



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Wahlberg

# Nissan Skyline R32GT-R vaihteiston kehittäminen kestävämmäksi

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Wahlberg
Opinnäytetyön nimi	Nissan R32GT-R vaihteiston kehittäminen kestävämmäksi
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	25
Ohjaaja	Pertti Lindberg

---

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Nissan Skyline R32GT-R auton alkuperäisen vaihteiston heikkojen kohtien suunnitteluun kestävämmäksi. Suunnittelutyö aloitettiin huonon varaosien saatavuuden ja suuren kysynnän seurauksena. Aluksi perehdytään yleisesti henkilöauton vaihteiston toimintaan. Seuraavaksi tutustutaan vaihteiston osien suunnitteluun. Suunnittelusta siirrytään vaihteiston osien valmistukseen. Tämän jälkeen tutkitaan alkuperäistä Nissan Skyline R32GT-R vaihteistoa purkamalla se täysin osiin ja suunnittelemalla siihen uudet akselit, hammapyörät sekä vaihteen siirtäjän mekaaniset osat.

Suunnittelutyössä käytetään Siemens NX10 3D -ohjelmistoa sekä Creaform Handyscan 3D/BLACK series käsikäyttöistä skanneria ja tämän mukana tulevaa VXelements 3D -ohjelmistoa.

Pohdintaa.

## ABSTRACT

Author	Petri Wahlberg
Title	Nissan R32GT-R designing the gearbox to be more durable
Year	2022
Language	Finnish
Pages	25
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

---

This thesis focuses on improving the weak points and issues with the gearbox in Nissan Skyline R32GT-R car to make it more durable. At first, the function of the passenger car gearbox is explored. The second part concentrates on getting familiar with the design of the gearbox. After examination of the design follows a section on the manufacturing of the gearbox parts. Lastly, the original Nissan Skyline R32GT-R transmission is examined by disassembling it and design new axles, gears and mechanical parts of the gear mover.

Siemens NX10 3D software and the Creaform Handyscan 3D/BLACK series handheld scanner and the accompanying VXelements 3D software are used in the design work.

Reflection.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	HAMMASPYÖRÄVOIMANSIIRTO .....	7
	2.1 Synkronoituvaihteisto .....	8
	2.2 Suorakytkentävaihteisto.....	9
	2.2.1 Lieriöhammaspyöräpari .....	10
	2.2.2 Kartiohammaspyöräpari.....	10
	2.2.3 Kierukka- ja ruuvipyöräparit.....	11
	2.2.4 Evolventtihammastus .....	12
	2.2.5 Moduuli.....	13
	2.3 Akselit.....	14
	2.4 Vaihteensiirtolaitteet.....	14
	2.5 Hiiletyskarkaisu .....	16
3	VAIHTEISTON KEHITTÄMINEN .....	17
	3.1 Suorahampaiset hammaspyörät .....	20
	3.2 Kytkentärenkaat .....	22
	3.3 Akselit.....	22
	3.4 Uudet vaihteensiirtolaitteet .....	23
4	POHDINTAA.....	24
	LÄHTEET.....	25

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Nissan Skyline R32GT-R hammaspyörävaihteisto ilman kuoria .....	7
<b>Kuva 2.</b> Synkronilaite .....	8
<b>Kuva 3.</b> Lieriöhammaspyöräpari .....	10
<b>Kuva 4.</b> Kartiohammaspyöräpari.....	11
<b>Kuva 5.</b> Kierukka- ja ruuvipyöräparit .....	11
<b>Kuva 6.</b> Evolventtihammastettu pyöräpari ja ryntösuora merkitty (g) ja ryntökulma ( $\alpha$ ).....	12
<b>Kuva 7.</b> Profiilinsiirron vaikutus .....	13
<b>Kuva 8.</b> Vaihteensiirtolaitteet.....	15
<b>Kuva 9.</b> Skannausta Creaform Handyscan 3D BLACK/series käsiskannerilla. ..	18
<b>Kuva 10.</b> Skannattu kytkinkoppa vaihteiston etuosalla, edestä ja takaa. ....	18
<b>Kuva 11.</b> Vaihteiston keskilevy mallinnettuna ja vaihteiston takakuori skannattuna.....	19
<b>Kuva 12.</b> Skannattu vaihteiston perässä oleva jakolaatikko, jossa vaihdekeppi sijaitsee.....	19
<b>Taulukko 1.</b> .....	16
<b>Taulukko 2.</b> .....	21

## 2 JOHDANTO

Minulla on harrastuksena japanilainen urheiluauto merkiltään Nissan Skyline R32GT-R vuosimallia 1992. Auto on jo vanha ja siksi varaosien saatavuus on hankalaa. Vaihteisto on kulunut vanhuuttaan ja tämä osoittautui huonosti kytkeytyvillä vaihteilla. Huonosti kytkeytyvä vaihde on suurin syy vaihteiston hajoamiselle. Päädyin purkamaan vaihteiston, ennen isompaa vahinkoa.

Purettuani vaihteiston ympäriltä kuoret pois pääsin näkemään hammaspyörien, siirtäjien sekä synkronilaitteiden kunnon pintapuoleisesti. Kaikki muu näytti toimivalta, mutta pääakselilla kolmosvaihteen ja nelosvaihteen välissä sijaitsevan synkronilaitteen kytkentähammastus näytti silmiin pistävän kuluneelta. Katsoin parhaaksi ratkaisuksi purkaa loputkin vaihteistosta täysin osiksi.

