ovat mahdollisia. Kuormituksella ei ole merkitystä.
Ylikuormitustilanteessa ei tapahdu vaurioita. Liikkeiden lukitus voidaan tehdä mekaanisin lukkolaittein	Ylikuormitus ei vaurioita järjestelmää. Hydraulinen lukitus on mahdollista.	Ylikuormitustilanteessa lämpösuojai- tai varoke laukeaa. Myös laitteet saattavat vaurioitua. Lukitukset tehdään mekaanisesti.
Paineilman tehonsiirto on hyötysuhteeltaan huono, mutta energiaa kuluu vain laitteita käytettäessä ja vuodoissa.	Hyötysuhde on parempi kuin pneumatiikassa. Energiaa on vaikea varastoida turvallisesti.	Hyötysuhde on tässä vertailussa paras. Energian varastointi tapahtuu yleensä akkuihin.
Paineilmaa on helppo valmistaa, joten sitä on saatavilla. Komponentit ovat suhteellisen edullisia.	Komponentit ovat kalliita. Hydraulikkajärjestelmän rakentamiseksi tarvitaan koneikko.	Sähköä on hyvin saatavilla. Komponentit ovat melko kalliita, kun tehdään älykkäitä ohjauksia.
Järjestelmää on helppo muunnella ja sen huolto on yksinkertaista.	Järjestelmä on muunneltavuudeltaan vaikea. Huolto vaatii erikoisammattitaitoa.	Korjaukset vaativat ammattitaitoa ja usein luvanvaraisuutta. Järjestelmää voidaan jonkin verran muunnella.
Paineilman käyttö on yleisesti vaaratonta ja siistiä. Sopii myös räjähdysvaarallisiin käytöihin.	Järjestelmä on usein epäsiisti. Letkurikot voivat aiheuttaa tapaturmavaaroja. Öljyn puhautusvaatimukset ovat korkeat.	Järjestelmä on siisti. Sähkötapaturmat ovat mahdollisia sähköiskujen tai kipinöinnin seurauksena.

2.1 Hydraulikka

Hydrauliikkajärjestelmät ovat tehonsiirtoketjuja, joissa yleensä sähkö- tai polttomoottorilla tuotettu energia muunnetaan hydrauliseksi tehoksi eli mekaaninen teho siirtyy hydraulineesteeseen paineeksi ja tilavuusvirraksi. Tämä nesteeseen sidottu teho siirretään putkia tai letkuja pitkin haluttuun työkohteeseen, jossa toimilaitteet muuttavat hydraulisen energian takaisin mekaaniseksi energiaksi. [2, s. 170.]

Hydrauliikkaa käytetään teollisuudessa sekä liikkuvassa kalustossa. Teollisuuden kohteita ovat esimerkiksi työstökoneet, puristimet sekä paperikoneet, kun taas liikkuvassa kalustossa hydrauliikkaa käytetään muun muassa maatalous- ja maansiirtokoneissa, kaivoskoneissa, lentokoneiden laskeutumistelineissä sekä laivojen peräsimissä ja rampeissa. Veneteollisuudessa hydrauliikkaa käytetään useasti suuremmissa huviveneissä sekä -jahdeissa erilaisten luukkujen, kansien ja tasojen nostamiseen/laskemiseen sekä avaamiseen/sulkemiseen (kuvio 3).



Kuvio 3. Marinon APB27-veneeseen avotilan lattia nostosylinteri.

Hydrauliikan etuja [2, s. 171]:

- Hydrauliikkajärjestelmillä saadaan aikaan suuria voimia ja momentteja
- Pyörivä ja lineaarinen liike voidaan toteuttaa helposti
- Voiman, nopeuden ja momentin muuttaminen on helppoa
- Voidaan ylikuormittaa ilman vaurioita pysähdyksiin saakka
- Komponentit ovat standardoituja
- Voidaan ohjata sähköisesti
- Jarrutus voidaan tehdä hydraulisesti
- Hydraulineeste voitelee ja jäähdyttää toimilaitteen

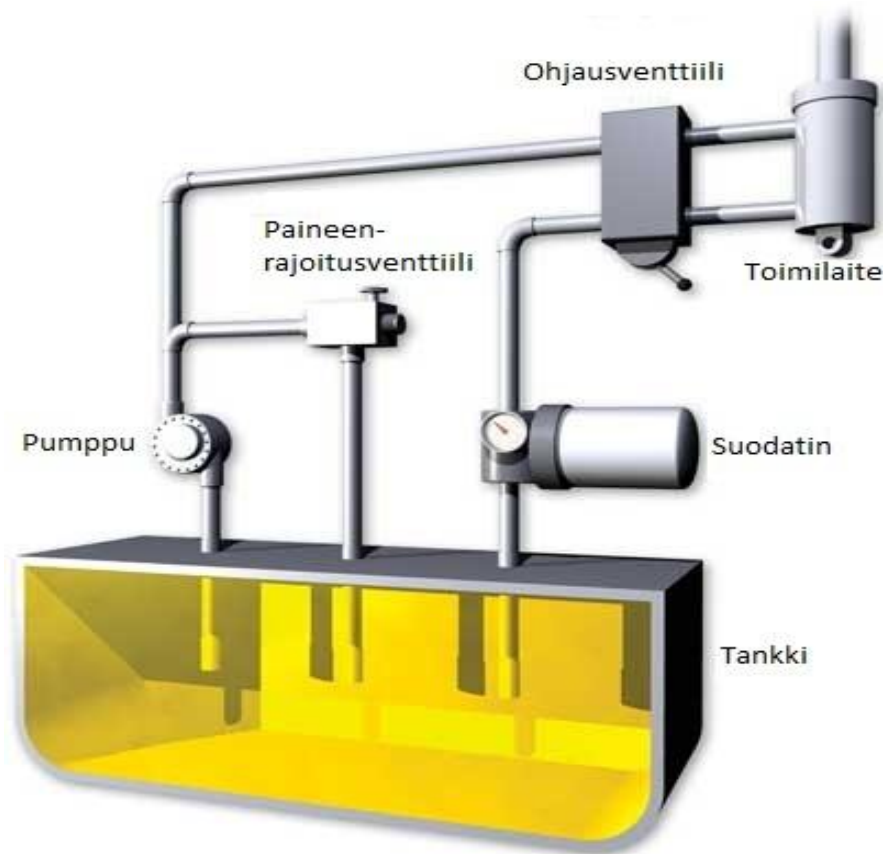
Hydrauliikan haittoja [2, s. 171]:

- Kaikki järjestelmät vuotavat ainakin hieman
- Pitkä kestoikä ja varmuus edellyttävät puhdasta järjestelmää
- Tehohäviöt ovat suuria pitkillä siirtomatkoilla
- Hyötysuhde ei ole kovin hyvä
- Hydraulinesteet ovat palavia ja ympäristöä likaavia
- Käyttökelpoinen laajalla lämpötila-alueella

2.1.1 Hydrauliikkajärjestelmä

Hydrauliikkajärjestelmän (kuvio 4) peruskomponentteja ovat hydraulinesäiliö, jonka tehtävänä on varastoida ja jäähdyttää öljyä sekä pumppu, joka muuttaa mekaanisen tehon hydrauliseksi tehoksi. Ohjausventtiilin tehtävänä on muuttaa öljyvirran suuntaa, suodatinta käytetään roskien poistoon hydraulinesteestä sekä toimilaitteen tehtävänä on muuttaa hydraulinen teho takaisin mekaaniseksi energiaksi.

Järjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, avoimiin sekä suljettuihin järjestelmiin. Suurimpina eroina näillä on säiliön koko ja virtauksen ohjaus. Avoimessa järjestelmässä toimilaitteen liikkeen suuntaa ohjataan venttiileillä eikä liikettä voida jarruttaa pumpun avulla, kun suljetussa järjestelmässä liikettä voidaan ohjata ja jarruttaa kaksisuuntaisella pumpulla. Yleisimmin avoimia järjestelmiä käytetään sylinterikäytöissä, kun suljettua käytetään hydraulimoottoreita käyttävissä järjestelmissä. [2, s. 293.]



Kuvio 4. Esimerkki avoimesta hydraulikkajärjestelmästä [7].

