

Raakapuun autokuljetuksen ja metsäkoneiden automaation kehitysnäkymät

Pyry Seppälä

22.10.2020

Teollisuuden Metsänhoitajat ry:n syysseminaari

Automaation käyttöä puoltavia tekijöitä

Puutavara-ajoneuvot

- Kustannustehokkuuden parantaminen
 - Pa-talous
 - Koneyksiköiden tehokkuuden nosto
 - Kuljettajien välisten erojen pienennys
- Kuljettajatyövoiman saatavuusongelma
- Työhyvinvoinnin parannus
- Päästöjen pienentäminen

Metsäkoneet

- Kustannustehokkuuden parantaminen
 - Pa-talous
 - Koneyksiköiden tehokkuuden nosto
 - Kuljettajien välisten erojen pienennys
- Kuljettajatyövoiman saatavuusongelma
- Työhyvinvoinnin parannus
- Päästöjen pienentäminen



Raakapuun autokuljetusketjun automaation kehitysnäkymät

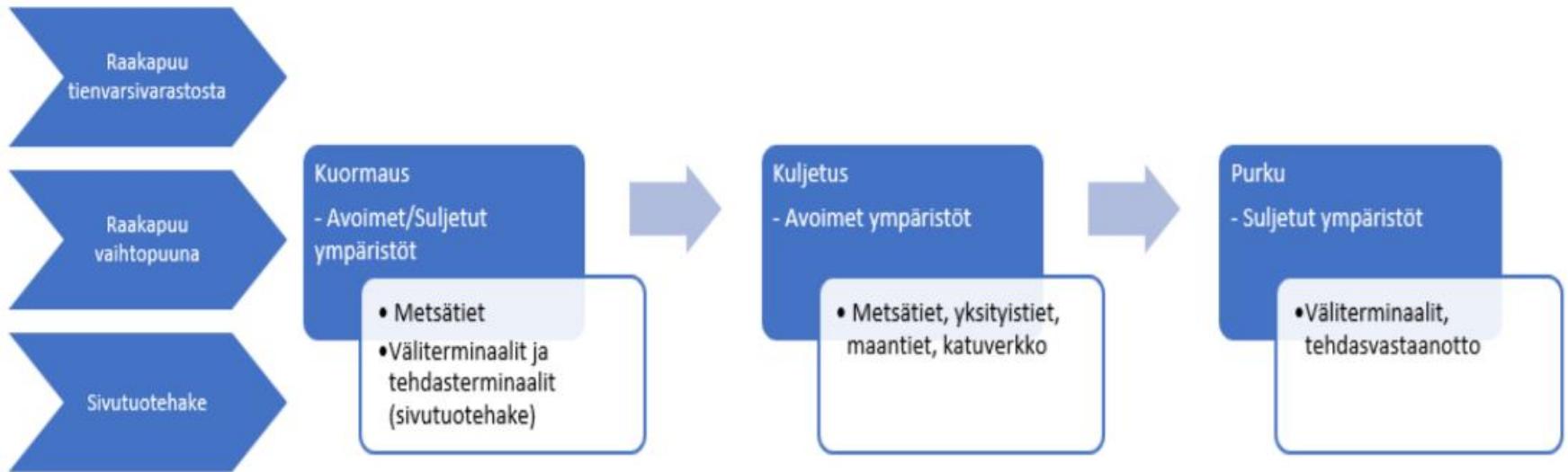
Tutkimuksen toteutus ja tausta

- Tutkimus kohdentui puutavara-ajoneuvoyhdistelmien, niiden puutavaranostureiden sekä vastaanottopurkukoneiden automaatioon.
- Tutkimus toteutettiin teemahaastatteluin N=18
 - Kuljetuksen antajat, n=5
 - Kuljetusyrittäjät, n=4
 - Kalustovalmistajat: Kuormain- (n=3) ja ajoneuvovalmistajat (n=2)
 - Tutkijat (tieliikenteen ja ajamisen automaatio) n=3
 - Liikenneviranomaiset n=1
- Suomen lainsäädäntö mahdollistaa ajoneuvojen automaation hyvin korkealle, teoriassa jopa SAE-tasolle 4 asti.
 - Kuljettajan ei tarvitse olla ohjaamossa, vaan voi sijaita myös etävalvomossa, kunhan kuljettaja pystyy kaiken aikaa tarkkailemaan ja hallitsemaan ajoneuvoa.