Varaosa etsiessä huomasin R32-GT-R vaihteistoja olevan kolmea eri kehitysversiota ja omani sattui olemaan ensimmäinen kehitysversio mihin ei valmistettu varaosia enää. Viimeisen kehitysversion osia oli jonkin verran saatavilla, mutta näiden lisäksi pitäisi vaihtaa paljon muitakin osia vaihteiston toimivaksi saattamiseen ja se olisi tullut maksamaan turhan paljon.

Olin jo pidemmän aikaa käyttänyt Siemens NX10 3d suunnitteluohjelmaa ja näin ollen päätin alkaa kehittää Nissan Skyline R32GT-R vaihteiston kestävävyyttä ja samalla kehittää vaihteen vaihtamistapahtumaa nopeammaksi. Nissan Skyline mallit ovat kaikki virittäjien suosimia ympäri maailmaa, joten vaihteiston toimivasta ja kestävästä kehityssarjasta voisi saada hyvin myyvän tuotepaketin.

### 3 HAMMASPYÖRÄVOIMANSIIRTO

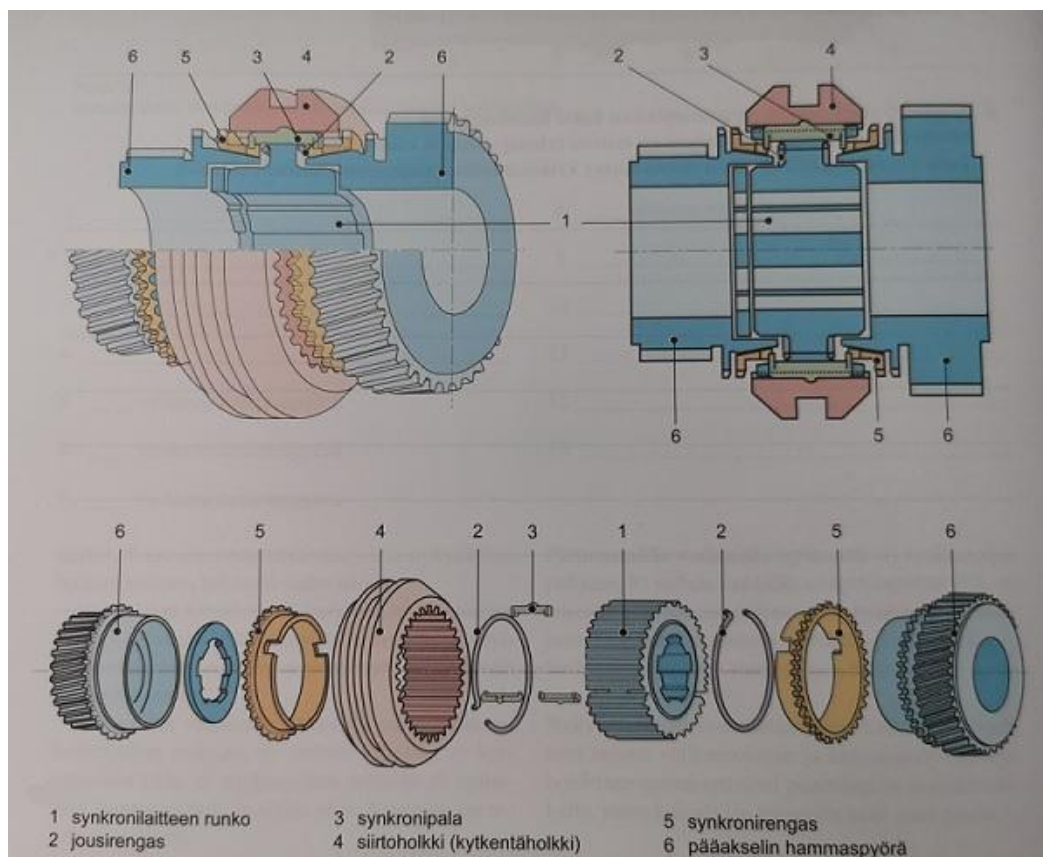
Mekaanisessa voimansiirrossa käytetään hammaspyöriä. Hammaspyörien avulla voidaan muuttaa tarvittaessa pyörimisnopeutta akselien välillä, sekä siirtää moottorin tuottamaa tehoa ja voimaa akselilta toiselle. Hammaspyöräparissa on käytävä ja käytettävä pyörä sekä yhteen sopiva hammastus toisiinsa nähden. Erikokoisilla hammaspyörillä pystytään muuttamaan pyörimisnopeutta suuremmaksi tai pienemmäksi. Esimerkiksi käytävä pyörä on kiinnitetty moottorin akseliin ja käytettävä pyörä on kiinnitetty laitteen akseliin, jota halutaan pyörittää. Moottorin pyörän pyöriessä sen hammastus työntää käytettävää pyörää edellään luoden tehon siirtoa akselilta toiselle. (Ansaharju T 2009, 178-179.)



