



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

MOOTTORIKELKKOJEN KEHITYSHISTORIA

Saku Seluska

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

2020

TIIVISTELMÄ

Moottorikelkkojen kehityshistoria

Saku Seluska

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2020, 43 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Lassi Keränen

Kandidaatintyön tavoitteena on selvittää ja kerätä yhteen yleistietoa moottorikelkkojen historiasta ja kehityksestä. Tavoitteena on tuoda esille etenkin eri valmistajien kuluttajamarkkinoille tuomia ratkaisuja, jotka ovat vaikuttaneet merkittävästi moottorikelkkojen kehitykseen ja sen edistämiseen. Työn lähteinä on käytetty internetistä löytyviä artikkeleja, moottorikelkkojen historiaan perehtyviä internetsivuja ja valmistajien internetsivuja. Työn tuloksena lukijalle selviää moottorikelkkojen kehityksen selvä suunta, eli yhä ympäristöystävällisemmät ja edistyneitä teknologioita hyödyntävät moottorikelkat.

Asiasanat: moottorikelkka, kehitys, muutos, ympäristöystävällinen

ABSTRACT

The evolution of snowmobiles

Saku Seluska

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2020, 43 pp.

Supervisor at the university: Lassi Keränen

The aim of this bachelor's thesis is to research and gather information about the history and development of snowmobiles. The aim is to introduce different solutions, especially ones brought to the consumer market by manufacturers, that have had a significant impact on the development of snowmobiles. Sources used in the thesis are snowmobile related internet articles, internet sites that focus on the history of snowmobiles, and internet sites of different manufacturers. As a result of reading this thesis, there should be a clear understanding of the direction of development in snowmobiles, which is constantly moving towards more environmentally friendly and technologically advanced snowmobiles.

Keywords: snowmobile, development, change, environmentally friendly

ALKUSANAT

Työn tarkoituksena on kartoittaa moottorikelkkojen kehitystä aina 1900-luvun alusta nykyhetkeen ja perehtyä tänä aikana tapahtuneisiin merkittäviin muutoksiin. Työn tekeminen sijoittui 2020 vuoden keväälle ja syksylle. Haluan esittää kiitokset työtä ohjanneelle Lassi Keräselle, joka avusti aiheen keksimisessä ja tarjosi tukeaan työn tekemisen aikana. Haluan myös kiittää perhettäni hetyttömästä tuesta ja kannustuksesta läpi kuluneen syksyn ja etenkin kolmen ensimmäisen opiskeluvuoden aikana.

Oulu, 9.12.2020



Työn tekijä

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 MOOTTORIKELKKOJEN HISTORIAN ALKUVAIHEET	7
2.1 Tarve moottorikelkoille.....	7
2.2 Ensimmäiset moottorikelkat Pohjois-Amerikassa	7
2.2.1 Historia	7
2.2.2 Carl Eliason	8
2.2.3 Joseph Armand Bombardier	9
2.3 Nykypäivän yleisimpien moottorikelkkamerkkien juuret.....	11
2.3.1 Polaris	11
2.3.2 BRP	12
2.3.3 Arctic Cat.....	13
2.3.4 Yamaha	14
2.4 Suomalaisvalmisteisten moottorikelkkojen historiaa.....	15
3 MOOTTORIKELKKOJEN KEHITYSASKELEET	17
3.1 Monen hengen malleista yksin kuljettaviin malleihin.....	17
3.2 Moottorikelkan nykyiseen konfiguraatioon johtaneet muutokset.....	17
3.2.1 Moottorin sijoittelu	17
3.2.2 Alustan muutokset	18
3.2.3 Etujousituksen muutokset.....	19
3.2.4 Rungon muutokset.....	22
3.3 Muutokset käyttövoimassa.....	24
3.3.1 Kaksitahtimoottoreiden muutokset.....	24
3.3.2 Nelitahtimoottoreiden saapuminen markkinoille	27
3.3.3 Muutokset voiman välittämisessä.....	28
3.4 Muutos osissa ja ratkaisuisa	30
3.4.1 Materiaalivalinnat	30
3.4.2 Kuljettajaa avustavat ominaisuudet	32
3.4.3 Variaatiot ominaisuuksissa	34
4 NYKYAJAN RATKAISUJA	36
4.1 Uusia innovaatioita moottorikelkkojen alustoissa	36

4.2 Tulevaisuuden moottorikelkat.....	38
5 YHTEENVETO	40
LÄHDELUETTELO	

1 JOHDANTO

Kautta aikojen maapallon lumiset olosuhteet ovat tuottaneet vaikeuksia ihmisten liikkumiselle. Moottorikelkat ovat lumisiin ja jäisiin olosuhteisiin suunniteltuja kulkuvälineitä, joissa tyypillisesti ohjaus tapahtuu suksilla, käyttövoimana toimii polttomoottori ja eteenpäin vievän voiman välittää telatunnelin sisällä pyörivä telamatto. Moottorikelkkoja hyödynnetään useissa käyttökohteissa, kuten apuvälineinä metsätöissä, mutta nykyaikana moottorikelkkoja on prosentuaalisesti enemmän harrastuskäytössä. Moottorikelkkojen juuret ulottuvat jopa 1900-luvun alkuun, jolloin sen aikainen teknologia yhdessä lumessa toimivan kulkuvälineen tarpeen kanssa johtivat ensimmäisiin variaatioihin moottorikelkoista. Ajan kuluessa moottorikelkkojen ominaisuudet, suorituskyky, ergonomia, suosio ja kustannukset ovat muuttuneet huomattavasti.

Työn tavoitteena on kartoittaa moottorikelkkojen kehitystä ensimmäisistä yksinkertaisista malleista, nykyajan kehittyneisiin, vaativaa teknologiaa hyödyntäviin malleihin ja ratkaisuihin. Työn aihe on syntynyt henkilökohtaisesta kiinnostuksesta moottorikelkkoihin ja niiden kehitykseen. Työssä keskitytään moottorikelkkojen historiassa tapahtuneisiin suurimpiin muutoksiin ja kehitysaskelisiin, esitellen niistä mullistavimpia ratkaisuja tarkemmin.

2 MOOTTORIKELKKOJEN HISTORIAN ALKUVAIHEET

Historian alkuvaiheissa ei ollut varsinaisia moottorikelkkoja, vaan niitä muistuttavia lumella kulkemiseen tarkoitettuja välineitä. Teknologia ei ollut 1900-luvun alussa kovin kehittynyttä, mutta nerokkaiden keksijöiden ja kehittyvän teknologian myötä ensimmäiset moottorikelkat alkoivat ilmestymään maailmaan.

2.1 Tarve moottorikelkoille

1900-luvun vaihteessa Pohjois-Amerikassa lähti käyntiin uusi lumeen soveltuvien kulkuvälineiden aikakausi. Siihen aikaan käytetyt hevosten tai koirien vetämät karrut tai reet alkoivat olemaan riittämättömiä erittäin hankaliin olosuhteisiin ja pitkiin matkoihin erämaassa. Näitä kauan olemassa olleita keinoja käytettiin kuitenkin pitkään jopa ensimmäisten myyntiin tulleiden moottorikelkkojen jälkeen, puhumattakaan ensimmäisistä moottorikelkkojen prototyypeistä. Hevoset, koirat ja reet olivat halvempia kuin kalliit moottoriajoneuvot, jotka olivat tuohon aikaan vielä kehityksensä alkuvaiheissa.

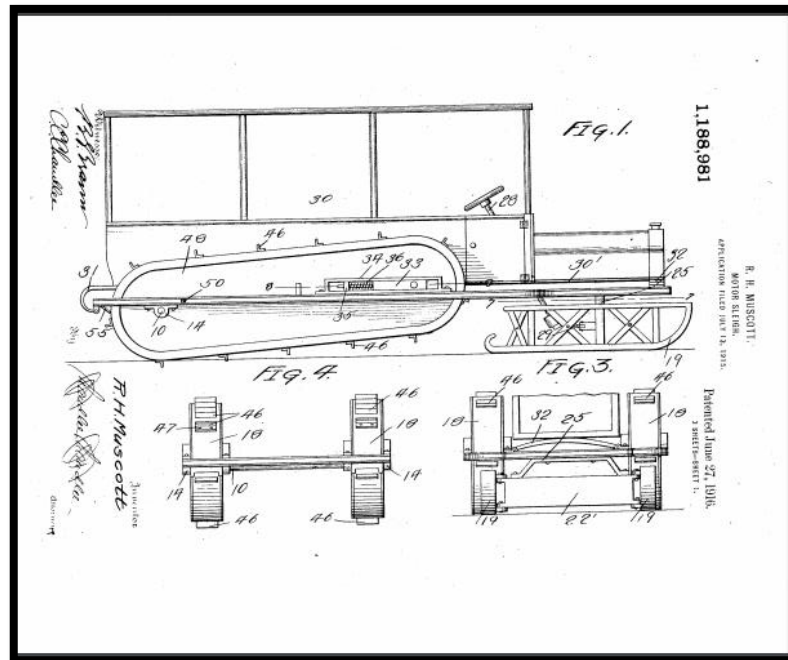
2.2 Ensimmäiset moottorikelkat Pohjois-Amerikassa

Nyky aikaisten moottorikelkkojen juuret ulottuvat 1900-luvun alkuun, Pohjois-Amerikkaan. Seuraavaksi esitellään moottorikelkkojen historiaa sekä merkittäviä henkilöitä moottorikelkkojen kehityksen alkuvaiheista.

2.2.1 Historia

Moottorikelkkoja edelsi useita erilaisia keksintöjä, jotka avustivat ihmisten kulkemista lumisissa olosuhteissa. Ennen 1900-lukua Yhdysvaltojen Wisconsinissa kehitettiin erilaisia kulkuvälineitä lumelle. Polkupyöriin asennettiin erilaisia lisäosia lumella kulkemiseen, kehitettiin höyryllä kulkevia rekiä sekä paljon muita vähemmän tunnettuja keksintöjä. Edistyksellisesti vuonna 1916, Ray H. Muscott kehitti lumikulkuvälineen, joka käytti samantyylistä konfiguraatiota kuin nykyiset moottorikelkat, jossa takana oli kaksi telamattoa, ja ohjaus tapahtui edessä olevilla suksilla. Hän sai kuvassa 1 näkyvään keksintöön Yhdysvaltojen patentin kesäkuun 27. päivä (Muscott 1916). Ennen tätä hänellä oli kanadalainen patentti kehittämänsä moottoroituun rekeen vuodelta 1915, joka

ei herättänyt samanlaista kiinnostusta kuin myöhäisempi keksintö. Muscottin keksintö herätti muiden keksijöiden mielenkiinnon, ja etenkin hänen käyttämä konfiguraatio telojen ja suksien suhteen antoi vaikutteita suunnittelutyöhön, kantautuen jopa nykyaikaisiin moottorikelkkamalleihin. Tätä konfiguraatiota hyödynnettiin esimerkiksi Yhdysvalloissa tällöin yleistyneissä Ford Model T -autoissa, joita käytettiin tavaroiden jakelussa pohjoisilla alueilla. Sukset sovitettiin auton eturenkaiden tilalle tai alle ja takarenkaisiin asennettiin traktorityyppiset telat ja renkaat.

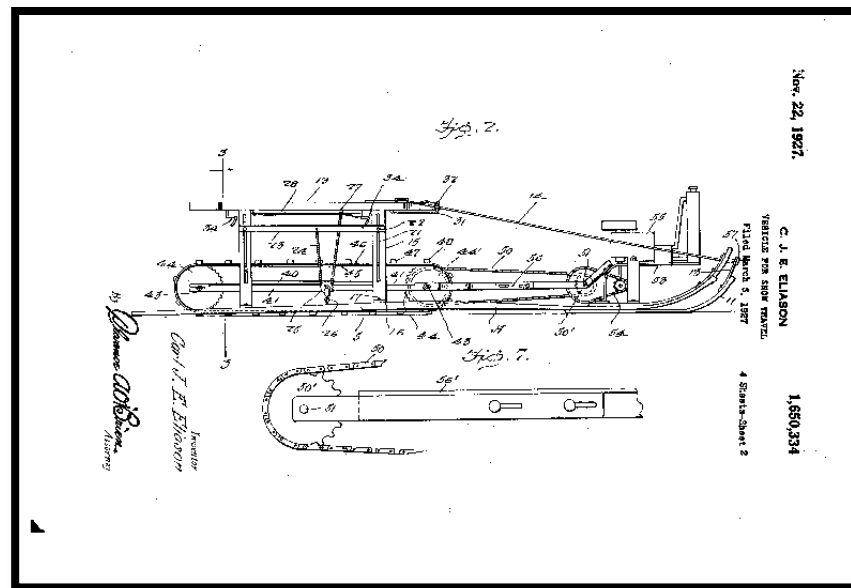


Kuva 1. Muscottin keksinnön kuva patentista (Muscott 1916).

