

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma  
Auto- ja työkonetekniikka  
Jukka Yrjölä

Opinnäytetyö

## **Etuvetoisen auton voimansiirto**

Työn ohjaaja koulutuspäällikkö, TkL Tauno Kulojärvi  
Tampere 12/2009

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Auto- ja työkonetekniikka

Jukka Yrjölä Etuvetoisen auton voimansiirto

Opinnäytetyö 46 sivua

Valmistumisaika 12/2009

Työn ohjaaja Koulutuspäällikkö, TkL, Tauno Kulojärvi

## Tiivistelmä

Useissa oppilaitoksissa, esimerkiksi ammattikorkeakouluissa, kurssimateriaalit laaditaan tiukan aikataulun ja rajojen puitteissa. Näin ollen niissä esille tuodut asiakokonaisuudet jäävät joskus pintapuoliksi. Opiskelijoiden pohjatiedoissa on kuitenkin suuria eroja ja välillä joitain asioita olisi hyvä tarkastella perusteellisemmin.

Tämän työn tarkoituksena oli syventyä etuvetoisen auton tehonsiirtotekniikkaan ja luoda näin materiaalia, jota voitaisiin tulevaisuudessa käyttää kurssiaineiston tukena.

Teknisen tarkastelun alla oli etuvetoisen henkilöauton voimansiirtoketju, vauhtipyörältä vetäville pyörille saakka. Työn alue rajattiin yleisimmin käytettyyn ratkaisuun, jossa kuiva yksilevyinen kytkin on yhdistetty käsivalintaiseen vaihteistoon.

Työssä käsiteltiin myös välityssuhteiden teoriaa sekä tasaussyörästä ja vetoakseleiden rakennetta. Lisäksi vertailtiin eri vaihteistoöljyjen ominaisuuksia.

Avainsanat

Henkilöauto, etuvetoinen, voimansiirto, tehonsiirto

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TAMPERE  
Automotive and Transportation Engineering  
Automotive and Industrial Vehicle Engineering  
Jukka Yrjölä                      Drivetrain of a front-wheel drive car  
Engineering Thesis              46 pages  
Graduation                        12/2009  
Thesis supervisor                Education manager, MSc, Tauno Kulojärvi

## **Abstract**

University of Applied Sciences is a good example of a college, where course materials are made under tight schedule and limits. However, there are big differences in students' basic knowledge. Therefore some topics could be taken for a closer look.

The aim of this thesis was to make support material for students in Automotive and Transportation Training Program.

Under technical examination was the drivetrain of a front-wheel drive car. The subject of thesis was limited to a common structure – dry 1-disc clutch with manual transmission.

Theory of transmission ratio and structure of drive shaft got a detailed attention. Also some comparison between different transmission oils was made.

Keywords

Car, front-wheel drive, drivetrain, transmission

## **Alkusanat**

Työn tekemisen perusteena ovat olleet oma luontainen kiinnostukseni kaikenlaiseen tekniikkaan sekä satunnaiset opiskeluaikaiset kokemukseni erilaisten kurssimateriaalien puutteellisuudesta. Näiden seikkojen innoittamana päätin ottaa voimansiirron, yhden auton tärkeimmistä komponenteista syvällisempään tarkasteluun. Toivon, että työlläni olisi oppimateriaalin ominaisuudessa lisäarvoa auto- ja kuljetustekniikan ammattikorkeakouluopiskelijoita ajatellen.

Haluan erityisesti kiittää työn ohjaajaa, tekniikan lisensiaatti Tauno Kulojärveä ja avopuolisoani Tanjaa kaikesta avusta ja kannustamisesta projektin loppuun saattamiseksi.

Tampereella 7. Joulukuuta 2009

Jukka Yrjölä

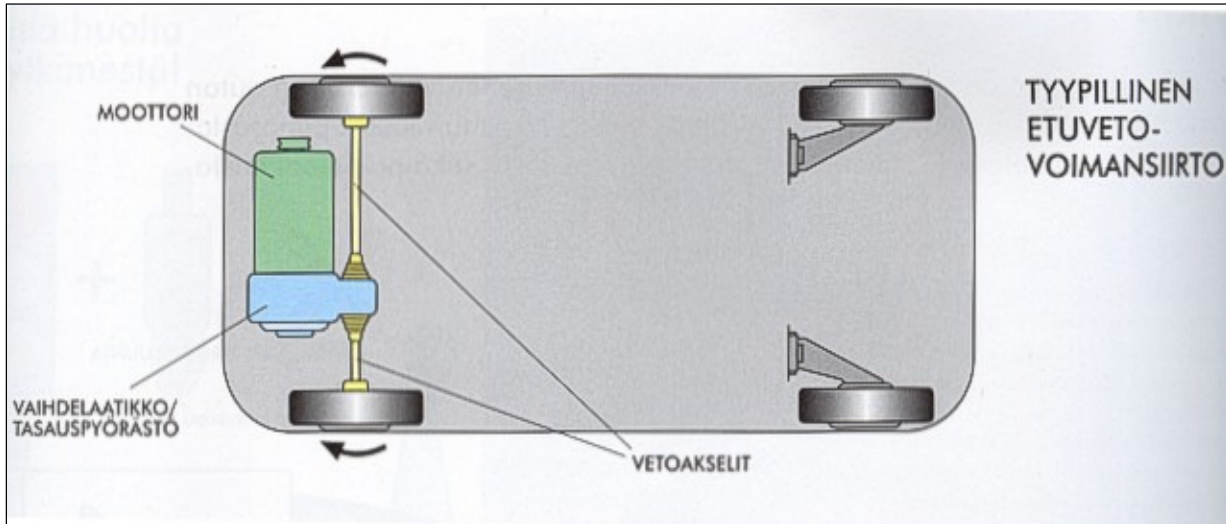
## Sisällysluettelo

<b>TIIVISTELMÄ .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>ALKUSANAT .....</b>	<b>4</b>
<b>SISÄLLYSLUETTELO .....</b>	<b>5</b>
<b>1. JOHDANTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. KYTKIN .....</b>	<b>8</b>
2.1 MEKAANISEN KYTKIMEN RAKENNE JA TOIMINTA .....	8
2.1.1 Kuiva yksilevyinen kytkin.....	8
2.1.2 Levyjousellinen kytkin ja sen toiminta .....	10
2.2 KYTKINLEVY.....	15
2.3 KYTKIMEN KÄYTTÖLAITTEET.....	16
2.3.1 Poljinvoimalla toimivat kytkimen käyttölaitteet .....	16
<b>3.VAIHTEISTO .....</b>	<b>18</b>
3.1 VAIHTEISTON TEHTÄVÄ .....	18
3.2 VÄLITYSSUHDE JA PYÖRIMISNOPEUS .....	19
3.3 VÄLITYSSUHDE JA VÄÄNTÖMOMENTTI .....	21
3.4 USEAMPIPORTAINEN VÄLITYS .....	22
3.5 HAMMASPYÖRIEN KYTKENNÄT .....	23
3.5.1 Siirtopyöräkytkentä .....	23
3.5.2 Siirtoholkkikytkentä .....	24
3.5.3 Synkronoitu siirtoholkkikytkentä .....	25
3.6 KARTIOSYNKRONOINTI.....	26
3.6.1 Vapaa-asento .....	26
3.6.2 Synkronointiasento.....	26
3.6.3 Kytkentäasento.....	26
3.7 VAIHTEISTON KÄYTTÖLAITTEET .....	28
3.7.1 Lattiavaihde.....	28
3.8 ETUVETOISEN AUTON VAIHTEISTON SIJAITUS JA RAKENNE .....	29
3.9 VAIHTEISTON HUOLTO.....	32
3.9.1 Vaihteistoöljyille asetetut vaatimukset.....	32
<b>4. VETOPYÖRÄSTÖ / TASAUSPYÖRÄSTÖ .....</b>	<b>34</b>
4.1 VETÄVÄN AKSELISTON TEHTÄVÄT.....	34
4.2 VETÄVIEN AKSELISTOJEN SIJAINTI TEHONSIIRTOKETJUSSA .....	35
4.3 LIERIÖHAMMASPYÖRÄT VETOPYÖRÄSTÖNÄ .....	36
4.4 TASAUSPYÖRÄSTÖN TOIMINTA.....	37
<b>5. VETÄVÄT ETUAKSELIT .....</b>	<b>39</b>
5.1 VETÄVISSÄ ETUAKSELEISSA KÄYTETTÄVÄT VAKIONOPEUSNIVELET .....	42
5.1.1 Sisemmät vetonivelet .....	43
5.2 VETOAKSELIN LAAKEROINTI .....	44
<b>6. LOPPUKOMMENTIT .....</b>	<b>45</b>
<b>7. LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>46</b>

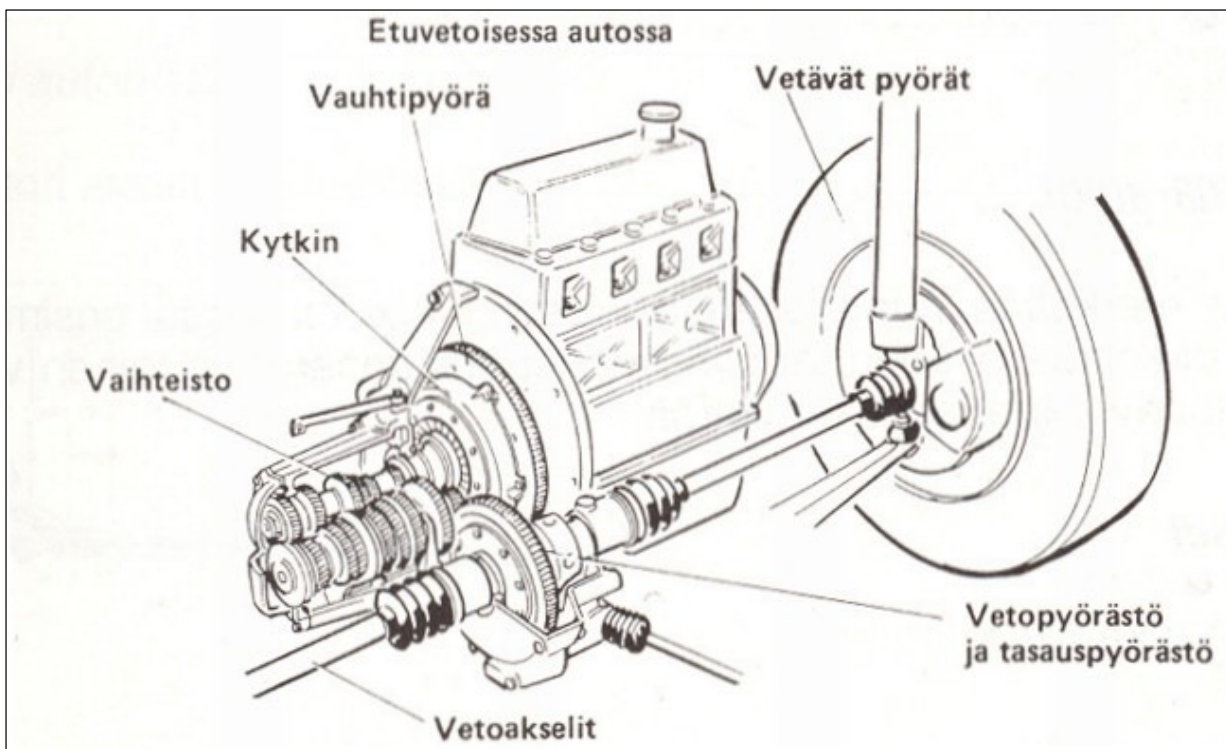
## 1. Johdanto

Puhuttaessa voimansiirrosta tai tehonsiirrosta tarkoitetaan osien ryhmää, joka välittää voiman auton moottorista vetäviin pyöriin. Osien luonne riippuu siitä, onko auto etu-, taka- vai nelivetoinen. Käsivalintaisen ja automaattivaihteiston lisäksi ryhmään sisältyvät kytkin (vain käsivalintaisen vaihteiston yhteydessä), tasauspyörästö, vetoakselit, ja taka- sekä nelivetoisissa autoissa kardanaakseli.

Tässä työssä on tavoitteena tarkastella käsivaihteistollisen etuvetoisen auton voimansiirtojärjestelmää. Kaikki voimansiirron osat käsitellään yksityiskohtaisesti omina kokonaisuuksinaan: kuiva yksilevyinen kytkin, käsivalintainen vaihteisto, tasauspyörästö ja vetoakselit sekä –nivelet. Seuraavan sivun kuvista 1 &2 näkyy, miten etuvetoisen auton voimansiirto on tyypillisesti sijoitettu.



Kuva 1: Etuvetoisen auton voimansiirto /1/



Kuva 2: Etuvetovoimansiirto yksityiskohtaisemmin /2/

## 2. Kytkin

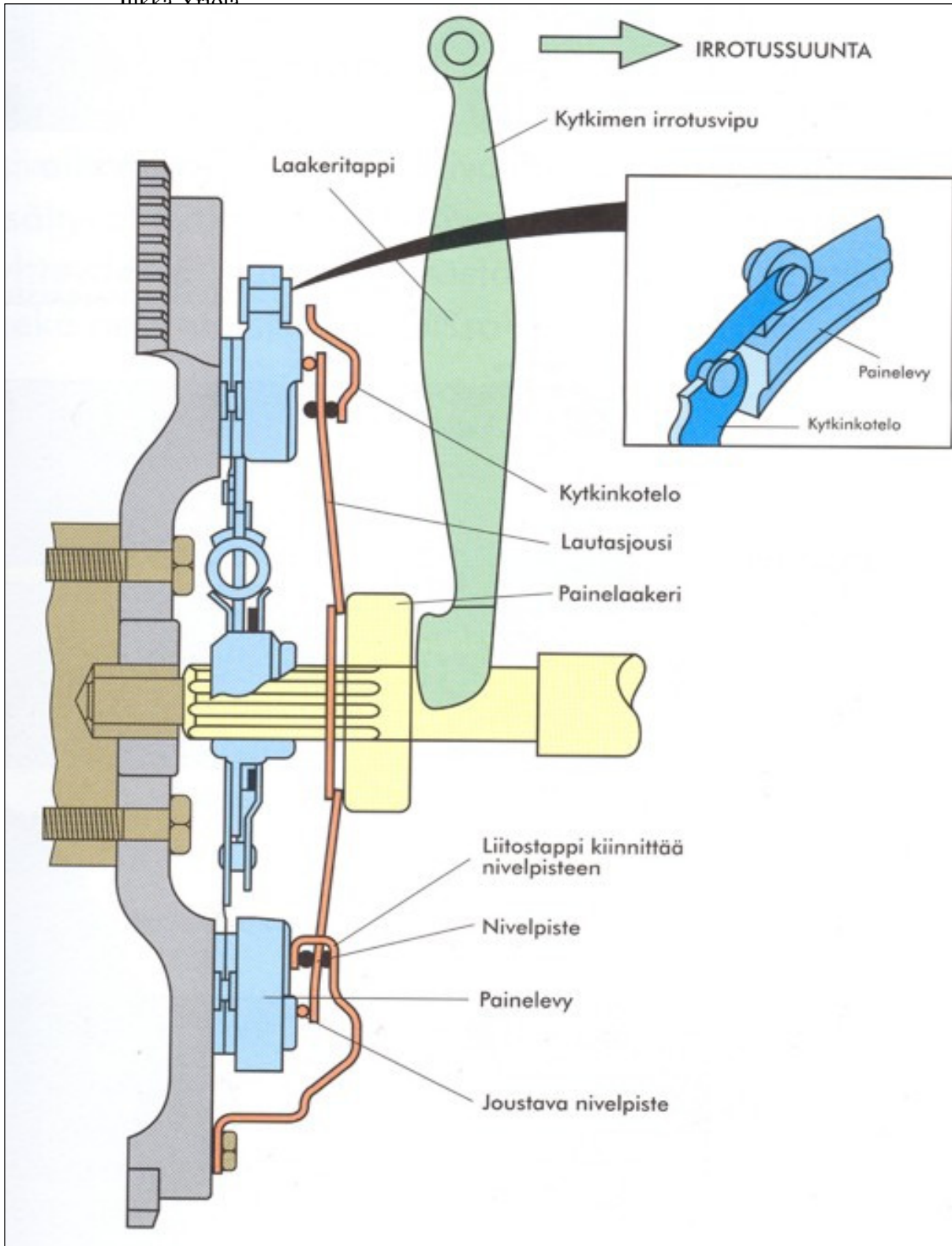
Tehonsiirtolaitteistossa on vaihteistotyypistä riippumatta oltava kytkin. Sen sijaan kytkimen tyyppi ja varsinkin sen rakenne voivat vaihdella paljonkin. Kytkimen tehtävänä on mahdollistaa voimansiirtolaitteiden kytkeminen irti moottorista, kun liikkeelle lähtiessä kytketään vaihdetta. Lisäksi kytkimen avulla auto saadaan liikkeelle joustavasti ja nyykäyksettömästi ja se mahdollistaa myös vaihteen vaihtamisen ajon aikana. Kytkimellä myös vapautetaan voimansiirto pysäytettäessä ja kytkettäessä vaihdetta vapaalle./1/

