



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **Moottoripyörien anturointi**

Jesse Sainio

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

Helmikuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Moottoripyörien anturointi

Jesse Sainio

Oulun yliopisto, konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2024, 31 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Yrjö Louhisalmi

Kandidaatintyön tavoitteena on kertoa tietämättömälle lukijalle yleisesti nykypäivän kaksipyöräisen moottoripyörän anturoinnista, ja mitä sillä voidaan saavuttaa. Työn tiedonlähteenä on käytetty pääosin ajonavustinjärjestelmä- ja moottoripyörävalmistajien, sekä erilaisten moottoripyörälehtien luomia artikkeleita, missä käytiin aina sen ajan uusimman innovaation tarina läpi.

Työssä itse teoriaosio on saatu supistettua melko tiiviiseen muotoon, jotta se mahtui muiden osa-alueiden kanssa työn kansien väliin.

Työn tuloksena lukija saa melko laajan, mutta tarkan kuvan tämän päivän kaksipyöräisten ajoneuvojen anturoinnin tilasta, ja kuinka siihen on päästy. Tekstin luettuaan lukija osaa kertoa eron ajonavustinjärjestelmien välillä.

# ABSTRACT

Motorcycle's sensing technology

Jesse Sainio

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2024, 31 pp.

Supervisor at the university: Yrjö Louhisalmi

The aim of the bachelor's degree is to provide a general overview for an uninformed reader about the sensing technology in modern two-wheeled motorcycles and what can be achieved with it. The primary sources of information for the thesis are articles created by manufacturers of riding assistance systems and motorcycles, as well as various motorcycle magazines that discuss the story behind the latest innovations of that time.

The theoretical part of the thesis has been condensed into a relatively compact form to fit between the covers of the thesis alongside other sections.

As a result of the thesis, the reader gains a fairly broad, but a detailed picture of the current state of sensing technology in today's two-wheeled vehicles and how it has been achieved. After reading this text, the reader will be able to distinguish between different riding assistance systems.

# SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto .....	6
2 Moottoripyörän anturoinnista yleisesti .....	7
2.1 Kuusiakselisen IMU-anturin käyttö moottoripyörissä .....	7
3 Antureiden käyttö ajonavustinjärjestelmissä.....	10
3.1 Lukkiutumattomat ABS-jarrut .....	10
3.1.1 Kallistustietoon perustuva ABS-järjestelmä.....	11
3.2 Takapyörän luiston/ ja keulimisenesto .....	12
3.3 Aktiivinen jousituksen säätö .....	14
3.4 Ajotilan valinta.....	17
3.5 Vaihteistoon liittyvät järjestelmät .....	17
3.6 Muita pienempiä avustimia .....	18
3.7 Tutkapohjaiset ajonavustimet.....	19
3.7.1 Törmäyksen esto .....	20
3.7.2 Adaptiivinen vakionopeudensäädin.....	20
4 Tulevaisuuden näkymät .....	22
4.1 Moottoripyörän kolaritilanteen hälytysjärjestelmät .....	22
4.1.1 Moottoripyörän airbag-tyynyt .....	22
4.1.2 Kypäaraan sijoitettavat anturit.....	24
4.2 Hybridi- ja sähkövoimansiirtomallit .....	25
5 Pohdintaa.....	28
Lähdeluettelo.....	29

## MERKINNÄT JA LYHENTEET

ABS	(lukkiutumaton jarrujärjestelmä ( <i>engl. anti-lock brakesystem</i> ))
DDC	(dynaaminen vaimennusjärjestelmä ( <i>engl. dynamic damping control</i> ))
DTC	(dynaaminen luistonesto ( <i>engl. dynamic traction control</i> ))
ECU	(moottorin ohjausyksikkö ( <i>engl. engine control unit</i> ))
IMU	(inertiamittausjärjestelmä ( <i>engl. inertial measurement unit</i> ))
PHEV	( <i>engl. plug-in hybrid electric vehicle</i> )
TC	(luistonesto ( <i>engl. traction control</i> ))

## 1 JOHDANTO

Kandidaatintyö on kirjallisuuskatsaus antureiden käytöstä moottoripyörissä ja kuinka niiden avulla kaksipyöräisten kehitys ja etenkin turvallisuus on ottanut suuria harppauksia viime vuosien aikana. Monet ajonavustinjärjestelmät, kuten ABS- ”*Anti-Lock Braking System*” ja TC- ”*Traction Control*” järjestelmät saivat alkunsa autoteollisuudesta, jotka sitä myötä siirtyivät hieman viiveellä moottoripyörien käyttöön. Lähtökohtaisesti näin on käynyt lähes kaikkien ajoneuvoteollisuuden uusien innovaatioiden kanssa. Syynä siihen on tietysti automarkkinan suuruus, jonka myötä sillä saralla myös käytetään kehitykseen enemmän resursseja.

Suurin harppaus kaksipyöräisten turvallisuudessa saatiin IMU-anturin avulla, minkä myötä niiden ajonavustinjärjestelmät saivat aivan uudenlaiset työkalut niiden luomiseen. Työssä käsitelläänkin myös hieman tarkemmin IMU-anturin toimintaa ja kuinka sitä voidaan hyödyntää kaksipyöräisten moottoripyörien apulaitteiden yhteydessä. Erilaisten apulaitteiden toimintaperiaatteet pyritään kertomaan havainnollistavien kuvien kera mahdollisimman yksinkertaisesti ja ymmärtäväisesti.

Kandidaatintyön loppuvaiheessa keskitytään myös moottoripyörän anturoinnin lähitulevaisuuden suunnitelmiin, sekä mitä sen saralla on jo kehitteillä. Loppukappaleessa tuodaan myös ilmi hieman perinteisen polttomoottorin mahdollista korvaamista hybridi- ja sähkövoimansiirtomalleilla, ja kuinka se vaikuttaa ajoneuvon anturointiin.

Aihe on valittu puhtaasti oman mielenkiinnon ja kokemusten pohjalta.

## 2 MOOTTORIPYÖRÄN ANTUROINNISTA YLEISESTI

Kaksipyöräisissä moottoripyörissä käytetään monia erilaisia antureita. Antureiden ansiosta kulkuneuvon eri osa-alueiden ja yksittäisten parametrien tilatieto voidaan selvittää. Antureilla mitataan muun muassa moottorin ja itse moottoripyörän eri osien tilaa. Yksinkertaisimmillaan esimerkiksi ABS-anturit mittaavat kaksipyöräisten renkaiden pyörimisnopeuksia, joiden avulla lukkiutumaton jarrujärjestelmä, sekä luistonesto eli ”*traction control*” toimivat. Anturit ovat siis korvaamattomassa roolissa turvallisuutta parantavissa kuljettajan avustinjärjestelmissä.

Polttomoottorissa sijaitsevia antureita ovat esimerkiksi nokka-akselin asentoanturit, lambda-anturit sekä muut ilmamassa-anturit, joiden avulla optimoidaan polttoaineen syöttö sekä varmistetaan sen luotettava ja mahdollisimman korkea teho ja hyötysuhde. Nykypäivän hybridi- ja sähkövoimansiirtomenetelmät lisäävät myös hurjasti antureiden tarvetta, mutta tämän hetken tuotantomalleissa nämä voimansiirtomenetelmät ovat vielä melko harvassa.

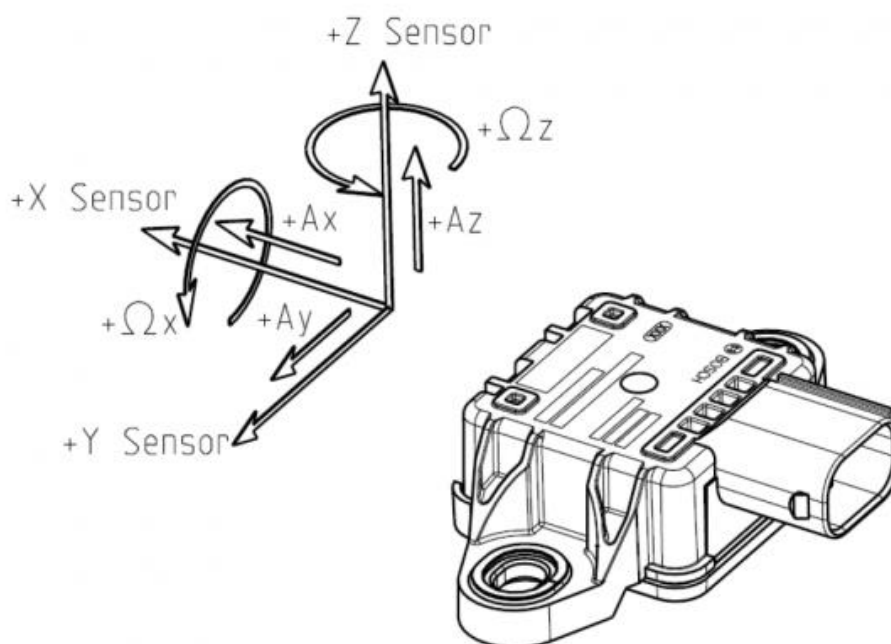
Nykypäivän moottoripyörissä käytetään yhä enemmän MEMS-luokan mikroantureita, jotka kokonsa ja keveytensä ansiosta sopivat hyvin moottoripyöriin. Normaalin nelipyöräisen auton anturointiin verrattaessa, kaksipyöräisen moottoripyörän kaltevuusvaihtelu on otettava huomioon vaativampien avustinjärjestelmien toiminnassa. Sen mahdollistaneen IMU-anturin käyttö on myös yleistynyt suuresti, mikä mahdollistaa kuljettajan avustinjärjestelmien kehittymisen aivan uudelle tasolle.