**Kuva 1.** Nissan Skyline R32GT-R hammaspyörävaihteisto ilman kuoria

### 3.1 Synkronoituvaihteisto

Lähes äänettömän käynnin saavuttamiseksi käytetään vaihteistoissa vinohampaisia hammaspyöriä. Nämä hammaspyörät on laakeroitu vapaasti pääakselille. Ryhmäpyörästä nämä ovat kiinteinä ja näin ne ovat jatkuvassa kosketuksessa pääakselin hammaspyöriin. Pääakselille on asetettu aksiaalisesti uraliitoksella kiinnitetty ns. synkronilaite, joka poistaa nopeuserot hammaspyöristä ennen hammastuksen kytkeytymistä ja näin saadaan kytkettyä haluttu hammaspyörä kiinteästi pääakseliin. Tällä saadaan vaihtamistapahtuma hiljaiseksi ja käyttäjätavallisemmäksi. Synkronilaitteita ohjataan vaihdetangolla halutulle välitykselle. (Karhima M 2011, 94.)



**Kuva 2.** Synkronilaite



### 3.2 Suorakytkentävaihteisto

Suorakytkentävaihteisto on täysin samanlainen vaihteisto kuin synkronoituvaihteisto, mutta synkronilaitteen tilalla on kytkentärengas, jonka kyljissä on kytkentäpalat. Vastaavasti hammaspyörän kyljessä on myös kytkentäpalat. Kytkentärengas on asetettu aksiaalisesti uritusliitoksella liukuholkkiin. Liukuholkki on asetettu aksiaalisesti uritusliitoksella pääakseliin. Kytkentärengasta liikutetaan vaihdetangolla aksiaalisesti liukuholkin päällä hammaspyörän kylkeen ja näin saadaan haluttu välitys valittua kiinteäksi pääakselilla.

Suorakytkentävaihteistossa käytetään kytkintä vain liikkeelle lähdössä. Kiihdyttäessä ja isompaa vaihdetta vaihtaessa moottorin sytytyksen ohjaus tekee lähes huomaamattoman sytytyskatkon vaihteen vaihdon yhteydessä helpottamaan vaihteen kytkeytymistä, näin toimien vaihteen vaihto on todella nopeaa.

### 3.2.1 Lieriöhammaspyöräpari

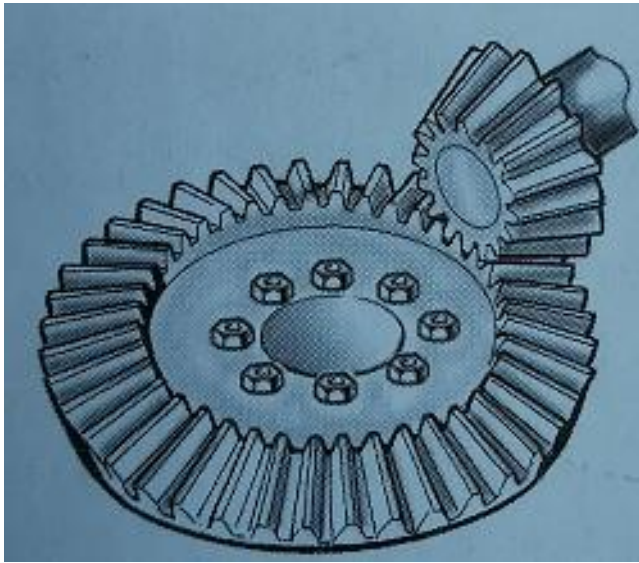
Lieriöhammaspyörät ovat suora-, vino-, tai nuolihampaisia. Suorahampaisia hammaspyöriä on edullinen valmistaa, mutta käynti ei ole äänetöntä eikä riittävän tasaista vaativissa olosuhteissa. Vinohampaisilla hammaspyörillä saadaan parannusta suorahampaisiin nähden vaikkakin vinot hampaat aiheuttavat akselin suuntaisia voimia ja näin ollen rasittaa laakerointia. Nuolihampaisella pyörällä saadaan kumottua aksiaalivoimat toisiinsa nähden. Lieriöhammaspyöriä käytetään akselin-suuntaisissa laitteissa, esimerkiksi vaihteistot ajoneuvoissa ja työstökoneissa. (Ansaharju T 2009, 180.)



**Kuva 3.** Lieriöhammaspyöräpari

### 3.2.2 Kartiohammaspyöräpari

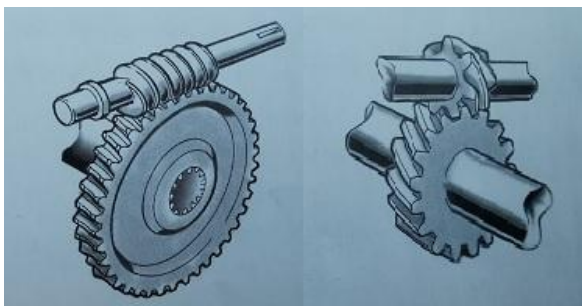
Kartiohammaspyöräparia käytetään, kun halutaan saada tehonsiirto risteävien akselien välille. Yleisin akselien välinen kulma on  $90^\circ$ , mutta mahdollista on käyttää myös muita kulmia. Kartiohammaspyörissä käytetään samanlaisella poikkileikkausmuodolla olevia hammastuksia kuin lieriöhammaspyörissä, mutta ulkokehää kohden sen koko suurenee. Hammastus voi olla suora tai vino ja kaareva muoto on myös mahdollinen. Hitaaseen ja vaatimattomaan käyttöön sopii suora hammastus. Käyntitarkkuutta ja hiljaista käyntiääntä vaadittaessa, vino ja erityisesti kaareva ovat sopivampia. (Ansaharju T 2009, 185.)