### 2.1 Mekaanisen kytkimen rakenne ja toiminta

#### 2.1.1 Kuiva yksilevyinen kytkin

Tavallisin mekaaninen kytkin on kuiva yksilevykytkin, joka on kiinnitetty moottorin vauhtipyörään. Moottorista tuleva vääntömomentti siirtyy kytkinlevyssä olevien kitkapintojen kautta kytkinakselille. Liikkeelle lähdetäessä on kytkimessä tapahtuttava luistoa joustavan kytkeytymisen aikaansaamiseksi. Seuraavan sivun kuvassa 3 on esitetty kuivan yksilevykytkimen rakenne.

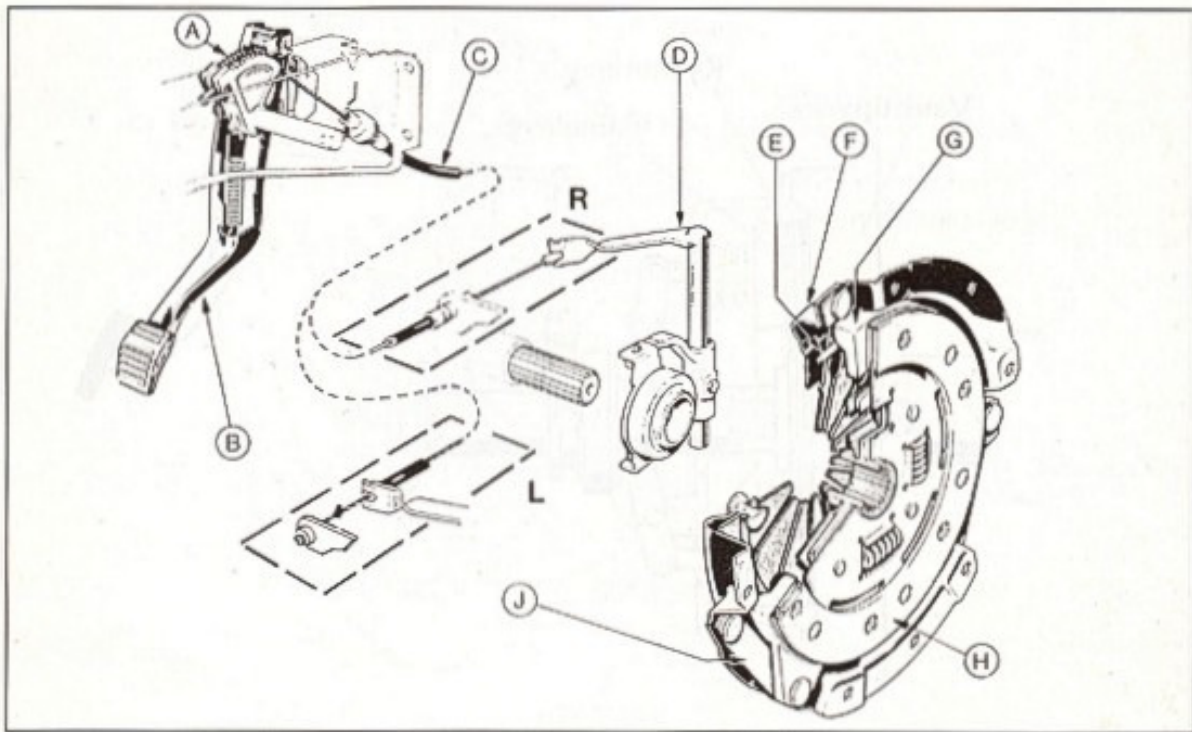




**Kuva 3: Kuiva yksilevykytkin /1/**

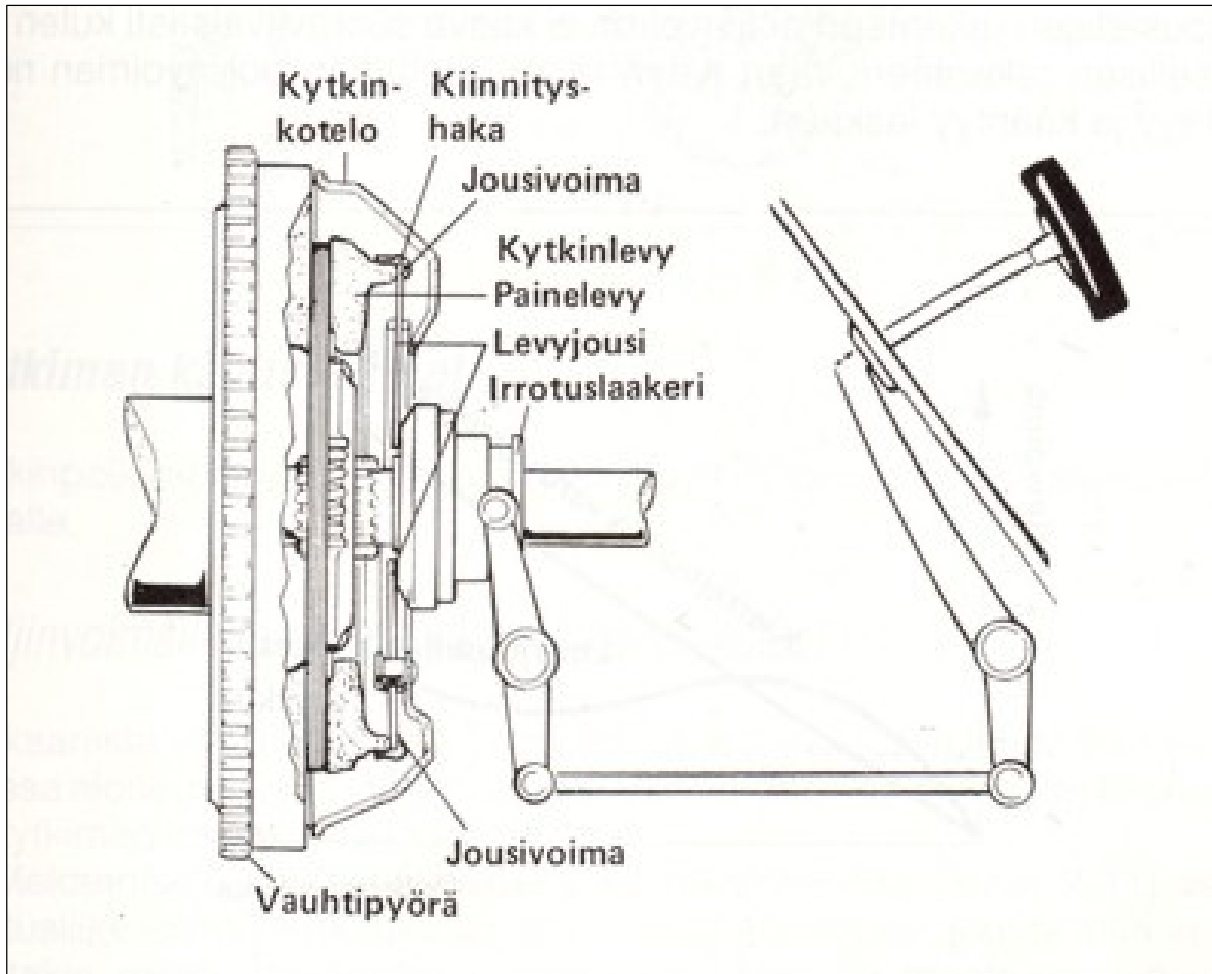
### 2.1.2 Levyjousellinen kytkin ja sen toiminta

Edellisellä sivulla olevan yksilevyinen, levyjousellinen kytkin on yleisin nykypäivän autoissa käytetty kytkinratkaisu. Levyjousellisessa kytkimessä levyjousi on ulkoreunastaan kiinnitetty painelevyyn ja nojaa kytkimen runkoon. Painelaatta tai painelaakeri vaikuttaa suoraan sen keskiosan sormimaisiin liuskoihin. Levyjousi korvaa irrotinvivut ja näin ollen tekee rakenteen yksinkertaisemmaksi. Alla kuvassa 4 on esitetty levyjousellisen kytkimen rakenne. Kuvassa on mukana myös kytkimen käyttölaitteet, tässä tapauksessa kytkinpoljin **B**, polkimen vaijerimekanismi **A** ja kytkinvaijeri **C**. Lisäksi kuvassa on näytetty kaksikin erilaista kytkinvaijerin kiinnitystapaa painelaakerin käyttöviivustoon / irrotinhaarukalle, tavat **R** ja **L**, sekä itse irrotinhaarukka viivustoineen **D**./2/

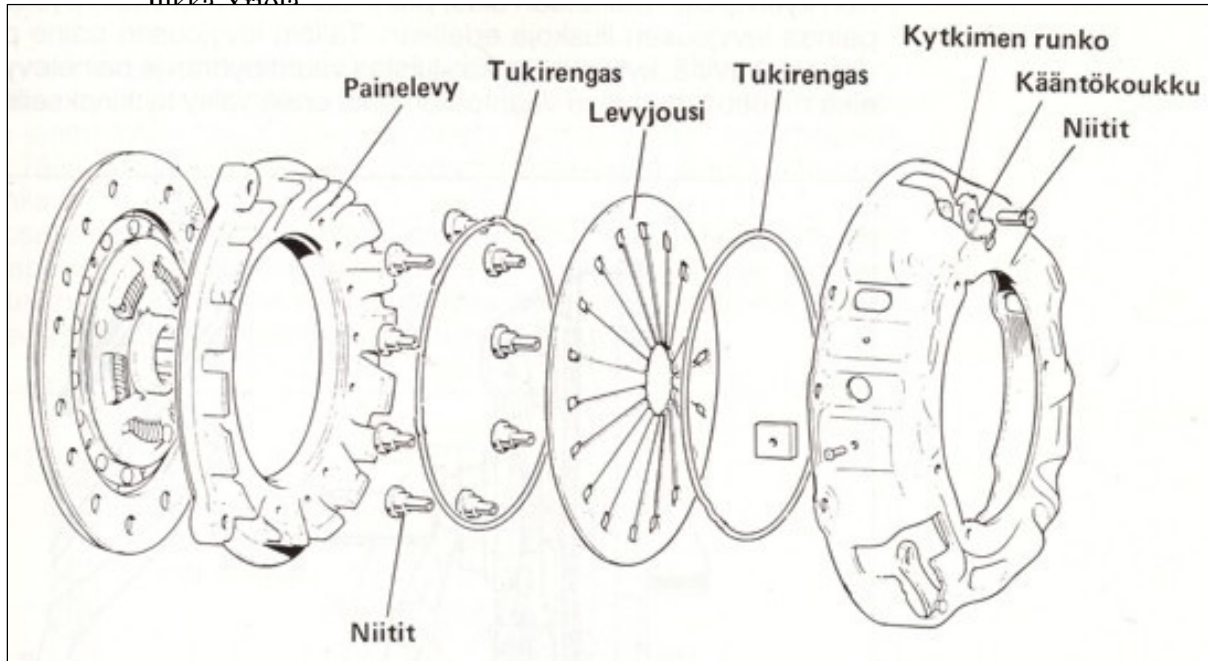


Kuva 4: Kytkin ja käyttölaitteisto /2/

Kun kytkin on ”kiinni” eli poljin ylhäällä (kuva 5), levyjousen ulko-  
reuna painaa painelevyn kytkinlevyn kitkapintaa vasten. Tämä saa ai-  
kaan riittävän puristusvoiman, ja moottorista tuleva vääntömomentti  
siirtyy kampiakselilta vauhtipyörän ja kytkinlevyn välityksellä kyt-  
kinakselille./2/ Varsinaisen kytkinasetelman osat on esitetty seuraaval-  
la sivulla kuvassa 6.