2.2.2 Carl Eliason

Vuonna 1917 terveydellisistä ongelmista kärsivä innokas ulkoilija, metsästäjä, ansoittaja ja kalastaja Carl Eliason suunnitteli ja rakensi sen ajan ensimmäisen lähimpänä nykyaikaista moottorikelkkaa olevan moottorivälineen. Eliason käytti useita vuosia keksintönsä hiomiseen ja paranteluun, kunnes lopulta hän alkoi valmistamaan oivallisesti nimettyä moottorikelkkaansa tai -pulkkaansa (englanniksi Motor Toboggan) vuonna 1922. Viidessä vuodessa hän rakensi 40 moottorikelkkaa, joista jokainen oli rakennettu käsin alusta loppuun. Eliason muovasi rungot hiilillä lämmitetyn hellan päällä kuumennetusta metallista, muotoili puiset sukset perheen ammeessa kiehuvan veden höyryn avulla ja muokkasi moottoriveneen 2,5-hevosvoimaisesta perämoottorista voimanlähteen kelkkaansa. Vuonna 1927 hän patentoi kuvassa 2 näkyvän keksintönsä, ensimmäisen yksin kuljetettavan, yhden telamaton omaavan, suksilla ohjatun

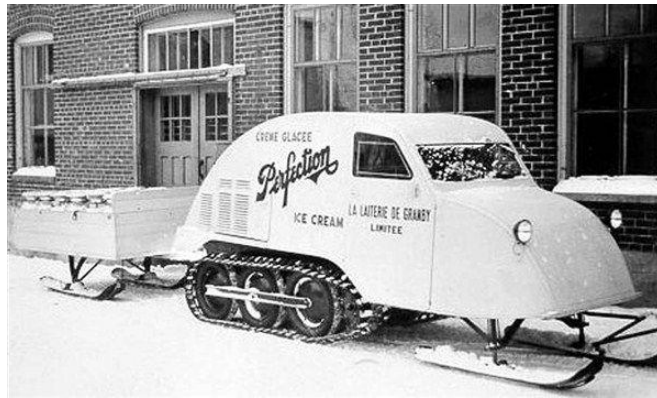
moottorikelkan (Eliason 1927). Eliason toi markkinoille vielä yhden parannellun mallin, 40 mailia tunnissa kulkevan, moottoripyörän moottorilla toimivan moottorikelkan vuonna 1932. (U.P. Snowmobiling 2020)



Kuva 2. Eliasonin patentoima moottorikelkka vuodelta 1927 (Eliason 1927).

2.2.3 Joseph Armand Bombardier

Seuraava merkittävä henkilö moottorikelkkojen kehityksessä oli Joseph Armand Bombardier, Valcourt, Quebecista. Vuonna 1937 hän julkisti kulkuvälineen, joka kantoi nimeä B-7 (BRP 2020). Kirjain B viittasi keksijän sukunimeen Bombardier ja luku seitsemän viittasi seitsemän matkustajan kapasiteettiin (Branch 2020). Samalla Bombardier patentoi ajojärjestelmän, joka koostui kumilla päällystetystä hammaspyörästä sekä kumista ja puuvillasta muodostetusta telamatosta, joka oli uusi keksintö alalla (Mickelson 2007). Vuosia myöhemmin, vuonna 1941, Bombardier julkisti uuden mallin, B-12-moottorikelkan, jonka nimi edeltäjänsä lailla paljasti matkustajien määrän (BRP 2020). B-7 ja B-12 -mallien kokoeron huomaa kuvista 3 ja 4. Poiketen B-7-mallista, B-12-mallissa jokaiselle akselille oli oma jousitus. Moottorikelkkojen käyttövoimana hyödynnettiin Chryslerin suoraa kuusisylinteristä moottoria ja Fordin V8-moottoria (Branch 2020). Moottorikelkat olivat rakenteeltaan hyvin samantyyliisiä kuin esimerkiksi aikaisemmat Ford Model T -prototyypit, mutta Bombardierin keksinnöt soveltuivat vielä paremmin kokonaisvaltaiseen käyttöön vaikeimmissakin olosuhteissa erityisesti niiden patentoidun ajojärjestelmän vuoksi.



Kuva 3. Bombardier B-7 (BRP 2020).



Kuva 4. Bombardier B-12 (BRP 2020).

Vuonna 1959, vuosikymmenien kehitystyön tuloksena, Bombardier toi markkinoille ensimmäisen yksin kuljetettavan moottorikelkan, Ski-Dogin. Ski-Dog oli ensimmäinen moottorikelkka, jossa käytettiin J. A. Bombardierin pojan, Germain Bombardierin patentoimaa saumatonta kumista telamattoa (Armleder 2020). Kuvasta 5 huomaa, kuinka paljon pienempi moottorikelkka Ski-Dog oli verrattuna edeltäjiinsä. Bombardier alkoi myydä Ski-Dogia yrityksensä, Bombardier Inc. kautta. Bombardierille sattui kuitenkin painovirhe jälleenmyyjille jaetuissa asiakirjoissa ja esitteissä, jolloin nimi Ski-Dog muuttui Ski-Dooksiksi, joka jäi käyttöön aina nykypäivään saakka (Armleder 2020). Ski-Dog nimitys syntyi moottorikelkan suunnitellusta käyttötarkoituksesta, sen tehtävä oli korvata koirien käyttäminen erämaan kulkukeinona. Jo ensimmäisessä Ski-Doossa oli käytössä Rotax-moottori, moottorimerkki, jota on käytetty Ski-Doon moottorikelkoissa tähän päivään saakka (BRP 2020).



Kuva 5. Ski-Doo-moottorikelkka vuodelta 1959 (BRP 2020).

2.3 Nykypäivän yleisimpien moottorikelkkamerkkien juuret

Ennen Bombardierin suunnittelemaa ja tuottamaa Ski-Doota moottorikelkkamarkkinoilla ei ollut montaa kilpailijaa erityisesti yhden tai kahden henkilön moottorikelkoissa. Bombardierin B-7 ja B-12 isommat, usean henkilön kuljettamiseen tarkoitetut moottorikelkat olivat suuremmassa suosiossa niiden koon, kuljetuskapasiteetin, käyttökohteiden ja käytännöllisyyden vuoksi. Carl Eliasonin vuonna 1917 suunnittelema, henkilökohtaisesta tarpeesta alkunsa saanut yhden henkilön moottorikelkka alkoi ideana kiinnostaa muita keksijöitä 1950-luvun alkuvaiheessa. Kevyt, yksinkertainen, ketterä ja monipuolinen kulkuneuvo metsästykseseen, ansoittamiseen ja harrastuskäyttöön tulisi merkitsemään uutta aikaa moottorikelkoille.

2.3.1 Polaris

Ensimmäinen nykyaikainen, kooltaan pienempi moottorikelkka kehitettiin jo ennen Bombardierin Ski-Doo-moottorikelkkaa, vaikka Bombardier olikin ollut tärkeässä asemassa alallaan vuosien ajan. Vuonna 1956 markkinoille tuli uusi kuluttajille saatavilla oleva moottorikelkka, Polaris Sno-Traveler (Armlader 2020). Edgar Hetteen kehitti yhdessä veljensä Alan Hetteenin ja liikekumppani David Johnsonin kanssa tämän ensimmäisen yksin ajettavan moottorikelkkansa yrityksessään Hetteen Hoist & Derrick Company, joka myöhemmin muuttui Polaris Industriesiksi.

Polaris Sno-Traveler oli edistyksellinen, mutta käyttötarkoitukseensa painava ja kömpelö. Sno-Traveler-malleja valmistettiin useita vuosia, mutta merkittävin muutos tapahtui vuonna 1960, kun Polaris toi markkinoille Sno-Traveler ”Sportslines” -mallit, jotka olivat kevyempiä, pienempiä ja helpommin käsiteltäviä kuin alkuperäinen malli (Polaris 2020).

Sno-Travelereissa oli saatavilla moottoreita laajasta valikoimasta eri kokoja ja tehoja, sillä Polaris osti käyttämänsä moottorit läheisestä rautakaupasta (Polaris 2020). Kuvasta 6 huomaa, kuinka moottori oli asennettu moottorikelkan rungon peräosaan, jättäen kuljettajan keulan ja moottorin väliin, samalla vieden moottorikelkan painopisteen epäsuotuisaan paikkaan etenkin käsiteltävyyden näkökulmasta.



Kuva 6. Polaris Sno-Traveller -moottorikelkkoja (Polaris 2020).

2.3.2 BRP

BRP eli Bombardier Recreational Products on saanut alkunsa Quebecissä, Joseph-Armand Bombardierin vuonna 1942 Valcourtiin perustamasta yrityksestä nimeltään L'Auto-Neige Bombardier Limitée, englanniksi Bombardier Snow Car Limited. Bombardierin eri moottorikelkkamallit, mukaan lukien B-7, B-12 ja Ski-Doo, olivat ensimmäisiä tuotteita tässä kehittyvässä brändissä. Vuonna 1970, yritys osti Itävaltalaisen Rotax-Werk moottorivalmistajan, jonka moottoria käytettiin jo ensimmäisessä Ski-Doo-moottorikelkassa. Vuonna 1988 yritys osti osuuden Nordtrac Oy:sta ja samalla Lynx-brändin, josta puhutaan lisää myöhemmin suomalaisten moottorikelkkojen historian osuudessa. Vuosien saatossa yritys alkoi toimimaan muillakin tuotealoilla, mutta 2003 vuonna Bombardier myi virkistystuotteiden osastonsa, jolloin BRP perustettiin omana yrityksenään. BRP tarjoaa tuotteita useille aloille ja yrityksellä on kahdeksan eri brändiä; Ski-Doo, Sea-Doo, Can-Am on-road ja off-road, Lynx, Evinrude, Rotax, Manitou ja Alumacraft. Näistä kahdeksasta Ski-Doo ja Lynx ovat moottorikelkkabrändejä, ja Rotaxin moottoreita käytetään niiden moottorikelkoissa. (BRP 2020)

2.3.3 Arctic Cat

Arctic Catin perustamisesta puhuttaessa esille nousee tuttu nimi, Edgar Hetteen. Polaris Industriesin perustamisessa mukana ollut Hetteen lähti yrityksestä vain muutamia vuosia sen perustamisen jälkeen, perustaakseen oman yrityksensä nimeltään Polar Manufacturing, vuonna 1960. Yrityksen ensimmäinen moottorikelkka, New Polar 500, valmistui pian yrityksen perustamisen jälkeen (Knox 2020a). Ensimmäinen malli oli suunnattu pääosin työmoottorikelkaksi. Vuonna 1962 yrityksen nimi vaihtui Arctic Enterpriseksi ja yrityksen toinen moottorikelkka, Arctic Cat 100, valmistui samana vuonna (Knox 2020b).

Yrityksen alkuvuodet olivat vaikeita, ja se yritti saada jalansijaa uusilla markkinoilla. Yritys valmisti useita eri malleja vuosien varrella. Vuosina 1963–1964 oli myynnissä jopa 13 eri Arctic Cat -mallia, mutta yksikään niistä ei noussut merkittäväksi (Knox, 2020c). Kun yritys alkoi tehdä tappiota, Hetteen astui alas johtajan paikalta ja uusi johtaja, Lowell Swenson alkoi ajamaan yritystä uuteen suuntaan (Knox 2020c). Ensimmäinen muutos yrityksen toiminnassa oli keskittyminen yhteen moottorikelkkaan, johtaen Panther-mallin tuotantoon (Knox 2020d). Vuonna 1966 esitelty Panther-malli sisälsi täysin uusia ratkaisuja moottorikelkkojen alalla, ratkaisuja, jotka tulisivat myöhemmin vakiintumaan lähes jokaisen valmistajan moottorikelkoissa. Kuvassa 7 näkyvän Pantherin alusta ei ollutkaan telialusta, kuten oli ollut tyyppillistä tähän asti, vaan se koostui liukurungosta ja telapyöristä, joita pitkin matto liukui ja ohjautui telatunnelissa (Armleder 2020). Pantherin ohjaukseen kuului myös jousitus, joka toteutettiin suksiin kiinnitetyillä lehtijousilla, tuoden jälleen uuden ratkaisun moottorikelkkojen markkinoille.



Kuva 7. Arctic Cat Panther -moottorikelkkoja vuonna 1966 (Knox 2020d).