Tutkimuksen fokus

- Tutkimus rajautui tarkastelemaan seuraavia kuljetusketjuja ja sen osia:



Tutkimuksen fokus

- Automaation hyödynnettävyyttä puun autokuljetusketjuissa arvioitiin erilaisten toimintaympäristöjen kannalta
 - Puutavarayhdistelmän toimintaympäristöt
 - Avoimet alueet: kontrolloimaton ympäristö, olosuhteet ja infrastruktuurin kunto vaihtelevat
 - Suljetut alueet: kontrolloitu ja rajattu ympäristö, infrastruktuurissa automaatio huomioitu, mahdollisimman vakioidut olosuhteet



Nykytila - puutavara-ajoneuvo

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	ODD	Esimerkki-sovellus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Kaistanvaihtoavustin
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkaavustin
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen hallinnon. Ihminen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkakuljettaja, maantiekuljettaja
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Suurin osa ajotilanteista	Maantiepilotti
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja automaattinen ajoneuvo

Kehitysnäkymät seuraavat 3–5 v (1/2)

- Avoin ympäristö: yleiset- ja yksityiset tiealueet (ajoneuvot)
 - Kehitys painottuu maanteille.
- Suljetut alueet: tehdas- ja terminaali-alueet
 - Automaation turvallinen toiminta on helpointa taata suljetuilla alueilla.
 - Automaation käyttöönotto vielä vähäistä ja pilottihankkeiden muodossa.
- Ajoneuvojen verkottuneisuus lisääntyy: ajoneuvojen välinen (V2V), ajoneuvo-infrastruktuuri (V2I), ajoneuvo-infrastruktuuri-taustajärjestelmät (V2X)
- Puutavaranosturin osalta kehityssuuntana ovat kärkeohjaus (taso 1) sekä HiVision-tyyppinen etäohjaus (taso 0, 1).



Kehitysnäkymät seuraavat 3–5 v - ajoneuvo (2/2)

Avoin ympäristö

Suljettu ympäristö

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	ODD	Esimerkki-sovellus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaankin varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Kaistanvaihtoavustin
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Mukautuva vakionopeudensäädin, kaistaavahti
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkaavustin
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrolloinnin. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkakuljettaja, maantiekuljettaja
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Suurin osa ajotilanteista	Maantiepilotti
5	Täysi automaatio	Kaikien kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja automaattinen ajoneuvo

Kehitysnäkymät yli 5 v (1/2)

- SAE 2:n käytettävyys (ODD) laajenee käytettäväksi myös muualla kuin moottoriteillä
- Jollakin aikavälillä SAE-tasot (3)–4 on mahdollista toteuttaa turvallisesti myös avoimissa ympäristöissä maanteillä.
 - Toteutus ensin vakioireiteillä: sivutuotehakkeen ja raakapuun terminaaliajot
- Suljetuilla alueilla SAE-tasot (3)–5 laajasti käytössä siirto- ja purkutoiminnoissa: etähallitut ajoneuvot ja työkoneet
- Puutavaranoisturi mahdollisesti tasoa 2: automatisoidut liikkeet
 - Haasteita kuormauksen automatisoinnissa: erimittaiset puutavaralajit, päät eri tasoissa, talvisin pinot lumipeitteen alla, taakan asettelu kuormatilaan, nosturin käyttöaika lyhyt koko ketjun kannalta
 - Korkeampi automatisointi voi vaatia työmenetelmien radikaalin muuttamisen.