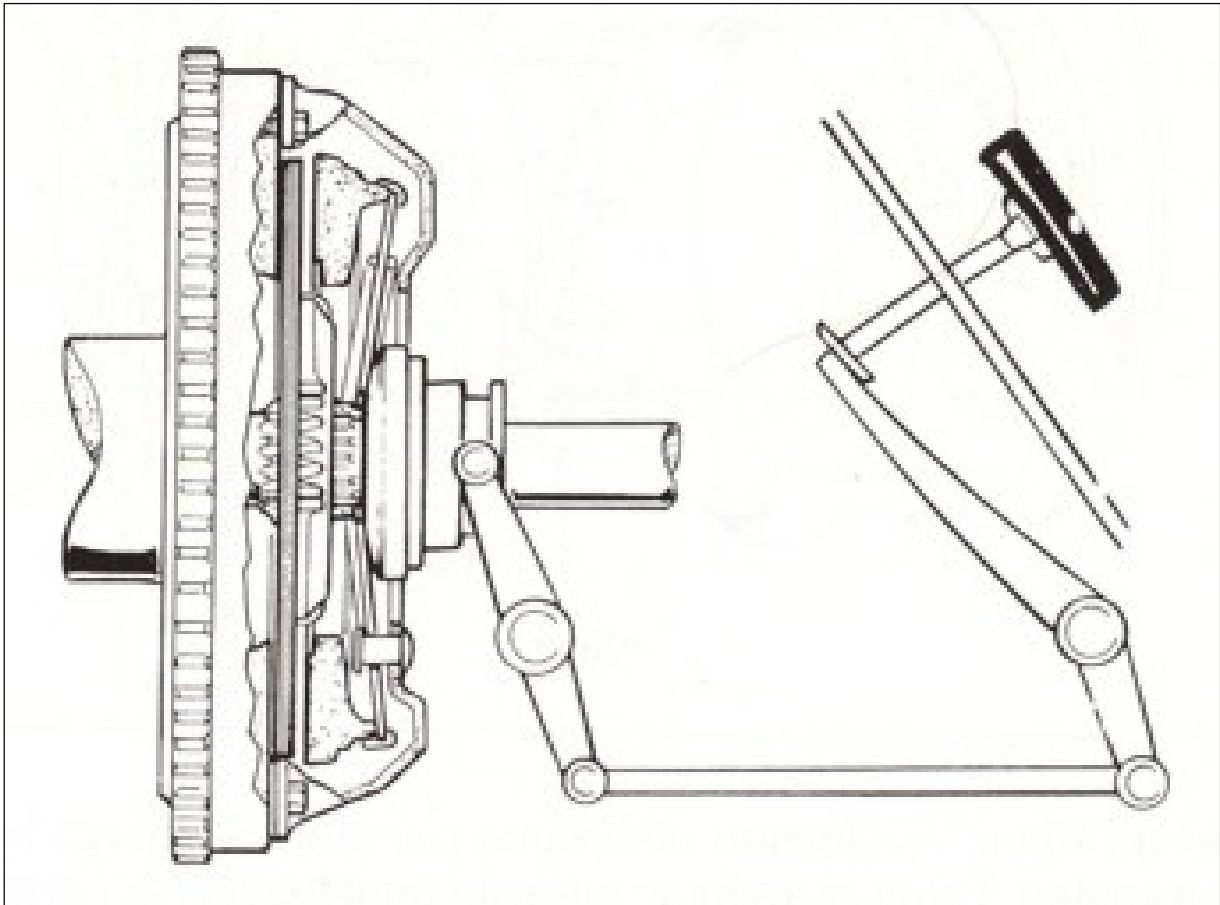


Kuva 5: Kytkinpoljin ylhäällä /2/



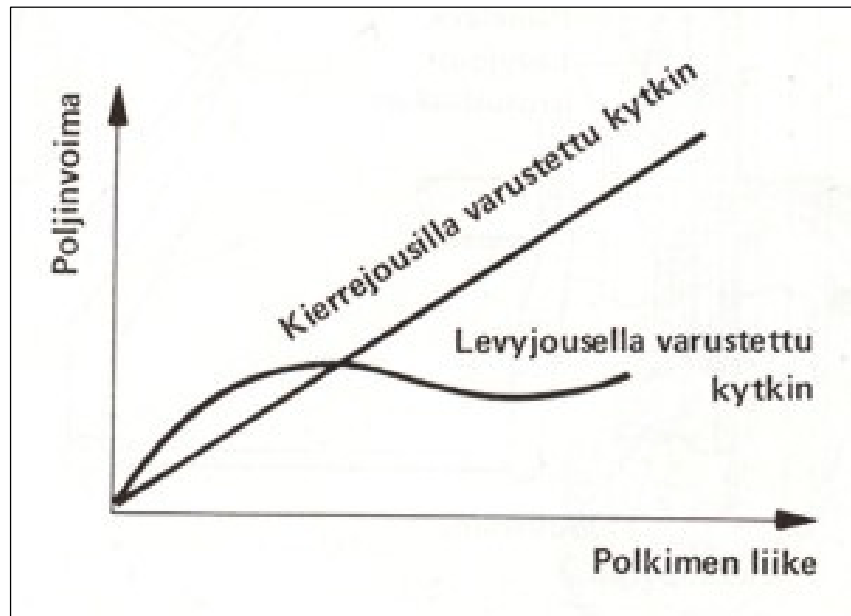
**Kuva 6: Kytkinasetelman rakenne /2/**

Kun kytkinpoljin painetaan alas (kuva 7, seuraava sivu), painelaakeri liukuu vauhtipyörään päin ja painaa levyjousen liuskoja edellään. Tällöin levyjousen paine painelevyä vastaan häviää, kytkinlevy alkaa luistaa vauhtipyörän ja painelevyyn suhteen eikä moottorista tuleva vääntömomentti enää välity kytkinakselille./2/



**Kuva 7: Kytkinpoljin alhaalla /2/**

Mainittakoon vielä, että levyjousellisen rakenteen etuna on se, että poljinvoima ei kasva suoraviivaisesti kuten kierrejousellisen rakenteen, vaan tietyn rajan ylitettyään poljinvoiman nousu pysähtyy ja kääntyy laskuun (kuva 8)./2/

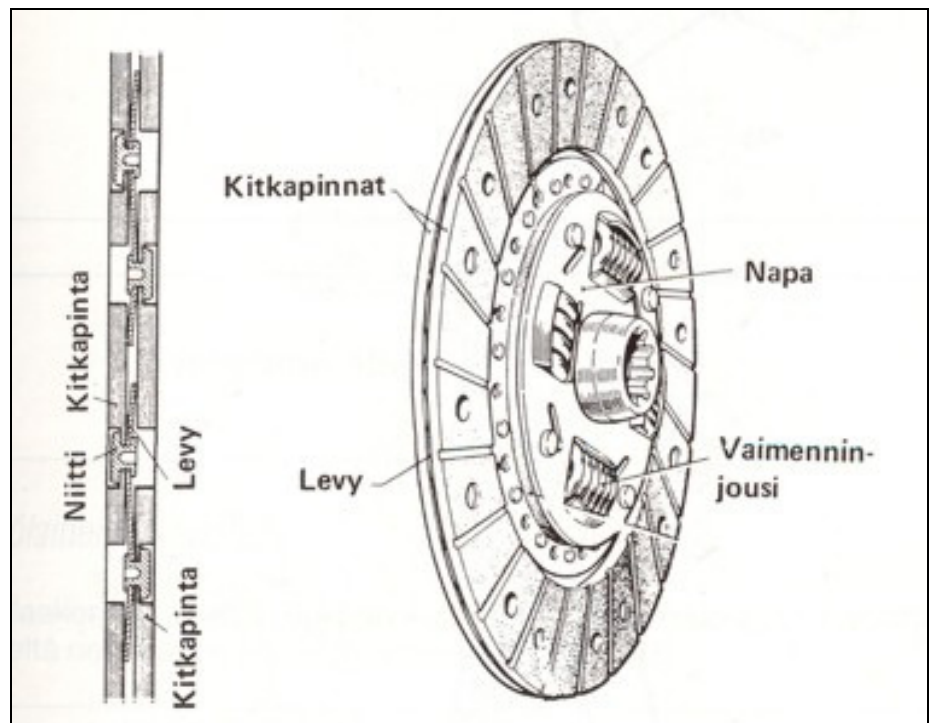


**Kuva 8: Poljinvoiman riippuvuus polkimen liikkeestä /2/**

## 2.2 Kytkinlevy

Kytkinlevyssä on kummallakin puolella rengasmainen kitkapinta. Levy valmistetaan hyvin lämmönkestävästä materiaalista. Kitkapinnan kiinnityskohta on jaettu lohkoihin ja lohkot taivutettu vuoron perään kummallekin puolelle. Tällä tavoin saadaan kytkinlevyyn joustavuutta ja kytkentä pehmeämmäksi./2/

Keskiosassa eli navassa on uritus, jota myöten levy voi liikkua kyt-  
kinakselilla. Napa varmenninjousineen kiinnitetään levyyn joustavasti. Varmennuksen tarkoituksena on estää moottorista tulevien vääntövä-  
rähätelyjen siirtyminen voimansiirtolaitteisiin ja pehmentää kytkeyty-  
mistä./2/



**Kuva 9: Kytkinlevy /2/**

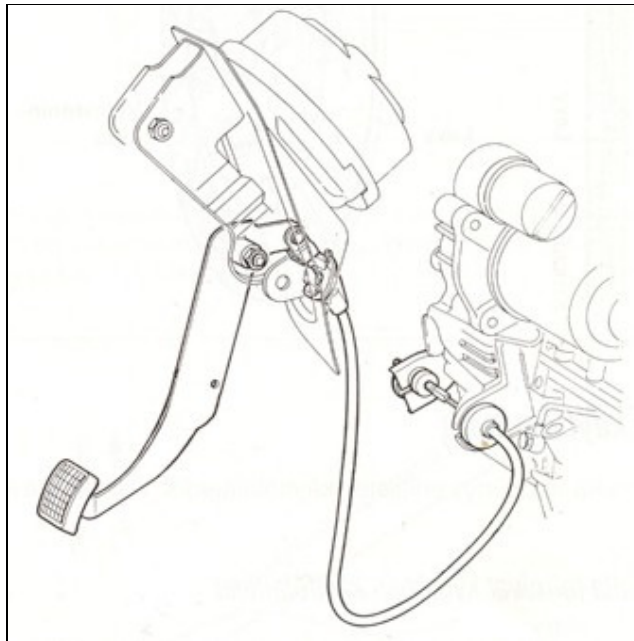
## 2.3 Kytkimen käyttölaitteet

Kytkinpolkimelta liike siirtyy erilaisten käyttölaitteiden välityksellä irrotinhaarukalle / painelaakerille.

### 2.3.1 Poljinvoimalla toimivat kytkimen käyttölaitteet

Mekaanista vipuvälitteistä käyttölaitteistoa käytetään keskiraskaissa ajoneuvoissa ja työkoneissa. Sillä voidaan hyvin ohjattu liike suunnata kytkimen irrotusvivustoon. Henkilöautojen kytkimissä käytetään kuitenkin lähestulkoon poikkeuksetta vaijerivälitteistä tai hydraulista käyttölaitteistoa.

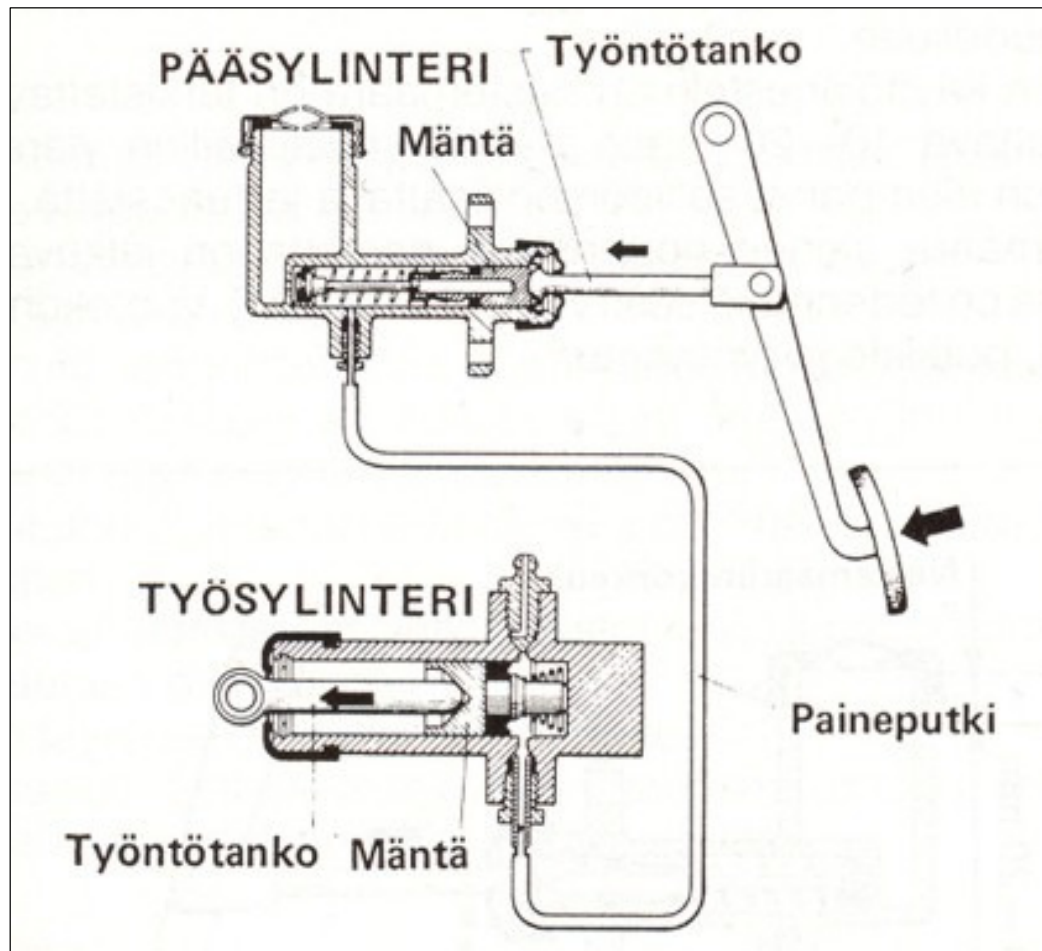
Mekaanisella vaijerivälitteisellä käyttölaitteistolla (kuva 10) voidaan irrotusliike siirtää kytkinpolkimelta irrotushaarukkaan joustavasti ja mutkikastakin reittiä. Vaijerivälitys sallii myös korin ja moottorin kytkinkopan välisen joustoliikkeen. /2/



**Kuva 10: Vaijerivälitteinen käyttölaitteisto /2/**



Hydraulisella käyttölaitteistolla saavutetaan samoja etuja kuin vaijeri- välitteisellä (kuva 11). Järjestelmässä olevan pääsylinterin mäntään vaikuttaa poljinvoima, joka synnyttää paineen pääsylinterin männän takana. Pääsylinteristä nestepaine siirtyy työsylinteriin, joka on kiinnitetty kytkinkoteloon. Työsylinterin työntötanko on suorassa kosketuksessa kytkimen irrotushaarukkaan, ja työsylinterin mäntään vaikuttava nestepaine saa aikaan työntötangon ja irrotushaarukan liikkeen ja samalla irrottaa kytkimen./2/



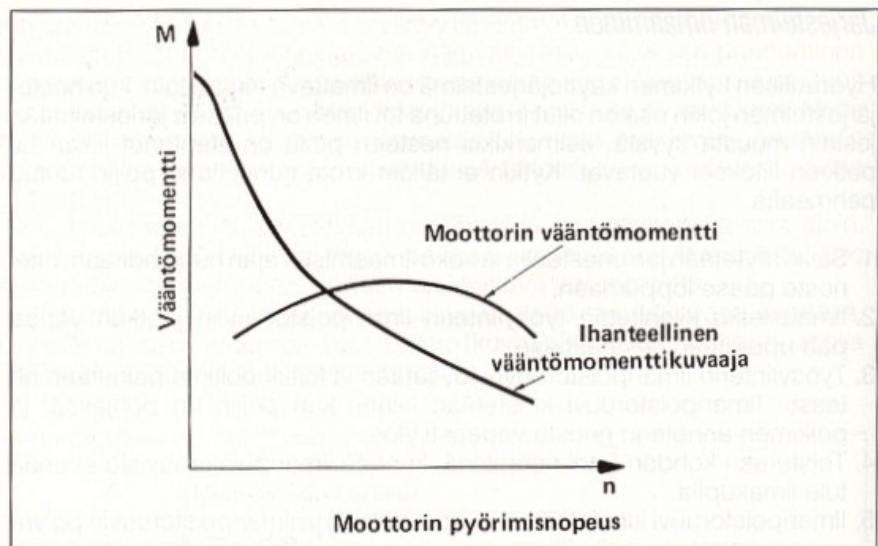
Kuva 11: Hydraulinen käyttölaitteisto /2/