2.3.4 Yamaha

Japanin Iwatasta alkunsa saanut Yamaha Motor Company, toisin kuin muut esiteltyt yritykset, oli keskittynyt jo muihin moottorivälineisiin ennen moottorikelkkoja. Yamahan askel lumelle soveltuviin kulkuvälineisiin tapahtui vuoden 1965 keväällä, vuosia muita valmistajia myöhemmin. Yamahalla oli myös omalaatuinen lähestyminen moottorikelkkoihin, sillä yritys aloitti kehitystyönsä ostamalla moottorikelkan mallikappaleen Bombardierilta. Yritys tutki mallikappaletta osa kerrallaan, tutustuen täysin tuntemattomiin ratkaisuihin ja komponentteihin. Toisin kuin muut valmistajat, Yamaha päätti hyödyntää moottorikelkoissaan kahta telamattoa vakauden takia, muistuttaen moottorikelkkojen ensimmäisiä prototyyppejä. (Yamaha Motor 2020)

Yamahan ensimmäinen moottorikelkkaprototyyppi valmistui kesällä 1965, nimeltään Yamaha YX15. Suoritettuaan testitilaisuuksia Japanin hiekkadyyneillä ja Kanadan lumikentillä, huomattiin, että mallin keula painoi liikaa rungon etuosaan integroidun moottorin takia. Mallia kuvailtiin myös liian vakaaksi, vähentäen ajonautintoa. Aloitettuaan suunnitteluprosessin alusta, Yamaha päätyi lopulta malliin, joka pystyttiin tuomaan markkinoille heinäkuussa 1968. Mallin nimeksi annettiin Yamaha SL350 ja sen voimanlähteenä toimi kaksisylinterinen kaksitahtimoottori ja ensimmäisenä moottorikelkkana markkinoilla, SL350 hyödynsi polttoaineen syötössä luistiventtiileillä varustettuja kaasuttimia (Armleder 2020). Yamahan ensimmäisestä moottorikelkkamallista löytyi myös lehtijousitus, kuten kuvasta 8 voidaan huomata. Yamaha toi markkinoille vielä kolme uutta mallia vuoden 1969 toukokuussa, varmistaen yritykselle pysyvän paikan moottorikelkkojen maailmassa. (Yamaha Motor 2020)



Kuva 8. Yamaha SL350 vuodelta 1968 (Yamaha Motor 2020).

2.4 Suomalaisvalmisteisten moottorikelkkojen historiaa

Suomessa moottorikelkkojen historia ulottuu lähes yhtä kauas kuin Pohjois-Amerikassakin. Suomessa olosuhteet ovat hyvin samanlaisia kuin Pohjois-Amerikassa ja tarpeet moottorikelkoille syntyivät hyvin samanlaisista herätteistä. Vaikeutuneet olosuhteet, hevosten vetämien rekien rajalliset käyttömahdollisuudet ja tarve nopeammille keinoille kulkea lumisessa maastossa metsästyksen, ansoittamisen, kalastuksen ja työtehtävien parissa herättivät suomalaisten keksijöiden mielenkiinnon. Ensimmäisiä prototyyppejä on raportoitu jo vuodelta 1926, tosin verrattuna Pohjois-Amerikan moottorikelkkojen kehitykseen Suomessa kehitys oli vuosikymmeniä jäljessä.

Ensimmäinen suomalainen moottorikelkka syntyi Insinööritoimisto Kolhon suunnittelemana kanadalaisten moottorikelkkojen antamien vaikutteiden pohjalta. Ensimmäinen moottorikelkka nimettiin Lumikoksi, ja sen valmisti Metaxo-konepaja. Lumikkoa valmistettiin vuosina 1967–1969 ja 100 kappaleen erä myytiin vuonna 1969. Lumikko oli rakenteeltaan hyvin samanlainen kuin aikansa muutkin moottorikelkat; suksissa oli lehtijousitus, Valmet 20 -moottori oli asennettu rungon etuosaan ja tela oli suhteellisen lyhyt. Poikkeavana ominaisuutena oli aikaisempaa leveämpi, 50-senttimetrinen telamatto. Myöhemmin Lumikon valmistusoikeudet osti Teijon Tehdas ja se alkoi valmistaa moottorikelkkoja uudella Winha-nimellä. Teijon Tehdas valmisti Winha 30 ja Winha 50 -mallit vuosina 1971–1972, joissa käytettiin kanadalaisia Kohler-moottoreita. (Vuorinen 2020)

Yksi tärkeimpiä tapahtumia suomalaisten moottorikelkkojen saralla tapahtui vuonna 1967, kun Velsa Oy Kurikasta alkoi kehitellä omaa moottorikelkkaansa Lumikon pohjalta. Lumikon mallia paranneltiin, ja Velsan omat suunnittelijat kehittivät mallin AS 50, joka nimettiin Lynxiksi, ilveksen latinankielisen nimen mukaan. Kuvassa 9 voidaan nähdä ensimmäinen Lynx-moottorikelkkamalli. Lynxissä oli 20 hevosvoimainen Sachs SA 295 -moottori sekä 50 senttimetrin levyinen telamatto. Lynx-moottorikelkkojen valmistusta jatkettiin useiden uusien mallien, kuten vuonna 1969 markkinoille saapuneiden Lynx 20, Lynx 30 ja Lynx 40 parissa. Lynxin mallistot uusiutuivat useana vuonna ja Velsa toi markkinoille uusia ratkaisuja, kuten joustavan jatkoperän ja vuonna 1973 markkinoiden ensimmäisenä 2+1 vaihdelaatikon, jossa oli kaksi nopeusaluetta eteenpäin ja peruutusvaihte. Lynx-moottorikelkkojen kehitystä ja valmistamista

jatkettiin useiden eri yhtiöiden omistuksen alla, kunnes vuonna 1988 Bombardier sai 50 prosentin omistuksen Lynx-moottorikelkkojen valmistukseen Nordtrac Oy:n myydessä osakkeensa heille. Myöhemmin vuonna 1992 Starckjohann-Telko Oy myi oman 50 prosentin omistajuuden Lynxistä Bombardierille. Suomalaisia Lynx-moottorikelkkoja valmistetaan edelleen Lapissa Rovaniemellä ja Lynx-brändi on osa BRP konsernia. (Vuorinen 2020; Saari 2020)



Kuva 9. Ensimmäinen Lynx-moottorikelkkamalli vuodelta 1967 (Saari 2020).

3 MOOTTORIKELKKOJEN KEHITYSASKELEET

Moottorikelkkojen kehityksessä on tapahtunut merkittäviä askeleita, jotka ovat antaneet edellytykset moottorikelkkojen tulevaisuudelle. Nämä perusrakenteet ovat toimineet pohjana uusille keksinnöille ja innovaatioille, johtuen moottorikelkkojen jatkuvaan kehitykseen. Seuraavaksi käsitellään kehityksen kohteita ja vaiheita historiassa, etenkin kuluttajamarkkinoille tulleiden moottorikelkkamallien ja ratkaisuiden näkökulmasta. Tulee kuitenkin muistaa, että keksinnöt ovat usein olleet kehitysvaiheessa jopa vuosia ja täten käytössä muun muassa kilparadoilla ennen kuluttajien saataville tulemistä.

3.1 Monen hengen malleista yksin kuljetettaviin malleihin

Johtuen moottorikelkkojen historiasta ja niiden alkuperäisestä käyttötarkoituksesta, suuren kuljetuskapasiteetin omaavat moottorikelkat olivat suosiossa historian alkuvaiheissa. Pian kuitenkin metsästyskäyttö ja etenkin harrastuskäyttö johtivat pienempien, ketterämpien ja tehokkaampien moottorikelkkojen valmistukseen. Myös moottoriurheilu kiihdytti moottorikelkkojen kehitystä huomattavasti, eri valmistajien kilpaillessa parhaasta asemasta sekä kilparadoilla, että kuluttajamarkkinoilla. Samalla markkinat siirtyivät hiljalleen yksittäisten ihmisten saataville, jolloin kehitystyö etenkin yksin kuljetettavien moottorikelkkamallien parissa alkoi kiihtymään.

3.2 Moottorikelkan nykyiseen konfiguraatioon johtaneet muutokset

Moottorikelkkojen pitkän kehityksen taustalla on monia muutoksia, joista jokainen valmistaja hyödyntää edelleen tärkeimpiä piirteitä. Osa muutoksista ovat olleet avainasemassa nykymoottorikelkkojen mahdollistamiseen, niin suorituskyvyn, kustannusten sekä turvallisuuden näkökulmasta katseltuna.

3.2.1 Moottorin sijoittelu

Yksi merkittävistä muutoksista moottorikelkkojen kehityksessä on ollut moottorin sijoittaminen oikeaan paikkaan. Historiaa tutkittaessa huomataan, että valmistajasta ja ajankohdasta riippuen moottorin paikka on ollut yleisesti moottorikelkan rungon etu- tai takaosassa. Suksilla ohjattavan, rungon sisällä pyörivän telamaton liikuttaman moottorikelkan moottorin sijoittelulla on haettu eri vaikutuksia. Useimmiten vaikutuksen

kohteena on ollut laitteen käsiteltävyys. Taakse, rungon päälle sijoitettu moottori on antanut enemmän pitoa telamatolle tuodun lisäpainon vuoksi, samalla keventäen ohjausta. Eteen rungon päälle sijoitettu moottori on sen sijaan tehnyt moottorikelkasta painon näkökulmasta tasapainoisen, kun huomioon otetaan kyydissä istuvan kuljettaja paino. Moottorin sijoittamiseen on vaikuttanut myös menetelmä, jolla moottorin teho välitetään telamatolle. 1960-luvulla enemmistössä markkinoilla olevista moottorikelkoista moottori oli jo sijoitettu rungon etuosaan, johon sen paikka myös vakiintui kaikissa moottorikelkoissa. Suurin vaikutte nyky moottorikelkoihin on tullut kuitenkin Arctic Catin Panther-moottorikelkasta, jossa moottori oli sijoitettu rungon etuosaan, mutta aiemmista telatunnelin päälle sijoitetuista moottoreista poiketen, se oli asennettu telatunnelin eteen matalammalle runkoon, madaltaen moottorikelkan painopistettä ja antaen lisätilaa esimerkiksi ohjaukselle (Mickelson 2007).

3.2.2 Alustan muutokset

Merkittävä edistysaskel moottorikelkkojen rakenteessa tuli markkinoille vuonna 1965, Arctic Cat Model 140 Deluxe -moottorikelkan myötä (Mickelson 2007). Ennen tätä moottorikelkkojen runkoa kannatti ja mattoa ohjasi niin sanottu telialusta. Telialusta koostuu telipyöräkokoospanoista, niitä kannattavista rakenteista, alustan etuosassa olevista hammastetuista vetopyöristä sekä alustan takaosassa olevista hammastetuista kääntöpyöristä. Telialusta on hyvin painava ja jäykkä ratkaisu. Telialustaan on myös hyvin vaikea sisällyttää tehokasta iskunvaimennusta, vaikuttaen negatiivisesti ajomukavuuteen ja moottorikelkkojen käsiteltävyyteen. Model 140 Deluxe -mallissa oli käytössä liukurungoista ja telapyöristä koostuva alusta, joka oli huomattavasti kevyempi ja käyttömukavuudeltaan suotuisampi kuin vanha telialusta. Vuoden 1966 Arctic Cat Panther -moottorikelkka sen sijaan oli ensimmäinen malli, jossa liukurunkoalustan merkittävyys kasvoi huomattavasti, yhdessä sen muiden uusien ominaisuuksien rinnalla.

Liukurungoista koostuvassa alustassa moottorikelkan telamatto liikkuu telamattoon tarttuvien hammastettujen vetopyörien avulla, ja se liikkuu metallisia runkoja myöten, telapyörien ja kääntöpyörien ohjaamana. Liukurungot eivät myötäile maaston muotoja, ja ne pakottavat telamaton kulkemaan tiettyä rataa johtaen epätasaisuuksien ylittämiseen ja tätä kautta nopeampaan ja tasaisempaan kyytiin. Liukurunkoihin asennetaan erikseen liukumuovit, jotka edistävät maton liukumista ja estävät liukurunkojen sekä telamaton kulumista. Liukurungot omaavaan alustaan on myös helppo suunnitella iskunvaimennus,

yleensä sisältäen alustan etu- ja takapään oman jousituksen, johtaen parantuneeseen suorituskykyyn ja ajomukavuuteen.

