

AEGLASE SÕIDUKI LIIKLUSOHUTUSEST

T. Sõõro

Eesti Maaülikool

Sissejuhatus

Liiklusohutuse teoriast on teada, et liiklusvoolu kiirusest erineva kiirusega sõitvad sõidukid (juhid) satuvad liiklusõnnetustesse sagedamini kui liiklusvoolu kiirusega sõitvad sõidukid (juhid). Oht sattuda liiklusõnnetusse on seda suurem, mida suurem on kiiruse erinevus liiklusvoolu kiirusest. Aeglase sõiduki (traktor, mitmesugused põllu-, metsa- vm masinad) jaoks on liikumiskiiruse väga suur erinevus liiklusvoolu kiirusest üheks peamiseks ohuteguriks, mida peavad arvestama nii aeglase kiirete sõidukite juhid.

Aeglase sõiduki ohtlikkus tuleneb asjaolust, et väikese kiirusega liikumisel kulub kõikidele manöövritele (liikumahakkamine, sõidukirea ja sõiduraja vahetus, pöörded, möödasõit, ümberpõige) palju aega. Aeglane sõiduk läbib seejuures lühikese teelõigu. Kiire sõiduk läbib sama ajaga oluliselt pikema teelõigu ning kiire sõiduki kiiruse kohandamiseks ja peatamiseks, kui selleks tekib vajadus, on tarvis pikka teelõiku. Ka ei pruugi vähevilunud kiirete sõidukite juhid osata õigesti hinnata aeglase sõiduki kiirust ja kaugust ning hakkavad aeglasele sõidukile järele jõudes kiirust vähendama liiga hilja, mistõttu neil jääb pidurdamiseks vähe ruumi. Samuti on ohuolukordade vältimiseks oluline aeglase sõiduki juhil veenduda, et ta manöövrile asudes ei looks olukorda, kus kiirema sõiduki juht ei ole suuteline õnnetust ära hoidma. Enne manöövreid peab aeglase sõiduki juht andma hoiatusmärguanded piisavalt varakult.

Võtmesõnad: aeglane sõiduk, kiire sõiduk, pikivahe, peatumisteed, haardetegur, juhi reaktsiooniaeg.

Materjal ja meetodika

Aeglase sõiduki teedel liikumise ohutuse tagamiseks on ennekõike oluline, et kiirete sõidukite juhid oskaksid aeglasele sõidukile lähenemisel hinnata ohutut pikivahet, kohandaksid sõidukiiruse vastavaks vähenevale pikivahetele ja et aeglase sõiduki juht annaks teistele liiklejatele aegsasti märku kavandatavatest manöövritest.

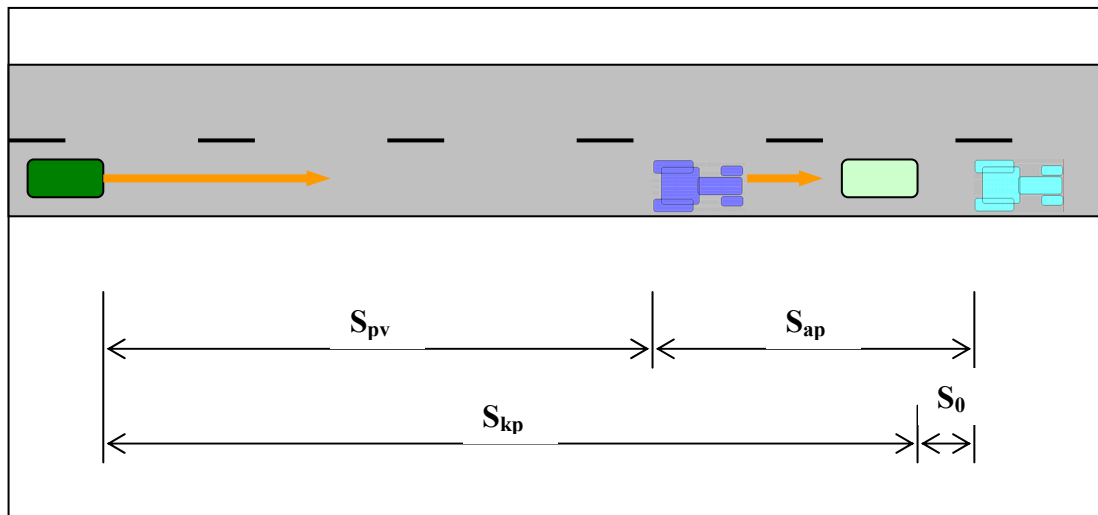
Ohutuks pikivaheks peetakse liiklusvoolus sõitmisel teatavasti vahemaad, mis asulas on arvuliselt võrdne poolega kiirusest (kui pikivahet mõõta meetrites ja kiiruse ühikuks on km/h) ehk ligikaudu kahe sekundiga läbitud teepikkus. Asulavälisel teel aga soovitatakse hoiduda kiirusega võrdse arvu meetrite kaugusele eessõitjast. Soovitus kehtib, kui üksteise järel sõitvad sõidukid liiguvad sama kiirusega.