**Kuva 4.** Kartiohammaspyöräpari

### 3.2.3 Kierukka- ja ruuvipyöräparit

Kierukka- ja ruuvipyöriä käytetään suurivälityksisissä vaihteissa sekä tilanteissa, jossa akselit risteävät toisiinsa nähden. Kierukka- ja ruuvipyöräpari on esitetty kuvassa 5 (Ansaharju T 2009, 187-188.)

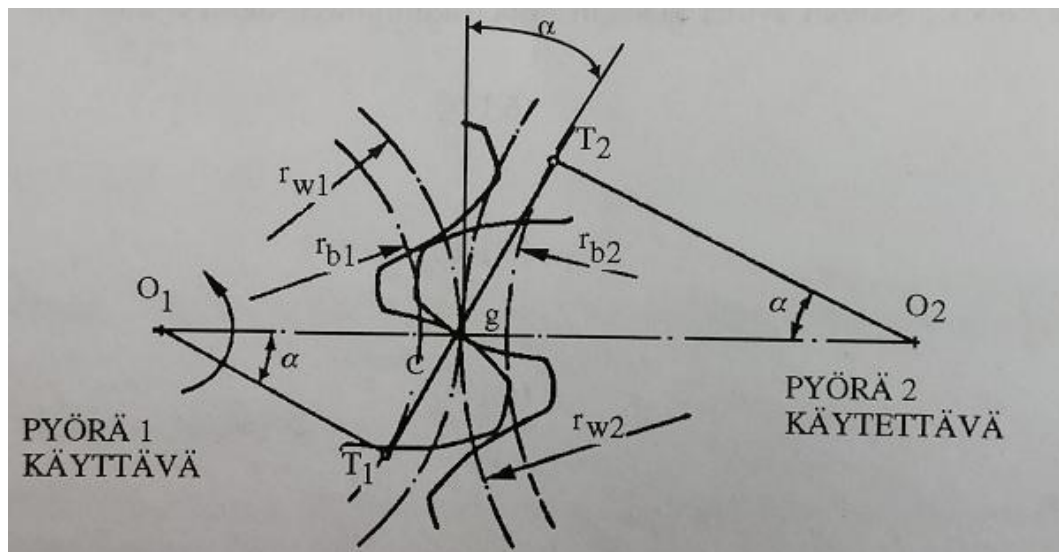


**Kuva 5.** Kierukka- ja ruuvipyöräparit

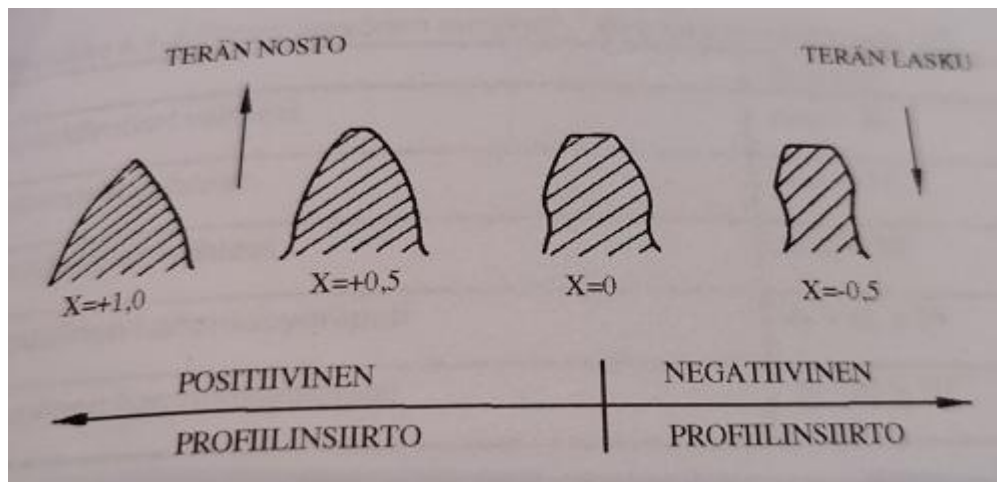
### 3.2.4 Evolventtihammastus

Ryntöviiva saadaan, kun hammaspyöriä pyöritetään toisiaan vasten ja piirretään ura yhteisiin kosketuspisteisiin. Hammaskyljen muotoja on olemassa useita kinemaattisen tarkasti toimivia, mutta evolventti ja sykloidi ovat tärkeimmät. Evolventistä parhaan hammasmuodon tekee valmistuksen helppous, laadullisesti tarkastettavuus ja pieni akselivälivirhe ei muuta välityssuhdetta. (Björk T, Hautala P, Huh-tala K, Kivioja S, Kleimola M, Lavi M, Martikka H, Miettinen J, Ranta A, Rinkinen J, Salonen P ja Sanoma Pro Oy 2014, 96.)

Ryntökulma ( $\alpha$ ) kuvassa 6. muodostuu vierintäpisteeseen C piirretyn tangentin ja ryntösuoran väliin ja yleensä lieriöhammaspyörät valmistetaan  $20^\circ$ :n ryntökulmal-la. Molempien pyörien perusympyröitä sivuaa ryntösuora pisteissä T1 ja T2. Näin säde on  $r_b = r \cos\alpha$ . Näin ollen evolventti on vain perusympyrästä riippuvainen ja akselivälinä voidaan käyttää haluttua mittaa, kun perusympyrät pysyvät alkuperäisinä. (Björk T ym. 2014, 96.)