Iso muutos liukurunkoalustoissa tapahtui, kun ensimmäiset pidemmän joustomatkan omaavat alustat suunniteltiin. Yhdysvaltalainen TeamFAST Inc. ja Gerard Karpik suunnittelivat 1980-luvun loppupuolella uuden FAST M-10 -alustan. Tutkimuksien tuloksena Karpik ja hänen suunnitteluryhmänsä huomasivat, että alustan etu- ja takajousituksen toimiessa erikseen, alustan toiminta oli arvaamatonta. Ratkaisu löytyi etu- ja takajousituksen toiminnan kytkemisestä toisiinsa, eli etupään joustaessa myös takapää joustaa. Muut valmistajat seurasivat TeamFAST:ia ja alkoivat tarjoamaan tuotteissaan suorituskyvyn mullistavia, pitkän joustomatkan alustoja. Kaikissa moderneissa moottorikelkoissa hyödynnetään liukurunkoihin perustuvia alustoja ja esimerkiksi liukurunkojen pituus on kasvanut tasaisella tahdilla moottorikelkkojen kehittyessä, parantaen lumella kulkemista ja tuoden vakautta ajamiseen. (Mickelson 2007)

3.2.3 Etujousituksen muutokset

Ensimmäisissä kehitetyissä yhden tai kahden hengen moottorikelkoissa, niiden ohjauksesta huolehtivat sukset olivat jäykästi kiinnitettyjä runkoon ja ohjaukseen erilaisilla menetelmillä. Pian kuitenkin huomattiin, että maaston epätasaisuudet toivat suuria kuormia eri rakenteille, mutta vaikuttivat myös negatiivisesti moottorikelkan ajettavuuteen ja käsiteltävyyteen. Ongelmaan löytyi yksinkertainen ratkaisu muista ajoneuvoista tutun lehtijousen käytön myötä. Lehtijousi on osana halpa, toimintaperiaatteeltaan yksinkertainen sekä helposti huollettava ja vaihdettava. Lehtijousen tutustuttamisen myötä moottorikelkan etupää sai useiden senttien joustovaran, joka vaikutti huomattavasti aiemmin mainittuihin ongelmiin. Lehtijousi asennettiin metallisen suksen päälle ja ohjausosat kiinnittyivät suoraan lehtijouseen. Aikaisimmissa malleissa pelkkä lehtijousi teki kaiken työn, mutta pian keksijät alkoivat suunnittelemaan vielä parempia ratkaisuja ohjauksen tehostamiseksi. Tyypillistä oli asentaa sukseen pieni iskunvaimennin lehtijousen päälle tai alle kohti suksen kärkeä, joka piti suksen pään alhaalla vaihtelevassa maastossa, vaikuttamatta juurikaan itse ajossa tapahtuvien iskujen vaimentamiseen. (Bassett 2012)

Valmistajat pysyttelivät lehtijousissa pitkän aikaa, etenkin niiden edullisuuden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Useita erilaisia iskunvaimennusmenetelmiä suunniteltiin ja

kokeiltiin, mutta ilman merkittävää edistystä. Kokeilun kohteena olivat muun muassa perinteiset yksinkertaiset kierrejouset, mutta niiden täyttä potentiaalia ei saatu hyödynnettyä vaaditulla tavalla. Merkittävä muutos tapahtui kilparadoille tuodun uuden IFS-järjestelmän myötä. IFS eli Independent Front Suspension tarkoittaa suomeksi käännettynä itsenäistä etujousitusta. IFS-järjestelmässä vanhat lehtijouset on unohdettu kokonaan ja iskunvaimennuksen hoitaa kierrejousi, joka on yhdistettynä kaasua ja öljyä hyödyntävään iskunvaimentimeen, yksi kappale per puoli. Olennaisena erona aikaisempiin etujousituksiin ovat pitkät, kuljettajan jalkakoteloihin asti yltävät tukivarret, jotka yhdistyvät etujousituksen komponentteihin, tuoden rakenteeseen vakautta ja kestävyyttä. Tämän lisäksi etujousitukseen kuuluu kannatinelementtejä sekä raidetangot, joiden avulla tapahtuu suksien kääntäminen. Työn kuvassa 10 voidaan nähdä edellä mainitut elementit.

IFS-järjestelmän ensimmäisiä kehittäjiä oli sen ajan kilparadoilta tuttu Chapparal, jonka IFS-järjestelmää hyödyntäviä moottorikelkkoja löytyi jo vuonna 1972. Yksityinen kilpakuljettaja Gordon Rudolph huomasi Chapparalin moottorikelkkojen etujousituksen merkityksen ja alkoi kehittämään vastaavaa järjestelmää oman Polaris-moottorikelkkansa lehtijousituksen tilalle. 1970-luvulla kehitelmiä IFS-järjestelmistä voitiin havaita kilparadoilla, mutta vuonna 1979 markkinoille saapui ensimmäinen kuluttajien saatavilla oleva moottorikelkka, Arctic Cat Trail Cat, joka hyödynsi itsenäistä etujousitusta (Longworth 2018). Vaikka Arctic Cat hyödynsi IFS-järjestelmää, Polaris oli ensimmäinen valmistaja, jonka suunnittelema IFS tarjosi siltä vaaditun suorituskyvyn. Vuonna 1980, Polariksen TX-L Indy antoi muille valmistajille uuden tavoitteen ja vaatimuksen kehityksen aallonharjalla pysymiseksi mullistavan IFS-järjestelmän myötä, jonka kehittäjäksi oli palkattu Gordon Rudolph. (Mickelson 2007)

IFS-järjestelmää hyödynnettiin melkein kaikissa suurimpien valmistajien moottorikelkoissa, muttei suinkaan jokaisessa mallissa. Lehtijousituksiakin löytyy vielä 2000-luvun moottorikelkoista. Jotkut valmistajat yrittivät kehittää IFS-järjestelmästä poikkeavia jousitusratkaisuja, kuten Yamahan kehittämä TSS (Telescopic Strut Suspension), eli teleskooppinen jousitus, jossa putken sisään oli asennettu kierrejousi, jota vasten oli kaasuisiskunvaimennin. Järjestelmässä oli paljon hyviä puolia, mutta ajan myötä esille nousi ongelmia ja rajoitteita, joiden vuoksi myös Yamaha siirtyi IFS-järjestelmään. (Bassett 2012)



Kuva 10. IFS-järjestelmä Yamaha-moottorikelkassa (Seluska 2020).

Merkittävin ja nykypäivänäkin eniten käytössä oleva etujousitus on A-tukivarsista koostuva etujousitus. Tässä jousituksessa moottorikelkan molemmilla puolilla on omat jousituksensa, joissa on kaksi A-tukivartta, iskunvaimennin, raidetanko sekä suksen ja edellä mainitut komponentit yhdistävä olkavarsi. Myös kallistuksenvakaajia voidaan hyödyntää etujousituksen toteutuksessa. A-tukivarsista koostuvan etujousituksen etuina ovat sen muokattavuus, säädettävyys, sekä pitkän joustomatkan ja suhteellisen korkean maavaran tuova rakenne. Arctic Cat oli ensimmäinen valmistaja, joka käytti A-tukivarsista koostuvaa etujousitusta jo vuonna 1993. Ski-Doo ja Yamaha toivat markkinoille vastaavanlaiset etujousitukset vuonna 2003 ja Polaris vuonna 2005. Kuvassa 11 voidaan nähdä tyypillinen A-tukivarsista koostuva etujousitus.



Kuva 11. A-tukivarsista koostuva etujousitus Lynx-moottorikelkassa (Seluska 2020).

Tyypillisesti A-tukivarsista koostuvissa etujousituksissa käytettävä iskunvaimennus hyödyntää kynäjousiksi kutsuttuja iskunvaimentimia, joissa kierrejousi ympäröi öljyä ja kaasua hyödyntävää iskunvaimenninta. Iskunvaimentimessa on kierrejousen säädölle kierteet sekä säätölevy, jota pyörittämällä jousen esijännitystä voidaan säätää. Kehittyneemmissä kynäjousissa on tämän lisäksi useita muita säätöjä, joiden avulla jousituksen voi säätää optimaaliseksi eri olosuhteisiin. Tällaisia säätöjä ovat muun muassa hitaan ja nopean puristusvaimennuksen säätö sekä paluuvaimennuksen säätö. Kynäjousien yhtenä etuna on myös lisäsäiliön käytön mahdollisuus, eli iskunvaimentimen käyttämä kaasu ja öljy voidaan sijoittaa iskunvaimentimen sylinteriputken ulkopuolelle, mahdollistaen paremman iskunvaimennuksen lyhyemmällä kynäjousen kokonaismitalla. Kynäjousien ohelle on tarjolla myös ilmaiskunvaimentimia, joissa iskujen vaimennus ja iskunvaimentimen toiminta perustuu puristuvan ilman aiheuttamaan kasvavaan vastukseen, perinteisen kierrejousen tuottaman vastuksen sijaan. Ilmaiskunvaimentimen esijännitystä voidaan lisätä kasvattamalla painetta iskunvaimentimen pääilmasäiliössä. Valmistajista Arctic Cat ja Yamaha ovat olleet ensimmäisiä, jotka ovat tuoneet markkinoille ilmaiskunvaimennettuja alustoja ja etujousituksia moottorikelkoissaan.

3.2.4 Rungon muutokset

Vanhvoja moottorikelkkoja ja niiden rakennetta tutkiessa huomaamme, että ne ovat suhteellisen pieniä kooltaan ja ohjaus tapahtuu istualtaan noin moottorikelkan keskikohdalta. Ohjaus välittyi yksinkertaisen ohjaustangon ja ohjauspylvään kautta suksille. Ensimmäinen iso kehitysaskel runkojen rakenteessa oli aikaisemmin mainittu Arctic Catin vuonna 1966 esittelemä ratkaisu, jossa kevyempää alumiinista runkoa muutettiin siten, että moottori voitiin laskea lähemmäs maata ja telatunnelin eteen. Tämä poikkesi tämän ajan painavammista rungoista, joissa moottori oli asennettu rungon ja käytännössä telatunnelin päälle. Vuosien saatossa muut valmistajat alkoivat hyödyntämään uutta runkosuunnittelua ja alumiinia materiaalina sen edistyksellisyyden ja siitä saatavien hyötyjen, kuten keveyden vuoksi.

Suuria muutoksia itse rungon rakenteessa ja ajoergonomiassa ei tapahtunut ennen vuotta 1998, jolloin yhdysvaltalainen TeamFAST Inc. toi markkinoille Blade-moottorikelkkamallin. Blade-moottorikelkan eturunko ei ollut aikansa muiden moottorikelkkojen kaltainen avoin alumiininen moottoritila, jonka pohjalle moottori oli kiinnitetty, vaan Bladen (etu)runko koostui moottorin ympärille rakennetusta

alumiinikehikosta, joka pystyy vastaanottamaan ja jakamaan jousituksen välittämät kuormat. Bladen eturunko oli hitsattu alumiiniputkista kolmioituun pyramidimaiseen muotoon, taaten tasaisen kuormien jakautumisen, samalla ollessa todella kestävä. Aiemmin tunnetuista runkotyypeistä poiketen, Bladessa ei ollut erikseen rakenteellisessa roolissa olevaa telatunnelia, vaan alumiininen putkirunko jatkui moottorikelkan takaosaan ja alusta kiinnittyi siihen. TeamFAST oli ensimmäinen valmistaja, joka hyödynsi massan keskittämistä ja madallettua massan keskipistettä. Tämä saavutettiin siirtämällä moottoria taaksepäin ja alemmas rungossa, samalla korottaen ja siirtäen kuljettajan istuma-asentoa lähemmäs ohjausta ja eturunkoa. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksena kuljettajan ajoasento mahdollisti moottorikelkan paremman käsiteltävyyden ja ajomukavuuden, jonka tasolle ei ollut päästy markkinoiden muissa moottorikelkkamalleissa. (Mickelson 2007)

Paljon tunnetumpi, samoja periaatteita ja ratkaisuja mukaileva runkotyyppi tuli julkisuuteen vuonna 2001. Tällöin Ski-Doo julkisti uuden REV-rungon ensin kilparadoille ja myöhemmin vuonna 2003 yleisille markkinoille. REV-runko noudatti myös massaa keskittävää ja alentavaa suunnittelua, samalla tuoden kuljettajan eteenpäin. Bladesta poiketen REV-rungon takaosa oli alumiinirunko, johon alusta kiinnittyi ja eturungossa hyödynnettiin pyramidimaista alumiinikehikkoa yhdistettynä alumiinirunkoon. Monet pitävät tätä kuljettajaa eteenpäin tuovaa suunnittelua (Rider-Forward Design), oleellisena käänköhtana nykyaikaisten moottorikelkkojen kehityksessä (Mickelson 2007). Kuljettajan asento muuttui huomattavasti ergonomisemmaksi, jossa kuljettajan jalat olivat noin 90 asteen kulmassa, selkä suorassa ja kädet sopivan matkan päässä ohjaustangosta. Kun tätä verrataan muiden valmistajien ja 1900-luvun loppupuolen moottorikelkkamalleihin, joissa kuljettaja istui moottorikelkan penkillä matalalla ja kaukana ohjaustangosta, jalat melkein suoraksi ojennettuna, muutos oli merkittävä. Uutta ajoasentoa voisi verrata moottoripyörän ajoasentoon, jossa iso osa moottorikelkan hallinnasta tapahtuu kehon painopisteen muutoksilla yhdistettynä ohjaukseen.

TeamFAST ja Ski-Doo toimivat edelläkävijöinä 2000-luvun alkupuolella tapahtuville muutoksille moottorikelkkojen rakenteessa. Vuonna 2004 Arctic Cat julkisti ensimmäisen Rider-Forward Design moottorikelkkansa, Arctic Cat Sno Pro 440 -moottorikelkkamallin. Polaris seurasi muiden jalanjälkiä julkaisemallaan Fusion-moottorikelkkamallilla vuonna 2005. Yamahan kontribuutio uusiin runkoihin tuli

Phazer FX -moottorikelkan myötä vuonna 2007. Ainut eurooppalainen valmistaja Lynx julkaisi markkinoille tutun Rave-mallinsa uudella runkotyypillä vuonna 2005.