Kehitysnäkymät yli 5 v (2/2)

Avoimet alueet

Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen, jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja	ODD	Esimerkki-sovellus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Kaistanvaihtoavustin
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkaavustin

Suljetut ympäristöt

Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrolloinnin. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Joitakin ajotilanteita	Ruuhkakuljettaja, maantiekuljettaja
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Suurin osa ajotilanteista	Maantiepilotti
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja automaattinen ajoneuvo

Tavaralajimenetelmän metsäkoneiden automaation kehitysnäkymät



Tutkimuksen fokus

- Pohjoismaiset tavaralajimenetelmän metsäkoneet (hakkuukone+kuormatraktori)
 - Suomen puunkorjuuolosuhteet
 - Tarkastelee metsäkoneiden alustakoneen ja nosturin hallinnan automaatiota. Katkonnanohtaus rajattu pois suurilta osin.
- Tutkimuksen aikana luotiin metsäkoneille automaation tasoluokitus, joka osin palveli myös tutkimusta.
- Teemahaastattelut N=16
 - Automaatiotutkijat, n=4
 - Metsäkonevalmistajat, n=4
 - Puunkorjuun tilaajat (metsäteollisuus), n=4
 - Metsäkoneyrittäjät, n=4



Hakkuu- ja ajokoneiden kehitysnäkymät seur. 3–5 vuotta–nosturi

Taso	Nimi	Määritelmä	Dynaaminen suoritus			Järjestelmän toimintaympäristö	Esimerkki
			Nosturin ohjaus	Ympäristön havainnointi	Dynaaminen varasuoritus		
Ihminen vastaa dynaamisesta suorituksesta joko kokonaan tai osittain							
0	Ei automaatiota	Nosturin ohjaus täysin manuaalisesti jokaista hydraulisylinteriä erikseen ohjaten.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Perinteinen nosturi
1	Kuljettajan tuki	Nosturin manuaaliohjaus kärkekeskeisesti, järjestelmä ohjaa yksittäisiä hydraulisylinterejä (karteesinen ohjaus).	Ihminen järjestelmän avustamana	Ihminen	Ihminen	Joissain olosuhteissa rajoittunut	Kärkiohjattu nosturi
2	Osittainen automaatio	Osa nosturin työsyklistä on automatisoitu esimerkiksi nosturin puulle vienti tai taakan nosto kuormatilaan. Ihminen vastaa valvonnasta.	Ihminen ja järjestelmä osasyklin aikana	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Automaattinen puomin liike puutavarakanan ja kuormatilan välillä.
Automaatiojärjestelmä vastaa dynaamisesta suorituksesta kokonaan järjestelmän ollessa toiminnassa.							
3	Ehdollinen automaatio	Nosturin koko työsykli sekä ympäristön havainnointi on automatisoitu. Ihminen vastuussa ohjauksen varasuorituksesta.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Rajoittunut	Nosturi toimii automaattisesti ilman kuljettajan valvontaa. Häiriötilanteissa vaaditaan kuljettajan toimintaa.
4	Korkea automaatio	Nosturin koko työsykli sekä ympäristön havainnointi on automatisoitu. Häiriötilanteessa järjestelmä pystyy itse päättämään toiminnasta turvallisuutta ylläpitäen, mikäli ihminen ei suorita varaohjausta.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä (Ihminen)	Rajoittunut	Itsenäisesti toimiva nosturi, joka häiriötilanteessa joko pysäyttää tai jatkaa toimintaa turvallisuutta ylläpitäen.
5	Täysi automaatio	Täysin autonominen nosturi, joka pystyy toimimaan kaikissa mahdollisissa olosuhteissa, joissa kuormaimen käyttö ylipäätään on mahdollista.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki tilanteet	Autonominen nosturi, joka pystyy myös suunnittelemaan työtään.

Pääasiallinen käytössä oleva taso

Kehitteillä ja prototyypikäytössä

Teknisesti mahdollinen toteuttaa rajatuissa olosuhteissa



Hakkuu- ja ajokoneiden kehitysnäkymät seur. 3–5 vuotta – alustakone (vain kuormatraktori)