### 3. Vaihteisto

#### 3.1 Vaihteiston tehtävä

Polttomoottorin teho ja vääntömomentti riippuvat moottorin pyörimisnopeudesta (kuva 12). Vaihteiston tehtävänä on muuttaa moottorin ja vetopyörästä välityssuhde sellaiseksi, että moottori toimii taloudellisella kierrosnopeudella ja parhaalla vääntömomenttialueella. Ennen kaikkea vaihteiston on kyettävä muuttamaan vetoakseleille ja vetäville pyörille tuleva vääntömomentti moottorin antamaa vääntömomenttia korkeammaksi, jotta kulloinkin vaikuttavat ajovastukset voitetaan. /2/

Polttomoottori kehittää suurimman vääntömomenttinsa pyörimisnopeusalueensa keskivaiheilla. Edullisinta kuitenkin olisi, jos vääntömomentti olisi suurimmillaan pyörimisnopeuden ollessa pieni, juuri liikkeelle lähdettäessä ja pienenesi pyörimisnopeuden kasvaessa. /2/



**Kuva 12: Polttomoottorin vääntömomentin riippuvuus pyörimisnopeudesta /2/**

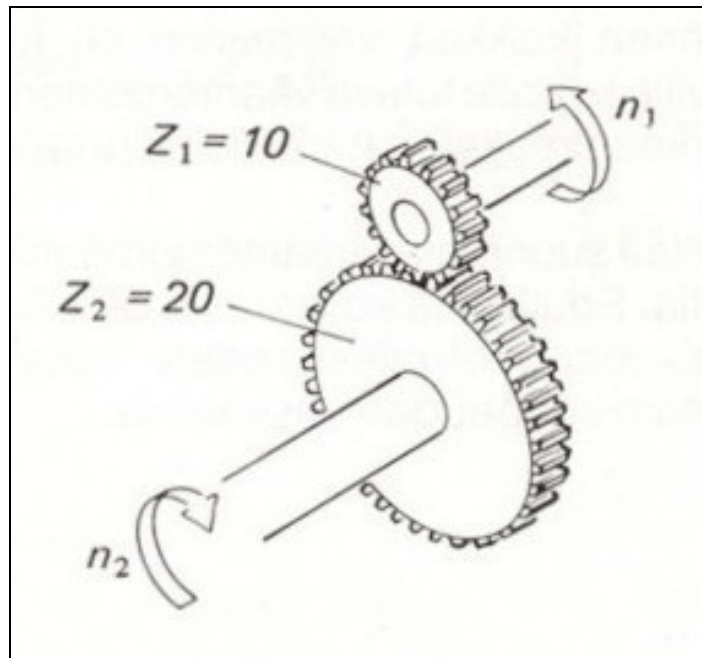
### 3.2 Välityssuhde ja pyörimisnopeus

Tehon ja vääntömomentin ja pyörimisliikkeen siirtoon akselilta toiselle on mahdollista käyttää erilaisia rakenteita. Sen mukaan, montako välitystä on peräkkäin, puhutaan 1-, 2- tai useampiportaisesta välityksestä. /2/

#### Erikokoiset hammaspyörät (kuva 13)

- Hammasluvut ovat erilaiset
- Pienempi pyörii nopeammin kuin suurempi.

$$\text{Välityssuhde } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$



**Kuva 13: Erikokoiset hammaspyörät /2/**

### Välityssuhde voidaan ilmoittaa

- Pyörimisnopeuksien suhteena

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\text{käytettävän pyörän pyörimisnopeus}}{\text{käytettävän pyörän pyörimisnopeus}}$$

- Hammaslukujen suhteena

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\text{käytettävän pyörän hammasluku}}{\text{käytettävän pyörän hammasluku}}$$

- Pyörien halkaisijoiden suhteena

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\text{käytettävän pyörän jakoympyrän halkaisija}}{\text{käytettävän pyörän jakoympyrän halkaisija}}$$

On tavallista, että pyörivä liike joudutaan välittämään usean portaan välityksellä, jolloin käytettävän akselin pyörimisnopeus lasketaan välityssuhteiden avulla, kun käytettävän akselin pyörimisnopeus tunnetaan./2/

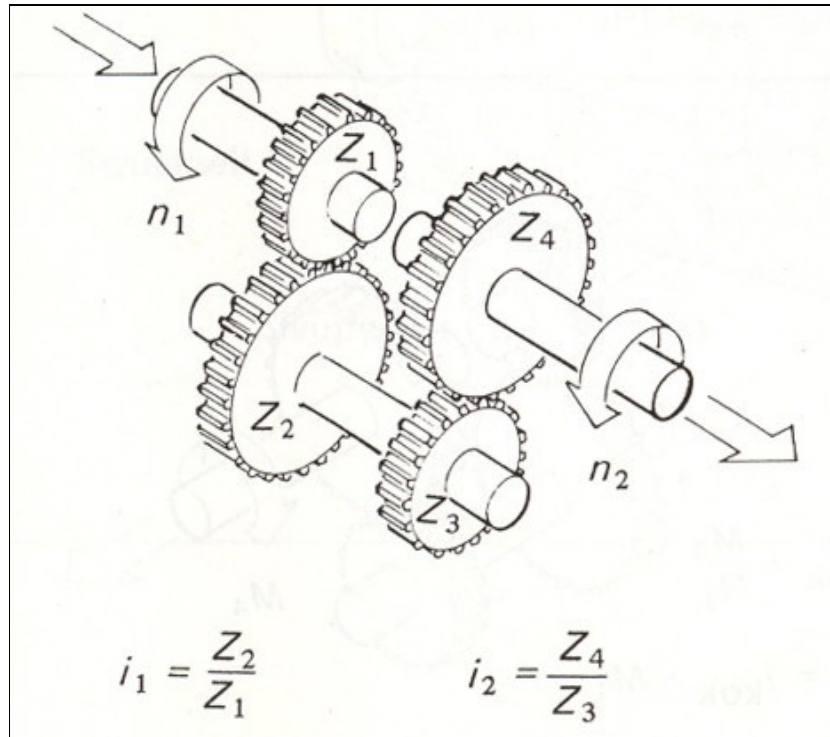
**Kokonaisvälityssuhde on osavälityssuhteen tulo** (kuva 14)

$$i_{kok} = i_1 \cdot i_2 = \frac{n_1}{n_4}$$

*eli*

$$n_4 = \frac{n_1}{i_{kok}}$$

Käytettävän akselin pyörimisnopeus saadaan aina jakamalla käytettävän akselin pyörimisnopeus kokonaisvälityssuhteella./2/



Kuva 14: 2 – portainen välitys /2/

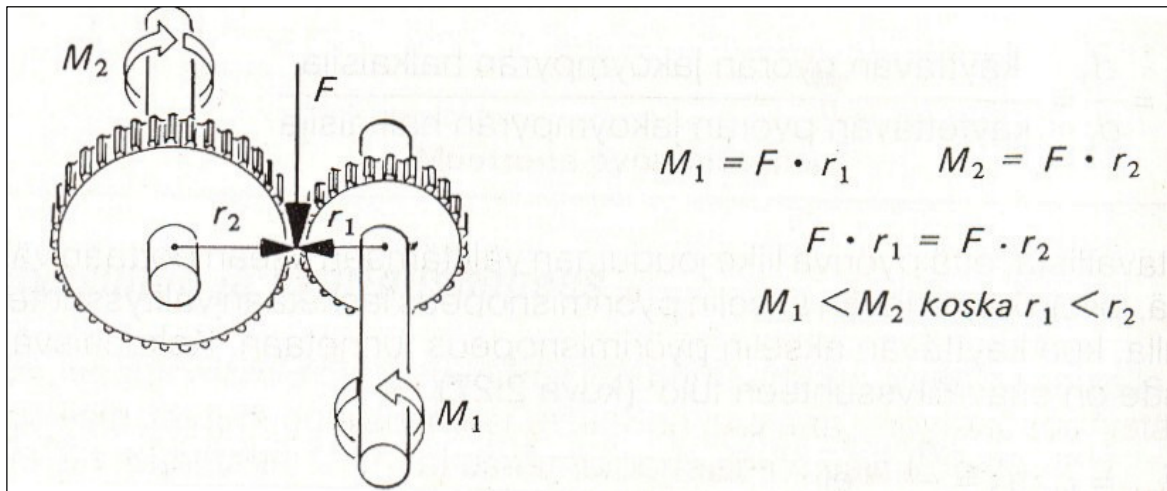
### 3.3 Välityssuhde ja vääntömomentti

Jos hammasluvut ovat erilaiset, kumpaankin hammaspyörään vaikuttava voima pysyy samana, mutta vipuvarret ovat eripituiset. Suuremman hammaspyörän vipuvarsi eli säde ja sen vääntömomentti ovat suuremmat (kuva 15, seuraava sivu)./2/

Välityssuhteen, pyörimisnopeuden ja vääntömomentin välillä vallitsee yhteys.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1}$$

Jos välityksen jälkeen akselin pyörimisnopeus kasvaa, vääntömomentti pienenee. Jos taas pyörimisnopeus pienenee, vääntömomentti suurenee./2/



Kuva 15: Erilaiset hammasluvut /2/

### 3.4 Useampiportainen välitys

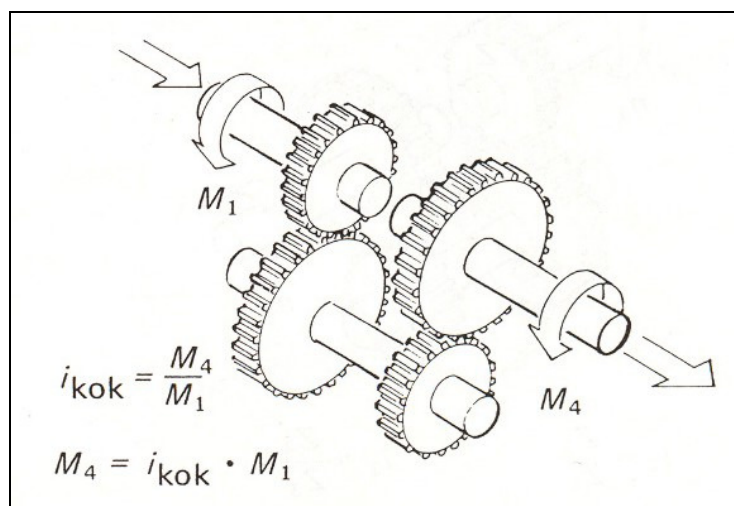
Käytettävältä akselilta tuleva vääntömomentti voidaan laskea, kun tiedetään kokonaisvälityssuhde (kuva 16).

$$i_{kok} = \frac{M_2}{M_1}$$

josta ratkaistaan

→

$$M_4 = i_{kok} \cdot M_1$$



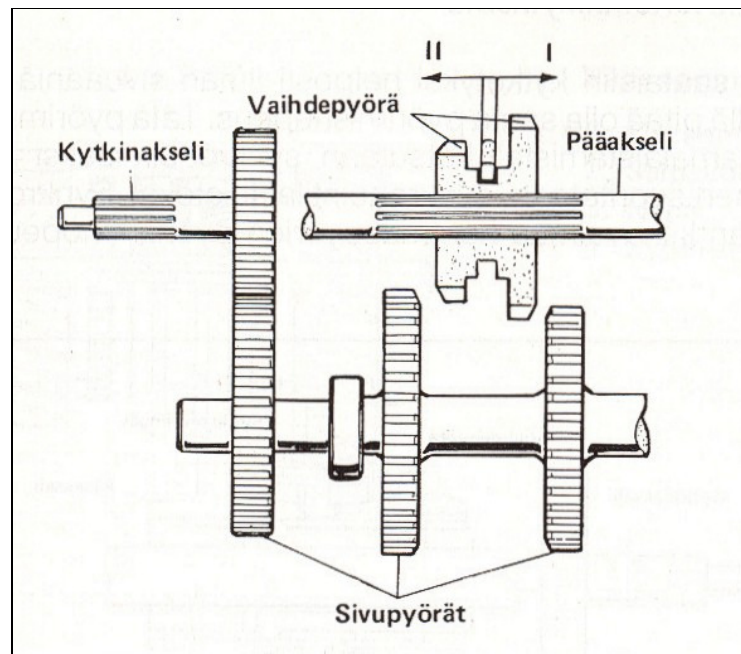
Kuva 16: 2 – portainen välitys /2/

### 3.5 Hammaspyörien kytkennät

#### 3.5.1 Siirtopyöräkytkentä

Siirtopyöräkytkennässä akselilla liikkuva hammaspyörä työntyy hammaskosketukseen toisella akselilla olevan hammaspyörän kanssa. Tätä kytkentätapaa käytetään pääasiassa vain peruutusvaihteella, sillä ns. siirtoholkkikytkentä on muilla vaihteilla korvannut sen. Tuonnempana esille tuleva synkronoitu siirtoholkkikytkentä on ollut autoteollisuudessa käytössä jo pitkään. Tämän vuoksi tässä työssä käsitellään pelkästään siirtoholkkikytkentää ja synkronoitua siirtoholkkikytkentää. /2/

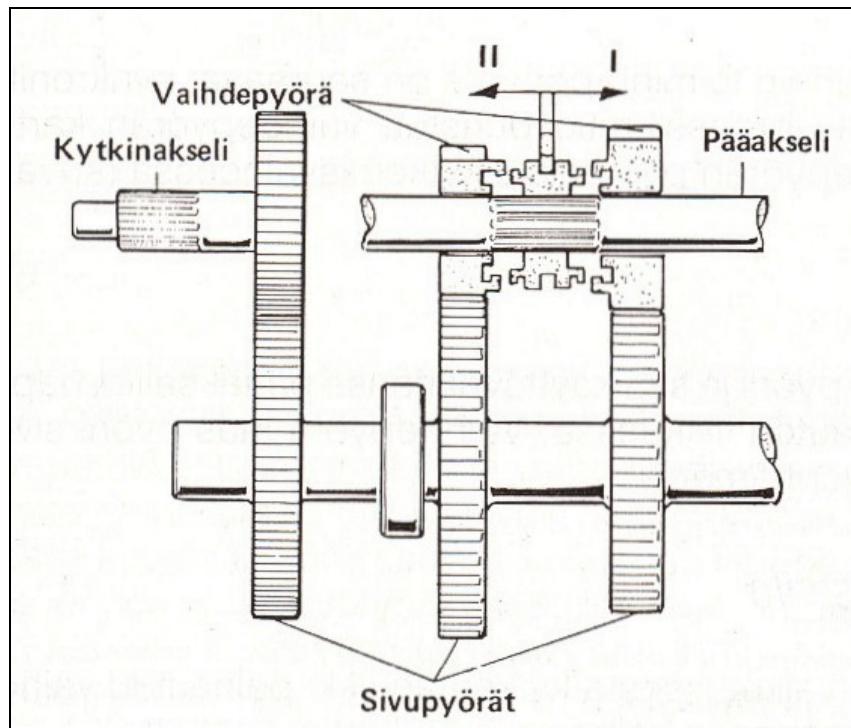
Siirtopyörärakenteen etuna on kylläkin sen yksinkertaisuus, mutta haittana vaikea vaihteiden vaihdettavuus ja se, että hampaat vaurioituvat helposti (kuva 17).