**Kuva 6.** Evolventtihammastettu pyöräpari ja ryntösuora merkitty (g) ja ryntökulma ( $\alpha$ )



**Kuva 7.** Positiivisen ja negatiivisen profiilinsiirron vaikutus hampaaseen.

### 3.2.5 Moduuli

Moduulit ovat standardisoitu moduulijärjestelmäksi, jossa käytetään vain päättyviä desimaalilukuja sekä kokonaislukuja. Hammaspyöräparilla täytyy olla sama moduuli. Tämä saadaan kaavasta 1. (Ansaharju T 2009, 180-181.)

$$m = \frac{p}{\pi} \rightarrow \text{Käytännössä } m = \frac{d}{z}, \text{ jossa } m = \text{moduuli} \quad (1)$$

$p$  = hammasjako

$d$  = jakohalkaisija

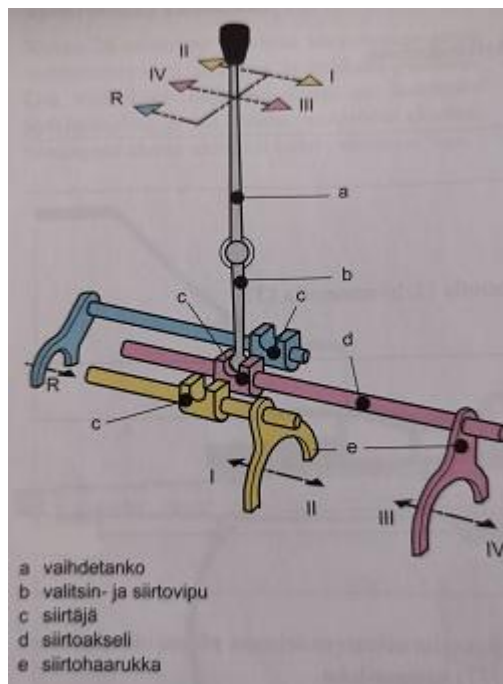
$z$  = hammasluku

### 3.3 Akselit

Yleensä akseli on koneen tai laitteen pyörivän liikkeen siirtävä koneenelin, mutta se voi myös olla koneessa tai laitteessa kannattavana osana. Akselin yleisimmät muodot ovat pyöreä, putkimainen, uritettu ja K-profiili. Valmistustavat ja -mahdollisuudet sekä lujuusvaatimukset, akselin tehtävä ja akselille asennettavat koneenosat vaikuttavat muotovaatimuksiin. (Ansaharju T 2009, 131.)

### 3.4 Vaihteensiirtolaitteet

Perinteisen käsivalintaisen manuaalivaihteiston vaihteen vaihto tapahtuu vaihdetangolla halutulle vaihteelle. Useimmiten vaihdetanko on kiinni suoraan vaihteistossa tai se voi olla kiinnitetty ohjauspyörän viereen, tätä kutsutaan ohjauspyörävaihteeksi. Halutun vaihteen valitseminen tapahtuu näin: Vaihdetanko (a) liikuttaa valitsin- ja siirtovivun (b) kautta siirtäjiä (c), joista valitaan haluttu siirtäjä vaihdetangon sivuttaisliikkeellä. Siirtäjä sekä siirtohaarukka (e) ovat kiinnitetty kiinteästi siirtoakseliin (d), jolla synkronilaitteen siirtoholkkia siirretään kytkentähämmastukseen eteen tai taakse liikkeellä. (Karhima M 2011, 102.)



**Kuva 8.** Vaihteensiirtolaitteet

### 3.5 Hiiletyskarkaisu

Hammaspyöriltä ja akseleilta vaaditaan hyvää kulumis- ja väsymiskestävyyttä sekä sitkeyttä, joita saadaan hiiletyskarkaisulla. tällä menetelmällä muodostuu runsaasti hiiltä sisältävä martensiittinen ja puristusjännitystilassa oleva ohut pintakerros ja osan sisusta pysyy sitkeänä. Osat päästetään alhaisessa lämpötilassa karkaisun jälkeen. Pinnan kovuus käyttötarkoituksesta riippuen vaihtelee välillä 58...64 HRC. (Björk T ym. 2014, 96.)

Hiiletyskarkaisukerroksen paksuus on oltava akseleissa noin viisinkertainen sallittuun kulumiseen nähden ja hammaspyörien hampaiden hiiletysvyvydeksi valitaan 15...20% moduulin numeerisesta arvosta. (Björk T ym. 2014, 96.)

Myötö- lujuus	Murto- lujuus	Kovuus (ohjeellinen)	SFS	DIN	BS
Re N/mm <sup>2</sup>	Rm N/mm <sup>2</sup>	HB	506...511	17210	970:Part 3
490	740...1030	220...310	21NiCrMo2	1.6523	805M20
590	790...1080	250...350	16MnCr5	1.7131	-
690	980...1280	300...390	20MnCr5	1.7147	527M20
690	1030...1370	315...435	20NiCrMo5	-	815M17
780	1080...1330	330...405	17CrNiMo6	1.6587	822M17