Taso	Nimi	Määritelmä	Dynaaminen ajaminen				Esimerkki
			Pitkittäis- ja poikittaissuuntainen hallinta	Ympäristön havainnointi	Dynaamisen ajamisen varasuoritus	Järjestelmän toimintaympäristö	
Ihminen suorittaa joko täysin tai osittain dynaamisen ajamisen							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla ja tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Automatisoitu voimansiirto
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko pitkittäis- tai poikittaissuuntaiseen hallintaan hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen, jossa sivusuuntainen ohjaus automatisoitu.
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä pitkittäis-, että poikittaissuuntaisen ohjaamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajamisen osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen, jossa sivu- ja pitkittäissuuntainen ohjaus automatisoitu.
Automaatiojärjestelmä suorittaa koko dynaamisen ajotehtävän järjestelmän ollessa päälle kytkettynä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen järjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen hallinnan sekä ympäristön havainnoinnin. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa hallinta itselleen, mikäli järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen automatisoitu poikkeustilanteita lukuunottamatta.
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen järjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota hallintaa itselleen, vaikka järjestelmä näin pyytääkin. Mikäli ihminen ei ota koneen hallintaa itselleen, järjestelmä pysäyttää koneen hallitusti.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen automatisoitu poikkeustilanteita mukaan lukien.
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava järjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja itseohjautuva metsäkone.

Kehitteillä ja prototyypikäytössä

Teknisesti mahdollinen toteuttaa rajatuissa olosuhteissa

Hakkuu- ja ajokoneiden kehitysnäkymät yli 5–10 vuotta–nosturi

Taso	Nimi	Määritelmä	Dynaaminen suoritus			Järjestelmän toiminta- ympäristö	Esimerkki
			Nosturin ohjaus	Ympäristön havainnointi	Dynaaminen varasuoritus		
Ihminen vastaa dynaamisesta suorituksesta joko kokonaan tai osittain							
0	Ei automaatiota	Nosturin ohjaus täysin manuaalisesti jokaista hydraulisyliintieriä erikseen ohjaten.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Perinteinen nosturi
1	Kuljettajan tuki	Nosturin manuaaliohjaus kärkekskeisesti, järjestelmä ohjaa yksittäisiä hydraulisyliintierejä (karteesinen ohjaus).	Ihminen järjestelmän avustamana	Ihminen	Ihminen	Joissain olosuhteissa rajoittunut	Kärkiohjattu nosturi
2	Osittainen automaatio	Osa nosturin työsyklistä on automatisoitu esimerkiksi nosturin puulle vienti tai taakan nosto kuormatilaan. Ihminen vastaa valvonnasta.	Ihminen ja järjestelmä osasyklin aikana	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Automaattinen puomin liike puutavarakan ja kuormatilan välillä.
Automaatiojärjestelmä vastaa dynaamisesta suorituksesta kokonaan järjestelmän ollessa toiminnassa.							
3	Ehdollinen automaatio	Nosturin koko työsykli sekä ympäristön havainnointi on automatisoitu. Ihminen vastuussa ohjauksen varasuorituksesta.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Rajoittunut	Nosturi toimii automaattisesti ilman kuljettajan valvontaa. Häiriötilanteissa vaaditaan kuljettajan toimintaa.
4	Korkea automaatio	Nosturin koko työsykli sekä ympäristön havainnointi on automatisoitu. Häiriötilanteissa järjestelmä pystyy itse päättämään toiminnasta turvallisuutta ylläpitäen, mikäli ihminen ei suorita varaohjausta.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä (Ihminen)	Rajoittunut	Itsenäisesti toimiva nosturi, joka häiriötilanteissa joko pysäyttää tai jatkaa toimintaa turvallisuutta ylläpitäen.
5	Täysi automaatio	Täysin autonominen nosturi, joka pystyy toimimaan kaikissa mahdollisissa olosuhteissa, joissa kuormaimen käyttö ylipäätään on mahdollista.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki tilanteet	Autonominen nosturi, joka pystyy myös suunnittelemaan työtään.