**Kuva 17: Siirtopyöräkytkentä. Kytkentäasennossa 1 on suurempi välityssuhde ja hitaampi pääakselin pyörintänopeus. /2/**

### 3.5.2 Siirtoholkkikytkenä

Akselin urissa liikkuvalla siirtoholkilla lukitaan vapaasti pyörivät vaihdepyörät akseleilleen. Siirtoholkin kytkinpäät on pyritty saaman mahdollisimman lähelle hammaspyörän keskiötä, jolloin niiden kehänopeus on paljon pienempi kuin vaihdepyörän hampaiden. Vaihde kytkeytyy helpommin holkin keveyden ja kytkentähampaiden pienemmän kehänopeuden ansiosta (kuva 18)./2/

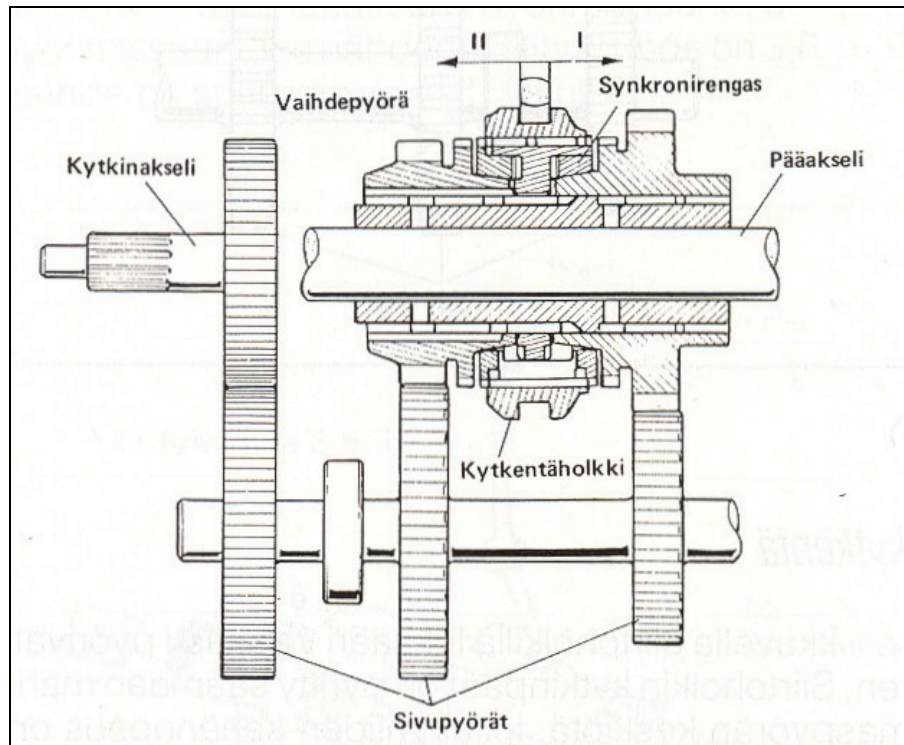


**Kuva 18: Siirtoholkkikytkenä /2/**



### 3.5.3 Synkronoitu siirtoholkkikytkentä

Jotta vaihteet saataisiin kytketyksi helposti ilman sivuääniä ja hammaspyörävaurioita, kytkettävillä hammaspyörillä pitää olla sama pyörimisnopeus. Tätä pyörimisnopeuksien tasaamista kutsutaan synkronoimiseksi ja laitteistoa, joilla tasaaminen suoritetaan, synkronointilaitteistoksi. Synkronointilaitteistossa käytetään kitkavoimaa hammaspyörien pyörimisnopeuksien tasaamiseen (kuva 19)./2/



**Kuva 19: Synkronoitu siirtoholkkikytkentä /2/**

### 3.6 Kartiosynkronointi

Kartiosynkronointi on yleisin autojen vaihteistoissa käytettävä synkronointimenetelmä. Kartiosynkronoinnin toimintaperiaate on seuraava: synkronointilaitteen runko-osaan kiinnitetty pronssikartio puristuu vaihdepyörän kartiota vasten ja jarruttaa vaihdepyörän pyörimistä kytkemisvaiheessa (kuva 20, seuraava sivu)./2/

#### 3.6.1 Vapaa-asento

Kytkeäholkki pyörii ja saa käyttövoimansa pääakselilta napaosansa kautta, joka pyörii auton liikuessa. Vaihdepyörä taas pyörii sivuakselin hammaspyörien pyörittämänä (kuva 20, seuraava sivu)./2/

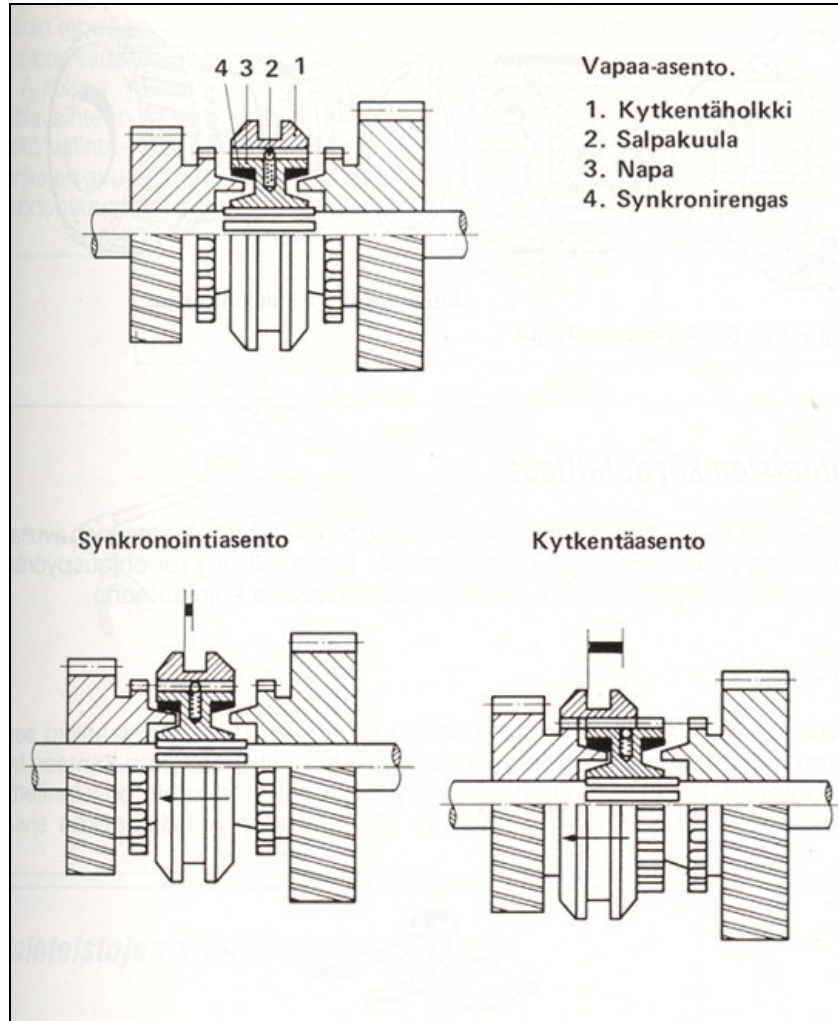
#### 3.6.2 Synkronointiasento

Siirtohaarukan vaikutuksesta kytkentäholkki painautuu vaihdepyörää vasten, jolloin napaosan ja vaihdepyörän kartiot koskettavat toisiinsa tasaten pyörimisnopeuksien erot (kuva 20, seuraava sivu)./2/

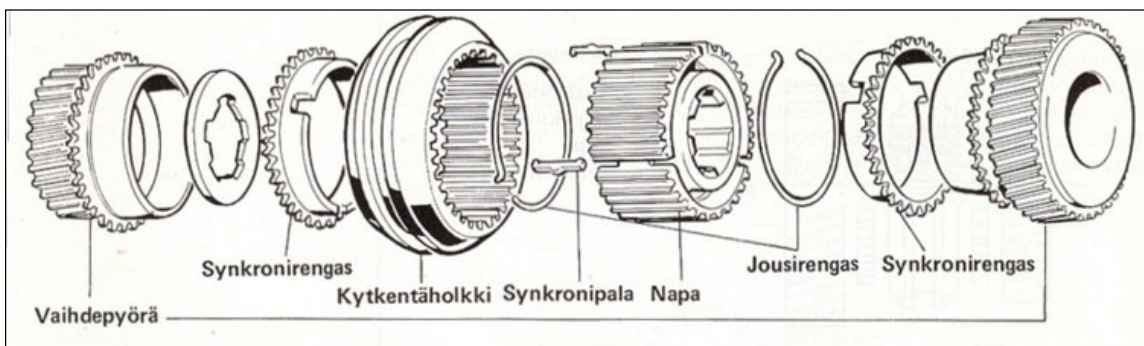
#### 3.6.3 Kytkeäasento

Kun siirtohaarukasta tuleva voima on kasvanut ja jousikuormitteiset kuulat painuvat sisään, kytkentäholkki pääsee siirtymään vaihdepyörän kytkentähammastuksen päälle, jolloin se lukitsee vaihdepyörän akselilleen (kuva 20, seuraava sivu)./2/

Tällainen synkronointilaite toimii hyvin vain hitaasti vaihdettaessa. Nopeasti vaihdettaessa kytkentäholkki saattaa koskettaa vaihdepyörän kytkentähammastusta ennen kuin pyörimisnopeudet ovat tasoittuneet. Tällöin vaihtaminen on äänekkästä ja kytkentähammastus kuluu nopeasti. Kytkeäholkin ja vaihdepyörän liian aikainen hammaskosketus voidaan välttää synkronointilaitteeseen liitettävillä synkronipaloilla ja synkronirenkaan estohammastuksella (kuva 21, seuraava sivu)./2/



**Kuva 20: Kartiosynkronointilaitteen toiminta /2/**



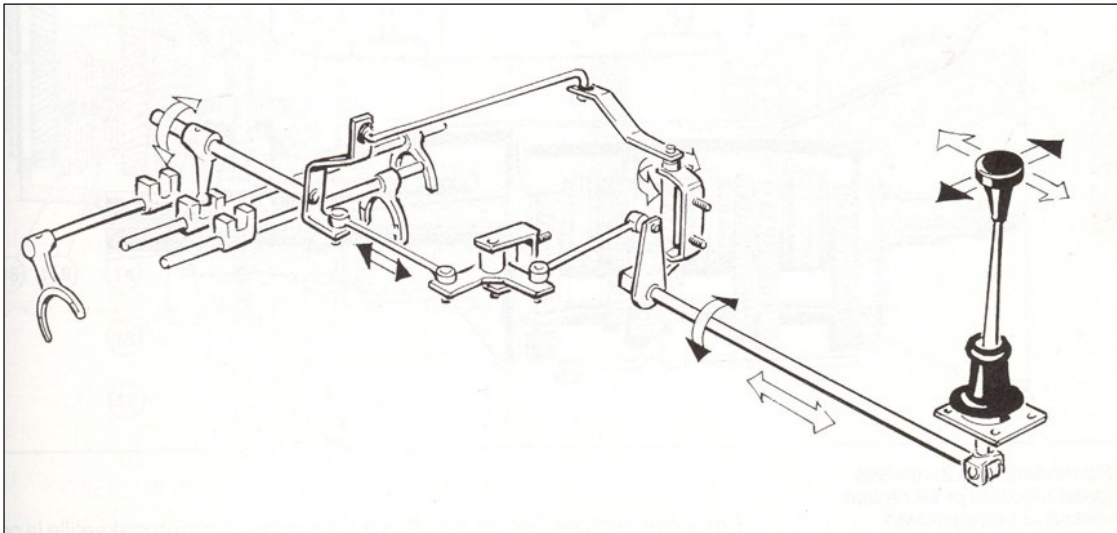
**Kuva 21: Synkronipaloin ja synkronirenkaassa olevin estohammastuksin varustettu kartiosynkronointilaitteisto /2/**

### 3.7 Vaihteiston käyttölaitteet

Vaihteen valitseminen tapahtuu vaihdetangon eli vaihteen valitsimen avulla. Valitsin on yleensä sijoitettu joko lattiaan (lattiavaihde) tai ohjauspyörän sivulle (ohjauspyörävaihde), joissakin ajoneuvoissa kojelautaan.