**Taulukko 1.**



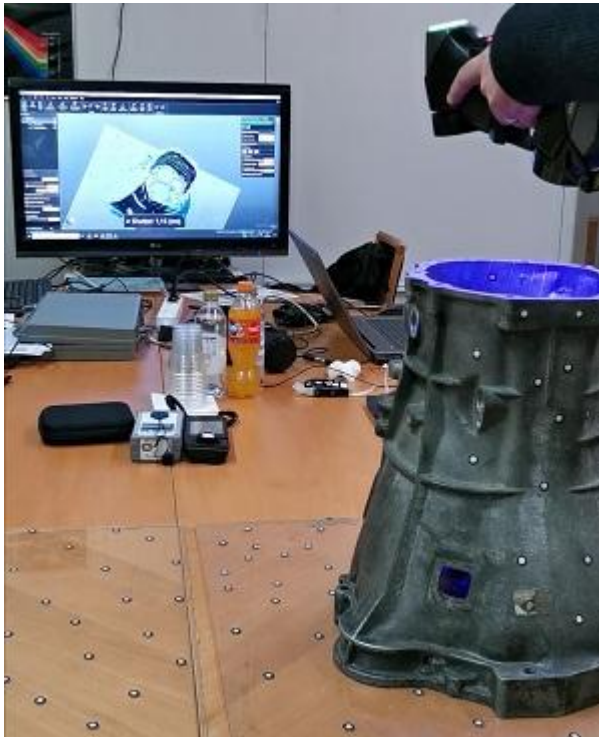
## 4 VAIHTEISTON KEHITTÄMINEN

Aluksi vaihteisto purettiin osiin ja samalla tutkittiin osien kuluneisuutta. Synkronilaitteista löytyi suurimmat kulumat ja näiden huonon saatavuuden vuoksi aloin miettimään toisenlaista ratkaisua tähän ongelmaan. Alkuperäisiä vaihteiston kuoria sekä osaa laakereista voisi käyttää ja hammaspyörät, akselit ja vaihteensiirtolaitteet voisi suunnitella uusiksi Siemens NX10 3d ohjelmistolla.

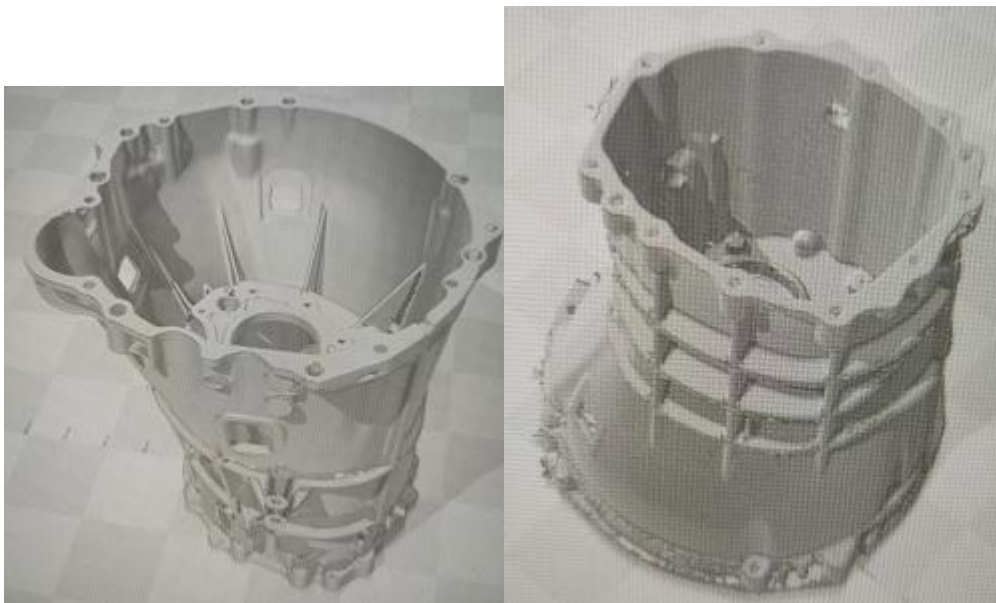
Alkuperäisessä vaihteiston kokoonpanossa on vinohampaiset lieriöhammaspyörät ja H-kaavioisella vaihteensiirtolaitteistolla liikutetaan synkronilaitteita vaihteiden kytkemiseksi. Hammaspyöristä tehdään ensimmäiseen prototyyppiin suorahampaiset ja synkronilaitteiden tilalle tehdään kytkentärenkaat ja näitä ohjataan eteen/taakse liikkeen mekanismilla eli ns. sequentiaalinen suorakytkentävaihteisto.

Alkuperäiset vaihteiston kuoret skannattiin Creaform Handyscan 3D BLACK/series skannerilla helpottaakseen suunnittelutyötä. Tästä on suuri apu esimerkiksi vaihteiston uusien komponenttien suunnittelussa, kun pääsee näkemään vaihteiston sisätilavuuden ja paljonko tilaa on käytettävissä mihinkäkin suuntaan.