Marinon APB27-veneessä on valmiina yksinkertainen ja pieneen tilaan mahtuva hydraulikkajärjestelmä, jota käytetään avotilan lattian nostamiseen hydraulisynterillä. Järjestelmän on toimittanut ruotsalainen Gecea, jonka toimialana on erilaisten veneissä tarvittavien hydraulisten komponenttien, kuten trimmitasojen ja niissä käytettyjen osien jälleenmyynti. Yritys myös suunnittelee ja valmistaa asiakkaan toiveiden mukaan mekanismeja, joita käytetään luukkujen avaamiseen ja sulkemiseen, sekä hydraulisesti toimivia kokoon taittavia kävelysiltoja, jotka helpottavat veneeseen kulkua.

2.1.2 Hydraulisynterit

Yleisin hydraulinen toimilaite, joka toimii lineaarisesti eli suoraviivaisesti, on hydraulisynteri. Synterit voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan, yksitoimisiin, kaksitoimisiin sekä erikoissyntereihin. Yksitoimisissa syntereissä liike tapahtuu hydraulisesti vain toiseen suuntaan ja paluuliike tapahtuu jousen tai kuorman vaikutuksella. Kaksitoimisissa syntereissä liike tapahtuu molempiin suuntiin hydraulisesti. Erikoissyntereitä ovat muun muassa uppomäntäsynterit, joissa mäntänä toimii paksu männänvarsi il-

man erillistä mäntää, sekä teleskooppisyylinterit, joissa on kaksi tai useampia sylinteri-putkia, jotka työntyvät toistensa sisään. Teleskooppisyylintereillä saadaan aikaiseksi iskunpituus, joka on suurempi kuin sylinterin asennuspituus. [3, s. 141 - 143.]

Takalaidan kääntämisessä tarvitaan kaksitoimista toimilaitetta, sillä takalaidalla on käytännössä kaksi alkuasentoa, ala- ja yläasento, joten työliikkeen täytyy tapahtua molempiin suuntiin hydraulisesti. Toimilaitetta valittaessa on otettava huomioon asennus- ja iskunpituus, kiinnitys sekä takalaidan nostamiseen ja laskemiseen tarvittava voima, jonka selvittämisessä käytettiin työn myöhemmässä vaiheessa MSC Softwaren Adams View -ohjelmaa.

2.1.3 Hydraulinen vääntömoottori

Hydrauliset vääntömoottorit (kuvio 5) ovat kompakteja hydraulisesti toimivia kääntölaitteita, joilla saadaan aikaiseksi kääntöliike ilman nivelmekanismia. Normaalien hydraulisten moottorien tapaan vääntömoottorit muuttavat hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi eli pyöriväksi liikkeeksi, mutta pyörimisliike on rajoitettu. Kiertymiskulmat riippuvat rakenteesta, mutta yleensä ne ovat alle 360 astetta. Vääntömoottorit voidaan jakaa rakenteensa perusteella kahteen ryhmään, siipirakenteisiin sekä mäntärakenteisiin. Suurimmat saavutettavat vääntömomentit siipirakenteisilla moottoreilla ovat 15 - 20 kNm ja mäntärakenteisilla on noin 10 kNm. Vääntömoottorin etuna on koko liikealueella vakiona pysyvä vääntömomentti. [3, s. 151 - 152.]



Kuvio 5. Hydraulinen vääntömoottori [4].

2.2 Pneumatiikka

Pneumaattisessa tehonsiirrossa sähkö- tai polttomoottorilla tuotettu mekaaninen energia muutetaan kompressorilla paineilmaksi eli ilmaa puristetaan paine-energiaksi. Paineilma siirretään paineilmajärjestelmän komponenttien läpi putkia tai letkuja pitkin käyttökohteeseen, jossa kohteen toimilaitteet muuttavat paineilman takaisin mekaaniseksi energiaksi.

Pneumatiikkaa käytetään esimerkiksi työkaluissa, maalaamisessa sekä erilaisten toimilaitteiden liikkeen tuottamisessa. Hydrauliikan tavoin pneumatiikkaa käytetään ve-neissä luukkujen ja kansi-avaamiseen/sulkemiseen sekä nostamiseen/laskemiseen. Pneumatiikan komponentteja ovat muun muassa toimilaitteet, moottorit ja tarttujat, venttiilit kuten esimerkiksi suunta- ja vastaventtiilit sekä alipainetekniikka kuten imukupit (kuvio 6).



Kuvio 6. Pneumatiikan komponentteja [8].

Pneumatiikan etuja [5]:

- Painehäviöt ovat pienet pitkilläkin etäisyyksillä
- Ilmaa on saatavissa kaikkialla eikä poistoilmalle tarvita putkistoja
- Paineilmaa on helppo varastoida säiliöön
- Paineilmalaitteet toimivat varmatoimisesti suurellakin lämpötila alueella, eivätkä aiheuta räjähdysvaaraa
- Paineilmalla toimivia koneita voidaan ylikuormittaa turvallisesti pysähdyksiin asti
- Huolto on helppoa ja varaosat edullisia

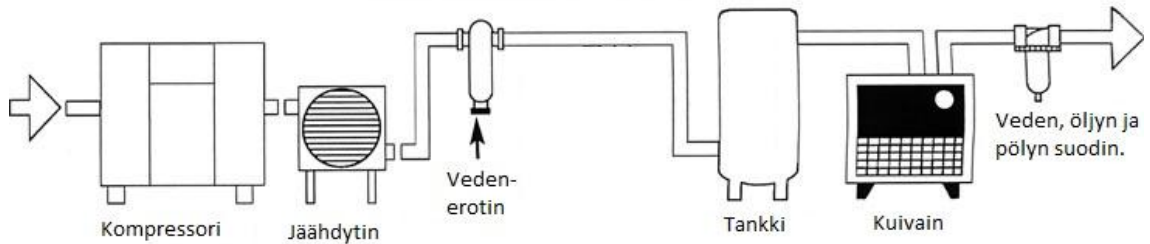
Pneumatiikan haittoja [5]:

- Tehotiheys on huono
- Hyötysuhde on huono
- Aseman ja nopeuden hallinta on hankalaa
- Komponenttien välimatkat aiheuttavat viiveitä
- Pakkaskestävyys huono
- Ilman purkautuessa äänekäs

2.2.1 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmän laitteisiin kuuluu kompressori, jälkijäähdytin, tankki, erilaiset suodattimet, jäähdytyskuivain, vedenerotin sekä paineensäädin (kuvio 7).

Kompressorilla nostetaan ilmanpainetta vähintään kaksinkertaiseksi verrattuna imupaineeseen. Kompressorin välittömässä läheisyydessä sijaitsee jälkijäähdytin, joka viilentää puristuksessa lämmentyneen paineilman ja erottelee siitä vettä. Tankki varastoi paineilmaa ja toimii järjestelmän sijoituskohtana varoventtiilille, millä lisätään järjestelmän turvallisuutta. Suodattimien ja vedenerottimen tarkoituksena on poistaa paineilmasta siihen kuulumattomia epäpuhtauksia, kuten vettä, öljyä sekä pölyä. Paineilmaa kuivataan jäähdytyskuivaimella, jolloin prosessin seurauksena saadaan laskettua ilman kosteutta.



Kuvio 7. Esimerkki paineilmajärjestelmästä [9].

2.2.2 Pneumatiikkasyylinterit

Pneumatiikkasyylinterit voidaan jaotella neljään eri luokkaan, vakio- ja männänvarrettomiin sylintereihin, kääntölaitteisiin sekä erikoistoimilaitteisiin. Takalaidan kääntämiseen soveltuu näistä parhaiten yksinkertainen kaksitoiminen vakiosylinteri. Paineilmalla toimivien sylintereiden toimintaperiaate on käytännössä samanlainen kuin hydraulisissakin, eli yksitoimisessa sylinterissä paluuliike tapahtuu kuorman tai jousen avulla, kun kaksitoimisessa sylinterissä liike on molempiin suuntiin pneumaattista.