Kiire sõiduki lähenemisel aeglasele sõidukile tuleb lugeda ohutuks pikivaheks vahemaad, mis võimaldab ohutult peatuda aeglasema sõiduki taga, kui viimane on sunnitud ootamatult peatuma ja möödumine on võimatu. Seetõttu on vaadeldaval juhul – kiire sõiduki lähenemisel aeglasele sõidukile, loetud ohutuks pikivaheks vähimat kaugust aeglasest sõidukist, mille juures peab kiire sõiduki juht otsustama, kas möödasõit on võimalik või tuleb hakata kiirust vähendama ja kohandama vastavalt pikivahe vähenemisele. Kiire sõiduki lähenemisel aeglasemale sõidukile ei ole pikivahe püsiv, vaid väheneb pidevalt. Ohutuks peatumiseks vajalik teepikkus on aga liikumiskiirusest, tee haardetegurist, sõiduki pidurite efektiivsusest ja ka aeglasema sõiduki kiirusest ning selle muutumisest. Ohutuse tagamiseks saab aeglasele sõidukile läheneva kiire sõiduki juht rakendada vaid ühte võtet – kohandada oma sõiduki liikumiskiirus pidevalt väheneva pikivahega. Seejuures peab kiirema sõiduki juht olema valmis "mustaks stsenaariumiks", mil aeglase sõiduki juht ootamatult pidurdab.

Eeltoodust lähtudes avaldub ohutu pikivahe aeglasele sõidukile lähenemisel järgmiselt (joonis 1):

$$S_{pv} = S_{kp} - S_{ap} + S_0, \quad (1)$$

kus S_{kp} – kiire sõiduki peatumisteed m;
 S_{ap} – aeglase sõiduki pidurdusteed m;
 S_0 – ohutusvaru m.



Joonis 1. Ohutu pikivahe. S_{pv} – ohutu pikivahe, S_{ap} – aeglase sõiduki pidurdusteekond, S_{kp} – kiire sõiduki peatusteekond, S_0 – ohutusvaru

Kiire sõiduki peatusteekonna saame arvutada avaldisega

$$S_{kp} = \left(t_j + t_{pk} + \frac{1}{2} t_{ak} \right) \cdot v_k + k_{ek} \frac{v_k^2}{2g\varphi_k}, \quad (2)$$

kus t_j – juhi reaktsiooniaeg s;
 t_{pk} – pidurite rakendusae s;
 t_{ak} – suurima aeglustuse saavutamiseks kuluv aeg s;
 v_k – sõiduki liikumiskiirus m/s;
 k_{ek} – sõiduki pidurite efektiivsustegur;
 φ_k – tee haardetegur,
 alaindeks k tähistab kiiret sõidukit ja alaindeks a aeglast sõidukit.

Aeglase sõiduki pidurdusteekond on sõiduki peatusteekonnast juhi reageerimisteekonna võrra lühem:

$$S_{ap} = \left(t_{pa} + \frac{1}{2} t_{aa} \right) \cdot v_a + k_{ea} \frac{v_a^2}{2g\varphi_a}. \quad (3)$$

Asendades avaldised (2) ja (3) avaldisse (1), saame ohutu pikivahe arvutamiseks avaldise