### 2.1 Kuusiakselisen IMU-anturin käyttö moottoripyörissä

Vielä 2000-luvun alkupuolella, moottoripyörävalmistajat pitivät moottoripyörien sähköiset komponentit melko minimissä. Luistonesto- ja ABS-järjestelmät olivat jo vallanneet autoalan täysin, mutta kaksipyöräisiin ne alkoivat yleistyä niin sanotuissa ”main stream”-malleissa vasta 2010-luvun alkupuolella. Aluksi ne käyttivät apunaan vain ABS-anturin tuottamaa dataa, mikä tietysti toimii relativisesti hyvin suoralla tiellä, kun kaksipyöräinen ei ole kallistuksessa mihinkään suuntaan. Tämä ongelmakohta saadaan

ratkaistua IMU-anturista saatavalla lisädatalla, mikä parantaa kaksipyöräisten turvallisuutta huomattavasti.

Moottoripyörässä käytettävä IMU-anturi (*Inertial Measurement Unit*), on kuljettajan avustinjärjestelmissä täten tärkeä osa-alue. Niistä yleisin, kuusiakselinen IMU-anturi, on yleisimmin käytetty IMU-anturi. Se on digitaalinen laite, mikä mittaa kappaleen liikettä, kulmanopeutta ja kappaleen asentokulmaa käyttäen kiihtyvyyssanturia, gyroskooppia sekä joissain tapauksissa magnetometria. Kuusiakselinen anturi saa nimensä siitä, että se käyttää kiihtyvyyssanturin kaikkia kolme aksiaalista suuntaa, eli ylös-alas, vasemmalle-oikealle ja eteen-taakse. Loput kolme suuntaa IMU-anturi saa gyroskoopin kaikista kolmesta kulmakiihtyvyyssakselistaan, eli kallistuksesta vasemmalle-oikealle, eteen-taakse ja kierrosta sivuille, mistä havainnollistava kuva 1 (Tuomi, 2013)



**Kuva 1. Havainnollistava kuva IMU-anturista (Purvis, 2023b).**

Hyvänä esimerkkinä IMU-anturin toiminnasta on Yamahan vuoden 2015 YZF-R1 moottoripyörä, jossa ensimmäistä kertaa Yamaha yhdisti aiemmin erillään olleet sähköiset säätöjärjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi, mikä sisälsi tietysti uutuutena IMU-anturin. Täten tuloksena syntyi takaisinkytketty piiri, missä säätöjärjestelmä siis kykeni



ottamaan dataa sensoreilta, laskemaan tarvittavat muutosparametrit ja syöttämään ne suoraan ECU:lle tai muulle säätöyksikölle. Kyseisen tuotantomallin sähköinen säätöjärjestelmä sisälsi 32-bittisen CPU:n, mikä kykeni 8 ms mittauksiin (125 laskua per sekunti), joissa se vertailee eri antureiden datatietoja, ja sisäisten laskukaavojen kautta täten säätelee moottoripyörän toimintaa. Erillisten ajonavustinjärjestelmien toiminta tulee ilmi myöhemmissä osioissa. Kyseinen malli voitti julkaisuvuotenaan vuoden 2015 Suzuka 8 Hours Endurance Road Race:n, mikä puoltaa IMU:n tehokkuutta. (Yamaha Motor Co., 2024)



**Kuva 2. Yamaha R1-2015 vm. CPU käyttää apunaan IMU-anturia** (Yamaha Motor Co., 2024).

Yhteenvetona lukuisat artikkelit puoltavat IMU-anturin lisäystä kaksipyöräisiin loistavana lisäyksenä. IMU-anturin myötä kaksipyöräisten suorituskyky ja ennen kaikkea turvallisuus on saanut suuren harppauksen eteenpäin.

## 3 ANTUREIDEN KÄYTTÖ AJONAVUSTINJÄRJESTELMISSÄ

Ajonavustimilla pystytään parantamaan moottoripyörän ominaisuuksia monella eri tavalla. Ajonavustimet ennen kaikkea parantavat kaksipyöräisten turvallisuutta huomattavasti. Niillä voidaan myös optimoida kaksipyöräisen muuta toimintaa, muun muassa muokkaamalla jousitusta ja moottorinohjausta. Kaksipyöräisen tärkeimpiä ajonavustimia ovat muun muassa: lukkiutumattomat jarrut (ABS), luistonesto (*traction control*), keulimisenesto (*wheelie control*), aktiivinen jousituksen säätö (*active suspension damping control*), lähtöavustin (*launch control*) ja tutkapohjaiset ajonavustimet.

### 3.1 Lukkiutumattomat ABS-jarrut

Moottoripyörissä lukkiutumattomien jarrujen toiminta korostuu autoihin verrattaessa huomattavasti. Vaikka nykypäivän moottoripyörää olisi hankala kuvitella ilman ABS-jarruja, alkoivat ne autoihin verrattaessa yleistyä melko myöhään. Vanhempien autojen tapaiset naksuttavat ABS-jarrut olivat harvinaisia, sekä saattoivat itsessään jo aiheuttaa kovemmissa nopeuksissa vaaratilanteita epätasaisen nytkimisen takia. Tämä on myös yksi monista syistä, miksi vanhempien kaksipyöräisten ABS-jarruja saatettiin aikoinaan jopa hieman vältellä. Lisäksi autoihin verrattaessa, itsessään koko ABS-järjestelmä oli kallis, sekä painoi suhteessa moottoripyörän painoon nähden huomattavasti enemmän, jopa noin 1/20 koko painosta. Tämä tietysti ei houkuttanut valmistajia käyttämään sitä tuotantopyörissään noina aikoina. Nykypäivän halvan ja edistyneen teknologian myötä kaikki onkin jo toisin. EU:n komissio päättikin vuonna 2012, että vuodesta 2016 eteenpäin kaikki 125 cm<sup>3</sup> ja suurempien moottoripyörien ABS-jarrut ovat pakollinen varuste. Autoissa ABS-jarrut olivat pakollinen varuste jo vuodesta 2004. (Wikipedia, 2024a)

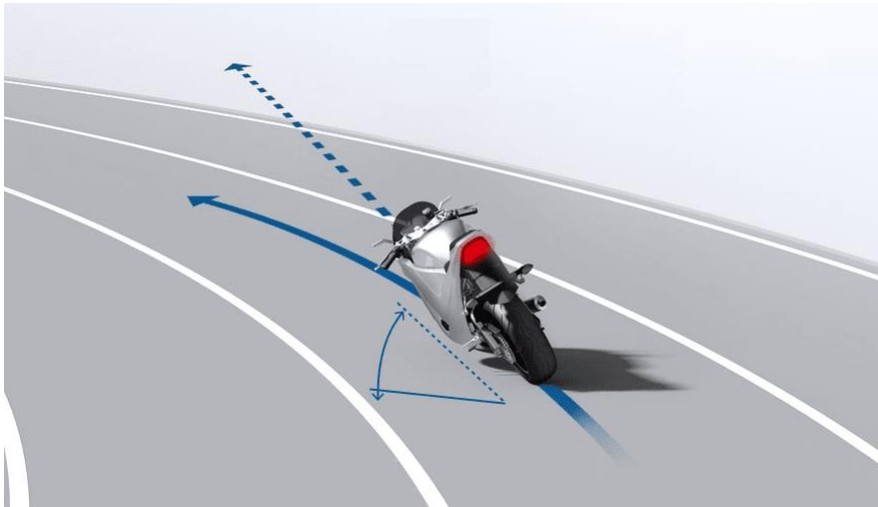
Itse ABS-jarrujärjestelmän toiminta yksinkertaisuudessaan perustuu siihen, että jarrutustilanteessa renkaan mukana pyörivät nopeusanturit (*ABS-anturit*) mittaavat pyörien pyörimisnopeuksia ja niiden eroja sekä vaikuttavat täten jarrujen toimintaan

säätelämällä jarrujen paineita. ABS-järjestelmä vapauttaa jarrun, kun se havaitsee pyörän alkavan lukkiutumaan ja välittömästi vaikutuksen saavuttua jarruttaa uudelleen, noin 10–100 -kertaa sekunnissa, jolloin tuloksena saadaan mahdollisimman tehokas jarrutus lukitsematta pyöriä ja täten saaden maksimaalisen jarrutustehon. Mikäli pyörä lukkiutuisi jarrutustilanteessa, aiheuttaa se täyden pidon menetyksen, joka johtaa varsinkin etupyörän kohdalla lähes välttämättömästi kaatumiseen.