#### 3.7.1 Lattiavaihde

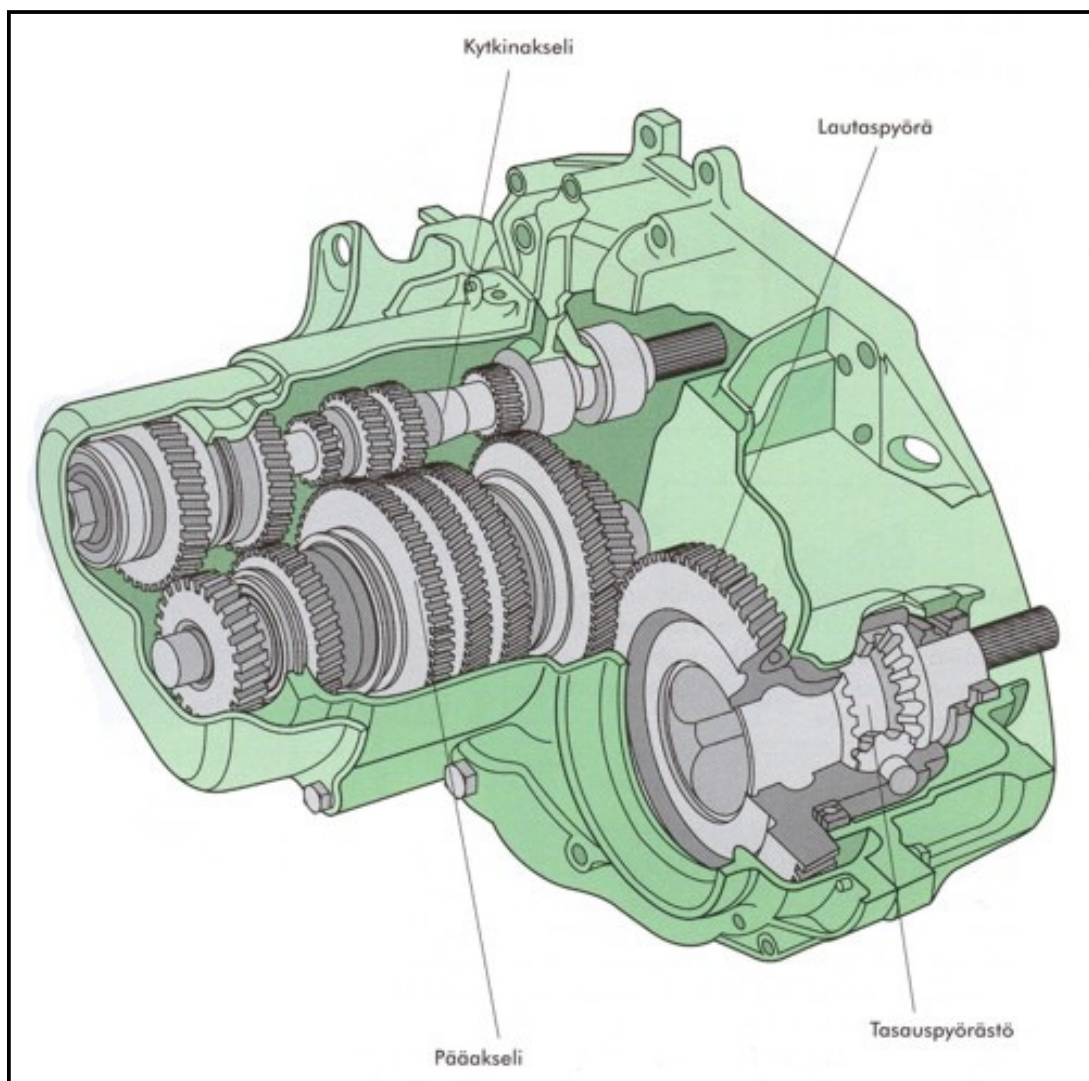
Autoissa joissa moottori on edessä poikittain tai auton takaosassa, lattiavaihteen vaihdetanko on kiinnitetty auton koriin. Vaihdetangon liikkeet, sekä valinta- että siirtoliikkeet, välittyvät vaihdelaatikkoon siirtovipujen ja tankojen avulla. Siirtolaitteistossa on siksi oltava osia, jotka välittävät nämä kahdensuuntaiset liikkeet. Alla olevassa kuvassa 22 on esimerkki etuvetoisen auton vaihteiston käyttölaitteistosta. Kuvan laitteisto on varsin monimutkainen, sillä joissain autoissa käytetään vaihteiston ja vaihdetangon eli –kepin välisten monien siirtovipujen sijasta pelkästään yhtä siirtovipua tai esim. kahta vajjeria./2/



**Kuva 22: Lattiavaihde, joka on kiinnitetty auton koriin (vaihdelaatikko & moottori auton edessä poikittain) /2/**

### 3.8 Etuvetoisen auton vaihteiston sijoitus ja rakenne

Etuvetoisissa autoissa moottori on lähes poikkeuksetta sijoitettu eteen auton poikittaissuuntaisesti ja vaihteisto sekä vetopyörästä moottorin päätyyn. Vaihteisto ja vetopyörästä muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden, josta voima ohjataan vetoakseleita pitkin vetäviin pyöriin (kuva 23). Etuvetoisen auton voimansiirtolaitteisto on esitetty havainnollistavasti kokonaisuutena sivulla 32, kuvassa 24.



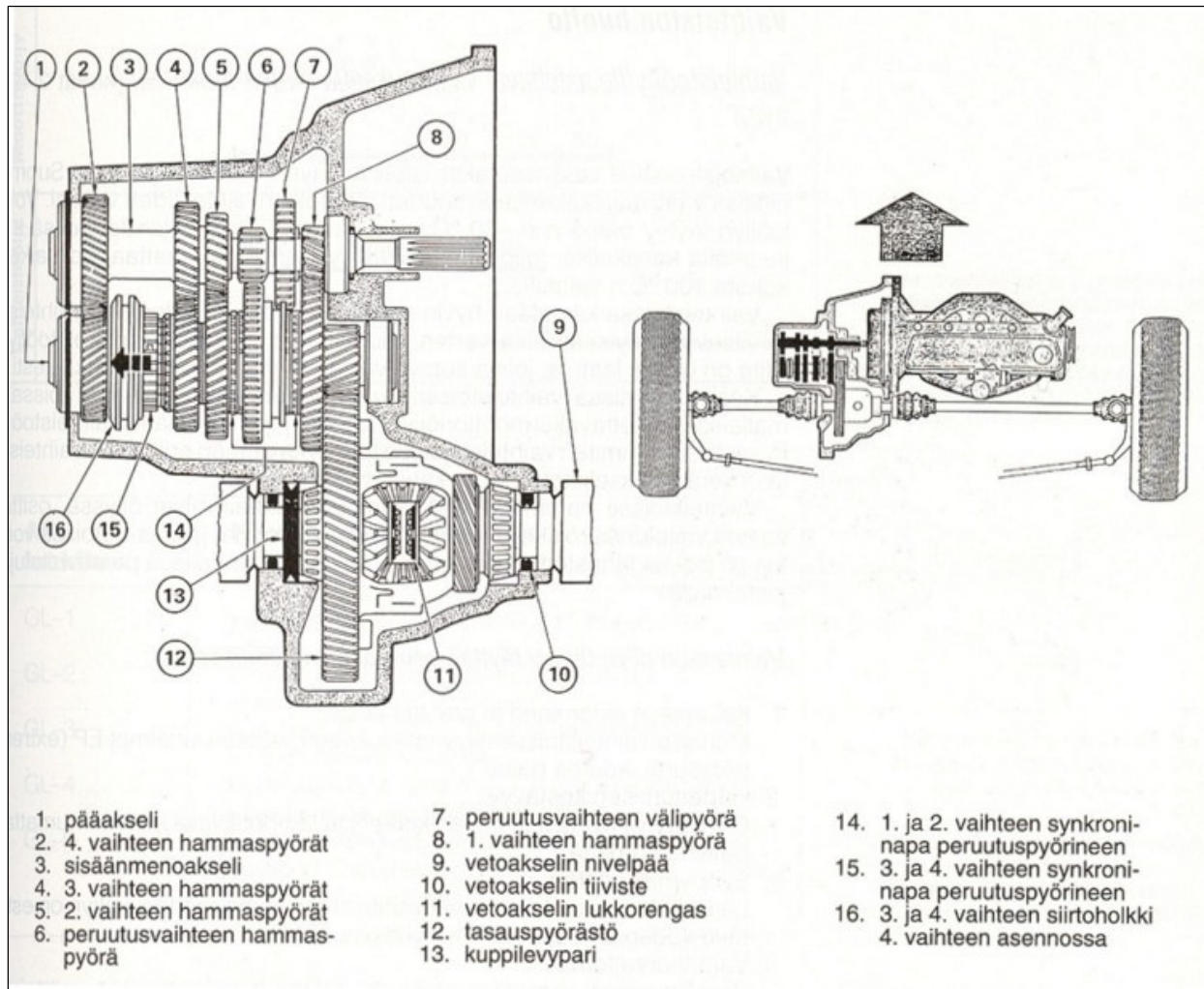
Kuva 23: Etuvetoisen auton vaihteisto ja vetopyörästä /1/

Moottorin vääntömomentti siirretään kytkimen välityksellä vaihteiston sisäänmenoakselille eli kytkinakselille ja sieltä kytkettynä olevan vaihteen välityksellä pääakselille. Pääakselin eteenpäinajovaihteiden vinohampaiset hammaspyörät ovat jatkuvasti hammaskosketuksessa sisäänmenoakselin vastaavien hammaspyörien kanssa. Edellisen sivun kuvassa 3.8.1 suurin sisäänmenoakselin pyörä on kytkeytyneenä pienimpään pääakselin pyörään, ja tällöin kytkeytyneenä on 4. vaihde./2/

Eteenpäinmenovaihteet kytketään synkronointilaitteiden avulla. Vaihdettaessa seuraavaksi suuremmalla vaihteelle pyörii suuremman vaihteen pyörä pääakselilla nopeammin kuin synkronointilaitte, joka pyörii yhtä nopeasti kuin pääakseli./2/

Vaihdetta kytettäessä synkronointilaitteen siirtoholkki siirtyy lähemmäksi hammaspyörää ja synkronointirengas jarruttaa nopeammin pyörivää hammaspyörää sekä sen mukana pyörivää sisäänmenoakselia. Pyörimisnopeuksien eron tasoituttua vaihde voidaan kytkeä. Alaspäin vaihdettaessa kiihdytetään hitaammin pyörivien nopeutta. Peruvaihteen sisäänmenoakselin pyörä on suoraampainen, ja se kytketään siirrettävän välipyörän avulla pääakselin 1. ja 2. vaihteen synkronointinavassa olevaan suoraampaiseen pyörään./2/

Pääakselilta vääntömomentti välittyy ison vetopyörän kehälle. Ison vetopyörän sisään kiinnitetty tasauspyörästä, jonka kautta vääntömomentti välittyy edelleen vetoakseleiden välityksellä etupyöriin./2/



Kuva 24: Etuvetoisen auton voimansiirtolaitteisto /2/

### 3.9 Vaihteiston huolto

Vaihteistossa ja vetävissä akselistoissa käytettävät öljyt joutuvat Suomen oloissa vaatimaan kokeeseen suurten lämpötilavaihteluiden vuoksi. Voiteluöljyn täytyy päteä niin  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n pakkasella liikkeelle lähettäessä kuin kuumalla kesäkelillä, jolloin vaihteistoöljyn lämpötila saattaa ajon aikana kohota  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n vaiheille. /2/

Vaihteistossa käytetään hyvin monenlaisia öljyjä. Automaattivaihteistot tarvitsevat erityisesti niitä varten suunniteltuja automaattivaihteistoöljyjä. Niitä on useita laatuja, joista sopiva valitaan tehtaan ohjeen mukaisesti. /2/

Käsivalintaisissa vaihteistoissa auton valmistajat suosittavat joissakin malleissa käytettäväksi moottoriöljyä, toisissa jopa automaattivaihteistoöljyjä, mutta useimmiten vaihteistojen voiteluun käytetään erityisesti vaihteistoja ja vetäviä akselistoja varten suunniteltuja öljyalaatuja. /2/

#### 3.9.1 Vaihteistoöljyille asetetut vaatimukset

##### 1. Kulumisen estäminen ja paineenkesto

Monissa vaihteistoissa öljyvaatimukseen lisätään kirjaimet EP (extreme pressure, ”korkea paine”)./2/

##### 2. Hapettumisen kestävyys

Öljyn täytyy kyetä toimimaan korkeissa lämpötiloissa sakkaantumatta ja paksuuntumatta./2/

##### 3. Syöpymisenesto

Lämpötilanmuutokset tuovat vaihteistoon lauhdevettä, ja öljyn on estettävä veden aiheuttamat syöpymisvauriot./2/

##### 4. Vaahtoamattomuus

Vaahtoaminen vaarantaa ehjän öljykalvon ja voi tyhjentää vaihteiston ilmanvaihtokanavan kautta./2/



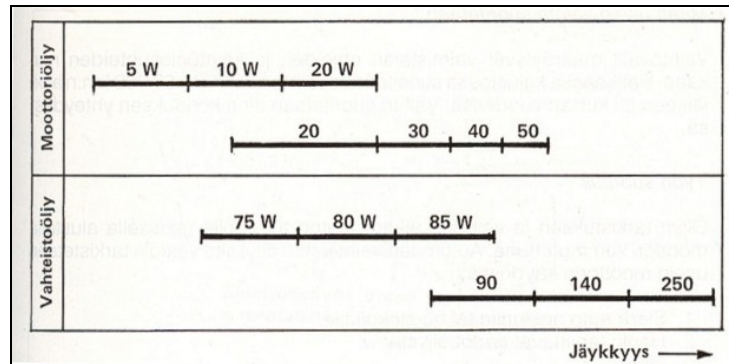
## 5. Viskositeetti

Se määritetään SAE-normiston avulla ja se ilmoittaa öljyn juoksevuuden. Vaihteistoöljyjen viskositeetti-alueet ovat 75 W, 80 W, 85 W, 90 W, 140 W ja 250 W./2/

SAE 75 W-, 80 W- ja 85 W –viskositeetti mitataan -40°C:n, -26°C:n ja -12°C:n lämpötiloissa mittarilla, joka simuloi samanlaisissa lämpötiloissa toimivia moottoreita. Näin voidaan todeta, että kyseiset öljyt todella toimivat kylmissä olosuhteissa./2/

Alla olevassa kuvassa 25 on vertailtu vaihteisto- ja moottoriöljyjen juoksevuutta SAE – normiston mukaan 100 °C:n lämpötilassa. On tärkeää huomata, että esim. vaihteistoöljy 80 W on juoksevuudeltaan moottoriöljyjen 20 W ja 30 W välissä.

Kuvassa 26 puolestaan on esitetty vaihteistoöljyjen API – luokitukset.