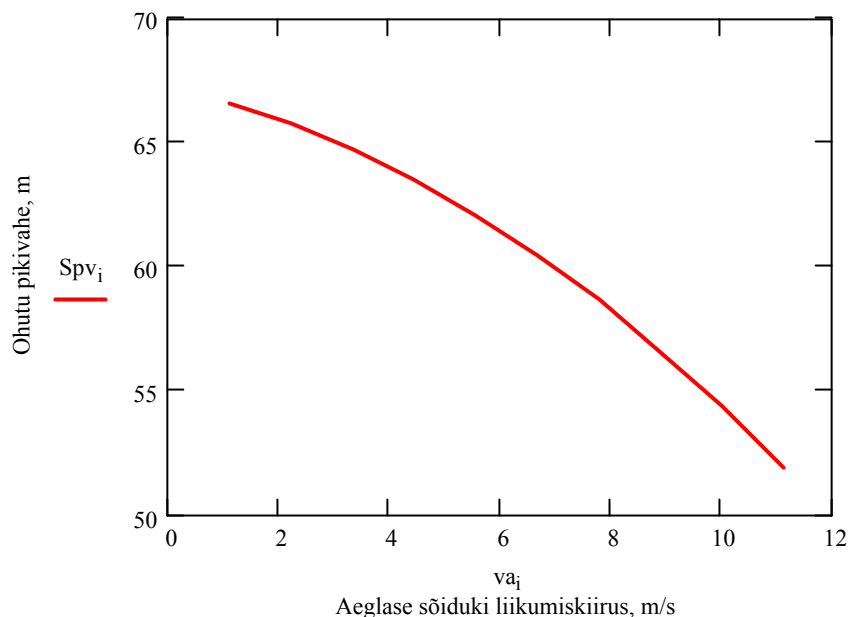
$$S_{pv} = \left(t_j + t_{pk} + \frac{1}{2} t_{ak} \right) \cdot v_k + k_{ek} \frac{v_k^2}{2g\varphi_k} + S_0 - \left(t_{pa} + \frac{1}{2} t_{aa} \right) \cdot v_a - k_{ea} \frac{v_a^2}{2g\varphi_a}. \quad (4)$$

Kasutades avaldist (4) on arvatud ohutu pikivahe järgmistel tingimustel. Aeglasele sõidukile läheneb kiire sõiduk maanteel lubatud kiirusega 90 km/h. Juhi reageerimisajaks on võetud 0,8 s. On arvestatud, et aeglasele sõidukile läheneval kiirel sõidukil on ketaspidurid ja pidurdusjõudude regulaator ($t_{pk} = 0,1$ s, $k_{ek} = 1$). Aeglase sõiduki pidurite rakendusajaks on võetud 0,2 s. Arvutus on tehtud asfalttee kohta ($t_a = 0,5$ s, $\varphi_k = 0,9$ ja $\varphi_a = 0,8$).

Kui aeglasele sõidukile lähenemisel pole kohe võimalik asuda mööda sõitma või kui juhile pole olukord selge, peab ta aegsasti piisaval kaugusel alustama kiiruse vähendamist. Kasutades eeltoodud valemeid on eespoolesitatud tingimustel arvatud aeglasele sõidukile läheneva auto ohutu kiiruse väärtus sõltuvalt pikivahest aeglase sõidukini ja aeglase sõiduki kiirusest.

Tulemused ja arutelu

Üheks ohutut pikivahet mõjutavaks oluliseks teguriks on aeglase sõiduki liikumiskiirus. Aeglased sõidukid võivad teedel liikuda liiklusvoolu kiirusest (90 km/h, eeldusel, et kiired sõidukid sõidavad lubatud kiirusega) enam kui kümme korda väiksema kiirusega (4–40 km/h). Kui aeglane sõiduk liigub kiirusega 40 km/h (11 m/s), peaks tagant läheneva kiire sõiduki juht hakkama kiirust vähendama hiljemalt 52 m kauguselt, kui möödasõit ei ole võimalik (joonis 1). Aeglase sõiduki liikumiskiirusel 30 km/h (8,3 m/s) (kõige sagedasem traktorite suurim liikumiskiirus) tuleks eeltoodud juhul alustada pidurdamist 57 m kauguselt. Kui aeglane sõiduk liigub väga väikese kiirusega (5 km/h ehk 1,4 m/s), tuleks pidurdamist alustada juba 66 m kauguselt. Arvestades, et kiire sõiduki juhil on aeglase sõiduki liikumiskiirust üsna raske hinnata, tuleks juhul, kui möödasõit ei ole võimalik või olukord on ebaselge, alustada kiiruse vähendamist 65 m kauguselt. Kui kiire sõiduki juht sõidab lubatust (90 km/h) suurema kiirusega, tuleb ka pidurdamist alustada vastavalt suuremal kaugusel.