Kuten mainittua, nykyaikaisten kaksipyöräisten ABS-järjestelmät ja niiden anturien käyttö on kasvanut huomattavasti. Eräs uudempi yhä yleistynyt ajonavustin ABS-jarrujärjestelmän lisäksi on kallistustietoon perustuva ABS-jarrujärjestelmä, missä perinteisen ABS:n lisäksi, pystytään vaikuttamaan moottoripyörän vakaaseen jarruttamiseen paremmin.

### **3.1.1 Kallistustietoon perustuva ABS-järjestelmä**

Vanhanaikaiseen järjestelmään verrattaessa, nyt pyörä pystyy taistelemaan myös kallistusta vastaan. Tämä perustuu siihen, että pelkän pyörivän renkaan ABS-anturin lisäksi ABS-järjestelmä käyttää apunaan moottoripyörän kallistustietoja. Kallistustietoon perustuvat ABS-jarrut vaativat siis toimiakseen kaksipyöräisen yleisiä paikka- ja tilatietoja, mitkä saadaan näppärästi IMU-anturin avulla. Tällöin esimerkiksi kovassa jarrutuksessa tapahtuva perän nousu saadaan havaittua, jonka perusteella jarrutustehoa voidaan säädellä. (Hooshmand, 2023). Lisäksi kyseinen järjestelmä pystyy vaikuttamaan jarrutuksiin mutkatilanteessa. Tämäkin perustuu IMU-anturin antamaan kallistustietoon, minkä avulla täystehoinen jarrutus on mahdollista jopa kaarteessa. Cornering ABS-järjestelmä oli ensimmäisenä BMW:n HP4-mallissa (2009), minkä jälkeen se on alkanut yleistyä myös muiden merkkien tuotantomalleissa. Esimerkiksi vuonna 2019 Ducati sisällytti järjestelmän lähes kaikkiin malleihinsa (Hooshmand, 2023).

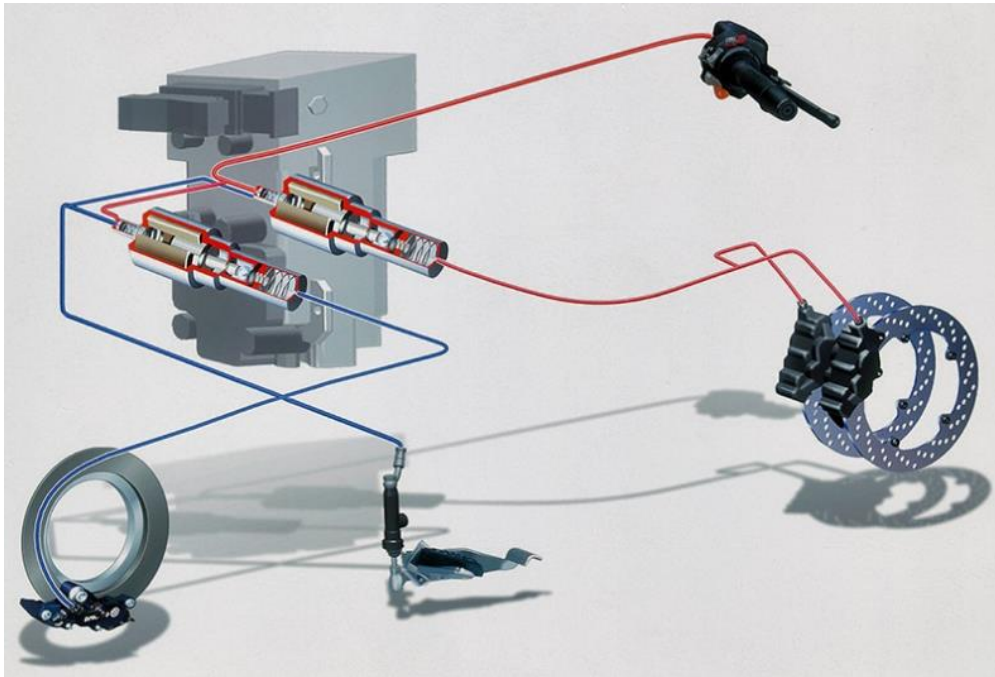


**Kuva 3. Havainnollistava kuva kallistuksesta (Hooshmand, 2023).**

### **3.2 Takapyörän luiston/ ja keulimisenesto**

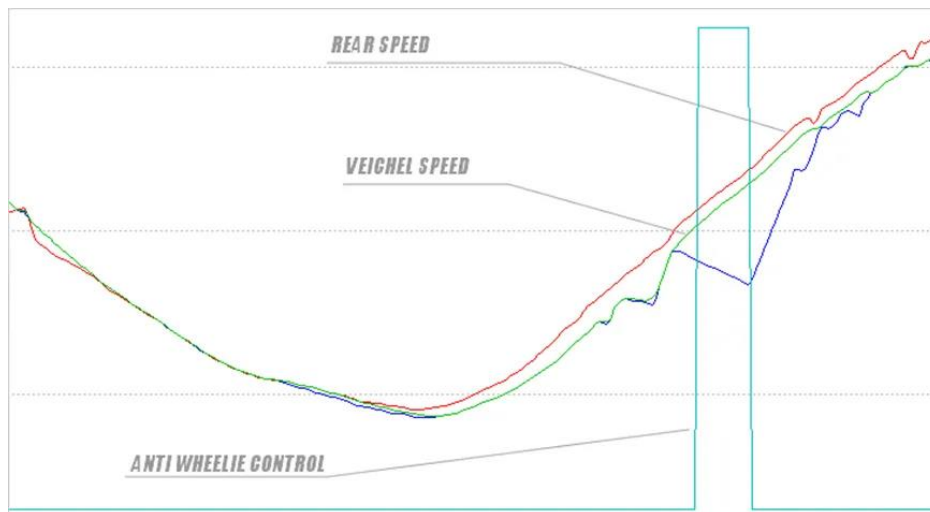
Kaksipyöräisen moottoriajoneuvon takapyörän luistonesto toimii lähtökohtaisesti samalla periaatteella kuin lukkiutumattomat jarrut, mutta päinvastaisesti. Luistonesto käyttää apunaan renkaiden pyörimisnopeuksia mittaavia ABS-antureita, joita vertaillaan voidaan havaita takapyörän pidon menetys. Luiston- ja keulimisenesto tarvitsevat tosin toimiakseen muutakin, kuin vain tiedon pyörimisnopeuksista, nimittäin tavan rajoittaa tuotettua tehoa takapyörälle. Tämän tietysti mahdollistaa tänä päivänä vajjerivälitteisen kaasukahvan korvaaminen sähköiseen, jolloin tarvittava tehonrajoitus voidaan välittää suoraan moottorinohjaukselle sähköisesti.

Esimerkkitapauksena nykypäivän BMW:n kaksipyöräisissä käytettävässä DTC-järjestelmässä Dynamic Traction Control- System, ABS-antureilta tulevaa dataa vertaillaan keskenään, mistä havaitaan takapyörän pidon menetys. Järjestelmä käyttää myös apunaan IMU-anturilta saatavaa gyroskooppianturin kaltevuuskulmadataa. Mahdollisen pidon menetyksen hetkellä, DTS-järjestelmä laskee anturidatan avulla oikeat parametrit, joilla säädellään moottorin ohjausta, alentamalla sytytysasentoa, vähentämällä polttoaineen ruiskutusta ja pienentämällä kaasuventtiilin asentoa. Tällöin saadaan pienennettyä moottorilta tulevaa vääntöä pidon takaisinsaamiseksi. (BMW, 2023b). Kuva 4 havainnollistaa tiedon kulkua järjestelmässä eri komponenttien välillä.