**Kuva 25: Vaihteisto- ja moottoriöljyjen juoksevuuden keskinäinen vertailu SAE – normiston mukaan 100 °C:n lämpötilassa /2/**

API-luokitus	Käyttö- ja laatumääritys
GL-1	Vaihteistoöljy ilman korkeapaine- eli E.P. -lisäaineita
GL-2	Lievästi E.P. -lisäaineistettu vaihteistoöljy kierukkapyörästön voiteluun
GL-3	Lievästi E.P. -lisäaineistettu vaihteistoöljy lieriö- ja kartiopyörästön voiteluun
GL-4	Runsaasti lisäaineistettu E.P. -öljy, jota voidaan käyttää myös hypoidipyörästöissä
GL-5	Voimakkaasti lisäaineistettu E.P. -öljy raskaaseen käyttöön. Sopii hyvin hypoidipyörästöllä varustettuihin autoihin

**Kuva 26: Vaihteistoöljyjen API – luokituksen tunnuskirjaimet ovat GL. Kirjainten jäljessä oleva numero osoittaa, millaiseen käyttöön öljy on tarkoitettu. /2/**

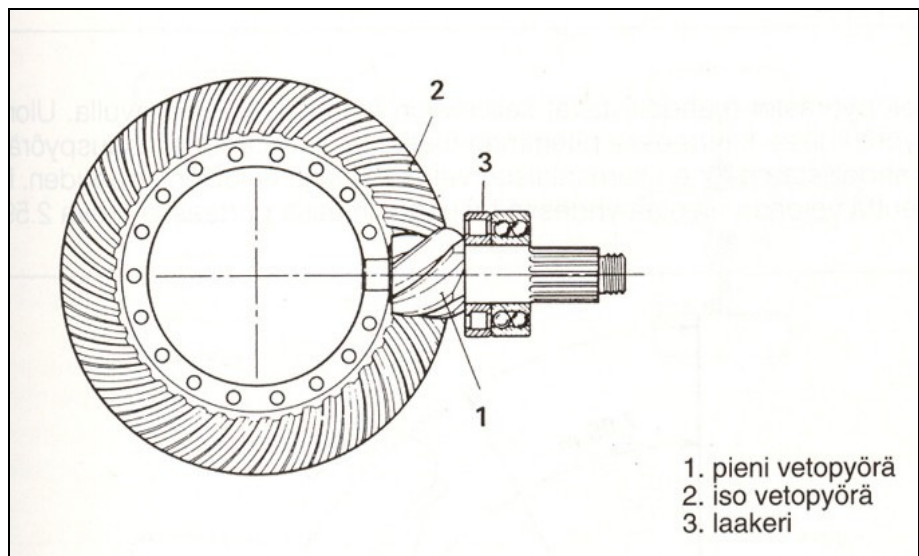
## 4. Vetopyörästö / Tasauspyörästö

### 4.1 Vetävän akseliston tehtävät

Niitä akselistoja, joiden kautta moottorin teho siirretään pyörille, kutsutaan vetäviksi akselistoiksi. Vetävät akselit suorittavat monia tehtäviä tehonsiirtoketjussa. Usein ne toimivat kulmavaihteena, joka samalla on momentinmuuttaja. Toimiessaan kulmavaihteena vetävä akselisto muuttaa nivelakselin pituussuuntaisen pyörintäliikkeen poikittaisuuntaiseksi./2/

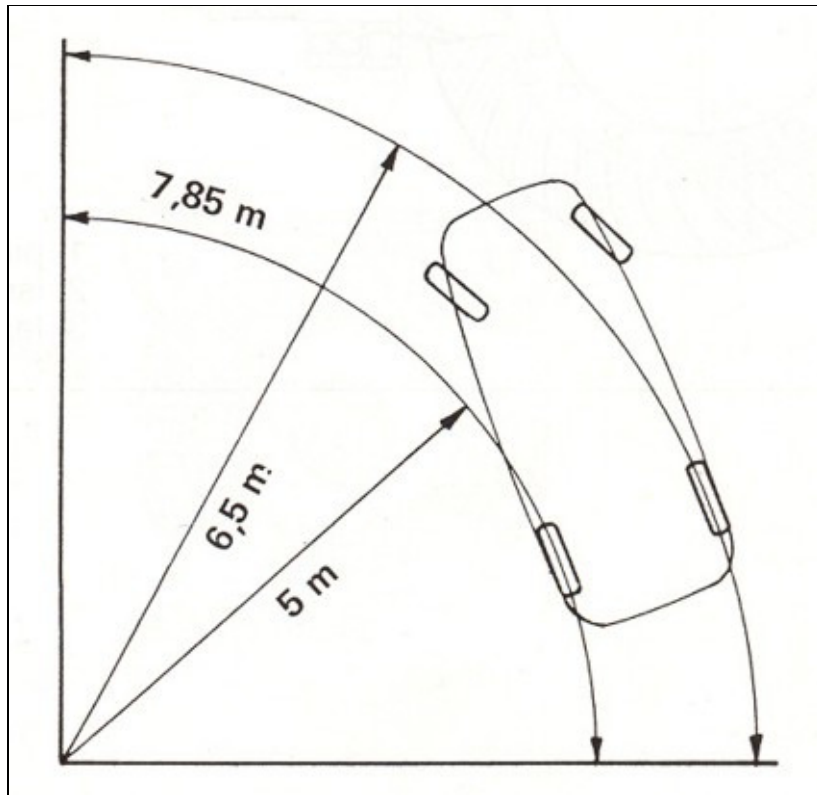
Moottorin pyörintänopeuden sovittaminen ajonopeuteen sopivaksi vaatii vielä yhden alennusportaana. Tämä porras on sijoitettu vetävään akselistöön. Alennusvaihte on rakennettu vetopyörästöön ja/tai pyörännavassa sijaitsevaan napavälitykseen./2/

Vetopyöräparin hammaspyöräparit on usein mitoitettu siten, että välityssuhde on noin 4:1. Näin vetopyörästön pyörintänopeus hidastuu ja vääntömomentti kasvaa (kuva 27)./2/



**Kuva 27: Esimerkki vetopyöräparista /2/**

Vetopyörästöt mahdollistavat kaarreajon tasauspyörästön avulla. Ulompi pyörä kulkee kaarteessa pidemmän matkan kuin sisempi. Tasauspyörästö mahdollistaa pyörien samanlaisen vetovoiman ja erilaisen nopeuden. Nopeutta voidaan alentaa yhdessä tai useammassa portaassa (kuva 28). Kuvassa kaarreajotilanne on esitetty takavetoisen auton tilanteessa, mutta sama tilanne pätee myös etuvetoiseen autoon./2/



**Kuva 28: Tasauspyörästön mahdollistama kaarreajo /2/**

#### 4.2 Vetävien akselistojen sijainti tehonsiirtoketjussa

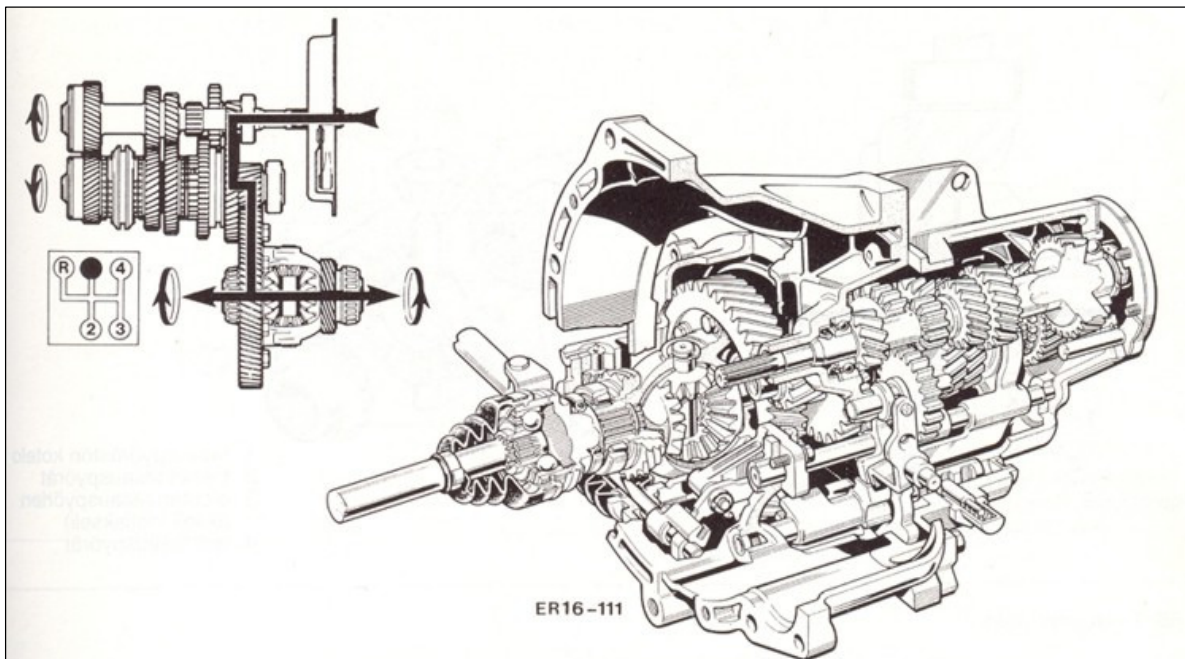
Autonsuunnittelijat ovat käyttäneet moottorin ja vaihteistojen sijoittelussa monia vaihtoehtoja. Vetävä akselisto voi sijaita autossa joko takana tai edessä tai nykysuuntauksen mukaan molemmissa.

### Vetävään akselistoon kuuluvat normaalirakenteessa

- Vetopyörästä
- Tasauspyörästä
- Vetoakselit

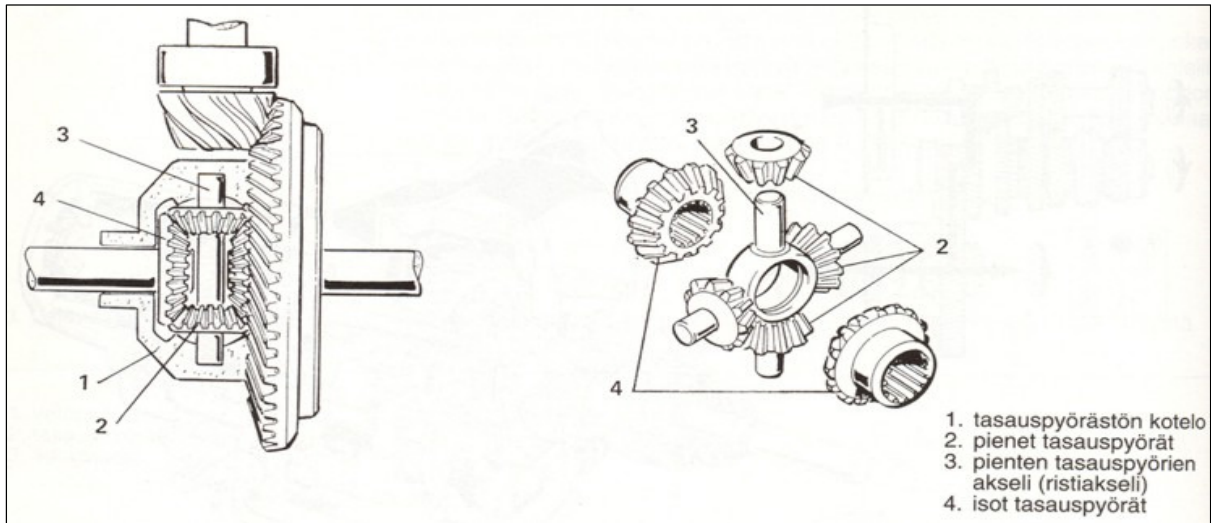
#### 4.3 Lieriöhammaspyörät vetopyörästä

Etuvetoisissa autoissa, joissa moottori on sijoitettu poikittain, ei tarvita kulmavaihdetta, ja tällöin vetopyörästä voidaan tehdä lieriöhammaspyörästä. Lieriöhammaspyörät ovat helpommat valmistaa ja varsinkin asentaa, koska lieriövetopyörästä ei tarvitse säätää hammaskosketusta eikä hammasvälystä. Lieriöhammaspyörävetopyörästä kokonaisuutena on esitetty alla olevassa kuvassa 29./2/



Kuva 29: Lieriöhammaspyörävetopyörästä /2/

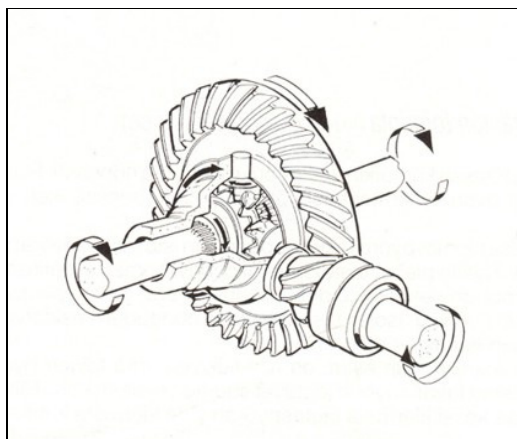
Alla kuvassa 30 on esitetty tasauspyörästäön rakenne. Vaikka kuvan tasauspyörästäö onkin takavetoisesta autosta, tasauspyörärien toiminta on etuvetoisen auton lieriöhammasvetopyörästäössä täysin sama.



**Kuva 30: Tasauspyörästäön rakenne /2/**

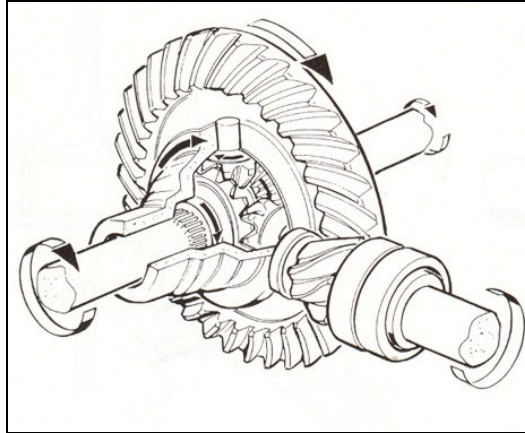
#### 4.4 Tasauspyörästäön toiminta

Suoraan ajettaessa kumpikin vetopyörä pyörii yhtä nopeasti. Pienet tasauspyörät eivät pyöri. Koko tasauspyörästäö pyörii yhdessä ison vetopyörästäön kanssa (kuva 31).



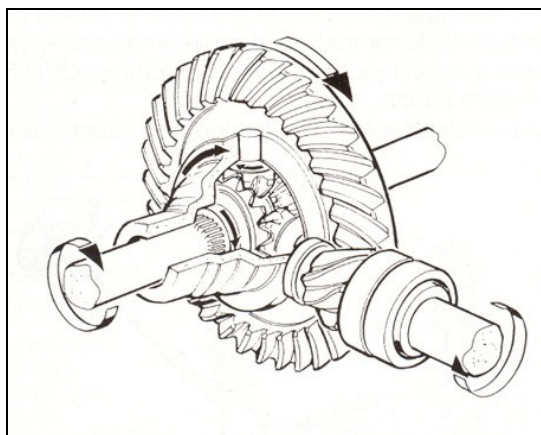
**Kuva 31: Tasauspyörät eivät pyöri suoraan ajettaessa /2/**

Kaarteessa ulompi pyörä pyörii nopeammin, isot tasauspyörät pyörivät eri nopeuksilla. Tällöin pienet tasauspyörät pyörivät oman akselinsa ympärillä. Mitä suurempi on vetoakseleiden nopeuden ero, sitä nopeammin pienet tasauspyörät pyörivät. Isojen tasauspyörien nopeuden keskiarvo on kuitenkin sama kuin lautaspyörän (kuva 32)./2/



**Kuva 32: Vasemmalle kaarrettaessa oikea vetoakseli pyörii nopeammin, tasauspyörät pyörivät. /2/**

Ääritapauksessa, kun esim. on niin liukasta, että toinen pyörä ei pidä lainkaan, pienet tasauspyörät joutuvat suureen rasitukseen. Tällöin pyörivä pyörä kiertää kaksi kierrosta lautaspyörän yhtä kierrosta kohti (kuva 33).