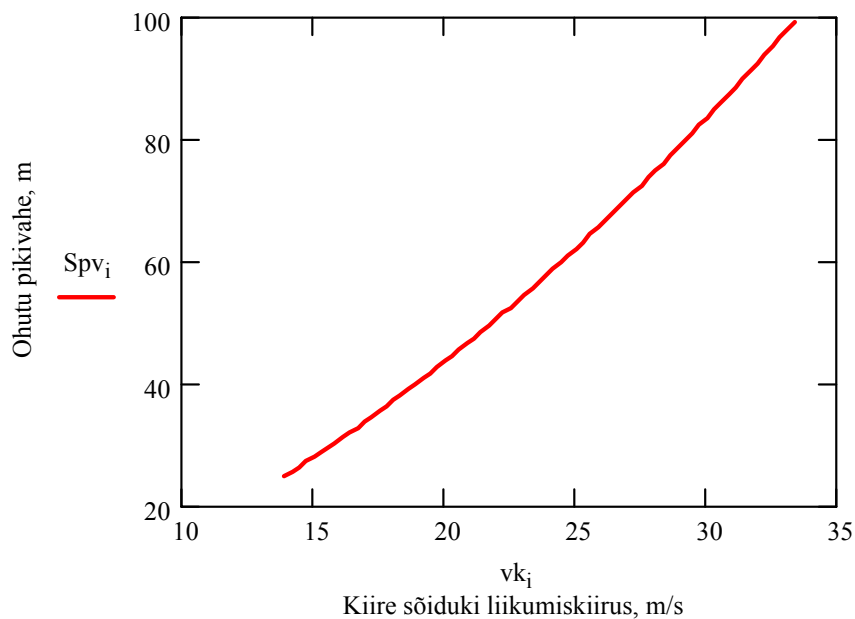


Joonis 2. Ohutu pikivahe sõltuvus aeglase sõiduki liikumiskiirusest

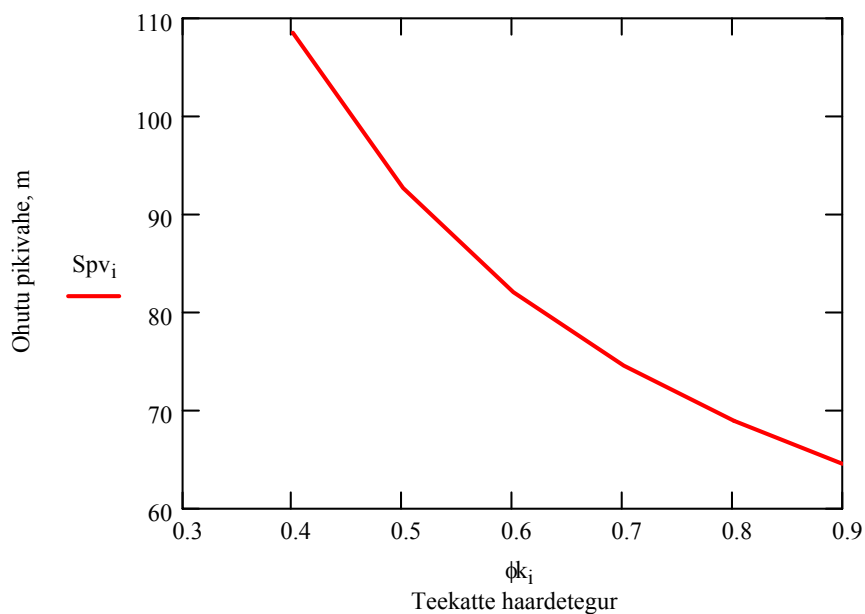
Ohutut pikivahet mõjutab aeglase sõiduki liikumiskiiruse kõrval oluliselt ka kiire sõiduki liikumiskiirus. Kui aeglane sõiduk liigub kiirusega 20 km/h (5,5 m/s) ja kiire sõiduk liigub ka suhteliselt aeglaselt, näiteks asulateel lubatud suurima kiirusega (50 km/h ehk 14 m/s), oleks ohutu pikivahe, mille juures tuleks hakata pidurdama eespoolvaadeldud olukorras, 25 meetrit (joonis 3). 25-meetrist pikivahet soovitab asulateel ka liiklusohutusteooria. Kiire sõiduki liikumisel asulavälisel teel lubatud suurima kiirusega (90 km/h ehk 25 m/s) oleks ohutu pikivahe juba 62 m, ja lubatud kiiruse ületamisel, sõitmisel näiteks kiirusega 120 km/h (33,3 m/s), koguni 99 m.