Toinen toimilaitteenvaihtoehto kaksitoimisten sylinterien lisäksi on edellä mainitut kääntölaitteet. Pneumatiikassa rajallinen kierto liike saadaan aikaiseksi vääntömoottoreilla sekä -sylintereillä. Takalaidan kääntämisessä voitaisiin mahdollisesti käyttää rakenteeltaan yksinkertaista pneumaattista vääntömoottoria, jolla saadaan aikaiseksi suurimmillaan 330 asteen kääntökulma. [10, s. 94.]

2.3 Sähkökäyttö

Sähkökäytöt ovat järjestelmiä jotka muuttavat sähköenergian mekaaniseksi energiaksi.

Sähkökäyttöjen edut [5]:

- Sähköenergian saatavuus
- Pienemmät energiakustannukset
- Ympäristöystävällisyys
- Nopeat liikkeet mahdollisia
- Hyvä paikoitustarkkuus

Sähkökäyttöjen haitat [5]:

- Vaurioriski ylikuormitustilanteessa
- Heikohko tehotiheys hydraulikkaan verrattuna
- Turvallisuusriskit (palovaara, sähköiskut)
- Kalliit komponentit
- Korjaaminen edellyttää ammattitaitoa
- Muunneltavuus hankalaa
- Lämpeneminen pienillä nopeuksilla ja isoilla kuormilla

2.3.1 Sähköjärjestelmä

Melkein kaikista veneistä, pois lukien pienet veneet, joissa on käsikäynnisteinen perämoottori, löytyy jonkinlainen sähköjärjestelmä. Pienimmissä veneissä sähköä käytetään starttimoottorin pyörittämiseen sekä kulkuvaloihin, kun taas suuremmissa huviveneissä sähköä käytetään useisiin eri kohteisiin, kuten esimerkiksi valaistukseen, VHF-radioon, hallintalaitteisiin sekä lämmittimeen.

Pienemmän kokoluokan veneissä on useimmiten 12 V:n sähköjärjestelmä ja suuremman kokoluokan veneissä, joiden sähkölaitteiden tehontarve on suurempi, voidaan käyttää 24 V:n järjestelmää. Suuremmissa veneissä on useasti käytössä maasähkö, jolla saadaan 220 V:n verkkovirta veneeseen sen ollessa laiturissa. Maasähköä käytetään akkujen lataamiseen sekä verkkovirralla toimiviin laitteisiin. [6, s. 2.]

2.3.2 Sähköiset toimilaitteet

Veneen takalaidan kääntämiseen löytyy muutamia mahdollisia sähköisiä toimilaitteita riippuen mekaniikasta. Nivelmekanismia käytettäessä lineaarisen eli suoraviivaisen liikkeen tuottamiseen voitaisiin mahdollisesti käyttää sähkömoottoria sekä kuularuuvia, joka koostuu yksinkertaisesti kuvailtuna mutterista sekä kierretangosta. Kuularuuvien "mutterin" sisällä on useita kuulalaakereita, jotka liukuvat kierretankoa pitkin.

Toinen sähköinen toimilaitteenvaihtoehto nivelmekanismia käytettäessä on karamoottori, joka on sähköinen "sylinteri" ja ulkonäöllisesti usein samannäköinen kuin vastaavanlaiset pneumatiikalla tai hydraulikalla toimivat sylinterit. Karamoottorin liike syntyy kuularuuvilla tai trapetsiruuvilla, jotka toimivat sähkömoottorin avulla.

3 TAKAL AidAN KÄÄNTÄMINEN

Lähtötilanteena oli siis APB27:n hartiavoimin nostettava ja laskettava 180 astetta kääntyvä, noin 50 kg:n painoinen takalaita. Takalaita koostuu yhdestä lasikuiduista valmistetusta, L-kirjaimen muotoisesta kappaleesta, joka on saranoitu kolmella saranalla avotilan lattian takaosaan (kuvio 8).



Kuvio 8. Takalaita yläasennossa sekä hytin peräseinä laskettuna avotilan lattian alle [1].

Kriteereinä mekanismin suunnittelussa oli jälkiasennusmahdollisuus eli tavoitteena mahdollisimman yksinkertainen asennus, jotta mekanismi olisi mahdollista asentaa jo olemassa oleviin veneisiin niiden rakennetta muuttamatta.

Toisena kriteerinä oli mahdollisimman huomaamaton, pieni ja yksinkertainen rakenne, koska tilaa tarvittaville asennuksille veneessä on melko vähän varsinkin, jos veneen rakenne pyritään pitämään koskemattomana.

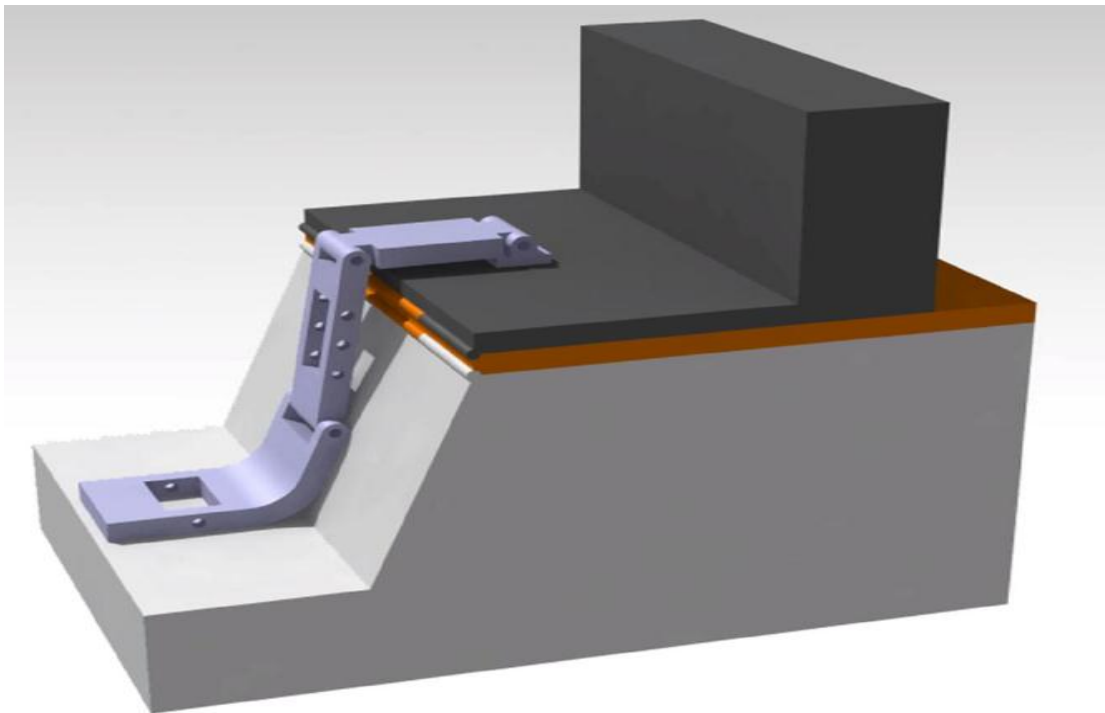
Mekanismissa käytettävien komponenttien valinnassa tärkein kriteeri on keveys sekä materiaalien kestävyys, koska komponentit joutuvat alttiiksi kosteudelle sekä merivedelle.

Lähtökohtana suunnittelussa oli joko nivelmekanismi, jos käytettäisiin lineaarisen liikkeen tuottavaa toimilaitetta, tai mekanismi, joka tekisi kääntöliikkeen kääntöakselin avulla eli saranoiden tilalle asennettaisiin akseli, jota pyörittäisi jokin laite tai mekanismi.

Takalaidan mekanisoinnin suunnittelussa käytettiin apuna Dassault Systemesin Catia 3d-mallinnusohjelmaa. Ensimmäiseksi Catialla mallinnettiin veneen rungon peräosa, avotilan lattian kansi sekä takalaita oikeissa mittasuhteissa, minkä jälkeen osat liitettiin toisiinsa eli niistä tehtiin kolmiulotteinen kokoonpanokuva. Mallia käytettiin koko työn ajan mekanismien suunnittelussa apuna, ja siihen voitiin liittää erikseen piirrettyjä mekanisme. Kokoonpanoja ei varsinaisesti Catialla simuloitu, mutta takalaidan kääntäminen ja mekanismien liikkuvuus pystyttiin havainnollistamaan. Takalaitaa voitiin manuaalisesti kääntää 180 astetta edestakaisin, jolloin nähtiin lukkiutuuko mekanismi tai ottaako jokin mekanismin komponenteista kiinni veneen runkoon tai takalaitaan missään vaiheessa käännön aikana. 3d-mallin avulla pystyttiin siis alustavasti ilman laskutoimituksia toteamaan, olisiko mekanismi mahdollisesti toteutettavissa niin kokonsa kuin toimivuutensa puolesta.