**Kuva 4. DTC-järjestelmän komponentit (BMW, 2023b).**

Nykyaikaisissa kaksipyöräisissä moottoriajoneuvoissa takapyörälle kulkeutuvaa vääntöä voidaan myös säädellä kiihdytyksen maksimoimiseksi. Tähän on kehitelty keulimisenestojärjestelmä, missä IMU-anturilta tulevalla gyroskooppitiedolla voidaan havaita ja hillitä kaksipyöräisen eturenkaan nousua. Maksimaalinen kiihdytys saadaan, kun havaitaan eturenkaan nousevan hieman tien pinnasta, ja siitä edes rajoittamalla voimansiirtoa ilman, että rengas putoaa liian voimakkaasti alas. Kiihdytyksen optimoinnissa tärkeää on moniportainen kiihdytyksenrajoittaminen, ettei äkillinen voimansiirron katkaisu aiheuta vaaratilanteita itse moottoriajoneuvon kuljettajalle. (Gripone, 2018). Kuvassa 5 näkyy eri antureiden ja itse järjestelmän antama data.

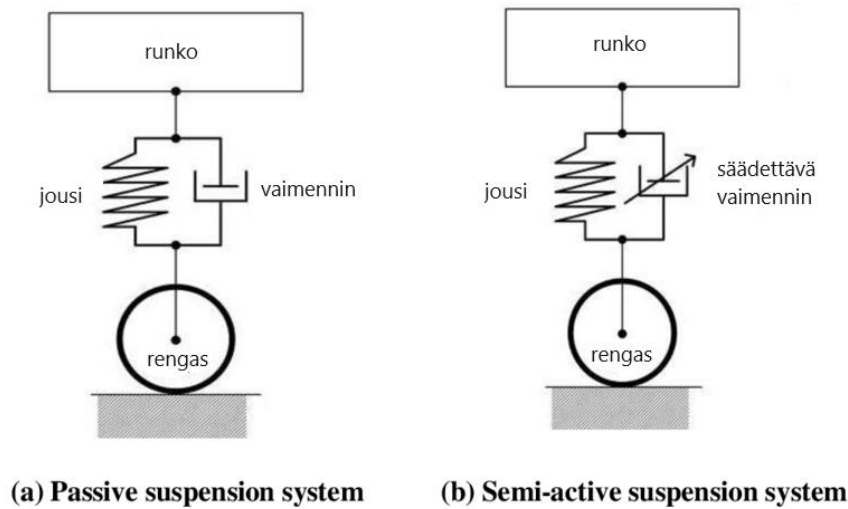


**Kuva 5. Keulimiseneston datakäyrät (Gripone, 2018).**

### 3.3 Aktiivinen jousituksen säätö

Cycle World -lehden mukaan monet sporttimoottoripyörien teknologiasta saavat alkunsa autourheilusta, etenkin formuloista. Näin on myös jousituksen kanssa, sillä aktiivinen jousitus saa alkunsa 80-luvun formuloista, kun Lotus keksi vaihtaa perinteisen jousen ja iskunvaimentimen hydrauliseen. Semiaktiiviseksi jousituksen tekee se, kun perinteinen vaimennin korvataan lisäksi säädettävällä vaimentimella, mikä käy ilmi kuvasta 6. (Trevitt, 2016)

Nykypäivän sähköinen jousituksen säätö moottoripyörissä tapahtuu tavanomaisilla jousi- ja iskunvaimenninkokonaisuuksilla, joita ohjataan sähköisesti. Moottoripyörien sähkösäätöiset jousitukset voidaan jakaa karkeasti kolmeen kategoriaan: sähkösäätöisiin, semiaktiivisiin, ja aktiivisiin jousituksiin.



**Kuva 6. (a) Passiivinen jousitus ja (b) Semi-aktiivinen jousitus (Aladdin & Singh, 2016).**

Ensimmäinen eli sähkösäätöinen jousitus näistä kolmesta on hyvin simppele. Normaalin sähköttömän mallin jousituksesta se eroaa ainoastaan sillä, että jousituksen säätöruuvia pyörittää ihmisen sijasta sähkömoottori. Jousitusasetus valitaan moottoripyörän ajotietokoneesta. Kyseisen jousituksen myötä on mahdollistettu erilaisten ajotilojen valinta moottoripyörissä, mikä voi myös vaikuttaa moottoripyörän jousitukseen.

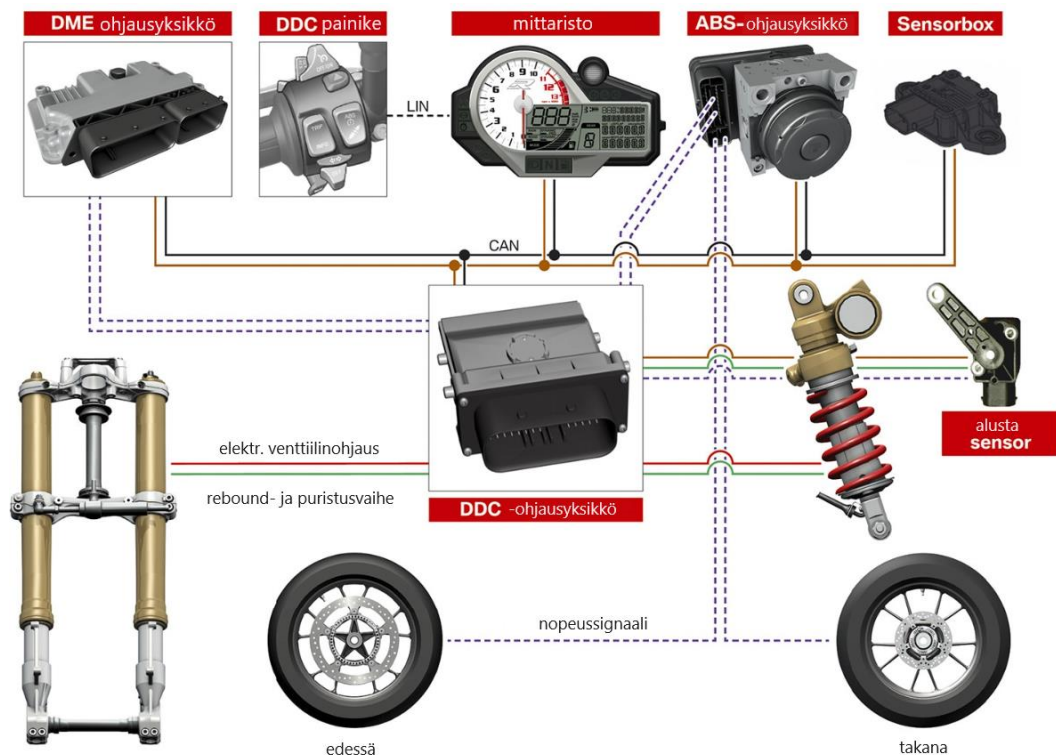
Semiaktiivinen sähköinen jousitus eroaa pelkkään sähkösäätöiseen siten, että se säätää jousitusta myös ajon aikana. Moottoripyörän kuljettajalla on vieläkin mahdollisuus valita yleissäätö, kuten sähköisessä jousituksessakin. Tämän lisäksi jousitusta säätävät sähkömoottorit on lisätty iskunvaimentimeen ja haarukkaan. Ajon aikana järjestelmä kerää dataa antureilta ja tekee näin tarvittavat muutokset jousitukseen. Järjestelmän nopeus on noin sekunnin kymmenyksen luokkaa, mikä on melko hidas.

Viimeinen eli nimeltään täysaktiivinen sähköinen jousitus perustuu iskunvaimentimien ja haarukan sisällä oleviin suuttimiin, mitä säädellään sähköisesti ajon aikana. Tällöin vaimennuksen muutokseen kuuluva vasteaika on noin sekunnin tuhannesosan luokkaa, mikä tekee siitä lähes täysaktiivisen. Säätöjä voidaan suorittaa myös IMU-anturin datan avulla, muun muassa kallistuskulman ja tien pompuista aiheutuvien vaikutuksien perusteella. BMW:n kyseinen jousitusjärjestelmä on nimeltään ”*Dynamic Damping*

*Control (DDC)*”, ja sitä käytettiin HP4 ja S 1000 RR -malleissa. (BMW, 2023a). Ducatin vastaava ”*Skyhook Suspension (DSS)*”, oli mukana Multistrada malleissa. (Trevitt, 2016).

Lisäksi useissa ”adventure”-malleissa sekä muissa ajokorkeutta säätävissä moottoripyörämalleissa on ajokorkeuden säätö, joissa sähkösäätöinen istuinkorkeus laskee moottoripyörän pysähtyessä. Tällöin lyhyemmätkin kuljettajat saavat samat ajo-ominaisuudet tinkimättä mukavuudesta.

Kaiken kaikkiaan aktiivisella jousituksella moottoripyörän jousituksen säädöstä saadaan koko potentiaali irti. Kyseisen järjestelmän tuomat edut parantavat kuljettajan ajokokemusta monelta eri kantilta. Lisäksi järjestelmä on aktiivisesti parantamassa kuljettajan turvallisuutta, sillä se pystyy vaikuttamaan ulkoisiin muuttujiin lähes välittömästi. Ajotilan valinnassa vaikutetaan tietysti myös voimansiirron toimintaan, mutta siitä lisää kappaleessa 3.4 Ajotilan valinta.