Rider-Forward Design on jäänyt voimaan aina uusimpiin moottorikelkkamalleihin saakka. Toisin kuin 1900-luvun ja 2000-luvun vaihteessa, nykymoottorikelkkojen suunnittelussa on keskitytty paljon parantamaan seisaltaan ajamista, istualtaan ajamisen ohelle. Vanhemmissa moottorikelkoissa on haettu samoja vaikutuksia kuin uusissa runkomalleissa. Kuluttajat muun muassa korottavat ohjaustankoa korotuspaloilla ja korottavat ja koventavat penkkejä lisäämällä niihin täytettä. Pystymässä asennossa ja seisaltaan ajaminen mahdollistaa muun muassa moottorikelkan paremman käsiteltävyyden ja keholla iskujen vastaan ottamisen.

3.3 Muutokset käyttövoimassa

Nykyaikaiset moottorikelkat ovat kehittyneet pitkälle ensimmäisistä prototyypeistä. Erityisen tärkeässä roolissa moottorikelkkojen mahdollistamisessa ja maailmassa pysyvän paikan saavuttamisessa on ollut tehokkaan ja luotettavan käyttövoiman löytäminen. Moottorikelkat keksittiin alun perin lihasvoiman korvaajiksi, joten moottoreiden kehitystyö ja oikeiden moottoreiden käyttäminen on ollut erityisen tärkeässä roolissa moottorikelkkojen kehityksessä.

3.3.1 Kaksitahtimoottoreiden muutokset

Ensimmäisissä kuluttajamarkkinoille tulleissa moottorikelkoissa käyttövoimana käytettiin yksinkertaisia kaksitahtimoottoreita. Kaksitahtimoottori on polttomoottori, jossa täydellinen työkierto tapahtuu yhden kampiakselin kierroksen aikana, eli mäntä liikkuu kerran ylös ja kerran alas sylinterissä. Kaksitahtimoottorit olivat yleisiä jo 1900-luvun puolessa välissä ja ne soveltuivat erinomaisesti käytettäväksi moottorikelkoissa niiden yksinkertaisen rakenteen vuoksi, mutta etenkin niiden tehokkuuden ja keveyden ansiosta. Alkuaikoina käytössä oli sekä yksisylinterisiä, että kaksisylinterisiä puhallinjäähdytteisiä moottoreita. Ensimmäisissä moottorikelkoissa tehonsiirto telamatolle oli usein hyvin yksinkertainen, jolloin tehokkaiden moottorien käyttäminen koitui usein hankalaksi. Ensimmäiset moottorikelkoissa käytetyt moottorit olivat teholtaan aina 2,5kW:sta 7,5kW:iin, eli tehokkaimmat versiot olivat noin 10 hevosvoiman tehoisia.

Moottoreiden, teknologian ja etenkin moottorikelkkojen voimansiirron kehittyessä, moottorikelkkojen moottoreissa alkoi tapahtua suuria muutoksia. 1970-luvun alussa moottorikelkkoihin alettiin suunnittelemaan ja käyttämään erityisesti moottorikelkkoihin suunniteltuja kaksitahtimoottoreita, usein esiintyen ensin kilparadoilla ja myöhemmin kuluttajamalleissa (Mickelson 2007). 200–500 kuutioiset moottorit yleistyivät markkinoilla. Esimerkiksi ensimmäisissä Lynx-moottorikelkoissa oli mallista riippuen 180, 277 tai 297 kuutioinen moottori, joista tehokkain, Sachs SA 290 (297 cm³) tuotti jopa 20 hevosvoimaa 5500r/min kierrosnopeudella (Saari 2020). Yleisesti käytössä oli niin yksi-, kaksi-, sekä kolmesylinterisiä moottoreita, mutta etenkin kaksi- ja kolmesylinteriset moottorit keräsivät suosiotaan niiden tuottaman tehon vuoksi. Moottorien tehot nousivat jatkuvasti 1960-luvun aikana, mutta pysyttelivät edelleen alle 50 hevosvoiman teholumissa. Moottorikelkkojen polttoaineensyöttö toteutettiin kaasuttimien avulla; toisesta päästä kaasuttimet olivat yhteydessä ilmanottoalaatikkoon ja toisessa päässä kaasuttimia oli sylintereiltä tulevat imukaulat, joista polttoainetta syötettiin moottorin sylintereihin.

Merkittävä muutos moottorikelkkojen moottoreissa tapahtui, kun moottorikelkkojen voimansiirto kehittyi ja siirryttiin puhallinjäähdytteisistä moottoreista nestejäähdytteisiin moottoreihin 1970-luvun alussa. Vuonna 1972 Brutanza Engineering Inc. esitteli ensimmäisenä markkinoilla nestejäähdytteisen moottorikelkan, nimeltään Brut LC44 (Armleder 2020). Tarve nestejäähdytykselle syntyi, kun moottorikelkkojen konehuoneet alkoivat kuumentumaan suurempien moottorien ja äänenvaimennuksen aiheuttamien yhä suljetumpien ja tiiviimpien moottoritilojen vuoksi. Brut LC44 hyödynsi nestejäähdytyksessään kelkan eteen asennettua jäähdytintä, mutta pian huomattiin, että moottorikelkan käydessä tyhjäkäynnillä pidempiä aikoja, järjestelmä saattoi ylikuumentua (Mickelson 2007). Brut Engineering oli ensimmäinen valmistaja, joka keksi asentaa kupariputkista koostuvan putkilinjaston moottorikelkan telatunnelin sisäpuolelle, rungon ja telamaton väliin, jossa he kierrättivät moottorin tarvitseman jäähdytysnesteen (Mickelson 2007). Tämä järjestelmä kehittyi suulakepuristamalla valmistetuksi, alumiinista rakentuvaksi jäähdyttimeksi, joka on asennettu telatunnelin sisäpuolelle (Mickelson 2007). Brut Engineering patentoi keksintönsä ja muut valmistajat ottivat tästä konseptista mallia, kantautuen nykymoottorikelkkoihin asti. Suurin osa valmistajista alkoi tarjoamaan nestejäähdytteisiä moottoreita moottorikelkoissaan vasta vuonna 1978 (Armleder 2020). Telatunnelin sisällä kulkevan jäähdyttimen suurin etu on telamaton kuljettaman lumen osuminen jäähdyttimeen, jäähdyttäen jäähdytysnestettä ja

täten moottoria. Lumen lentämistä jäähdyttimeen on edistetty erilaisten muovisten lumenohjaimien avulla.

Suuria muutoksia moottorikelkkojen moottoreiden toimintaperiaatteessa ja polttoaineensyötössä ei tapahtunut markkinoilla ennen 1990-luvun alkua. Moottorien tehot oli saatu nostettua jo 100 hevosvoiman lukemiin parantuneen jäähdytyksen ja uusien moottorien mahdollistamana. Vuonna 1991 markkinoille saapui Polariksen Indy 650 RXL EFI, jossa moottorin polttoaineen syöttäminen tapahtui markkinoiden ensimmäisenä sähköisen polttoaineensyötön avulla (EFI=Electronic Fuel Injection) (Armleder 2020). Sähköinen polttoaineen syöttö tapahtuu moottoriin yhteydessä olevasta läppärungosta, jossa sähköisesti ohjattu polttoainesuutin huolehtii polttoaineen syötöstä ja mekaanisesti toimivat läpät huolehtivat moottorin ilman saannista kaasun asennosta riippuen. Tämä poikkesi aikaisemmista, kaasuttimista koostuvista polttoaineensyöttöjärjestelmistä. Vuonna 1997 sen sijaan Arctic Cat oli ensimmäinen valmistaja, joka toi markkinoille ilman akkua toimivan sähköisen polttoaineensyötön (Armleder 2020). Akuton sähköinen polttoaineensyöttöjärjestelmä oli lähes häiriövapaa ja täten merkittävä keksintö.

Sähköisen polttoaineensyötön etuna on sen mahdollisuus säätää polttoaineen syöttöä automaattisesti ympäristön olosuhteista, kuten ilman lämpötilasta tai ilmanpaineesta riippuen. Tätä kautta saadaan parempi polttoaineen palaminen, vähemmän päästöjä ja enemmän tehoja ulos moottorista. Sähköisen järjestelmän huonona puolena verrattuna mekaaniseen kaasutinjärjestelmään on sen monimutkaisuus ja esimerkiksi erilaisten sähköisten komponenttien tuomat vikaantumismahdollisuudet. Mekaanisessa järjestelmässä viat on helppo paikantaa yksinkertaisten osien ja toiminnan vuoksi. Vuonna 2002 Ski-Doo ja Rotax toi markkinoille uuden sähköisen järjestelmän, joka syöttää polttoainetta suoraan moottorin sisään sähköisesti toimivilla suuttimilla, kaksi suutinta per sylinteri (BRP 2020). Tässä SDI (Semi Direct Injection) -järjestelmässä on myös läppärunko, jolla moottorin ilmansaantia säännöstellään. SDI-järjestelmien tilalle on tullut myös uusia DFI (Direct Fuel Injection) -järjestelmiä, joissa polttoaineen syöttö tapahtuu äärimmäisen tarkan järjestelmän avulla suoraan sylinterin palotilaan. Merkittävin DFI-järjestelmää hyödyntävä ratkaisu on ollut vuonna 2008 julkistettu BRP:n Rotax 600 HO E-TEC -moottori. E-TEC-järjestelmä suunniteltiin alun perin BRP:n omistaman Evinruden perämoottoreihin, mutta sitä voitiin helposti hyödyntää moottorikelkan moottoreissa. Vuosien mittaan myös muut valmistajat ovat esitelleet

uusien järjestelmiään, kuten Polariksen Cleanfire ja Arctic Catin DSI (Dual Stage Injection), jotka molemmat ovat SDI-järjestelmiä. Järjestelmästä ja polttoaineen syöttötavasta huolimatta tavoite on sama; polttoaineen mahdollisimman hyvä palaminen ja sekoittuminen ilmaan, samalla tuottaen mahdollisimman vähän päästöjä.

Nykyajan kaksitahtimoottoreiden yleisimmät koot ovat 600 ja 800 kuutiosenttimetriä. Viimeisen parin vuoden aikana markkinoille on saapunut myös uudet 850 kuutioiset moottorit BRP:n ja Polariksen moottorikelkoissa, jotka johtavat tämän hetken markkinoilla. Nykyajan kaksitahtimoottoreiden teholumemat ovat vapaasti hengittävillä moottoreilla jopa 170 hevosvoimaa. Vuosikymmenien saatossa moottorikelkoissa on käytetty kaksitahtimoottoreita tyypillisissä kokoluokissa kuten 340, 440, 500, 550, 700 ja 900 kuutiosenttimetriä, mukaan lukematta kymmeniä, ellei satoja muita etenkin historian alkuvaiheissa.

3.3.2 Nelitahtimoottoreiden saapuminen markkinoille

Nelitahtimoottori eroaa kaksitahtimoottorista huomattavasti. Toisin kuin kaksitahtimoottorissa, nelitahtimoottorissa täydellinen työkierto tapahtuu kahden kampiakselin kierroksen aikana. Nelitahtimoottoreiden toimintaperiaatteen vuoksi niiden rakenne on suhteellisen painava, mutta kaksitahtimoottoreihin verrattuna niiden hyötysuhde on paljon korkeampi, ääni hiljaisempi, päästöt matalammat ja kulutus maltillisempi.

Moottorikelkkojen maailmaan modernit nelitahtimoottorit saapuivat vuonna 2000, kun Arctic Cat lainasi Yhdysvalloissa Yellowstonen kansallispuistoon kaksi nelitahtimoottorilla varustettua prototyypimoottorikelkkaa. Arctic Cat oli myös ensimmäinen valmistaja, joka toi nelitahtimoottorilla varustetut moottorikelkat markkinoille vuonna 2002, erilaisten reittiajoon tarkoitettujen mallien myötä. Vuonna 2003 julkaistiin ensimmäinen tehokas nelitahtimoottorikelkka, Yamaha RX-1, 1000 kuution nelisynterisellä moottorilla, tuottaen noin 150 hevosvoimaa. (Armleder 2020)

Nelitahtimoottoreiden kehitys on saanut alkunsa puhtaan ja vähäpäästöisen moottorikelkan tarpeesta. Etenkin Yhdysvalloissa kiristyneet päästö- ja äänirajoitukset ovat ajaneet valmistajia kehittämään uusia ratkaisuja moottorikelkkoihin, niin kaksitahtimoottoreiden kuin nelitahtimoottoreidenkin saralla. Nelitahtimoottoreiden etuna tässä asiassa on jo niiden valmiiksi pienet päästöt ja matalat äänet. Etenkin Yamaha

on toiminut edelläkävijänä nelitahtimoottoreiden saralla. Yamaha muutti koko moottorikelkkojen tuotelinjastonsa nelitahtimoottoreilla varustetuksi vuoden 2003 jälkeen, pienimmän moottorin ollessa 500 kuutioinen nelitahtimoottori (Bassett 2015).