3.1 Nivelmekanismi - sylinteri keskellä rungon ulkopuolella

Alun perin mekanismia oli suunnittelemassa entinen Metropolian opiskelija Joonas Kujala, jonka ensimmäisenä ajatuksena oli nivelmekanismi, missä nivelet ja sylinteri sijaitsivat keskellä takalaitaa. Mekanismissa oli tarkoituksena käyttää kahta eripituista nivelsauvaa, takalaitaan asennettavaa korvaketta sekä runkoon kiinnitettävää kannaketta, mihin asennettaisiin sylinterin ja pidemmän nivelen toiset päät (kuvio 9). Tässä mekanismissa sylinterin vetoliike kääntäisi laidan ala-asentoon ja työntöliike nostaisi takalaidan yläasentoon.



Kuvio 9. Ensimmäinen luonnos kääntömekanismista ilman sylinteriä. ©Joonas Kujala

Aluksi suunnitelmasta siirryttiin melko pian seuraavaan, sillä mekanismin mittasuhteet vaikuttivat varsin hankalilta toteuttaa. Laidan ollessa ala-asennossa alustavien mittauksien perusteella 3d-mallista voitiin nähdä, että sylinterille jäävää tilaa oli lähes saman verran kuin sylinteriltä vaadittava iskun pituus.

3.2 Nivelmekanismi - sylinteri rungon sisäpuolella

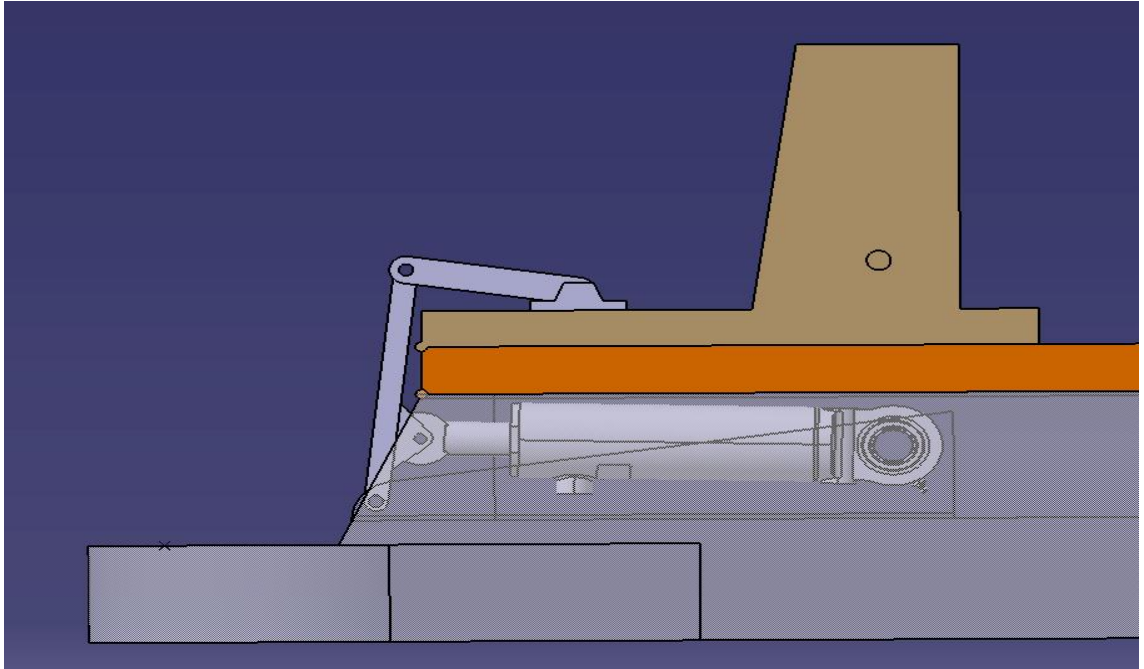
Kun edellisessä kappaleessa esitelty mekanismi vaikutti hankalalta toteuttaa, käytiin Marinon tiloissa tutkimassa venettä lähempää ja pohtimassa vaihtoehtoja mekanismille. Vierailun jälkeen mekanismeista ryhdyttiin suunnittelemaan veneen takaosan molemmilla puolilla sijaitseviin väliköihin, joista vesi pääsee ulos avotilan lattian alta.

Kuviosta 10 katsottuna oikealla puolella olevan välikön edessä, rungon sisäpuolella sijaitsee avotilan lattian nostosylinteri, joten takalaidan mekanismi jouduttiin suunnittelemaan asennettavaksi vain yhdelle puolelle. Vasemman puoleisen välikön edessä on jonkin verran tyhjää tilaa mahdollisille asennuksille, mikä mahdollistaisi toimilaitteen asentamisen niin lattiaan kuin seinämään, molemmat asennuskohdat vaatisivat kuitenkin lasikuituiseen runkoon vahvikelevyt tukemaan sylinterin kiinnitystä.



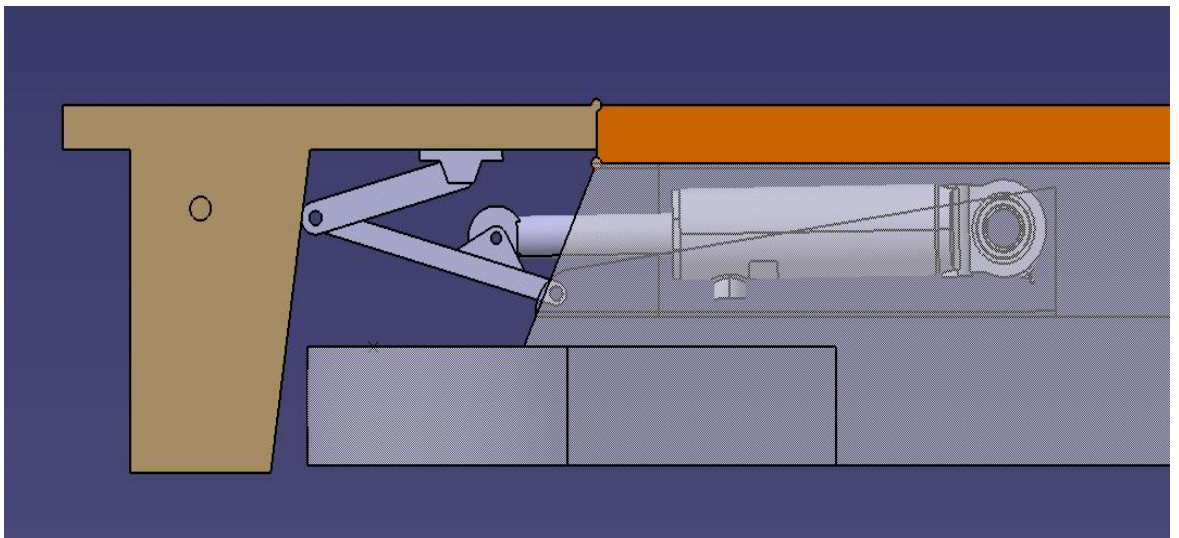
Kuvio 10. Avotilan lattia ylös nostettuna sekä peräseinä alas laskettuna.

Mekanismi on toimintaperiaatteeltaan vastaavanlainen kuin kappaleessa 3.1 esitelty mekanismi, eroavaisuutena sylinterin sijoitus. Tässä tapauksessa sylinterin kannake sijoitettaisiin veneen rungon sisälle ja sylinteri asennettaisiin kannakkeeseen peräosasta kiinni akselin varaan, joka mahdollistaisi sylinterin pienen tarvittavan liikkeen pystysuunnassa. Sylinterin toinen pää olisi kiinni pidemmässä nivelessä ja pidempi nivel kiinni sylinterin kannakkeessa. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Nivelmekanismi, jossa sylinteri rungon sisäpuolella. Kuvassa myös laidan painopiste.