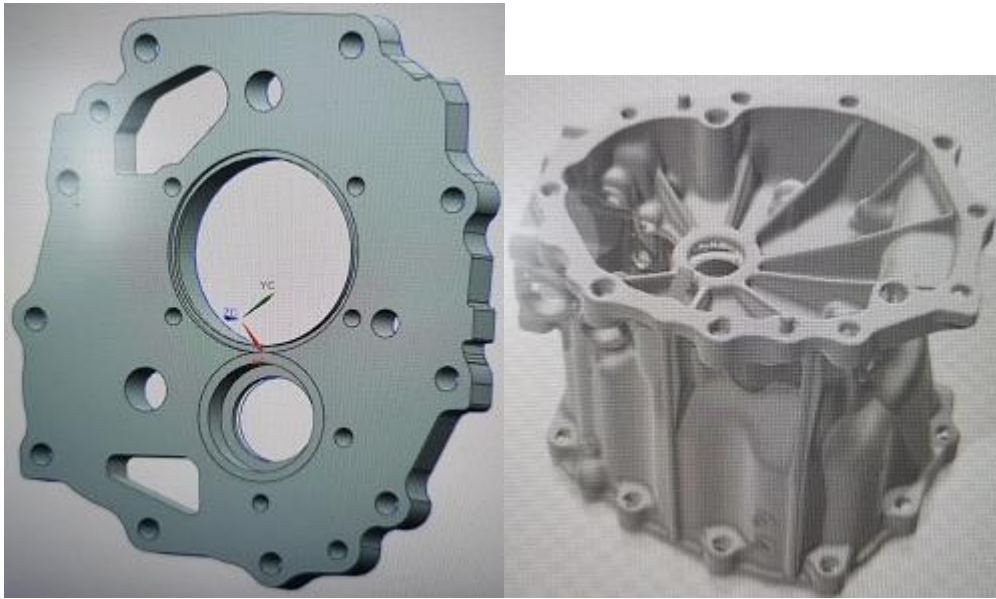
Kaikki uudet osat tullaan valmistamaan hiiletysteräksestä suuren kulutuksen kestävyden ansiosta ja tarkemmin tämä materiaali selviää koneistajan kanssa keskustelemalla.



**Kuva 9.** Skannausta Creafom Handyscan 3D BLACK/series käsiskannerilla.



**Kuva 10.** Skannattu kytkinkoppa vaihteiston etuosalla, edestä ja takaa.



**Kuva 11.** Vaihteiston keskilevy mallinnettuna ja vaihteiston takakuori skannattuna.



**Kuva 12.** Skannattu vaihteiston perässä oleva jakolaatikko, jossa vaihdekeppi sijaitsee.

#### 4.1 Suorahampaiset hammaspyörät

Hammaspyöräksi valitsin evolventtihammaspyörät, sillä alkuperäisiä vaihteistonkotelointa sekä laakereita tullaan käyttämään akseleissa niin akseliväli tiedetään. Suorahampaiset hammaspyörät eivät aiheuta aksiaalista rasitusta niin kuin vinohampaiset hammaspyörät näin ollen suorahampaisia hammaspyöriä on turvallisempi käyttää alkuperäisissä vaihteiston kuorissa, vaikka ne pitävät enemmän ääntä pyöriessään. Hammaspyörien toiselle kyljelle koneistetaan määrätulle halkaisijalle neljä kappaletta suorakaiteen muotoisia kytkentäpaloja. Hammaspyörän säteen suuntaiset kytkentäpalojen sivujen pinnat koneistetaan viiden asteen kulmaan helpottamaan kytkeytymistä.

Aluksi hammaspyörät tehdään alkuperäisillä välityksillä ja omana yksikkönään mahdollistaen näin välityksen vaihdon myöhemmin tai rikkoutuneen hammaspyörän vaihtamisen uuteen, jos semmoiselle tulee tarvetta.

Vaihteiden välitykset:

- 1. Vaihde 3,214
- 2. Vaihde 1,925
- 3. Vaihde 1,302
- 4. Vaihde 1,000
- 5. Vaihde 0,752
- Perävälitykset 4,111

**Taulukko** Vinohampaisen lieriöpyöräparin hammasgeometrian laskentayhtälöt (11). Suorahampaisen lieriöpyörän arvot saadaan asettamalla kulma  $\beta = 0^\circ$ .

Nimi	Kaava		Kaava n:o
	Ulkohammastus	Sisähammastus	
Otsamoduuli	$m_n = m_s / \cos\beta$	$m_n = m_s / \cos\beta$	6.1-43
Otsaryöntökulma	$\alpha_s = \arctan \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}$	$\alpha_s = \arctan \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}$	6.1-44
Otsajako	$p_s = m_n \pi$	$p_s = m_n \pi$	6.1-45
Otsaperusjako	$p_{os} = p_s \cos\alpha_s$	$p_{os} = p_s \cos\alpha_s$	6.1-46
Jakohalkaisija	$d = m_n z$	$d = m_n z$	6.1-47
Perushalkaisija	$d_b = d \cos\alpha_s$	$d_b = d \cos\alpha_s$	6.1-48
Hampaan pääkorkeus	$h_a = m_n (1 + x) - \Delta h_a$	$h_a = m_n (1 - x) - \Delta h_a$	6.1-49
Tyvikorkeus	$h_f = m_n (1,25 - x)$	$h_f = m_n (1,25 + x)$	6.1-50
Päähalkaisija	$d_a = d + 2 h_a$	$d_a = d - 2 h_a$	6.1-51
Tyvihalkaisija	$d_f = d - 2 h_f$	$d_f = d + 2 h_f$	6.1-52
Pääkorkeuden lyhennys	$\Delta h_a = m_n \left( \frac{z_1 + z_2}{2 \cos\beta} + x_1 + x_2 \right) - a_w$ <p>Jos <math>\Delta h_a &lt; 0</math>, käytetään <math>\Delta h_a = 0</math></p>	$\Delta h_a = a_w - m_n \left( \frac{z_1 - z_2}{2 \cos\beta} + x_2 - x_1 \right)$ <p>Jos <math>\Delta h_a &lt; 0</math>, käytetään <math>\Delta h_a = 0</math></p>	6.1-53
Perusakseliväli	$a = m_n (z_1 + z_2) / 2$	$a = m_n (z_2 - z_1) / 2$	6.1-54
Akseliväli	$a_w = a \cos\alpha_s / \cos\alpha_{wt}$	$a_w = a \cos\alpha_s / \cos\alpha_{wt}$	6.1-55
Ryntökulma vierintäpinnalla	$\cos\alpha_{wt} = a \cos\alpha_s / a_w$ $\text{inv}\alpha_{wt} = \text{inv}\alpha_s + \frac{2(x_1 + x_2)\tan\alpha_n}{z_1 + z_2}$	$\cos\alpha_{wt} = a \cos\alpha_s / a_w$ $\text{inv}\alpha_{wt} = \text{inv}\alpha_s + \frac{2(x_2 - x_1)\tan\alpha_n}{z_2 - z_1}$	6.1-56