Nykyajan nelitahtimoottorikelkkojen linjastosta löytyy jopa 1200 kuutioinen nelitahtimoottori, Ski-Doon kolmesylinterinen 1200 4TEC. BRP on tuonut markkinoille myös Rotax ACE (Advanced Combustion Efficiency) -malliston nelitahtimoottorit, 600 ACE:n vuonna 2011, 900 ACE:n vuonna 2014 ja uusimpana lisäyksenä 900 ACE Turbon vuonna 2018. Joidenkin nelitahtimoottoreiden yhteydessä on ollut yleistä käyttää turboahdinta, eli moottorin pakokaasuista tehoa tuottavaa järjestelmää, jotta moottoreiden tehoa on saatu nostettua. Nykyajan tehokkaimmat tehtaalta saapuvat nelitahtimoottorikelkat omaavat jopa yli 200 hevosvoimaa. Nelitahtimoottoreiden sivuvaikutuksena lisääntynyt paino moottorikelkan etupäässä on johtanut raskaaseen ohjaukseen. Yamaha on ratkaissut ongelman tuomalla markkinoille sähköisen EPS (Electric Power Steering) ohjaustehostimen, joka tuli kuluttajien saataville vuoden 2011 Apex-moottorikelkassa.

3.3.3 Muutokset voiman välittämisessä

Yhtenä moottorikelkkojen yksinkertaisen käyttämisen, parantuneen ajettavuuden ja onnistuneen voimansiirron avaintekijänä on ollut moottorikelkan vaihteiston kehitys. Yleisesti puhutaan CVT (Constantly Variable Transmission) -vaihteisto, eli portaattomasta automaattivaihteistosta. CVT-vaihteisto eroaa perinteisestä vaihdelaatikosta ja sen tuomien vaihteiden välityksestä siten, että moottorin voima välitetään moottorissa kiinni olevan pääkytkimen (ensiövariaattori) ja omalla akselillaan olevalla toisiovariaattorilla, joita yhdistää niiden välissä kulkeva kiilahihna eli variaattorin hihna. CVT-vaihteiston tehtävänä on mahdollistaa moottorin toimiminen oikealla kierrosalueella, antaen aina maksimaalisen tehon. CVT-vaihteistossa ei ole lainkaan vaihteita, vaan moottorikelkalla kiihdytettäessä vaihteisto hoitaa ylös vaihtamisen ja kun nopeutta hidastetaan, vaihteisto hoitaa alas vaihtamisen automaattisesti. (Houle 2013)

Vuonna 1970 Polaris toi markkinoille uuden pääkytkimen TX-mallin moottorikelkoissaan, joka mahdollisti vaihteiston kytketymisen säätämisen halutulle moottorin kierroslukemalle. Uudistuneen CVT-vaihteiston toiminnan myötä moottorikelkkojen moottoreilta ei vaadittu enää paljoa vääntöä alemmilla kierroksilla,

jolla ennen mahdollistettiin vaihteiston välitön kytkeytyminen ja tätä seurannut lineaarinen ylös vaihtaminen. Tämä johti moottoreiden uudelleen suunnitteluun, mahdollistaen korkeammat teholumemat ja suuret kierrosnopeudet omaavat moottorit. Kaikissa nykyajan moottorikelkoissa hyödynnetään tätä Polariksen keksimää kytkimen toimintaperiaatetta. (Mickelson 2007)

Vaikka moottorikelkkojen CVT-vaihteistoissa on tapahtunut merkittäviä parannuksia vuosikymmenien aikana, vaihteiston periaate on pysynyt samana alusta lähtien. Moottorikelkan pääkytkimen, eli moottorin kampiakselissa kiinni olevan kytkimen toimintaperiaate perustuu moottorin kierrosnopeuden tuottamaan kiilahihnaa puristavaan voimaan. Mitä suurempi kierrosnopeus, sitä suurempi puristava voima syntyy. Voima syntyy pääkytkimen sisällä olevista painovarsista. Kun moottorin kierrokset lisääntyvät, pääkytkimen sisällä olevat painovarret alkavat puristamaan pääkytkimen ulompaa levyä lähemmäs moottorin puolen levyä, puristaen variaattorinhihnaa levyjen väliin. Pääkytkimessä oleva kierrejousi pitää kytkimen levyt erillään alhaisilla kierroksilla ja vastustaa painovarsien tuottamaa voimaa, tarjoten virittämismahdollisuuden jousen vaihdon avulla, yhdistettynä painojen, painovarsien ja ramppien muuttamiseen. (Houle 2013)



Kuva 12. Moottorikelkan CVT-vaihteisto (Seluska 2020).

Kuvassa 12 nähdään moottorikelkan CVT-vaihteisto, jossa alempi kokoonpano on pääkytkin ja ylempi kokoonpano on toisiovariaattori. Toisiovariaattorin toimintaa ohjaa helixi ja toisiovariaattorin jousi. Toisiovariaattorin tehtävänä on sopeuttaa variaattoreiden

väläinen välityssuhde kuormitustilanteeseen sopivaksi. Helixi havaitsee kuormitukset vetoakselilta ja ruokkii moottorin vääntömomenttia, kun taas jousi pitää variaattorin rullat tai liukunastat yhteydessä helixin liukupintaan. Toisin kuin kytkimessä, toisiovaraattorin levyt ovat kiinni toisissaan liikkeellelähtötilanteessa, mutta avautuvat ja säätyvät kun veto on päällä.

Moottorikelkan toisena voimansiirron osana toimii tyypillisesti hammasketjusta ja kahdesta ketjupyörästä koostuva välitysmekanismi. Tässä ratkaisussa aiemmin mainittu toisiovaraattori on samalla akselilla vaihteiston ylemmän ja pienemmän ketjupyörän kanssa. Kun toisiovaraattori pyörii, pyörittää se ylempää ketjupyörää, joka ketjun välityksellä pyörittää alemmaa isompaa ketjupyörää, joka on yhteydessä vetoakseliin ja vetopyöriin, johtuen telamaton pyörimiseen. Samalla periaatteella toimivia hihnavälityksiä on myös markkinoilla, joissa ketjun ja ketjupyörät korvaavat hammastettu hihna ja hihnapyörät. Hihnalla toimivan välityksen etuna on sen tuoma keveys, helppo huolto ja säätäminen, hyvä jäähdytys sekä voitelun tarpeettomuus. Polaris oli ensimmäinen valmistaja, joka toi markkinoille heidän oman ketjuvetonsa korvaavan QuickDrive-ihnavedon vuonna 2013 (Armleder 2020). Perinteiset ketjukotelojärjestelmät ovat pysyneet hyvin samanlaisena läpi moottorikelkkojen kehityksen. Osa valmistajista on kokeillut myös muita ketjukoteloita korvaavia välitysmenetelmiä, kuten Arctic Catin kehittämä ja useassa mallissa käytetty Diamond Drive -planeettavaihteisto, mutta lähes kaikki ovat palanneet vanhaan ja hyväksi todettuun ratkaisuun.

3.4 Muutos osissa ja ratkaisuissa

Moottorikelkoissa tapahtuneiden suurien muutoksien ohella on tapahtunut myös paljon pienempiä muutoksia, jotka ovat muovanneet moottorikelkkojen kehityksen nykyiseen tilaan. Nämä muutokset tai lisäykset ovat usein uusien teknologioiden mahdollistamia, kehittyneitä ominaisuuksia ja osia.

3.4.1 Materiaalivalinnat

Moottorikelkkojen kehityksessä on tapahtunut suuria muutoksia suhteellisen lyhyessä ajassa. Vaikka moottorikelkkojen rakenteeseen on syntynyt ja jäänyt paljon vakiintuneita piirteitä, on moottorikelkkojen perusominaisuuksissa tapahtunut paljon kehitystä vuosien varrella. Yksi iso muutos on tapahtunut käytettävissä materiaaleissa. Ensimmäisistä

yhden hengen moottorikelkoista lähtien huomattiin, että kevyempi moottorikelkka liikkui lumen päällä paremmin ja oli täten myös helpompi käsiteltävä. Tämän vuoksi kehitys on vienyt koko ajan kevyempiin materiaaleihin ja painon vähentämiseen. Suurin merkittävä muutos oli siirtyminen alumiiniin runkomateriaalina. Nykyään kaikissa moottorikelkoissa valmistajasta riippumatta on alumiinirunko. Painoa vähennetään kaikin mahdollisin keinoin, esimerkiksi poistamalla materiaalia paikoista, joissa ne eivät vaikuta kestävyyskykyyn. Myös alumiinia kevyempää, mutta huomattavasti kestävämpää ja kalliimpaa titaania on alettu tarjoamaan jälkimarkkinoiden toimittajien valmistamissa osissa, kuten A-tukivarsissa sekä erilaisissa kiinnityselementeissä. Titaanin lisäksi myös vahvaa ja kevyttä hiilikuitua on käytetty eri kohteissa kuten alustan liukurungoissa.

Muutosta on tapahtunut myös moottorikelkan telamaton materiaaleissa ja rakenteessa. Ensimmäisissä moottorikelkoissa käytetyt telamatot koostuivat usein yksinkertaisesta puuvillalla ja rautatangoilla vahvistetusta yhtenäisestä kumimatosta, jossa oli reiät vetopyöriä varten. Myös useasta pitkästä kumisesta palasta ja niitä yhdistävistä, kumipaloihin niitatuista tai pultatuista kanavan muotoisista metallikappaleista koostuvia telamattoja käytettiin. Metallikappaleet antoivat pitoa ja toimivat vetopyörien vetopisteenä, mutta osoittautuivat myös huonoksi kovilla alustoilla. Vuosien saatossa metallikappaleista rakentuvat telamatot jätettiin historiaan ja siirryttiin kumisiin telamattoihin, jotka ovat kehittyneet erilaisiin malleihin, joita on vahvistettu muun muassa lasikuitutangoilla ja kumikerroksien välissä olevilla kangas- ja kuitukerroksilla sekä vetopyörien reikiin istutetuilla metallisoljilla. Nykyajan telamaton harjankorkeus voi olla jopa 3 tuumaa, eli 7,62 senttimetriä syvän lumen moottorikelkoissa.

Moottorikelkkojen ensimmäisistä puisista suksista siirryttiin raskaampiin ja usein huonosti ohjaaviin metallisiin suksiin. Metalliset sukset ovat vuosien aikana vaihtuneet kevyempiin, helpommin muokattaviin sekä paremmin luistaviin muovisiin suksiin. Materiaalista huolimatta, suksiin on istutettu ohjainraudat, jotka helpottavat ohjattavuutta huomattavasti. Koska ensimmäiset metalliset ohjainraudat kuluivat nopeasti, heikentäen ohjauksen tehokkuutta, ratkaisua lähdettiin etsimään ohjainrautojen muokkauksesta. Ratkaisu löytyi Bombardierin kehittämästä ja patentoimasta ratkaisusta 1970-luvun alussa (Mickelson 2007). Metallisiin ohjainrautoihin juotettiin kovametallia, joka kestää hyvin kulutusta ja täten estää muoviseen sukseen kohdistuvia iskuja, sekä ohjainrautojen pehmeämmän metallin kulumista. Kaikissa nykyajan moottorikelkkojen suksissa käytetään kovametallia sisältäviä ohjainrautoja.

3.4.2 Kuljettajaa avustavat ominaisuudet

Moottorikelkkojen kehityksen keskipisteessä on ollut myös erilaisten kuljettajaa avustavien ratkaisujen suunnittelu. Ensimmäisissä moderneissa moottorikelkoissa oli usein mahdollisuus pelkästään eteenpäin kulkemiseen. Pian kuitenkin huomattiin, että tiukat käännymisspaikat olivat hankalia moottorikelkoille, ja peruuttamisen mahdollisuutta alettiin tutkimaan etenkin moottorikelkkojen painon noustessa. Ensimmäisissä peruutuksen omaavissa moottorikelkoissa peruuttaminen tapahtui vaihdelaatikon ja erillisen peruutusvaihteen kautta, ollen erittäin yksinkertainen järjestelmä. Suurin kehitys peruuttamisen mahdollistamisessa tapahtui vuonna 1998, jolloin Ski-Doo toi markkinoille Rotax-moottoreihin suunnitellun sähköisen RER (Rotax Electronic Reverse) -peruutuksen (Armleder 2020). Ratkaisussa peruutus ei tapahdu vaihdelaatikon avulla, vaan moottorin käydessä, napin painalluksella moottorin pyörintänopeus hidastuu ja sähköisen ohjauksen ansiosta moottori alkaa pyörimään takaperin. Koska kytkin pyörii nyt eri suuntaan kuin eteenpäin kuljettaessa, pyörittää se variaattorihihnan välityksellä toisiovariaattoria taaksepäin, joka pyörittää ketjukotelon kautta vetopyöriä taaksepäin, johtaen peruuttamiseen. Lähes kaikissa moottorikelkoissa hyödynnetään vastaavaa tekniikkaa nykypäivänä, pois lukien osa hyötykäyttöön, kuten työtehtäviin suunnitelluista moottorikelkoista.