Eelltoodud arvutused ja arutelu kehtib kuival puhtal asfaltkattega teel, mille haardetegur on 0,9. Libedama teekatte ja väiksema haardeteguri korral pikeneb ohutu pikivahe. Kui aeglane sõiduk liigub kiirusega 20 km/h ja kiire sõiduk läheneb sellele kiirusega 90 km/h, siis puhtal kuival asfaltkattega teel (haardetegur $\varphi = 0,9$) on ohutu pikivahe 64 m, märjal teel ($\varphi = 0,7-0,8$) 70–74 m ning porisel ja ligasel teel ($\varphi = 0,6$ või alla selle) üle 80 m (joonis 4). Väga libedal teel ($\varphi \leq 0,4$) oleks nimetatud kiirustel ohutu pikivahe üle 100 m.

Märkimata ei saa jätta ka kiire sõiduki juhi reaktsiooniaja mõju ohutule pikivahetele. Tähelepaneliku juhi keskmiseks reaktsiooniajaks loetakse 0,8 s. Sõltuvalt erinevatest teguritest võib juhtide reaktsiooniaeg pidurdamisel olla vahemikus 0,5–1,2 s. Ohutu pikivahe oleks sel juhul vahemikus 55–72 m, kui aeglase sõiduki liikumiskiirus on 20 km/h ja kiire sõiduk liigub kiirusega 90 km/h (joonis 5). Ohutu pikivahe kasvab proportsionaalselt juhi reaktsiooniaja kasvades. Aeglane sõiduk on eriti ohtlik alkoholi- või narkojoobes juhile, kelle reaktsiooniaeg on 2–3 s või enam. Nii pika reaktsiooniaja korral peaks kiire sõiduki juht aeglasele sõidukile lähenemisel hakkama kiirust vähendama juba 100–120 m kaugusel.



Joonis 3. Ohutu pikivahe sõltuvalt kiire sõiduki liikumiskiirusest



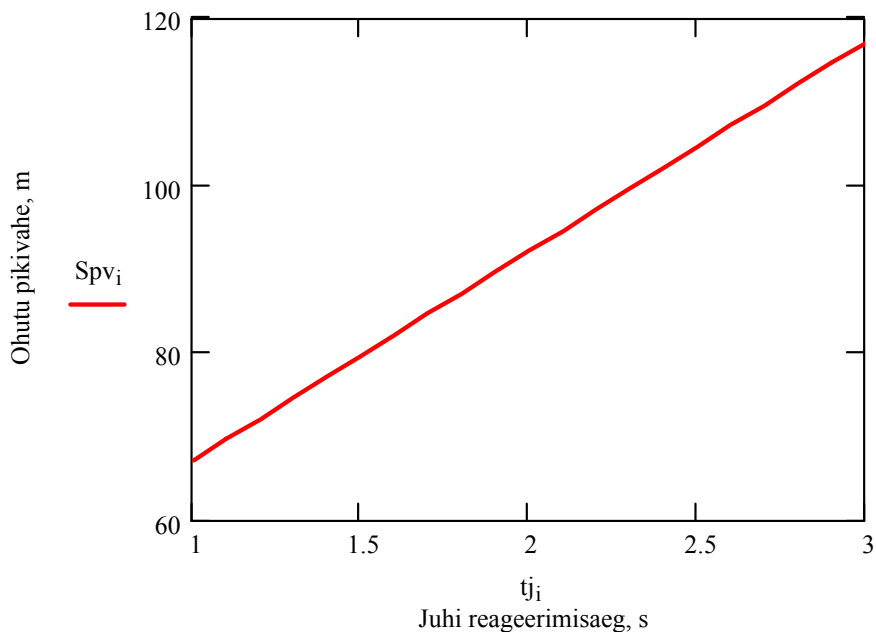
Joonis 4. Ohutu pikivahe sõltuvalt teekatte haardetegurist