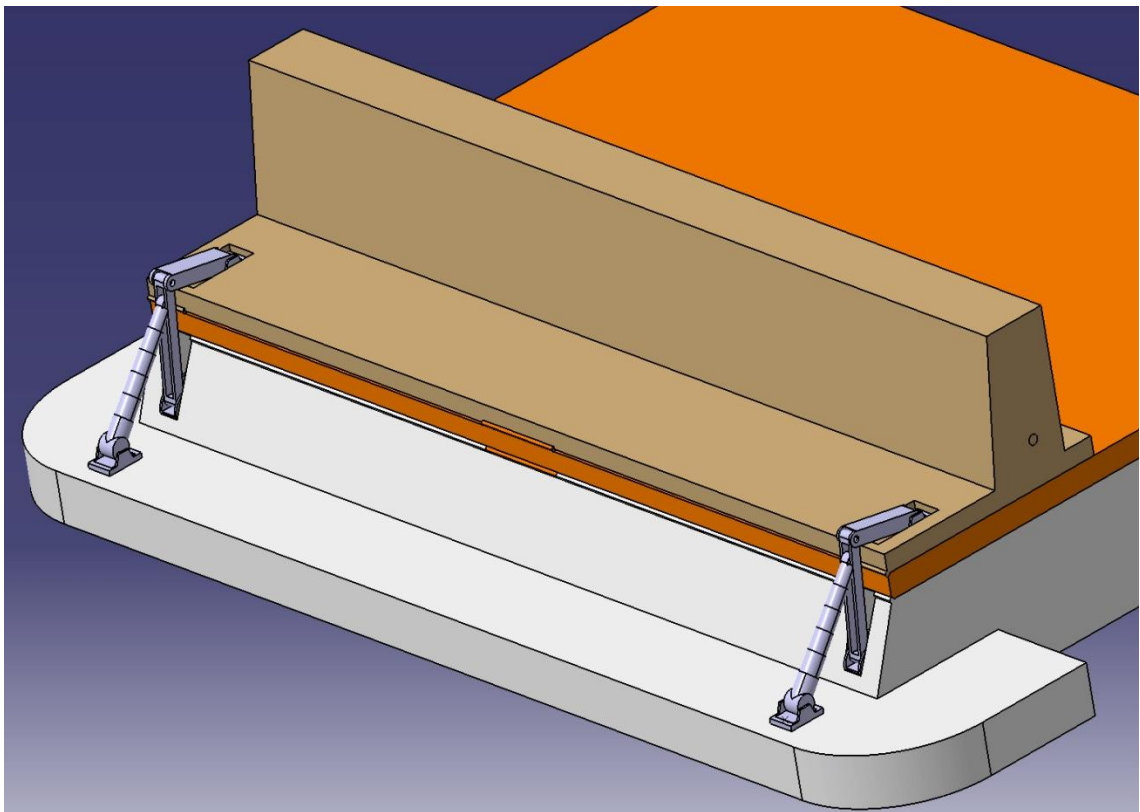
Mekanismissa sylinterin vetoliike nostaisi takalaidan yläasentoon (kuvio 11) ja työntöliike avaisi takalaidan ala-asentoonsa (kuvio 12).



Kuvio 12. Takalaitaan suunniteltu mekanismi ala-asennossa.

3.3 Nivelmekanismi - sylinterit rungon ulkopuolella

Eri vaihtoehtoja mietittäessä heräsi ajatus sylinterin paikan vaihtamisesta takaisin rungon ulkopuolelle sen jälkeen, kun kappaleen 3.2 mekanismi oli piirretty 3d-malliin. Tässä tapauksessa käytettäisiin edellisen version komponentteja nivelten ja takalaitaan asennettavan korvakkeen osalta, mutta sylinteri siirrettäisiin takaisin rungon ulkopuolelle. Sylinterin kannaketta pienennettiin siten, että se toimisi ainoastaan pidemmän nivelen kannakkeena. Näin se mahtuisi peräosan molempiin veden valuma-aukkoihin eivätkä kannakkeet ulottuisi syvemmälle rungon sisälle, joten mekanismi pystyttäisiin asentamaan molemmiin puolin takalaitaa. (Kuvio 13.) Kuten kappaleessa 3.1, toimintaperiaate on täysin samanlainen ja mittasuhteet ovat tässäkin tapauksessa hankalat. Mekanismissa voitaisiin kuitenkin mahdollisesti käyttää kaksitoimista teleskooppisylinteriä, ne tosin ovat kustannuksiltaan kalliimpia ja rakenteeltaan monimutkaisempia kuin tavalliset kaksitoimiset sylinterit.



Kuvio 13. Nivelmekanismi - teleskooppisylinterit rungon ulkopuolella

3.4 Hammashihnamekanismi

Nivelmekanismien lisäksi yhtenä vaihtoehtona tuli esille mekanismi, jossa käytettäisiin kahta hammaspyörää tai -ratasta, hihnaa tai ketjua sekä moottoria pyörittämään toista ratasta. Ajatuksena oli, että rungon sisäpuolelle lattian alle sijoitettaisiin moottori ja veden valuma-aukon viereisen sivuseinän lävitse laitettaisiin akseli. Rungon ulkopuolelle akselin päähän asennettaisiin hammasratas tai hihnapyörä, joka pyörittäisi hihnan tai ketjun välityksellä takalaidan kääntöakseliin (saranalinjaan) asennettua isompaa pyörää tai ratasta.

3.5 Vääntömoottori saranoille

Yhtenä vaihtoehtona takalaidan kääntämiselle on vääntömoottori, joka asennettaisiin suoraan saranalinjaan. Moottorille tehtäisiin vain pitkä akseli, joka toimisi nykyisten saranoiden tilalla kääntöakselina, ja moottori asennettaisiin kiinni takalaidan ja avotilankannen kylkeen kiinni.

Vääntömoottoria käytettäessä etuna olisi melko edullinen ja yksinkertainen rakenne eli mekanismissa ei tarvittaisi niveliä eikä muita komponentteja, joita esimerkiksi hydraulitai pneumatiikkasyylinteriä käytettäessä tarvittaisiin.

3.6 Mekanismien valinta

Työn edetessä, jokaisen mekanismin suunnittelutyön aikana tuli vastaan erilaisia ongelmia niin komponenttien koon kuin toimivuuden osalta. Tässä kappaleessa on tarkoituksena käsitellä esille tulleita ongelmia, joita pystyttiin havaitsemaan 3d-mallien perusteella. Ongelmia pyrittiin ratkaisemaan muuttamalla esimerkiksi komponenttien paikkaa ja/tai kokoa.

Mekanismissa, jossa sylinteri tai sylinterit sijaitsisivat rungon ulkopuolella, jouduttaisiin siis käyttämään teleskooppisyylintereitä hankalien mittasuhteiden vuoksi. Mittasuhteista johtuen sylinterin asennuspituuden täytyisi olla 2 - 3 kertaa pienempi kuin sylinterin iskunpituus. Teleskooppisyylinterin asennuspituuden pitäisi olla maksimissaan alle 10 cm takalaidan ollessa ala-asennossa, kun taas takalaidan ollessa yläasennossa sylinterin pituuden pitäisi olla kiinnityskohdasta riippuen 20 - 25 cm. Käytännössä tämä tarkoit-

taisi sitä, että kun otetaan huomioon sylinterin alaosan kiinnitys, yhden sylinteriputken pituus auki-asennossa olisi noin 5 cm ja sylinteriputkia täytyisi olla neljä tai viisi.

Edellä mainittua mekanismia voisi mahdollisesti jatkossa yrittää muuttaa siten, että tutkittaisiin mahdollisuutta upottaa sylinterit perätasoon tai jopa niiden läpi. Tällä ratkaisulla saataisiin sylintereille lisää asennuspituutta ja mahdollisesti voitaisiin jopa luopua teleskooppisylintereistä ja niiden sijaan käytettäisiinkin tavallisia kaksitoimisia sylintereitä. Eri asia tietenkin on, täyttyvätkö tässä tapauksessa enää kriteerit siististä ulkonäöstä, kun perätasossa on kaksi reikää, ja onko tuote enää jälkiasennettavissa helposti, kun joudutaan jälkeinpäin tekemään reikiä veneen runkoon.