Yleisin käytössä oleva
Tuotteistettu, ensimmäiset käytössä

Kehitteillä, ensimmäiset käytössä plantaaseilla

Hakkuu- ja ajokoneiden kehitysnäkymät yli 5–10 vuotta –alustakone

Taso	Nimi	Määritelmä	Dynaaminen ajaminen		Dynaamisen ajamisen varasuoritus	Järjestelmän toimintaympäristö	Esimerkki
			Pitkittäis- ja poikittaissuuntainen hallinta	Ympäristön havainnointi			
Ihminen suorittaa joko täysin tai osittain dynaamisen ajamisen							
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla ja tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-	Automatoitu voimansiirto
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko pitkittäis- tai poikittaissuuntaiseen hallintaan hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen, jossa sivusuuntainen ohjaus automatoitu.
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä pitkittäis-, että poikittaissuuntaisen ohjaamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajamisen osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen, jossa sivu- ja pitkittäissuuntainen ohjaus automatoitu.
Automaatiojärjestelmä suorittaa koko dynaamisen ajotehtävän järjestelmän ollessa päälle kytkettynä							
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen järjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen hallinnan sekä ympäristön havainnoinnin. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa hallinta itselleen, mikäli järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen automatoitu poikkeustilanteita lukuunottamatta.
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen järjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota hallintaa itselleen, vaikka järjestelmä näin pyytääkin. Mikäli ihminen ei ota koneen hallintaa itselleen, järjestelmä pysäyttää koneen hallitusti.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Rajoittunut	Ajouralla ajaminen automatoitu poikkeustilanteita mukaan lukien.
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava järjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä	Kaikki ajotilanteet	Täysin autonominen ja itseohjautuva metsäkone.

Kuormatraktori:
Tuotteistettu,
ensimmäiset käytössä

Kehitteillä,
mahdollisesti
ensimmäiset käytössä
plantaaseilla

Huomioita metsäkoneiden automaatiosta

- Hakkuukoneen nosturin automaatioasteen nosto tasolle 3 vaatii apteerauksen automaatioasteen nostoa.
 - Automaattinen laadun tunnistus (sisäinen ja ulkoinen laatu)
- Tasolta 3 eteenpäin kokonaisuuden automatisointi (nosturi ja alustakone).
 - Hyötyjen saavuttaminen: mahdollistaa usean koneen etähallinnan.
- Alustakoneen automaatiota ei nähdä kovin merkittävänä hakkuukonetyössä, niin kauan kuin kuljettajaa tarvitaan operoimaan nosturia.
 - Puhtaan ajon osuus pieni vs. kuormatraktori
 - Vasta kuormaimen korkean automaation tasoilla 3–5 alustakoneen automaatio hyödyllinen.
- Kuormatraktorissa paljon ajoa sekä kuormaimen ja ajon yhdistelmää
 - Pelkästä alustakoneen automaatiosta nähdään enemmän hyötyä kuin hakkuukoneella



Automaation kehityksen haasteet

Puutavara-/ hakeauto

- Käyttöympäristö
 - Muut tienkäyttäjät
 - Tieverkon kunto
- Ihmisen luotto järjestelmän toimintaan
- Automaatio- ja sensortechnologia
 - Kestävyys & toimintavarmuus
- Vastuukysymykset ja lainsäädäntö
 - Valmistajan ja kuljettajan vastualueet
- Automaation hyödyt vs. kustannukset
- Korkean automaatioasteen ajoneuvojen katsastus

Metsäkone

- Käyttöympäristö
 - Ei sisällä ihmisen rakentamaa säännöllistä infrastruktuuria
 - Usea ptl
- Ihmisen luotto järjestelmän toimintaan
- Automaatio- ja sensortechnologia
 - Kestävyys & toimintavarmuus
- Vastuukysymykset ja lainsäädäntö
 - Valmistajan ja kuljettajan vastualueet
- Automaation hyödyt vs. kustannukset



Lähteet

- SAE International. 2018. Surface Vehicle Recommended Practice. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for OnRoad Vehicles. Issued January 2014. Revised June 2018. Saatavissa: https://saemobilus.sae.org/content/J3016_201806/.
- Seppälä, P. 2020. Automaation kehitysnäkymät, haasteet ja hyödyt ainespuun autokuljetusketjussa Suomessa. Maisterin tutkielma. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Metsätieteiden osasto. 150 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-202006173093>.
- Seppälä, P. 2020. Tavaralajimenetelmän metsäkoneiden automaatio - Hakkuukoneen ja kuormatraktorin automaation kehitysnäkymät, tavoiteltavat hyödyt ja haasteet. Metsätehon raportti x. 70 s. **Ei vielä julkaistu.**
- Tieliikennettä koskeva yleissopimus (30/1986). Annettu 01.04. 1986. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1986/19860030#idp447496128>. [Viitattu: 01.05.2019].



KIITOS