Toinen merkittävä avustus moottorikelkan käyttämisessä on ollut perinteisen käsin käynnistämisen ohelle, tai tilalle suunniteltu sähköinen käynnistys. Perinteinen käsikäynnistin koostuu käynnistysnarusta ja sen kahvasta, magneetosta, magneeton vauhtipyörässä kiinni olevasta käynnistinkupista, sekä magneeton viereen kiinnittyvästä käynnistimestä, jonka sisälle käynnistysnaru on vedettynä. Kun käynnistimestä vedetään, käynnistinsysteemin tarttumat liikkuvat magneeton käynnistinkupin uriin ja tarttuvat niihin, pyörittäen magneetta ja moottorin kampiakselia. Magneetto tuottaa tarvittavan sähkövirran moottorin sytytystulpille ja täten mahdollistaa moottorin käynnistymisen. Käynnistysnarusta irti päästettäessä naru palautuu vedetyn jousen avulla takaisin käynnistimeen, ja tarttumat palautuvat käynnistinkupin sisältä pois pyörimisen edestä.

Perinteinen sähköinen käynnistys koostuu akusta, starttimoottorista, sekä joko moottorin pääkytkimen kehällä olevasta hammasrenkaasta tai magneeton vauhtipyörässä olevasta hammasrenkaasta, riippuen valmistajasta, moottorikelkan mallista ja moottorin tyypistä. Kun moottorikelkan virrat ovat kytkettynä päälle ja sitä starttataan, akku antaa starttimoottorille virran, jolloin starttimoottorissa oleva hammaspyörä siirtyy

hammaskehälle solenoidin avulla, alkaen pyörittää moottorin kampiakselia ja magneettoa, käynnistäen moottorin. Magneetto lataa moottorikelkan akkua moottorin pyöriessä. Sähköstartti ja sen osat tuovat merkittävän lisäpainon moottorikelkkaan. Etenkin nelitahtimoottorin omaavissa moottorikelkoissa hyödynnetään sähköstarttia, sillä niiden käsin käynnistäminen on hyvin hankalaa ja raskasta korkean puristuksen vuoksi. BRP on kehittänyt perinteisen sähköstartin tilalle Rotax E-TEC -moottoreihin uuden SHOT-käynnistimen, joka hyödyntää magneeton lataamaa superkondensaattoria, josta magneetto saa moottorin käynnistämiseen tarvittavan energian (Ski-Doo 2020). Moottorikelkan ensimmäinen käynnistys tulee suorittaa perinteisellä käsikäynnistimellä, jonka jälkeen SHOT-järjestelmässä tulisi olla riittävästi varausta mahdollistaakseen päivän seuraavat käynnistämiset, superkondensaattorin latautuessa aina ajettaessa (Ski-Doo 2020).

Merkittävä muutos on tapahtunut myös moottorikelkkojen jarrutuksen toteutuksessa. Ensimmäiset moottorikelkoista löytyvät jarrut olivat yksinkertaisia mekaanisia järjestelmiä. Esimerkki mekaanisesta jarrusta on yksinkertainen jarruvaijerista, jarruvivusta sekä toisiovariaattorin sisäkehää vasten puristuvasta jarrukengästä koostuva jarru. Myös mekaanisia levyjarrusysteemejä hyödynnettiin, joista kehitystyötä jatkettiin myöhemmässä vaiheessa. Koska moottorit olivat alkuvaiheissa suhteellisen vähätehoisia ja moottorikelkkojen huippunopeudet olivat noin 80 km/h, suurta jarrutustehoa ei tarvittu. Kun tähän lisätään lumessa kulkemisen, sekä moottorikelkan voimalinjan aiheuttama vastus, on hidastaminen suhteellisen hallittua. Kun moottorikelkkojen tehot alkoivat nousemaan ja huippunopeudet kasvamaan, uusien järjestelmien kehittäminen alkoi.

Pääosa valmistajista alkoi asentamaan jarrujärjestelmänsä toisiovariaattorin kanssa samalle akselille. Järjestelmä koostui mekaanisesta jarrulevyjärjestelmästä, jossa jarrulevy pyörii jarrusatulan välissä, jossa on levyn molemmin puolin jarrupalat, joita liikutetaan mäntien avulla jarrukaapelista vedettäessä. Polaris oli ensimmäinen valmistaja, joka hyödynsi levyjarrujärjestelmässään mekaanisesta järjestelmästä poiketen täysin hydraulista levyjarrujärjestelmää (Aaen 2003). Muut valmistajat välttelivät luotetusta mekaanisesta jarrusta luopumista, sillä hydraulisen järjestelmän toimintaa epäiltiin talven kylmissä olosuhteissa. Vasta 1990-luvun aikana loputkin valmistajat siirtyivät hydraulisiin jarrujärjestelmiin (Aaen 2003). Hydrauliset jarrujärjestelmät ovat kehittyneet huomattavasti vuosien varrella muun muassa rei'itettyjen jarrulevyjen, parempien ja kestävämpien jarrupalojen, kehittyneen jäähdytyksen sekä useamman

männän omaavien jarrusatuloiden myötä. Valmistajien välillä on vaihtelua jarrujärjestelmän sijoittelun suhteen. Osa valmistajista asentaa jarrujärjestelmänsä edelleen toisiovariaattorin kanssa samalle akselille, mutta tehokkaamman jarrutuksen tuova vetoakselille sijoitettu jarrujärjestelmä on kerännyt suosiotaan. Vetoakselille sijoitettu levyjarrusysteemi joutuu pysäyttämään huomattavasti pienemmän pyörimisnopeuden, kun sitä verrataan toisiovariaattorin pyörimisnopeuteen.

3.4.3 Variaatiot ominaisuuksissa

Usein moottorikelkan ominaisuudet on sovitettu sen käyttötarkoitukseen. Kun moottorikelkkoja valmistetaan harrastekäyttöön, kuten kilpailuihin, vuoristo-olosuhteisiin, hyppyreistä hyppimiseen, reittiajoon ja kaikkeen näiden väliltä, myös ominaisuudet ovat sen mukaiset. Sama pätee työmoottorikelkoille, joita käytetään painavien lastien vetämiseen ja joilta vaaditaan muun muassa paljon vääntöä. Eroja on telamaton pituudessa ja leveydessä, sekä suksien raidevälin leveydessä, eli kuinka kaukana sukset ovat toisistaan. Harrastemoottorikelkoissa telamaton leveys on yleisesti 38 senttimetristä 40 senttimetriin ja pituus voi vaihdella urheilullisten mallien 307 senttimetristä aina tämän hetken pisimpiin 444,5 senttimetrin syvän lumen moottorikelkkojen telamattoihin. Työmoottorikelkoissa telamatto voi olla jopa 60 senttimetriä leveä ja pituus on yleisesti noin harrastemoottorikelkkojen telamattojen pituuksien puolella välissä, riippuen mallista. Samoin raideväli levenee, kun tavoitellaan hyvää kelluvuutta lumen päällä ja kapenee, kun tavoitellaan käsiteltävyyttä ja kallistumista syvässä lumessa.

Ominaisuuksien määrä riippuu yleisesti myös moottorikelkan hinnasta. Etenkin moottorikelkkojen sähköiset ominaisuudet ovat lisääntyneet teknologian kehittyessä. Kehittyneiden moottorinohjausyksiköiden, tietokoneiden ja virrantuottojärjestelmien ansiosta esimerkiksi mittaristot ja sähköiset lisälaitteet ovat kehittyneet ja lisääntyneet. Kun 2000-luvun alussa mittaristosta pystyi lukemaan ajonopeuden ja moottorin kierroslukeman, tai vain toisen, niin nykyajan LCD-mittaristoissa voi olla näiden ominaisuuksien lisäksi kosketusnäyttö, karttaohjelmistot ja GPS-ohjelmat, sekä muun muassa moottorin ja jäähdytysnesteen lämpötilan seuranta. Esimerkkejä sähköisistä lisälaitteista ovat lämmitettävät varastointitilat, käsikahvat, kaasuvivut ja jopa penkit. Myös virran ulosottoja esimerkiksi puhelimen laturille löytyy useista moottorikelkoista. Moottorikelkoissa on aina hyödynnetty uusinta saatavilla olevaa teknologiaa ja tarvittavan teknologian puuttuessa, on se kehitetty ja valmistettu. Nykyajan moderni

moottorikelkka maksaa uutena jopa 20 000 euroa, sisältäen kaikki parhaat osat, komponentit ja lisävarusteet. Halvemmissa malleissa hintaa on alennettu karsimalla varusteita ja ominaisuuksia. Myös moottorin koolla on suuri vaikutus moottorikelkan hintaan, yleisesti hinnan noustessa tehojen ja moottorin koon nousun myötä.

4 NYKYAJAN RATKAISUJA

Moottorikelkkojen kehitys on ollut jatkuvassa nousujohteessa. Jo olemassa olevien toimivien ratkaisujen vuoksi, suunnittelijat ovat joutuneet keksimään yhä innovatiivisempia ominaisuuksia ja parannuksia moottorikelkkojen kehityksen jatkamiseksi. Seuraavaksi esitellään murto-osa erilaisista ratkaisuista, joita löytyy moderneista moottorikelkoista.

4.1 Uusia innovaatioita moottorikelkkojen alustoissa

Moottorikelkkojen liukurungoista rakentuvat alustat ovat olleet jatkuvan kehityksen alla, oli tavoitteena sitten parantunut reittiajaminen, syvässä lumessa ajaminen tai hyvän työmoottorikelkan alustan rakenne. 2000-luvun ajalta suurimpien valmistajien keksinnöistä poimintoja voisivat olla Lynxin PPS, Polariksen Pro-Ride, Ski-Doon tMotion ja Arctic Catin Alpha One -alustat. Kaikki mainitut alustaratkaisut eroavat jollain tavalla perinteiseksi lueteltavasta liukurunkoalustasta, jossa alustan etujousitus ja takajousitus ovat kytköksissä toisiinsa, eli kun etupää joustaa niin takapäähän joustaa, ja toisinpäin. Valmistajista ainoana Yamaha on hyödyntänyt moottorikelkoissaan myös ainoastaan yhdellä iskunvaimentimella varustettua alustaa, niin kutsuttua MonoShock-konfiguraatiota, joka eroaa muiden valmistajien ratkaisuista.

PPS eli Pauli Piippola Suspension on suomalaisen Pauli Piippolan suunnittelema alusta Lynx-moottorikelkkoihin, jossa alustan etujousitus ja takajousitus toimivat erillään toisistaan ja alustan iskunvaimentimien kulma muuttuu jouston aikana ennennäkemättömän linkun avulla. PPS on markkinoiden ensimmäinen alusta, jossa jousitus toimii progressiivisesti. Iskunvaimentimien kulman säätyvyydellä saavutetaan maksimaalinen jousto ja hyöty iskunvaimentimista. Kuluttajien saataville PPS saapui 2007 vuonna Rave RC ja Rave RE -mallien alustana, mutta vuosien saatossa PPS-alustaa on alettu hyödyntämään kaikissa Lynxin tuotteissa eri variaatioina ja uusimmissa malleissa uuden PPS2-mallin myötä.

Ajallisesti seuraava mullistava alusta on Polariksen vuonna 2010 esittelemä Pro-Ride-alusta. Pro-Ride-alusta esiteltiin uuden Rush-mallin myötä. Alusta poikkeaa perinteisestä moottorikelkan alustasta siten, että moottorikelkan telatunneli ei jatku yhtenäisenä alumiinirunkona kääntöpyörien tasalle. Rungon takaosa koostuu alustan

perinteisen takapukin ja telatunnelin tilalle rakennetusta liimatusta putkirungosta ja yhdestä iskunvaimentimesta rakentuvasta linkkuperästä, joka muistuttaa toimintaperiaatteeltaan ja ajo-ominaisuuksiltaan motocross pyörää. Pro-Ride-alustan etupukki sen sijaan on rakenteeltaan lähes muuttumaton aikaisempiin ratkaisuihin verrattuna. Linkkuperä mahdollistaa progressiivisen jouston ja maksimaalisen hyödyn iskunvaimentimesta. Pro-Ride-alustan uusimpia versioita löytyy Polariksen moottorikelkkamalleista nykypäivänäkin.

Ski-Doo esitteli uuden alustarakaisun markkinoille vuoden 2013 Rev-XM runkoisessa Summit-moottorikelkassa (Armleder 2020). Uudessa tMotion-alustassa takapukin perinteiset liukurunkojen akseliin kiinnittyvät kaksi vartta on vaihdettu yhteen vahvistettuun varteen ja varren alaosassa olevaan kiinnityspisteeseen, jossa on pallonivel. Pallonivel sallii moottorikelkan kallistumisen noin kaksi astetta molemmille puolille (vasemmalle tai oikealle), mahdollistaen helpomman ajamisen sivuttain rinteessä. TMotion-alustan toimintaan kuuluu oleellisesti myös FlexEdge-telamatto, jossa telamaton rakenne mahdollistaa sen reunojen taipumisen, parantaen pitoa ajettaessa kallellaan.