**Kuva 33: Toinen pyörä liikkumatta toisen pyöriessä nopeasti /2/**

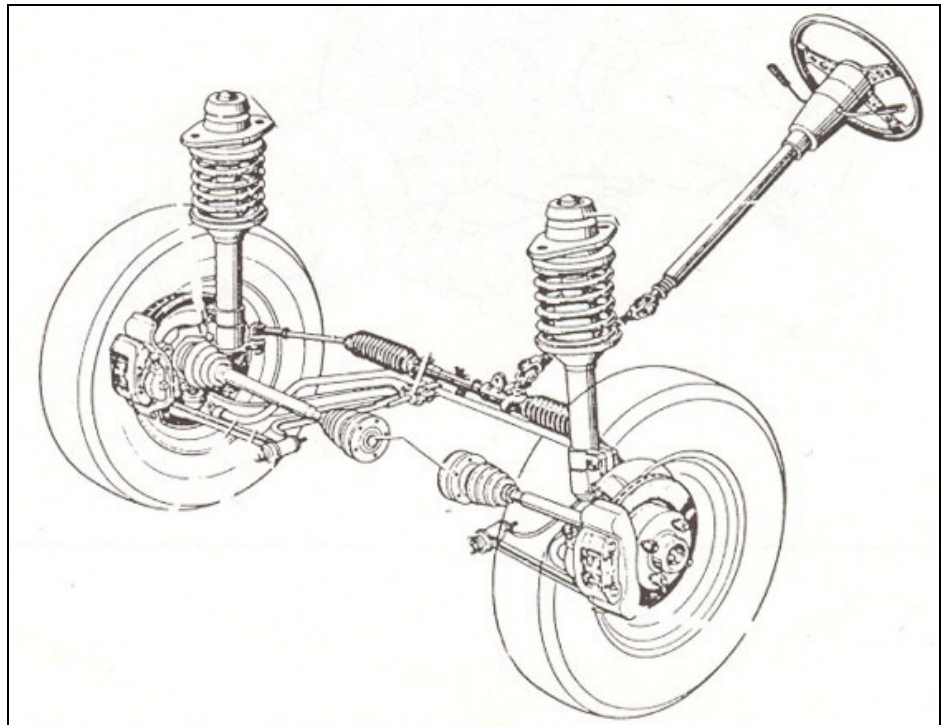
## 5. Vetävät etuakselit

Melkein kaikki autonvalmistajat tekevät vähintään yhtä etuvetoista mallia, jotkin lähes yksinomaan sitä. Tämä rakenne antaa enemmän koritilaa, ja moottori-tehonsiirtoyhdistelmää voidaan käsitellä yhtenä pakettina.

Vetoakseleiden tehtävänä on välittää voima tasauspyörästä pyöriin. Vetoakselin yksi pää liittyy pooriurituksen ja lukkorenkkaan avulla tasauspyörästä ja toinen pää pyörän napaan./2/

Etuvetoisessa autossa vetoakselien kulma muuttuu jousituksen liikkeen mukaisesti ja pyörien kulma muuttuu ohjauspyörää käännettäessä. Vetoakselien päissä sovelletaan täten jousituksen ja ohjauksen liikkeen vuoksi kuulanieliä, jotka on pakattu erikoisrasvaan. Niitä peittävät joustavat kumisuojuukset./2/

Vetävien etuakseleiden molemmissa päissä on siis nivelet. Ehdottomasti ainakin ulommaisena, eli pyörännavanpuoleisena nivelenä on käytettävä ns. vakionopeusniveltä eli homokineettistä niveltä, koska akselit joutuvat vetävien etupyörien kääntyessä välittämään väännön suurien kulmien kautta. Etuvetoisissa autoissa vetoakselille tulee vain vääntörasitus (kuva 34)./2/

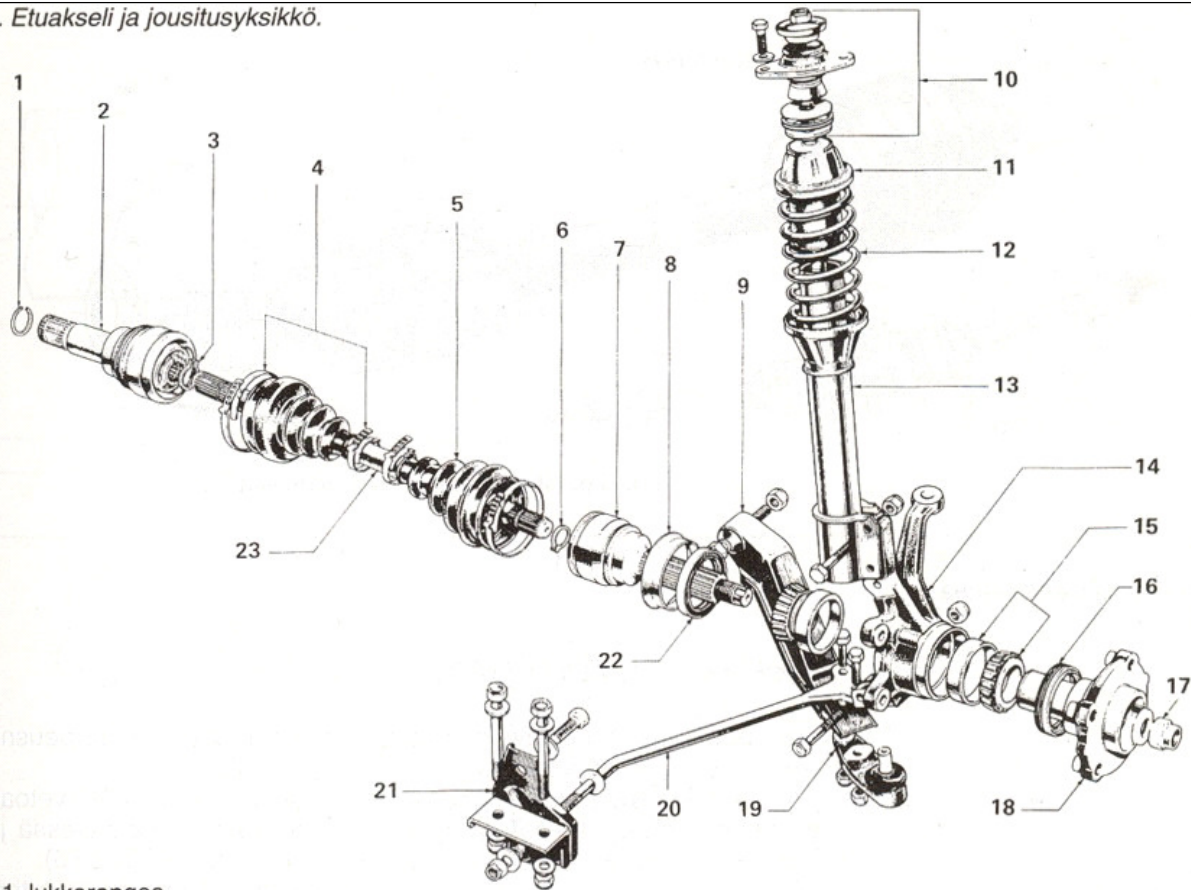


**Kuva 34: Pyöräntentalaitteet ottavat vastaan kaikki pyöristä tulevat voimat. Nivelletyt etuakselit siirtävät vain väännön. /2/**

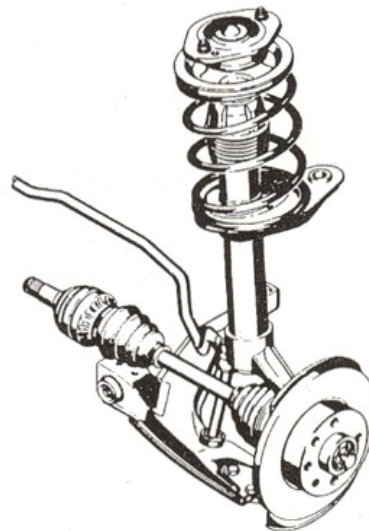
Seuraavalla sivulla kuvassa 35 on esitetty vetävän etuakselin ja McPherson – mallisen jousitusyksikön muodostama kokonaisuus.



2.71. Etuakseli ja jousitusyksikkö.



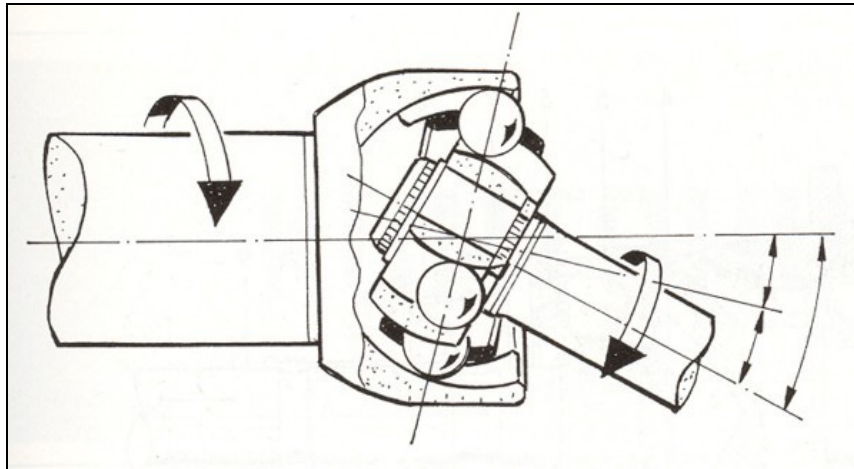
1. lukkorengas
2. vetoakselin sisempi nivelpää
3. lukkorengas
4. kiristimet
5. pölynsuojus
6. lukkorengas
7. vetoakselin ulompi nivelpää
8. pölynsuojus
9. alatukivarsi
10. yläkiinnikkeen osat
11. ylempi jousen istukka
12. jousi
13. iskunvaimennin
14. napakannatin
15. kartiorullalaakeri
16. rasvatiiviste
17. navan mutteri ja aluslevy
18. napa
19. pallonivel
20. reaktiotanko
21. reaktiotangon kiinnitin
22. rasvatiiviste
23. vetoakseli



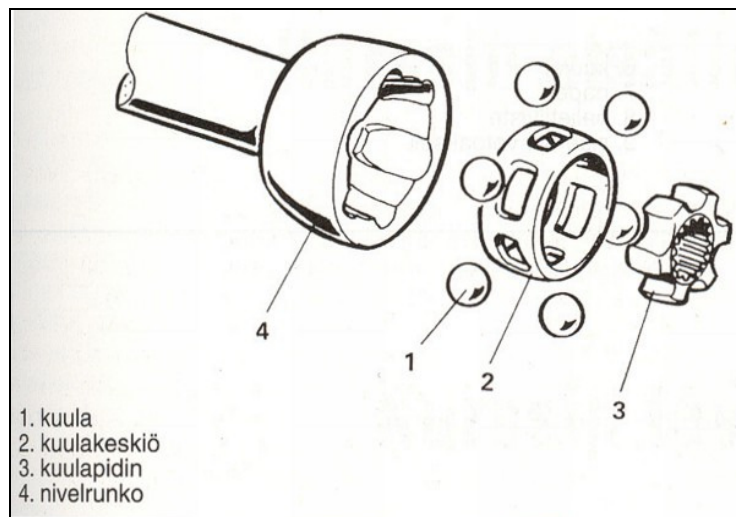
Kuva 35: Etuakseli ja McPherson-jousitusyksikkö /2/

## 5.1 Vetävissä etuakseleissa käytettävät vakionopeusnivelet

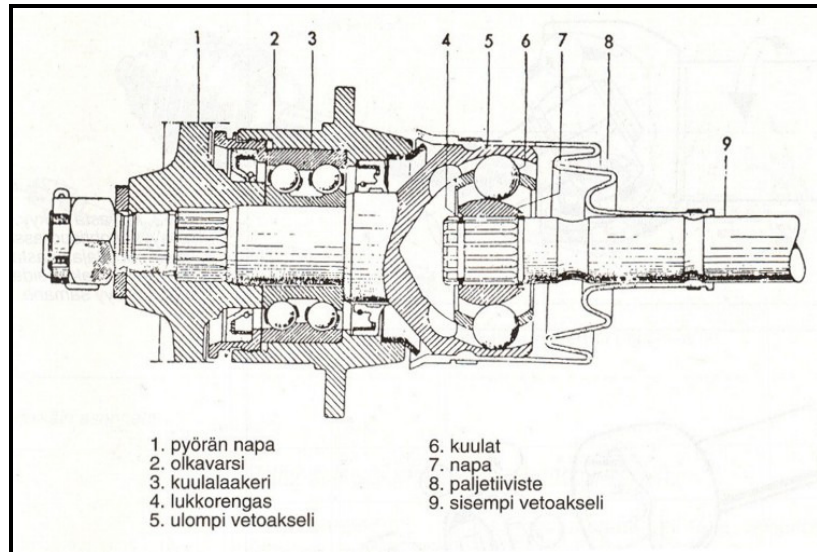
Kuulanivelet ovat nykyisin yleisimmin käytettyjä etuvetoisten vetoakseleiden niveliä. Niissä kuulat kiertyvät urissaan nivelen kääntyessä ja näin pitävät kulmanopeuden vakiona (kuvat 36,37,38).



**Kuva 36: Vakionopeusnivelen kuulat pysyvät kohtisuorassa kään-  
tökulman puolittajaa vastaan. Näin molempien akselien käynti-  
nopeus pysyy samana. /2/**



**Kuva 37: Kuulanivelen rakenne rakenne /2/**



**Kuva 38: Ulompi vetonivel eli vakionopeusnivel /2/**

### 5.1.1 Sisemmät vetonivelet

Auton joustaessa vetoakselin pituus muuttuu. Tämä muutos tapahtuu lähes aina sisemmässä vetonivelessä, vetoakselin tasauspyörästä puoleisessa päässä. Sisempänä nivelenä käytetään pääpiirteiltään samantyyppisiä kuulaniveleitä kuin akselin pyörännavan puoleisessa päässäkin. Ainoa ero on se, että sisemmässä nivelessä vetoakseli pääsee jonkin verran liukumaan nivelen sisällä myötäillen näin auton joustoliikkeitä. /2/

## 5.2 Vetoakselin laakerointi

Vetoakselin sisäpää on laakeroitu isoon tasauspyörään. Ulompi, pyörän olkavarressa sijaitseva laakeri on yleensä kaksirivinen kuulalaakeri (kuva 38, edellinen sivu). Pyörän laakeri puristetaan olkavarressa olevaan pesäkkeeseen ja lukitaan joko ruuvilla tai lukkorenkaalla. Akselin suuntaista säätöä ei tarvita./2/

## 6. Loppukommentit

Tämän työn tavoitteena oli tutkia etuvetoisen auton voimansiirtojärjestelmää ja kuvata havainnollisesti koko voimansiirtoketju moottorin vauhtipyörältä vetäville pyörille asti. Alue haluttiin rajata etuvetoiseen autoon, jotta työ voitaisiin tehdä riittävän yksityiskohtaisesti. Toki monet työssä analysoidut asiat pätevät myös taka- ja nelivetoisen auton voimansiirtojärjestelmässä.

Ajatuksena oli, että työ voisi toimia tehonsiirtotekniikan oppimateriaalin tukena esimerkiksi ammattikoulussa tai ammattikorkeakoulussa. Asetettu tavoite täyttyi mielestäni kohtuullisen hyvin ja materiaalista on varmasti apua aiheeseen liittyvien kurssien aineistoja luodessa.

Tulevaisuudessa työtä on mahdollista jatkaa päivittämällä esimerkiksi vaihteiston osuutta. Uudet kaksoiskytkimellä varustetut automaattivaihteistot yleistyvät nopeasti myös tavallisissa keskiluokan autoissa.

## 7. Lähdeluettelo

- 1 Rendle, Peltonen, Auto ja minä, Teekkarien Autopalvelu 1999, s. 86 – 90
- 2 Nieminen, Piirainen, Suoniemi, Autotekniikan perusteet 2, WSOY 1998, s. 158 – 199