**Kuva 7. DDC-järjestelmän eri komponentit (BMW, 2023a).**



### 3.4 Ajotilan valinta

Rataolosuhteissa kuljettaja odottaa kaksipyöräiseltään kovaa jousitusta ja moottorin tehonsyötön ja moottorijarrutuksen olevan voimakasta ja terävää. Tämä ei taaskaan normaalissa kaupunkiajossa ole miellyttävää, joten ajotilan valinta voisi tulla tarpeeseen. Uudemmissa kaksipyöräisissä (n. 2015-2018 ->) on mahdollisuus valita ajotietokoneesta ajotila, mikä yleensä vaihtelee ekologisesta rullailusta sporttiseen ratatilaan lisänä mahdolliset erikoistilat kuten liukas tai soratie. Tällöin sporttisen tilan moottorin tehonkäyttö on voimakasta ja repivää, kun taas varovaisuutta vaativissa tilanteissa se on rajoitettua ja hellää. Nämä tilavalinnat siis muovaavat kaksipyöräisen jousituksen ja tehonsyötön valitulle ajotilalle mieluisaksi. Ajotila voi olla joko passiivinen tai aktiivinen, riippuen siitä, että vaikuttaako se moottoripyörään itse ajon aikana.

Järjestelmä käyttää apunaan kaikkia aiempia ajonavustimia, joiden avulla saadaan valmiiksi yksi suuri kokonaisuus sisältäen useita takaisinkytkettyjä piirejä. Ajotilan valinnalla muokataan järjestelmän laskentaparametreja, mitkä vaikuttavat moottoripyörän sähköisiin säätöjärjestelmiin.

### 3.5 Vaihteistoon liittyvät järjestelmät

Moottoripyörän vaihteisto on hyvinkin pitkään säilynyt perinteisenä mekaanisesti toimivana vaihteistona. Noin 2010-luvulla aluksi kytkinvaijeri korvattiin hydraulisesti toimivalla, minkä avulla kytkimenkäyttö hieman helpottui. Toisaalta hydraulisen kytkimen korjaaminen voi osoittautua hankalammaksi ja kalliimmaksi.

Nykypäivänä yksi yleisimmistä ja halutuimmista ajomukavuutta lisäävistä lisävarusteista moottoripyörissä on vaihdeavustin, eli ”*quickshifter*”. Vaihdeavustimen omaavassa moottoripyörässä kuljettajan ajomukavuutta parannetaan kytkimettömällä vaihtenvaihdolla. Järjestelmän toiminta perustuu joko moottorin sytytyksen ja/tai polttoaineen syötön katkaisemiseen, kun kuljettaja painaa vaihdepoljinta. Tällöin luodaan vaihdelaatikolle sekunnin murto-osan hetki, jolloin vaihde voi vaihtua sujuvasti ilman kytkimen käyttöä. Tällöin quickshifter on myös mahdollista asentaa perinteisen vaijerilla toimivan kytkinvaijerin omaaviin moottoripyöriin. Kyseinen avustin mahdollistaa

sujuvan kiihdytyksen ja säästää muutamia sekunnin kymmenesosia kiihdytysajassa. Vaikkakin automaattisella vaihteistolla saataisiin vieläkin nopeutettua vaihtenvaihtoa, eivät ne autojen tapaan ole liiemmin yleistyneet moottoripyörien keskuudessa.

Viime päivien uutuuksena Kawasaki toi markkinoille uuden mallinsa, mikä omaa sähköisen vaihteiston, mitä kontrolloidaan tangossa olevilla napeilla, mitkä sijoittuvat peukalon ja etusormen paikoille. Itse moottoripyöräyhteisö on vielä vähän varpaillaan uudistuksesta, mutta aika näyttää kuinka tämä kyseinen uutuuks tulee vaikuttamaan kaksipyöräisten maailmassa. Kyseisestä mallista lisää kappaleessa 4.2 Hybridi- ja sähkövoimansiirtomallit.

### **3.6 Muita pienempiä avustimia**

Autoissa jo pitkään vakiovarusteena ollut rengaspaineidenseuranta on myös yleistynyt kaksipyöräisissä. Kyseisen järjestelmän keveys ja helppous mahdollistaa sen käytön myös moottoripyörissä ilman suurempia suorituskykyhäviöitä.

Launch-control, eli lähtöavustin mahdollistaa kaksipyöräisen maksimaalisen moottorin pyörimisnopeuden kiihdytyksen alkutilanteessa. Kuljettaja pitää pysähdyksissään kytkintä pohjassa ja vääntää kaasun pohjaan. Tällöin lähtöavustin rajoittaa moottorin kierrosluvun tiettyyn valittuun pisteeseen.

Kaksipyöräisten säädettäviin ajovaloihin on myös viime aikoina panostettu. Uusimpina varusteina ovat kaarrejaivalot, mitkä IMU-anturilta saatavan kallistustiedon kanssa säätävät moottoripyörän ajovaloja mutkan suuntaan, jolloin näkyvyys eteenpäin on parempi. Lisäksi kuten autoissakin, niin kaksipyöräisissä on ”Auto Hi Beam”-valoja, jotka suomenkielellä taittavat automaattisesti pitkiksi valoiksi. Automaattiset pitkät ajovalot toimivat moottoripyörän keulaan sijoitettavan kameran avulla. Sensorin havaitessa vastaan saapuvat ajovalot, asettaa säätöjärjestelmä pitkät ajovalot pois päältä. Kyseiset ajovalovarusteet ovat vielä ns. ”premium” mallien ajovaruste.

### 3.7 Tutkapohjaiset ajonavustimet

Autoissa tutkapohjaiset ajonavustimet ovat olleet jo pitkään arkipäivää, mutta kaksipyöräisiin ensimmäinen tuotantopyörän sisältämä tuli markkinoille Ducatin toimesta vasta 2020. Järjestelmän suunnittelu alkoi jo vuonna 2016, kunnes neljä vuotta myöhemmin se sai ensi esittelynsä Multistrada V4-mallissa. (Huhtala, 2020). Itse tutkajärjestelmä oli Boschin valmistama, kokoa sille kertyi 70 x 60 x 28 millimetriä ja painoa vain 190 grammaa. (Huhtala, 2020). Tutkajärjestelmällä saatiin mahdollistettua adaptiivinen vakionopeudensäädin sekä kuolleen kulman varoitin. Muutama vuosi myöhemmin Kawasaki esitteli uudessa Ninja H2 SX (2022) -mallissaan tutkajärjestelmän, mikä kykeni Ducatin järjestelmän lisäksi varoittamaan edestä saapuvasta vaarasta. Samalla Kawasaki patentoi eräänlaisen kamerajärjestelmän, mikä skannaa tietä, ja täten osaa esimerkiksi jyrkän mutkan tullen jo ennen jarrutusta säätää aktiivisesti jousitusta oikealle tasolle. (West, 2022). Sama kamerajärjestelmä tulisi todennäköisesti korvaamaan nykyajan tutkat.

Viime vuosiin asti Bosch on toiminut kaksipyöräisten tutkajärjestelmien lähes ainoana valmistajana, mutta kaksi vuotta sitten julkaistun MCN:n julkaistun artikkelin mukaan muun muassa Israelilainen Vayyar, antoi viimein Boschille painetta uutena kilpailijana. Vayyarin valmistama tutka-anturi erosi Boschin antureista siten, että se sisälsi huomattavasti enemmän antennoja, mikä mahdollisti korkeampi resoluutisen kuvan maailmasta. Useampien antennien myötä Vayyarin tutkat pääsivät myös 170 asteen näköalueeseen, mikä oli kyseisenä vuonna laajempi kuin mihin Bosch pystyi. Lisäksi Vayyarin tutkat havaitsivat kohteita jopa 300 metrin päästä, missä Boschin vastaava lippulaivamalli kykeni vain 160 metriin. (Purvis, 2024)

Silti vaikkakin tämän päivän IMU-anturilla toimivat ajonavustinjärjestelmät ovat kehittyneet hurjasti, niin vaikeuksia kiihdyttävissä ja jarruttavissa tutkajärjestelmissä tuottaa kaksipyöräisen hallittavuus kaikissa tilanteissa turvallisesti. Kyseisten järjestelmien suunnittelu ja testaus tulee valmistajille kalliiksi, mutta kilpailun edessä lähes välttämättömäksi.