Hammashihnamekanismia suunnitellessa selvisi, että takalaidan kääntämisessä tarvittava voiman momentti kääntöakselin suhteen on 190 Nm, joten suuremman saranalinjaan asennettavan hammaspyörän tai -rattaan koko tulisi olemaan halkaisijaltaan noin 20 cm. Ulkonäöllisesti ja suojaukseltaan se olisi hankala toteuttaa, joten edellä mainituista syistä tästä mekanismista luovuttiin melko nopeasti eikä sitä käsitellä tässä työssä sen tarkemmin.

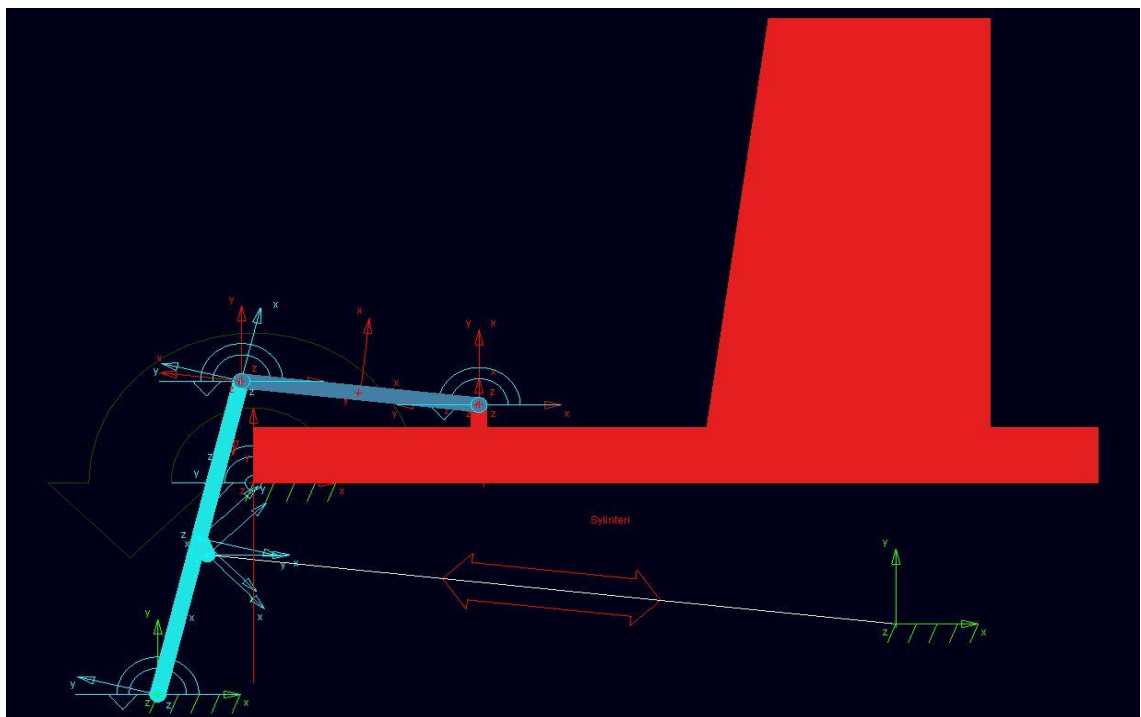
Vääntömoottoria käytettäessä ongelmana on vaikea asennettavuus, koska vääntömoottoria ei voida asentaa ja tukea veneen runkoon kiinni, sillä saranalinjan paikka muuttuu, kun avotilan kansi avataan, joten moottori pitäisi saada asennettua suoraan takalaitaan. Ajallisista resursseista johtuen, moottorin kiinnitykseen ei ehditty perehtymään tarkemmin.

Neljästä mekanismista molemmat nivelmekanismit valittiin tarkempaan tarkasteluun, koska ne vaikuttivat pääosin toteutettavissa olevilta sekä siisteiltä ja melko järkeviltä ratkaisuilta. Näitä mekanismeja käsitellään seuraavissa kappaleissa voimien ja toimilaitteiden osalta.

4 VOIMIEN LASKEMINEN JA TULOSTEN KÄSITTELY

Voimien laskemisessa käytettiin apuna MSC Softwaren Adams View-ohjelmaa, joka on tarkoitettu liikkeen simulointiin ja analysointiin. Adamsilla voidaan tutkia mekaanisen järjestelmän liikkuvien osien voimien ja kuormitusten jakautumista.

Ensimmäiseksi käsiteltiin mekanismi, jossa sylinteri sijaitsee rungon sisäpuolella. Ohjelmalla piirrettiin ja mitoitettiin takalaita oikeisiin mittasuhteisiin sekä sijoitettiin kiinteät ja nivelpisteet samoihin koordinaatiston pisteisiin kuin Catia 3d -piirroksessa (kuvio 14).

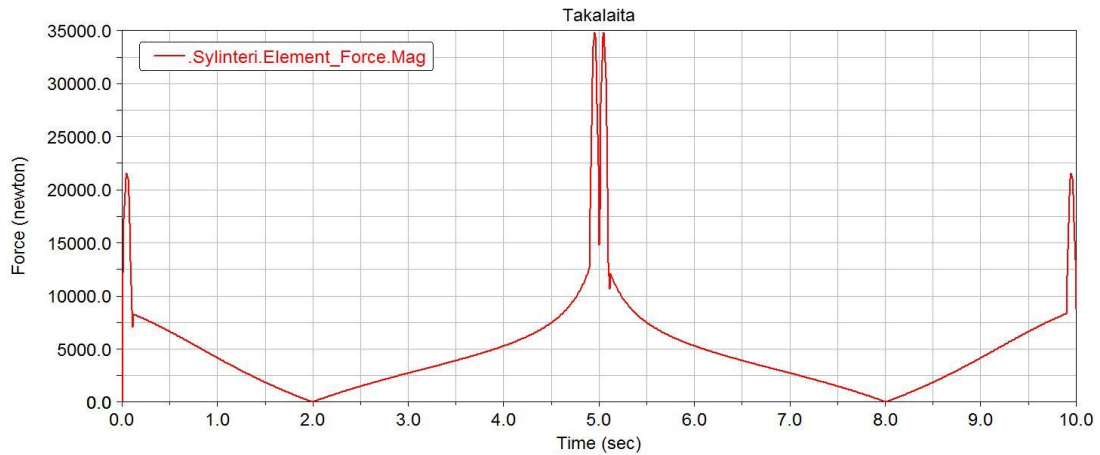


Kuvio 14. Adamsilla mallinnettu takalaidan kääntömekanismi, sylinteri rungon sisäpuolella.

Adams View -ohjelmalla simuloitiin takalaidan kääntäminen kokonaisuudessaan. Tuloksena ohjelma laskee kääntämisessä tarvittavan sylinterin voiman suuruuden ja piirtää siitä kuvaajan, josta voidaan tarkastella voiman suuruuden muuttumista eri ajan hetkilä. Kuvaajan pystyakselilla on voiman suuruus newtoneina ja vaaka-akselilla aika sekunteina.

Ensimmäisten simulointien jälkeen tuloksista jouduttiin toteamaan, että sylinteriltä vaadittava voima on todella suuri. Sylinteriltä vaadittava voima oli useita kymmeniä

kilonewtoneita sillä hetkellä, kun takalaita on laskeutumassa ala-asentoonsa sekä silloin, kun laitaa lähdetään nostamaan takaisin ylös. Tämän seurauksena mekanismia muokattiin muuttamalla sylinterin asentoa sekä siirtämällä nivelpisteiden paikkaa, jolloin saatiin vaadittavan voiman suuruus laskettua noin 35 kN:iin (kuvio 15).