Uusin ja perinteisistä liukurunkoalustoista poikkeavin alusta on Arctic Catin vuonna 2019 esittelemä Alpha One -alusta vuoristomoottorikelkkoihinsa. Uudessa rakenteessa kahdesta liukurungosta koostuva alusta on korvattu alustalla, jossa yksi paksumpi liukurunkopalkki kulkee keskellä telamattoa. Palkki on valmistettu suulakepuristetusta alumiinista, jossa on magnesiumiset kiinnityspisteet pukeille ja muille osille (Arctic Cat 2020). Uuden rakenteen myötä alusta ei kerää niin paljon lunta eli painoa, sekä syvässä lumessa ajettavuus helpottuu huomattavasti. Sekä Alpha One -alustassa, että tMotion-alustassa on haettu samaa vaikutusta, eli mahdollisimman suuren telamaton pinta-alan pysymistä lumessa, etenkin sivurinteessä ajettaessa.

Vanhoista ja toimivista ratkaisuista on monesti vaikea lähteä muuttamaan suunnittelua radikaalisti. Tämän vuoksi eri valmistajat ovat hakeneet parasta suorituskykyä ja eroavaisuuksia kilpailijoihin esimerkiksi etujousituksen ja alustojen geometrian muutoksilla, jatkuvasti kehittyneemmillä ja säädettävimmillä iskunvaimennusmahdollisuuksilla, pikasäätömahdollisuuksilla esimerkiksi kytkimessä, sekä moottoreiden ohjelmointimahdollisuuksilla. Isossa roolissa ovat myös jälkimarkkinoiden osat ja uudet ratkaisut, joilla moottorikelkkoja kehitetään. Vaikka

valmistajien käyttämät rakenteelliset osat muistuttavat toisiaan, on jokainen moottorikelkkamalli ominaisuuksiltaan täysin erilainen verrattuna toiseen.

4.2 Tulevaisuuden moottorikelkat

Moottorikelkkojen kehitystä on ajanut eteenpäin aina tiukkenevat päästö- ja äänirajoitukset, yhdessä polttoainetaloudellisuuden kanssa. Valmistajat ovat tehneet töitä etenkin päästöjen leikkaamisessa ja ovat onnistuneet siinä hyvin uusien EFI-järjestelmien vähentäessä päästöjä merkittävästi verrattuna vanhentuneisiin kaasutinjärjestelmiin. Tulevaisuudessa polttoaineen hintojen nousu ja yhä tiukemmat ympäristörajoitukset ovat ajaneet keksijät miettimään vaihtoehtoista voimanlähdettä moottorikelkoille.

Taiga Electric on kanadalainen yritys, joka on ensimmäisenä markkinoilla esitellyt ja valmistanut täysin sähköisen moottorikelkan. Taigan tämänhetkisessä mallistossa on kolme eri mallia, yksi vuoristo-olosuhteisiin (Ekko), yksi urheilulliseen ajoon (Atlas), sekä yksi malli hyötykäyttöön (Nomad). Moottorikelkat ovat tällä hetkellä vasta kuluttajien varattavissa. Täysin sähköisen moottorikelkan etuna on päästöttömyys, välitön vääntö ja teho, sekä perinteiseen moottorikelkkaan verrattuna hiljaisuus. Akun ja sähköisen moottorin ansiosta Taigan moottorikelkkojen suorituskykyyn ei myöskään vaikuta polttomoottoreista poiketen ajo-olosuhteet, kuten lämpötila tai korkeus missä ajetaan. Taiga Nomad -moottorikelkan matalamman suorituskyvyn versiolle luvataan 90 hevosvoiman teho ja noin sadan kilometrin toimintasäde, kun taas suorituskyvykkäämmälle versiolle Ekko ja Atlas -malleissa luvataan jopa 180 hevosvoiman teho ja 130 kilometrin toimintasäde. Taigan moottorikelkoissa sähkömoottorilta on suora hihnavälitys vetoakselille, antaen välittömän voimansiirron kaasukahvaa painettaessa. Taigan moottorikelkkojen painojen keskiarvo on noin 250 kiloa, joka on lähellä samaa painoa isoimpien valmistajien polttomoottorilla varustettujen mallien kanssa. Taigan moottorikelkat ovat voimansiirtoa lukuun ottamatta rakenteeltaan hyvin samanlaisia kuin muidenkin valmistajien moottorikelkat, runkoja, alustoja ja etujousituksia myöten. (Taiga Motors 2020)

Sähköisen moottorikelkan suurin rajoite tällä hetkellä on akkuteknologian kehittyneisyyden taso, sillä muut moottorikelkan ominaisuudet ja rakenteet ovat jo vuosikymmenien aikana todistettu toimiviksi. Sähköisten moottorikelkkojen toimintasäde ei ole vielä polttomoottoreilla varustettujen moottorikelkkojen tasolla, joilla

toimintasäde voi olla 40 litran polttoainesäiliöllä optimaalisissa olosuhteissa jopa yli 300 kilometriä. Myös akunlatauspaikkojen määrä verrattuna polttoaineen tankkauspisteisiin on vielä vähäinen, ellei olematon. Akkukäyttöisten moottorivälineiden teknologian kehittyessä moottorikelkat tulevat seuraamaan tiukasti kehityksen jalanjäljissä.

5 YHTEENVETO

Moottorikelkkojen kehitys on ollut jatkuva prosessi, jossa kehitetään moottorikelkkojen ominaisuuksia, turvallisuutta, suorituskykyä sekä hyödyllisyyttä. Kehitys, joka sai alkunsa Pohjois-Amerikasta ja on jatkunut pohjoismaissa aina 1900-luvun alusta lähtien tähän päivään saakka, on vahvistanut moottorikelkkojen paikan nykymaailmassa, ei vain harrastekäytössä, vaan hyödyllisenä työkaluna kaikkiin lumisiin olosuhteisiin. Vuosikymmenien saatossa sadat valmistajat ovat taistelleet markkinoilla pysymisestä, mutta vain murto-osa on kestänyt aikojen tuomat haasteet.

Muutoksia ja kehitystä on tapahtunut kaikissa moottorikelkan osapuolissa, oli sitten kyse moottoreista, rungon koosta ja rakenteesta, telamaton ja alustan pituuksista ja rakenteista, polttoainesäiliön tilavuuden kasvusta, moottorikelkan kokonaispainon kasvusta ja myöhemmin painon vähentämisestä, tai uusien teknologioiden yhä syvemmästä implementoinnista. Tavoitteena on jatkuva kehittäminen ja valmistajat kilpailevat jatkuvasti pysyäkseen kehityksen aallonharjalla ja kilpailijoiden edellä. Kilparadoille kehitetyt muutokset ovat usein olleet yleisille markkinoille tulevien moottorikelkkojen ensimmäisiä kehitys- ja kokeilupaikkoja. Teknologian kehittyminen yleisellä tasolla on ollut suurin vaikuttaja moottorikelkkojen kehityksessä, mahdollistaen uusien ratkaisujen suunnittelun ja toteutuksen.

Yhä enemmän ympäristön hyvinvointiin suuntautuneessa maailmassa, moottorikelkat ja etenkin niiden käyttövoima ja sen ympäristöystävällisyys ovat kehittyneet eksponentiaalisesti 1950-luvun jälkeisestä ajasta ja tämä nousujohteinen käyrä ei näytä tasoittumisen merkkejä. Siirtyminen perinteisistä kaksitahtimoottoreista kehittyneisiin ja mullistavia teknologioita hyödyntäviin kaksitahtimoottoreihin sekä nelitahtimoottoreihin, ja yhä edelleen ensimmäisiin sähkömoottoreilla varustettuihin moottorikelkkoihin, näyttää suunnan moottorikelkkojen tulevaisuuden kehitykselle. Tulevaisuudessa sähkömoottoreiden ja akkujen kehityksen myötä jopa kaikki moottorikelkat voivat olla sähköisiä, mutta tämä kehitysaskel voi kestää vuosia, ellei kymmeniäkin. Jos joku on varmaa, niin se, että moottorikelkat ovat ansainneet pysyvän paikan jatkuvasti kehittyvässä maailmassa ja rajat moottorikelkkojen kehitykselle ovat lähes loputtomat nykyteknologioiden mahdollistamana.

LÄHDELUETTELO

Aaen, O., 2003. How to & tech, Fast Brakes [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, American Snowmobiler. Saatavissa: <https://amsnow.com/how-to-tech/2003/12/fast-brakes> [viitattu 12.11.2020]

Arctic Cat, 2020. Snow, Alpha One [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, Arctic Cat. Saatavissa: <https://arcticcat.txtsv.com/snow/alpha-one> [viitattu 30.11.2020]

Armleder, K., 2020. Carving a timeline of snowmobile history [verkkodokumentti]. Kanada, SnoRidersWest. Saatavissa: https://snoriderswest.com/article/journeys/carving_a_snowmobile_history_timeline [viitattu 24.11.2020]

Bassett, J., 2012. Evolution of Snowmobile Front Suspension [verkkodokumentti]. Minnesota, snowmobile.com. Saatavissa: <https://www.snowmobile.com/events/evolution-of-snowmobile-front-suspensions-1624.html> [viitattu 10.11.2020]

Bassett, J., 2015. The Evolution of Four-Stroke Snowmobile Engines [verkkodokumentti]. Minnesota, snowmobile.com. Saatavissa: <https://www.snowmobile.com/products/the-evolution-of-fourstroke-snowmobile-engines-1944.html> [viitattu 24.11.2020]

Branch, J.C., 2020. THE BOMBARDIER B SERIES SNOWMOBILES [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://revivaler.com/the-bombardier-b-series-snowmobiles/> [viitattu 29.11.2020]

BRP, 2020. Our story [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.brp.com/en/about-brp/our-story1.html> [viitattu 3.12.2020]

Eliason C.J.E., 1927. Vehicle for snow travel [verkkodokumentti]. Google Patents. Saatavissa: <https://patents.google.com/patent/US1650334> [viitattu 2.12.2020]

Houle, J., 2013. How to & tech, The evolution of clutching and the CVT [verkkodokumentti]. Minnesota, American Snowmobiler. Saatavissa: <https://amsnow.com/how-to-tech/2013/11/the-evolution-of-clutching-and-the-cvt> [viitattu 16.11.2020]

Knox, S., 2020a. Site map, Arctic Cat history 1961 [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, bosscatlegacy.com. Saatavissa: <https://www.bosscatlegacy.com/acproto/factory/1961.htm> [viitattu 2.12.2020]

Knox, S., 2020b. Site map, Arctic Cat history 1962 [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, bosscatlegacy.com. Saatavissa: <https://www.bosscatlegacy.com/acproto/factory/1962.htm> [viitattu 2.12.2020]

Knox, S., 2020c. Site map, Arctic Cat history 1964 [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, bosscatlegacy.com. Saatavissa: <https://www.bosscatlegacy.com/acproto/factory/1964.htm> [viitattu 3.12.2020]

Knox, S., 2020d. Site map, Arctic Cat history 1966 [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, bosscatlegacy.com. Saatavissa: <https://www.bosscatlegacy.com/acproto/factory/1966.htm> [viitattu 2.12.2020]

Longworth, N., 2018. Flashback: The 1979 Arctic Cat Trail Cat [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, Snowgoer. Saatavissa: <https://snowgoer.com/latest-news/flashback-the-1979-arctic-cat-trail-cat/26538/> [viitattu 24.11.2020]

Mickelson, P., 2007. Snowmobiling's 10 Most Important Designs [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, Snowgoer. Saatavissa: <https://snowgoer.com/snowmobile-features/snowmobilings-10-most-important-designs/2840/> [viitattu 24.11.2020]

Muscott, R.H., 1916. Motor-Sleigh [verkkodokumentti]. Google Patents. Saatavissa: <https://patents.google.com/patent/US1188981A/en> [viitattu 2.12.2020]

Polaris, 2020. The Polaris snow story [verkkodokumentti]. Yhdysvallat, Polaris. Saatavissa: <https://snowmobiles.polaris.com/en-us/history/first-polaris-snowmobile/> [viitattu 20.4.2020]

Saari, P., 2020. Moottorikelkan historia, Lynx [verkkodokumentti]. Suomi, moottorikelkka.fi. Saatavissa: <http://moottorikelkka.fi/Lynx.php> [viitattu 2.12.2020]

Seluska, S.A., 2020. Henkilökohtainen kuvagalleria

Ski-Doo, 2020. Technologies, Shot [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.ski-doo.com/technologies/shot.html> [viitattu 5.1.2020]

Taiga Motors, 2020. Snowmobiles [verkkodokumentti]. Kanada, Taiga Motors. Saatavissa: <https://taigamotors.ca/snowmobiles/> [viitattu 26.11.2020]

U.P. Snowmobiling, 2020. History of the 1st Snowmobile [verkkodokumentti]. Michigan, upsnowmobiling.com. Saatavissa: <https://www.upsnowmobiling.com/1st-snowmobile> [viitattu 13.3.2020]

Vuorinen, E., 2020. Moottorikelkan historia, Suomalaisvalmisteiset moottorikelkat [verkkodokumentti]. Suomi, moottorikelkka.fi. Saatavissa: <http://moottorikelkka.fi/Historia.php> [viitattu 24.11.2020]

Yamaha Motor, 2020. Our stories, Birth of the Snowmobile [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://global.yamaha-motor.com/about/history/stories/0013.html> [viitattu 15.3.2020]