### 3.7.1 Törmäyksen esto

Törmäyksenestoavustin on turvallisuuden nimissä suuri harppaus ajoneuvoalalla, ja kuten muutkin ajonavustimet, ovat ne olleet autoissa jo pitemmän aikaa. Moottoripyöriin suunnitelluissa järjestelmissä vaikeuksia ovat tuottaneet juuri turvallisen jarrituksen suorittaminen ilman, että itse jarrutus ei aiheuta vaaraa kuljettajalle. Autoihin verrattaessa hätäjarrutus voi helposti olla ajoneuvon maksimaalisen jarrituksen tuottaminen, mutta kaksipyöräisissä kuljettaja saattaisi lentää pyörän selästä, mikä toisaalta voi johtaa pahimmassa tapauksessa kuolonuhreihin. Tästä syystä joko äänimerkillä ja vilkkuvalla ajotietokoneen merkillä saadaan jokseenkin hitaamman reaktioajan omaava, mutta turvallinen jarrutus. Lisäksi joissain automaattisesti jarruttavissa tutkajärjestelmissä on lisätty törmäyksen estojärjestelmiin poikkeuksia, joiden mukaan ne eivät tee säätöparametreja IMU-anturin antaessa liian jyrkkää kaltevuusdataa.

Muita törmäyksen estäviä tutkapohjaisia järjestelmiä, mitkä eivät vaikuta itse moottoripyörän toimintaan, on tietysti helpompi toteuttaa. Hyvänä esimerkkinä ”kuolleen kulman varoitin”, mikä varoittaa joko peilissä, tai ajotietokoneessa merkkivalolla, kun toinen ajoneuvo on kuljettajan katseen ja peilin etualueen katvealueen sisällä. Samalla tutkalla saadaan myös mahdollistettua takaa lähestyvän vaaran havaitseva järjestelmä. Järjestelmät toimivat perään ja keulaan asennettavien tutkien avulla, ja ne ovat kolarinestovaroittimen kanssa mahdollisia myös jälkiasennuksena vanhempiinkin moottoripyörämalleihin.

### 3.7.2 Adaptiivinen vakionopeudensäädin

Kaksipyöräisissä vakionopeudensäädin on ollut haluttu ominaisuus jo pitkään. Kuten autoilussakin jalan lepuutus, on kaksipyöräisissäkin tärkeää antaa välillä kaasukäden levätä. Vanhan ajan mekaanisia kaasukahvan lukitusmenetelmiä on ollut jo pitkään, mutta ne voivat aiheuttaa vaaratilanteita, koska eivät välttämättä löysää kaasua jarrituksen yhteydessä. Tietysti elektronisiaakin vakionopeudensäätimiä on ollut, jotka ymmärtävät vapauttaa kaasun tarvittaessa, mutta nekään eivät havaitse edessä olevaa ajoneuvoa, tai muuta estettä. Tällöin oikea ratkaisu olisi adaptiivinen vakionopeudensäädin.

Adaptiivinen vakionopeudensäädin perustuu tutkan toimintaan, joka mittaa etäisyyksiä tietyin näytteenottovälein ja täten ilmoittaa arvot laskennan suorittavalle yksikölle. Sähköinen säätöjärjestelmäyksikkö käyttää lisäksi apunaan kaksipyöräisen ABS-antureita ja ECU:ta, minkä perusteella se laskee tarvittavat muutokset takaisin moottorinohjaukselle. Adaptiivisen vakionopeudensäätimen säätöparametrit ovat automaattiseen kolarinestojärjestelmään verrattaessa huomattavasti pienemmät ja loivemmat, jolloin oikein käytettynä, niiden suorittaminen ei aiheuta ylimääräistä vaaraa kuljettajalle.

Nykypäivän moottoripyörien adaptiiviset vakionopeudensäätimet ovat vielä ns. ”Premium” moottoripyörien varuste, mutta ajan saatossa, kuten autojenkin kanssa, saattaa sellainen löytyä hieman lompakkoystävällisemmästäkin mallista. Esimerkkinä jälleen Kawasakin H2 SX -malli, minkä adaptiivinen vakionopeudensäädin omaa kolme eri etäisyysäätötasoa, jonka mukaan etäisyys edellä olevaan ajoneuvoon voidaan valita.

## 4 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Teknologian jatkuvan kehityksen myötä yhä uudemmat ja hienommat ajonavustimet ja ominaisuudet ovat mahdollisia sekä saavat jalansijaa kaksipyöräisten keskuudessa. Antureiden mikro- ja nanokokonsa ansiosta järjestelmien suunnittelu käy halvemmaksi, sekä yhä helpommaksi, sillä se ei vaikuta massiivisten mekaanisten antureiden tapaan kaksipyöräisen painonjakaumaan yhtä radikaalisti.

### 4.1 Moottoripyörän kolaritilanteen hälytysjärjestelmät

Vaikkakin kaksipyöräisten turvallisuus on saatu erilaisten ajonavustimien kautta aivan uudelle tasolle, eivät nekaan aina voi estää mahdollista törmäystä. Kuten liike-energian laissakin todetaan, jäädään pienemmällä massalla monesti muiden nelipyöräisten kanssa törmäystilanteessa hopealle. Lisäksi kaksipyöräisten turvavyön suunnittelemisen mahdottomuus lisää kuljettajan riskiä iskeytyä törmäyksen jälkeen muihin esineisiin. Tällöin on tärkeä pyrkiä luomaan automaattisia suojaimia sekä hälytysjärjestelmiä kuljettajan vahinkojen minimointiin.

#### 4.1.1 Moottoripyörän airbag-tyynyt

Tärkein seikka törmäystilanteessa on pyrkiä siirtämään ihmiseen kohdistuvat törmäysvoimat johonkin muuhun, kuten autoistakin tuttujen airbag-turvatyynyjenkin kanssa on toimittu. Airbag-turvatyynyjen törmäysanturit reagoivat törmäystilanteessa syntyviin massiivisiin kiihtyvyyssarvoihin, minkä takia elektroninen ohjainlaite laukaisee pienen räjähdepanoksen, minkä takia turvatyyny täyttyy sekunnin murto-osissa. (Wikipedia, 2024b).

Kaksipyöräisten kanssa itse ajoneuvoon kiinnitettävien turvatyynyjen kanssa hankaluuksia etenkin ns. ”nakumallien” kanssa tuottaa turvatyynyjen kiinnitys-, ja tukipaikat, minkä takia törmäysenergian absorbointi ei onnistuisi. Suurehkojen moottoripyörämallien, kuten Hondan Goldwing-pyörän kanssa, itse moottoripyörä on niin massiivinen, että perinteisen airbag-tyynyn kiinnittäminen on mahdollista. Näissäkin tapauksissa Honda on joutunut kehittämään törmäysanturit, mitkä reagoivat vain suoraan

etusuunnassa tapahtuvaan törmäykseen, jolloin sivuttaissuuntaiset esim. kaatumiset eivät niitä laukaise. Ensimmäinen turvatyyny löytyikin kyseisestä tuotantomallista lisävarusteena jo vuonna 2006. (Honda Motor Co, 2024)



**Kuva 8. Honda Goldwing -mallin airbag-tyyny (Honda Motor Co, 2005).**

Suurempien valmistajien kyvyttömyydestä valmistaa moottoripyöriin sopivia turvatyynyjä, monet moottoripyörävarustevalmistajat ovat alkaneet valmistaa airbag-liivejä, jotka törmäystilanteessa täyttävät kuljettajan ympäriinsä turvatyynyillä. Kyseisten airbag-liivien toiminta perustuu joko perinteisen turvatyynyn tapaan sähköiseen anturointiin tai yksinkertaisempaan mekaaniseen ratkaisuun. Tämä mekaaninen ratkaisu on yksinkertaisuudessaan jonkinlainen vaijeri tai naru, mikä kiinnitetään moottoripyörän runkoon. Tällöin törmäystilanteessa äkillinen kiinnitysmenelmän veto aiheuttaa airbagien räjähdyspanoksen räjähtämisen, jolloin liivit täyttyvät perinteiseen tapaan. Mekaanisella mekanismilla säästetään runsaasti resursseissa ja hinnassa, sekä vältetään ylimääräiseltä elektroniikalta ja sähköisten mekanismien latauksilta. Itse törmäystilanteessa taas mekaaninen mekanismi häviää sähköisille kiihtyvyyssantureille muutaman sekunnin murto-osan, mikä taas on melko suuri aika kyseisessä tilanteessa. (Ananth, 2023)

Tulevaisuus airbagien suhteen näyttää nykyään hieman valoisammalta, sillä ajoneuvojen turvallisuudesta vastaava jättivalmistaja Autoliv, on luvannut tuoda markkinoille vuonna

2025 bag-on-bike-tuotteen, mikä on kaksipyöräiseen kiinnitettävä airbag-turvatyyny. (Autoliv, 2024). Käyttökohdetta ei ole vielä julkistettu, mutta se tulee olemaan melko varmasti skoottereihin sijoitettava, missä nopeudet eivät ole niin massiivisia. Itse järjestelmä tulee olemaan hyvin perinteisen airbag-järjestelmän kaltainen, millä pyritään minimoimaan etenkin pään ja niskojen alueille tulevat iskut. Autolivin teknologiapäällikkö Atsushi Ishiin mukaan kaksipyöräisten airbagien kanssa itse järjestelmän reaktionopeus on yksi hankaloittava tekijä puuttumattoman ympäröivän rungon lisäksi. (Purvis, 2023c). Kyykkypyörien kanssa ongelmia tuottaa vielä kyttyrähkö ajoasento, minkä myötä superpyöriin saadaan airbageja vielä odottaa.