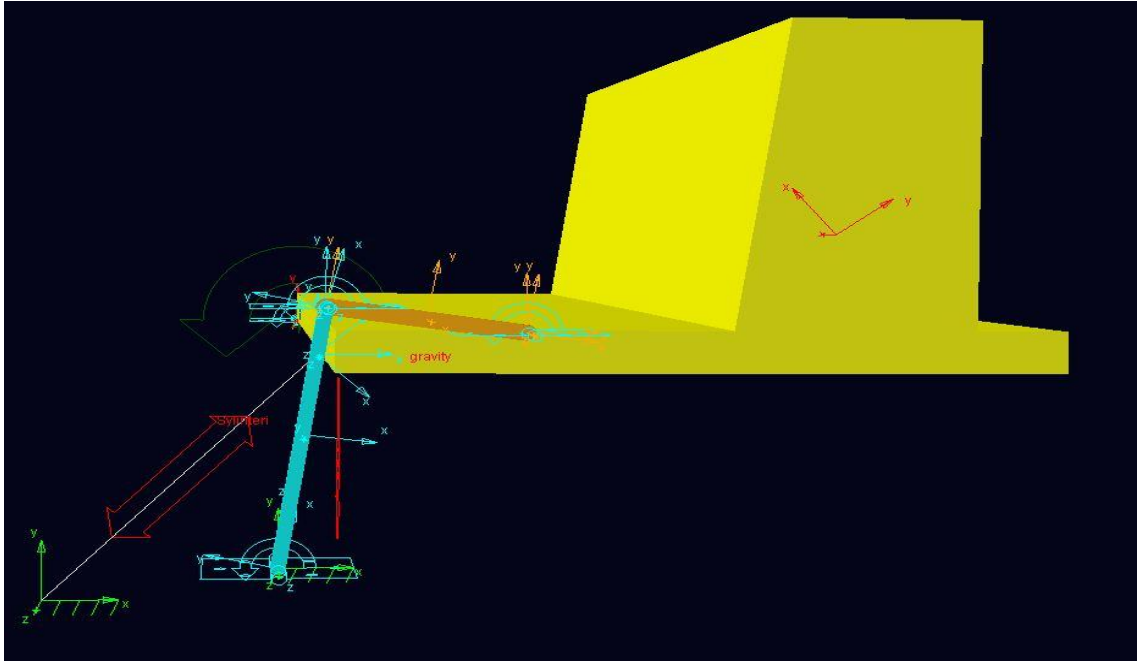


Kuvio 15. Takalaidan kääntämisessä tarvittava voima eri ajan hetkillä.

Kuvaajan alkutilanteessa takalaita on yläasennossa. Kun sylinterin työntöliike alkaa kääntää takalaitaa ala-asentoa kohti, kuvaajasta nähdään, että tarvittava voiman suuruus liikkeelle lähtöön kiihdytyksestä johtuen on noin 21 kN, minkä jälkeen voiman tarve pienenee huomattavasti. 2 s:n kohdalla voiman suuruus on 0, joka merkitsee sitä, että voiman suunta muuttuu eli aluksi sylinteri vetää takalaitaa ala-asentoa kohden, minkä jälkeen sylinteri jarruttaa takalaidan liikettä alaspäin. Noin 5 s:n kohdalla, takalaidan lähestyessä ala-asentoa, voima kohoaa lähelle 35 kN, jolloin nivelten teholliset momenttivarret lyhenevät ja voiman tarve suurenee. 5 s:n jälkeen, kun sylinteri alkaa nostaa takalaitaa takaisin yläasentoon, voiman suuruus on yhtä suuri kuin sillä hetkellä, kun takalaita on juuri laskeutumassa ala-asentoonsa edellä mainitusta syystä. Loppuosa kuvaajasta on vastaavanlainen kuin alkuosassa eli aluksi sylinteri nostaa laitaa kohti yläasentoa, minkä jälkeen sylinteri jarruttaa laidan liikettä lähestyttäessä yläasentoa.

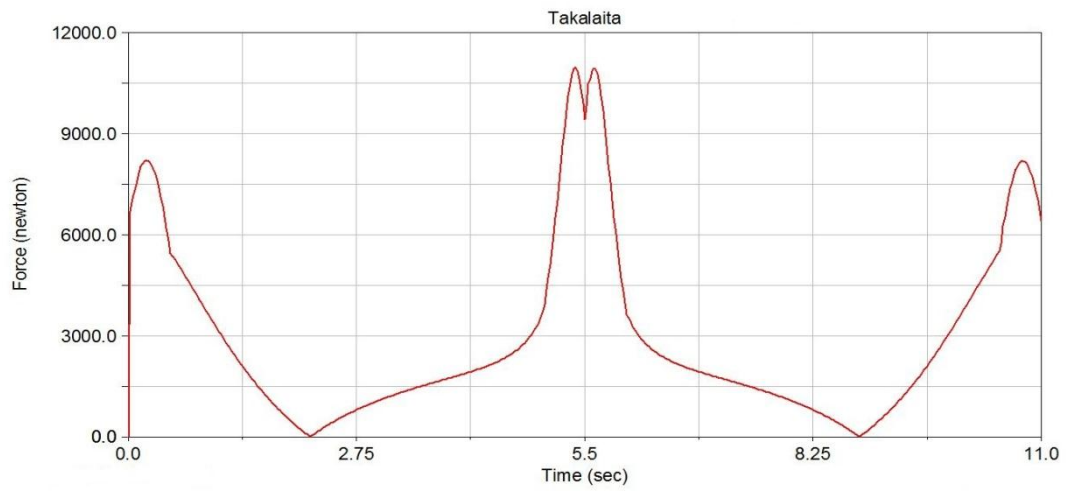
Voiman suuruuden ollessa 35 kN, voidaan päätellä, että tarvittavan sylinterin koko tulisi olemaan melkoisen suuri, joten todennäköisesti veneen rakennetta jouduttaisiin muuttamaan vähintään vesikaukalon osalta leveämmäksi, jotta sylinterin männänvarsi mahtuisi tulemaan ulos avotilan kannen alta. Sylinterin koko tarkentuu kappaleessa 5.

Nivelmekanismista, jossa sylinteri tai sylinterit sijaitsee rungon ulkopuolella, piirrettiin myös kuva Adamsilla. Koko mekanismia ei tarvinnut piirtää uudestaan, koska edelliseen mekanismiin piirrettyä mallia ja sille annettuja alkuarvoja voitiin käyttää hyväksi ja muokata siitä vastaavanlainen kuin mekanismista piirretty 3d-malli muuttamalla vain nivelpisteiden ja sylinterin paikkaa (kuviot 13,16).



Kuvio 16. Takalaidan kääntömekanismi, jossa sylinteri rungon ulkopuolella.

Kun sylinteri on sijoitettu rungon ulkopuolelle, kuviosta 17 nähdään, että voiman tarve pienenee huomattavasti verrattuna mekanismiin, jossa sylinteri oli sijoitettu rungon sisäpuolelle. Alkutilanteessa takalaidan liikkeelle saamiseen sekä lopputilanteessa, kun laita on laskeutumassa takaisin yläasentoonsa, tarvittava voima on noin 8.5 kN. Kuvaa-
jan keskivaiheilla, jolloin takalaita on laskeutumassa ala-asentoonsa ja lähtee nousemaan ala-asennosta, voiman tarve on hieman alle 12 kN. Tässä tapauksessa voitaisiin käyttää kahta sylinteriä, jolloin voiman tarve puolittuu eli yhdeltä sylinteriltä vaadittava voima olisi tällöin noin 6 kN.



Kuvio 17. Kääntämisessä tarvittava voima eri ajan hetkillä.

5 TOIMILAITTEEN MITOITUS JA TULOSTEN KÄSITTELY

Toimilaitteelta saatavat voimat sisään- ja ulos-liikkeessä voidaan laskea, jos tiedetään hydraulikkajärjestelmässä käytetty paine ja sylinterin koko. Tässä tapauksessa vaadittavat voimat oli jo laskettu Adamsia apuna käyttäen ja tiedettiin, että tällä hetkellä veneen hydraulikkajärjestelmän paine on 100 bar. Järjestelmän painetta voidaan tarpeen vaatiessa nostaa noin 200 bariin saakka. Voiman suuruuden ja paineen ollessa tiedossa voitiin laskea, minkäkokoista sylinteriä tarvitaan, jotta liike olisi mahdollista toteuttaa. Toimilaitteen mitoitus perustuu seuraavaan yhtälöön:

$$p = \frac{F}{A}$$

Jossa p on käyttöpaine, F on sylinteriltä vaadittu voima ja A sylinterin männän pinta-ala. Mitoituksessa on otettava huomioon, että sylinterin männän pinta-ala on pienempi männänvarren puolella eli pinta-alasta vähennetään männänvarren pinta-ala. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sylinterin voima on työntöliikkeessä suurempi kuin vetoliikkeessä eli sylinteri täytyy mitoittaa siten, että männänvarren puoleinen pinta-ala on riittävän suuri, jotta sillä saadaan aikaiseksi tarvittava voima vetoliikkeessä. Pinta-alat voidaan laskea yhtälöistä:

$$A_1 = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \quad A_2 = \frac{\pi \times (d_1^2 - d_2^2)}{4}$$

Missä A_1 on sylinterin männän pinta-ala ja d_1 männän halkaisija. A_2 on männänvarren puoleinen pinta-ala ja d_2 männänvarren halkaisija.