**Taulukko 2.**

## 4.2 Kytkenärenkaat

Kaikki kytkenärenkaat on tarkoitus tehdä samalla ulko- ja sisähalkaisijalla sekä samanlaisilla kytkenäpaloilla molemmin puolin kytkenärengasta, mahdollistaen näin kuluneen kytkenärenkaan uudelleen käytön kääntämällä sen akselilla satakahdeksankymmentä astetta. Näin tehden saadaan uudet kulumattomat kytkenäpalat käyttöön kytkenärenkaasta. Kytkenärenkaan kytkenäpalojen sekä hammaspyörien kytkenäpalojen sivu pinnat, jotka kohtaavat vaihdetta vaihtaessa koneistetaan viiden asteen kulmaan helpottaakseen vaihteen kytketymistä. Kytkenärenkaiden kytkenäpalat ovat lisäksi sisään päin kapenevat. Kytkenärenkaille tulee valmistaa liukuholkit, joissa on uritusliitos ulkopinnassa kytkenärenkaalle sekä sisäpinnassa akselille pyörivän liikkeen siirtämiseksi akselista hammaspyörälle. Liukuholkki pysyy akselissa paikallaan ja kytkenärengas liukuu liukuholkin uritusliitoksissa hammaspyörältä hammaspyörälle vaihteensiirtäjän saattelemana.

## 4.3 Akselit

Pääakseli sekä ryhmäpyörien akseli pysyvät alkuperäisissä mitoissa pituussuunnassa. Lisäksi alkuperäiset tukilaakerit määrittelevät akseleiden vahvuuden. Molempiin akseleihin tehdään uritusliitokset hammaspyörien alueelle koko matkalle. Kytkenärenkaiden liukuholkit määrittelevät hammaspyörien kohdat pääakselilla ja ryhmäpyörien akselilla hammaspyörien paikat määrittelevät erilliset holkit niin että, jokainen hammaspyörä kohtaa pääakselilla olevan hammaspyöräparinsa.

#### **4.4 Uudet vaihteensiirtolaitteet**

Vaihteen kytkeä eteen pienemmälle vaihteelle ja taakse suuremmalle vaihteelle vaihdekeppiä liikuttamalla muutetaan vaihteensiirtoakselille pyöriväksi liikkeeksi. Jokaisella kytkentärenkaalla olevalla vaihteensiirtäjällä on oma vaihderumpu vaihteensiirtoakselilla, joka kytkee aina seuraavan vaihteen päälle riippuen mihin suuntaan vaihdekeppiä liikuttaa. Peruutusvaihteella on myös oma lukkokahva vaihdekepissä mikä täytyy painaa pohjaan vapaalla ollessaan saadakseen peruutusvaihteen kytkeytymään päälle. Näin peruutusvaihdetta ei saa vahingossa kytettyä päälle.

## 5 POHDINTAA

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Nissan Skyline R32GT-R vaihteistoa kestävämmäksi käyttäen alkuperäisiä vaihteiston kuoria. Nykyään moottorinohjaukset, öljyt, turbot ja suuttimet ovat kehittyneet valtavasti siihen nähden mitä ne olivat yhdeksänkymmentäluvun alkupuolella, kun tämäkin auto oli uuden karhea. Tämän myötä moottoreiden virittäjät ottavat jo toista tuhatta hevosvoimaa moottorista niin vaihteistot ovat todella kovilla. Tämänlaisissa kokoonpanoissa tämmöinen suorahampainen suorakytkentävävaihteisto on omiaan. Opinnäytetyötä tehdessä selvästi huomasin oman runosuoneni löytyneen. Alkuun oli todella vaikeaa saada kirjoitettua mitään järkevää. Tietoa etsiessä lähteistä alkoi samalla oma sisäinen suunnittelijani kehittämään tätä projektia jo seuraavalle tasolle lisäten elektroniikkaa mukaan vaihteen vaihtamiseen. Opinnäytetyötä tehdessä opin käyttämään 3D käsiskanneria, josta on todella paljon hyötyä 3D suunnittelussa. Vaihteiston suunnittelu ei tullut valmiiksi opinnäytetyön aikana, mutta suunnittelutyötä jatketaan ja prototyyppiosien koneistajaa etsitään vaihteiston valmiiksi saattamiseen.



## LÄHTEET

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P. ja Sanoma Pro Oy. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki. Sanoma Pro Oy

Karhima, M. 2011. Autotekniikka 6. Helsinki. Otava.

Ansaharju, T. ja WSOY Oppimateriaalit Oy. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki. WSOY Oppimateriaalit Oy 2009