#### **4.1.2 Kypärään sijoitettavat anturit**

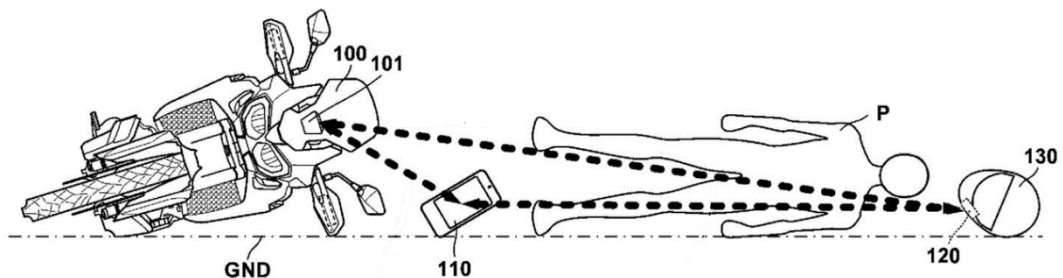
Moottoripyörän lisäksi on tietysti mahdollista myös anturoida itse ajoneuvon kuljettaja. Kuljettaja on moottoripyörän päällä melko vakaa, jolloin virheelliset signaalit ovat melko helppo suodattaa.

Yksi tärkeimmistä nimenomaan kypärän anturoinnin mahdollistavista järjestelmistä on eräänlainen kolarintunnistusjärjestelmä. Nykyään monella kaksipyöräisvalmistajalla on joko valmis tai kehitteillä oleva kolarin tunnistusjärjestelmiä. Tämä järjestelmä perustuu kolarin tai törmäyksen jälkeiseen tilaan, jolloin kuljettaja on tajuton tai muuten ei pysty pyytämään itselleen apua. Vuonna 2023 moni yritys mukaan lukien BMW ja Triumph käyttivät jo kyseistä järjestelmää tuotteissaan, missä kaksipyöräinen ja kuljettajan matkapuhelin kommunikoivat keskenään useimmiten bluetoothin avulla ja täten tunnistavat törmäyksen tai kaatumisen. (Purvis, 2023a)

Uutena esimerkkinä Hondalla on suunnitteilla järjestelmä, missä järjestelmä hankkii paikkatietoa ajoneuvon ja kuljettajan matkapuhelimen lisäksi myös kuljettajan kypärästä. Aiemmissa jo saatavilla olevissa järjestelmissä vaikeuksia on tuottanut väärät hälytykset, mitkä voivat aiheuttaa täten järjestelmien poiskytkemistä ärsyyntymisen ja turhautumisen tuloksena. Hondan algoritmi on ottanut tämän huomioon ja se antaakin kuljettajalle mahdollisuuden kypäräpuhelimien kautta keskeyttää hätäpyyntö. Lisäksi kypärän anturoinnin avulla kuljettajan ja ajoneuvon paikkatiedosta saadaan tarkempi käsitys, mikä parantaa järjestelmän toimintaa.



Esimerkkinä kolaritilanteesta on havainnollistava kuva 8, missä kuljettaja makaa maassa kypärä päästä irronneena. Kuvasta käy hyvin ilmi komponenttien välinen kommunikointi ja kaatuminen. Tällöin järjestelmän algoritmi havaitsee tilanteen ja valmistelee hätäpyynnön. Kuljettajalla on tämän jälkeen muutama sekunti aikaa peruuttaa pyyntö, mikäli hälytys olisikin väärä. Lopulta hätäpyyntö lähtee pelastuslaitokselle, mikä sisältää jonkinlaisen informaation tilanteesta, sekä koordinaatit kolaripaikasta. Tällöin tilanne etenee pelastuslaitoksella ja järjestelmä on työnsä hoitanut.



**Kuva 9. Komponenttien välinen kommunikointi** (Purvis, 2023a).

Tällaisilla järjestelmillä kaksipyöräisten sekä muiden päältä ajettavien ajoneuvojen turvallisuus nousee huomattavasti. Kypärään sijoitettavat anturit ja kypäräpuhelimet tietysti lisäävät muutaman gramman sen painoa, mutta mahdollinen hengenpelastava avustin poistaa negatiiviset tekijät.

## 4.2 Hybridi- ja sähkövoimansiirtomallit

Viime vuosikymmenen aikana sähkö- ja hybridautot ovat yleistyneet autoalan tuotantomalleissa, mikä alkaa myös muiden innovaatioiden tapaan, hieman viiveellä näkyä kaksipyöräisten keskuudessa. Ensimmäisenä hybridituotantomallina pidetään vuonna 2008 Intian markkinoilla ollutta ”ET-120”:tä, minkä 70 cm<sup>3</sup> moottorin ja sähköavustuksen yhdistelmä vastasi yksinään noin 120 cm<sup>3</sup> polttomoottorin tuottamaa tehoa. (Eyvazzadeh, 2009). Intian liikenteeseen tämä sopi hyvin, mutta Euroopan ja Amerikan markkinoille se ei sopinut.

Vuoden 2008 jälkeen teknologian kehittymisen lomassa monet alan yritykset ovat kehittäneet monenlaisia hybridi- tai sähkövoimaisia prototyyppisiä, mutta mikään ei ole edennyt vielä tuottavaksi tuotantomalliksi asti.

Pitkä aika saa viimein päätöksensä, kun tänä vuonna (2024) Kawasaki on lanseerannut ”Ninja”-lippulaivamallistaan rinnakkaishybridiversion, mikä on nimeltään ”Ninja 7”.



**Kuva 10. Ninja 7:n runkokuva (Kawasaki, 2024).**

Kyseisessä mallissa on 451 cm<sup>3</sup> polttomoottori, mikä tuottaa 58 hp@10500 rpm tehon ja 43.4 Nm@7500 rpm vääntömomentin (Adams, 2023). Yhdessä rinnakkaishybridin kanssa lukemat nousevat 68.5 hp@10500 rpm tehoon ja 60.4 Nm@2800 rpm vääntöön. Hybridiaavustuksen tuoman matalan kierrosluvun maksimi vääntömomentti tuo kiihtyvyyksvertailun jopa 1000 cm<sup>3</sup> tasolle. Märkäpainoa moottoripyörälle kertyy noin 227 kg. (Kawasaki, 2024)

Ninja 7:n rinnakkaishybridi mahdollistaa ajon myös pelkällä sähköllä noin 60 km/h nopeuteen asti 11–16 km matkan. Malli myös eroaa plug-in ”PHEV”-hybridiin verrattuna siten, ettei sitä tarvitse itse lainkaan ladata, vaan akusto latautuu pelkästään moottorin, sekä regeneroivan jarrituksen avulla ajossa. (Kawasaki, 2024) Ninja 7:tä

voidaan pitää kolmen moottoripyörän yhdistelmänä, missä yhdistyy päästötön kaupunkipyörä, maantiekiituri sekä perinteinen matkapyörä. (Adams, 2023)



**Kuva 11. Ninja 7:n ajotilanvalinta (Kawasaki, 2024).**

Jo julkaistun hybridimallin lisäksi, Kawasaki on optimistinen vihreän tulevaisuuden kanssa. Heillä on ollut jo pitkään kehitteillä täyssähkömallit, molemmista lippulaivamalleistaan Z ja Ninja. Sähkömallit ovat nimeltään Z e-1 ja Ninja e-1. Kawasaki on myös maininnut kehittelevänsä uutta vetyvoimaista moottoripyöräänsä, mutta siitä ei ole vielä paljoa tietoa. (Adams, 2023)

Moottoripyörien sähköistyminen vaikuttaa tietysti positiivisesti taloudellisuuteen ja ajon aikana tuotettuihin päästöihin, mutta sillä on myös negatiivisia vaikutuksia. Esimerkkinä sähkömoottoripyörän akustojen ja muiden komponenttien tuoman massan myötä, pyörän kokonaismassa kasvaa huomattavasti normaaleihin polttomoottorimalleihin verrattaessa. Lisäksi ylimääräisen massan myötä moottoripyörän painopiste on suunniteltava uusiksi, jotta sen ajo-ominaisuudet eivät kärsisi. Tämän päivän akkuteknologia on jo sillä tasolla, että sähköiset voimansiirtomenetelmät ovat kantaman ja tehon myötä mahdollisia, mutta latausmenetelmät eivät vielä yletä normaalin tankkauksen nopeuteen. Suurin ongelma korkeajänniteakustojen kanssa on kuitenkin huolto- ja korjaustoimenpiteet, joiden suorittamiseen täytyy aina olla alan erikoisasiantuntija, jotta ne sujuvat turvallisesti.