Sylinterien halkaisijat sekä sylinterien männänvarsien halkaisijat ovat standardoidut ja yleisesti ottaen yhtä sylinterin halkaisijaa kohden on tarjolla kaksi tai kolme erisuuruista männänvarren halkaisijaa. Yleensä männänvarren halkaisija on 50 - 70 % sylinterin halkaisijasta eli esimerkiksi sylinterin halkaisijan ollessa 50 mm männänvarren halkaisija voisi olla 25 mm tai 28 mm. Laskettujen halkaisijoiden perusteella valitaan aina tulostosta lähinnä oleva suurempi sylinterin halkaisija.

Veneessä käytetty paine on siis lähtötietojen mukaan 100 bar ja Adamsilla lasketun voiman suuruus on noin 35 kN, kun sylinteri on veneen rungon sisäpuolella. Laskutoimituksissa käytettiin apuna Bosch Rexrothin verkkosivuilta löytyvää laskuria, jolla voi-

daan määrittää annettujen lähtötietojen perusteella tarvittavan sylinterin koko. Laskurin tulokset tarkistettiin laskemalla ne Excelillä edellä mainittuja kaavoja apuna käyttäen.

Mekanismissa, jossa sylinteri sijaitsee rungon sisäpuolelle, 100 barin paineella 35 kN:n voiman tuottamiseen tarvitaan laskurin mukaan halkaisijaltaan 100 mm:n sylinteri, jonka männänvarsi on 56 mm. Paineetta nostettaessa 160 bariin, sylinterin täytyisi olla halkaisijaltaan 80 mm ja männänvarren halkaisijan 45 mm. Edellä mainittujen tulosten perusteella voidaan todeta, että kyseinen mekanismi on melko mahdoton toteuttaa voimien suuruuden sekä toimilaitteen koon vuoksi.

Käytettäessä mekanismia, jossa sylinteri sijaitsee veneen rungon ulkopuolella, sylinteriltä vaadittava voima on noin 12 kN. 100 barin paineella sylinterin halkaisija olisi 50 mm ja männänvarsi 28 mm. 160 barin paineella vastaavat lukemat olisivat 40 mm ja 22 mm. Tässä mekanismissa voitaisiin siis käyttää kahta sylinteriä, jolloin sylinteriltä vaadittavan voiman tarve puolittuu. Kahta sylinteriä käytettäessä sylintereiltä vaadittava voima olisi molempiin suuntiin 6 kN, jolloin molempien sylinterien koko olisi 100 barin paineella 40 mm / 22 mm sekä 160 barin paineella 32 mm / 18 mm.

Rungon ulkopuolella sijaitsevien sylintereiden liikenopeudet voitiin laskea kaavasta $v = Q/A$, jossa v on sylinterin liikenopeus, A pinta-ala sekä Q pumpun tuottama tilavuusvirta. Laskujen tulokset voitiin tarkistaa Tehohydro Oy:n sivustolta löytyvällä laskurilla, jolla saatiin samanlaiset tulokset kuin käsin laskettaessa. Tuloksiksi saatiin sylinterille, jonka mitat ovat 50/28, ulos-liikkeen nopeudeksi 0,015 m/s ja sisään-liikkeelle 0,022 m/s. Sylinterin, jonka mitat ovat 40/22, ulos-liikkeen nopeus on 0,024 m/s ja sisään-liikkeen nopeus on 0,034 m/s.

Nopeuslaskujen jälkeen pystyttiin laskemaan kääntämiseen kuluva aika kaavalla $t = s/v$, jossa t on aika, s sylinterin iskun pituus ja v on sylinterin liikesuunnan nopeus. 100 barin paineella sylinterin ulos-liikkeeseen kuluu aikaa 13,1 s ja sisään-liikkeeseen 9,0 s. 160 barin paineelle vastaavat ajat ovat 8,4 s sekä 5,9 s. Liikeaikoja voidaan tarpeen vaatiessa hidastaa lisäämällä järjestelmään virransäätöventtiili.

6 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön aiheena oli selvittää mahdollisuuksia Marinon APB27-veneeseen takalaidan kääntämiseen hydraulisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti. Työssä esiteltiin neljä erilaista mekanismia, joilla kääntäminen voitaisiin mahdollisesti toteuttaa, selvitettiin erilaisia komponentteja, jotka soveltuisivat käytettäväksi mekanismeissa sekä verrailtiin hydrauliiikan, pneumatiikan ja sähkökäyttöjen ominaisuuksia sekä eroja.

Työn lopputuloksena ei syntynyt täysin valmista ratkaisua, koska veneen takaosan mitasuhteet tuottivat suurehkoja vaikeuksia mekanismien toteutuksissa. Mekanismien suurimpina ongelmina olivat joko käytettävissä oleva vähäinen tila tai liian suureksi kasvaneet voiman tarpeet. Viimeisimpänä esitelty nivelmekanismi oli näistä ratkaisuista toimivin, mutta tässä tapauksessa mekanismeissa tarvittaisiin teleskooppisylinteriä/sylintereitä, joiden saatavuudesta ja ominaisuuksista löytyi melko vähän tietoa.

Tulevaisuudessa, jos ja kun suunnittelua jatketaan, tämä työ voisi toimia pohjana uusille suunnitelmille tai työssä esiteltyjä vaihtoehtoja voitaisiin mahdollisesti jatkojalostaa. Mekanismeissa, jossa sylinteri/sylinterit sijaitisivat ulkopuolella, voitaisiin ainakin selvittää mahdollisuuksia sylinterien upottamiseen perälautaan tai sen läpi, jotta mahdollisesti päästäisiin eroon teleskooppisylinterin tarpeesta. Vääntömoottorin osalta voisi tutkia erilaisia kiinnitysmahdollisuuksia eli miten moottorin saisi kiinnitettyä tukevasti takalaitaan kiinni.

LÄHTEET

- 1 Marinon internetsivut. Verkkodokumentti. <<http://www.marino.fi/index.php/apb-ominaisuudet/>>. Luettu 13.10.2012.
- 2 Keinänen, Toimi - Kärkkäinen, Pentti. 2009. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOYpro.
- 3 Kauranne, Heikki - Kajaste, Jyrki - Vilenius, Matti. 1999. Hydraulitekniiikan perusteet. Porvoo: WSOY.
- 4 Teittinen Hydraulics Oy internetsivut. Verkkodokumentti. <<http://www.teittinen.fi/vaantomootorit.html>>. Luettu 5.11.2012.
- 5 Handroos, Heikki. Mekatroniikan peruskurssi. Luentomoniste. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0001/luennot/mekpkluento1.pdf>>. Luettu 14.09.2012.
- 6 Saari, Raimo. Huviveneiden 12 VDC sähköjärjestelmät. Verkkodokumentti. <<http://www.smer.fi/docut/venesahkot.pdf>>. Luettu 24.10.2012.
- 7 Machinery Lubrication internetsivut. Verkkodokumentti. <<http://www.machinerylubrication.com>>. Luettu 27.09.2012.
- 8 Pneumatic parts internetsivut. Verkkodokumentti. <<http://www.pneumaticparts.com/>>. Luettu 27.09.2012.
- 9 Western Safety internetsivut. Verkkodokumentti. <<http://www.westernsafety.com>>. Luettu 26.09.2012.
- 10 Ellman, Asko - Hautanen, Juha - Järvinen, Kari - Simpura, Antti. 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Prima Oy.