## 5 POHDINTAA

Kaiken kaikkiaan, kaksipyöräisten anturointi alkaa olemaan jo melko pitkällä. Vielä 20 vuotta sitten, monien valmistajien lippulaivamallitkin olivat todella kynittyjä sähköisten säätöjärjestelmien osalta nykypäivän malleihin verrattaessa. Lisäksi teknologian eksponentiaalisen kehittymisen lomassa ken tietää, missä tilanteessa ollaan kymmenien vuosien kuluttua. Tällä hetkellä Yhdysvalloissa muutama osavaltio on jo laillistanut autonomisten ajoneuvojen toiminnan, joten nähtäväksi jää, seuraako moottoripyöräteollisuus tämän innovaation perässä.

Anturoinnissa ja uudemmissa innovaatioissa ei välttämättä aina tavoiteta koko moottoripyöräyhteisöä, mikä tietysti hieman vaikuttaa valmistajien tapaan kehittää uutta. Hyvänä esimerkkinä Harley-Davidson, minkä tutkapohjaista ajoavustinjärjestelmää etsiessä internetistä, löytyi lähinnä poliisin nopeustutkien havaitsemiseen liittyviä järjestelmiä.

Lisäksi kaikki tämä hybridi- ja sähkövoimansiirtokehitys vaatii myös huomattavasti enemmän moottoripyörän tilatietoa ja tämän myötä anturointia. Teknologia on varmasti jo sillä tasolla, että kaikki tämä on mahdollista, mutta nähtäväksi jää, että kuinka moni valmistaja lähtee Kawasakin kanssa tähän kilpailuun mukaan.

Toisena seikkana moni miettii, kuinka itse moottoripyöräkansa ottaa hybridi- ja sähkömallit vastaan. Monella varmasti on omat ennakkoluulonsa asian kanssa, sillä moottoripyöräily on lähtökohtaisesti ”hupiajelua”, jonka takia moni ei polttoaineen taloudellisuutta tai muuta vihreää siirtymää mieti. Olihan sama kysymys oman aikana super-autojen kanssa, mutta tänä päivänä hybridi- ja sähkövoimansiirtomallit ovat kaikkien huulilla.

## LÄHDELUETTELO

- Adams, B. (2023). *2024 Kawasaki Ninja 7 Hybrid Motorcycle First Ride Review* | *Cycle World*. Cycleworld. [viitattu 15.1.2024] <https://www.cycleworld.com/motorcycle-reviews/kawasaki-ninja-7-hybrid-motorcycle-first-ride-review/>
- Aladdin, M., & Singh, J. (2016). Modeling and simulation of semi-active suspension system for passenger vehicle. *Journal of Engineering Science and Technology*, 104–125.
- Ananth, I. (2023). *Motorcycle airbags: What are they & how do they work?* | *Team-BHP*. Team-BHB.Com. [viitattu 24.1.2024] <https://www.team-bhp.com/news/motorcycle-airbags-what-are-they-how-do-they-work>
- Autoliv. (2024). *Autoliv to launch its first motorcycle airbag in 2025* | *Autoliv*. Autoliv.Com. [viitattu 24.1.2024] <https://www.autoliv.com/press/autoliv-launch-its-first-motorcycle-airbag-2025-2132315>
- BMW. (2023a). *DDC - technology in detail* | *BMW Motorrad*. BMW Motorrad. [viitattu 3.1.2024] <https://www.bmwmotorcycles.com/en/engineering/detail/suspension/ddc.html>
- BMW. (2023b). *DTC - technology in detail* | *BMW Motorrad*. BMW Motorrad. [viitattu 3.1.2024] <https://www.bmw-motorrad.fi/en/engineering/detail/safety/dtc.html>
- Eyvazzadeh, D. (2009). *World's First Hybrid Motorcycle Heads to India* | *WIRED*. Wired.Com. [viitattu 15.1.2024] <https://www.wired.com/2009/12/worlds-first-hybrid-motorcycle-heads-to-india/>
- Gripone. (2018). *How it works: Wheelie Control Strategy - GRIPONE*. Gripone. [viitattu 3.1.2024] <https://www.gripone.com/it-works-wheelie-control-strategy/#gref>

- Honda Motor Co. (2005). *Honda Global | September 8, 2005 'Honda Develops World's First Production Motorcycle Airbag System'*. [viitattu 6.2.2024] Global.Honda/En. <https://global.honda/en/newsroom/news/2005/2050908-eng.html>
- Honda Motor Co. (2024). *Honda Global | Motorcycle Airbag System - Picture Book*. Global.Honda. [viitattu 24.1.2024] [https://global.honda/en/tech/Motorcycle\\_Airbag\\_System/](https://global.honda/en/tech/Motorcycle_Airbag_System/)
- Hooshmand, D. (2023, November 29). *Cornering ABS/IMU explained + List of All Motorcycles (2022)*. Motofomo. [viitattu 3.1.2024] <https://motofomo.com/motorcycles-with-cornering-abs-imu/>
- Huhtala, J. (2020). *Ducatilta ensimmäinen adaptiivinen vakionopeudensäädin moottoripyörään*. Moottori. [viitattu 3.1.2024] <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/ducatilta-ensimmainen-adaptiivinen-vakionopeudensaadin-moottoripyoraan/>
- Kawasaki. (2024). *Ninja 7 Hybrid | 2024 | Kawasaki*. Kawasaki. [viitattu 15.1.2024] [https://www.kawasaki.eu/en/Motorcycles/EV\\_HEV/Ninja\\_7\\_Hybrid.html#product-specifications-78c4964e4d-item-15d93c6761-tab](https://www.kawasaki.eu/en/Motorcycles/EV_HEV/Ninja_7_Hybrid.html#product-specifications-78c4964e4d-item-15d93c6761-tab)
- Purvis, B. (2023a). *Honda Crash-Detection System | Cycle World*. Cycleworld. [viitattu 3.1.2024] <https://www.cycleworld.com/motorcycle-news/honda-crash-detection-system/>
- Purvis, B. (2023b). *How it works: IMU | Visordown*. Visordown.Com. [viitattu 30.1.2024] <https://www.visordown.com/features/workshop/what-is-an-imu%3F>
- Purvis, B. (2023c). *Motorcycle Airbags Going Mainstream | Cycle World*. Cycleworld. [viitattu 24.1.2024] <https://www.cycleworld.com/motorcycle-news/motorcycle-airbags-becoming-mainstream/>

- Purvis, B. (2024). *Sensor-based rider assistance systems are about to get serious* | MCN. Motorcyclenews.Com. [viitattu 4.2.2024] <https://www.motorcyclenews.com/news/new-tech/motorcycle-radar-technology/>
- Trevitt, A. (2016). *Active versus Semi-Active Suspension* | Cycle World. Cycleworld. [viitattu 3.1.2024] <https://www.cycleworld.com/sport-rider/active-versus-semi-active-suspension/>
- Tuomi, J. (2013). Inertia-anturien hyödyntäminen kulkuneuvojen liiketilan havainnoinnissa. In *Inertia-anturien hyödyntäminen kulkuneuvojen liiketilan havainnoinnissa*. Teknillinen Yliopisto.
- West, P. (2022). *New Ninja on the radar: Kawasaki's supercharged H2 SX flagship gets major makeover for 2022* | MCN. Motorcyclenew.Com. [viitattu 5.2.2024] <https://www.motorcyclenews.com/news/new-bikes/2022-kawasaki-ninja-h2-sx/>
- Wikipedia. (2024a). *Anti-lock braking system - Wikipedia*. Wikipedia. [10.1.2024] [https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock\\_braking\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system)
- Wikipedia. (2024b). *Turvatyyny - Wikipedia*. Wikipedia. [viitattu 24.1.2024] <https://fi.wikipedia.org/wiki/Turvatyyny>
- Yamaha Motor Co. (2024). *6-axis IMU-based Electronic Control System* | Yamaha Motor Co., Ltd. Global.Yamaha-Motor.Com. [4.2.2024] [https://global.yamaha-motor.com/design\\_technology/technology/electronic/001/](https://global.yamaha-motor.com/design_technology/technology/electronic/001/)