Aeglasele sõidukile lähenemisel peab kiire sõiduki juht vähendama kiirust proportsionaalselt pikivahe vähenemisega (joonis 6). Kiirust tuleb vähendada seda intensiivsemalt, mida aeglasemalt liigub aeglane sõiduk. Kui aeglane sõiduk liigub kiirusega 40 km/h (11 m/s), peab 60 meetri kaugusel kiirusega 90 km/h (25 m/s) liikuva sõiduki juht aeglasest sõidukist 20 m kaugusele jõudes olema vähendanud kiiruse kuni 47 km/h-le (13 m/s) – 48%.

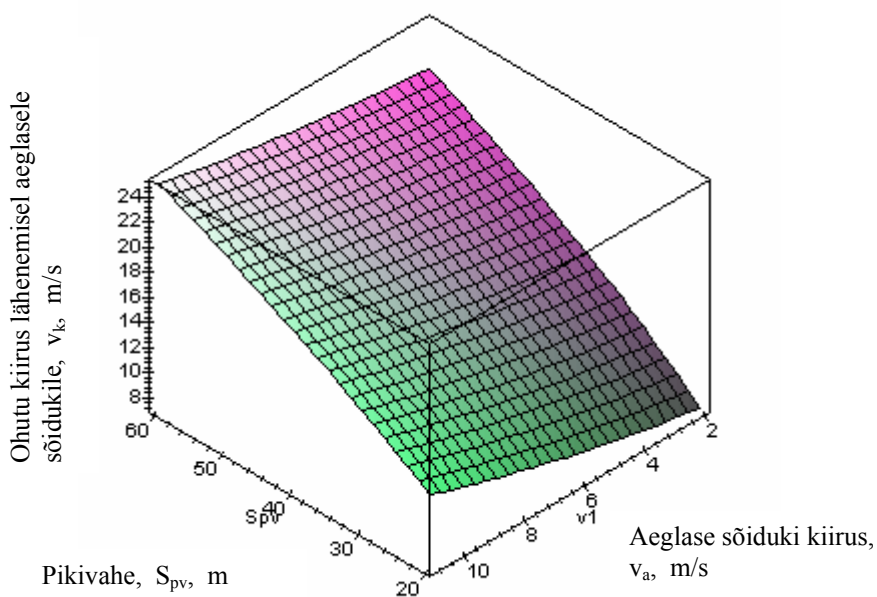
Kui aeglane sõiduk liigub kiirusega 7 km/h (2 m/s), peab 60 meetri kaugusel kiirusega 80 km/h (22 m/s) liikuva sõiduki juht aeglasest sõidukist 20 m kaugusele jõudes olema vähendanud kiiruse kuni 25 km/h-le (7 m/s) – 69%. Eriti ohtlikud võivad olla väga väikese kiirusega liikuvad aeglased sõidukid.

Liikluseeskiri nõuab, et suunamärguande tuleb anda vähemalt 3 sekundit enne manöövrit. Kui aeglase sõiduki juht annab suunamärguande 3 sekundit enne manöövrit, siis võib ta panna kiirema sõiduki juhi olukorda, kus kiirema sõiduki juhil ei jää piisavalt ruumi ohutuks kiiruse vähendamiseks, kui ta on aeglasele sõidukile lähemal kui 60 m. Kiirusega 90 km/h liikuv sõiduk läbib kolme sekundiga 75 m. Kiirusega 90 km/h liikuva

sõiduki pidurdusteed on 40–45 meetrit ja juhi reageerimisteed on 20–25 meetrit. Sõiduki peatamiseks on sel juhul vaja 60–70 m. Eriti ohtlik on liiga hiline ja liiga lühiajaline suunamärku enne vasakpöört ja vasakpoolsetele radadele ümberreastumist. Aeglase sõiduki juht peaks asulavälistel teedel, kus liikumiskiirused on suured, andma suunamärku, kui tagant lähenev kiire sõiduk on 70–80 m kaugusel või kaugemal. Ka peaks suunamärku kestma 3–4 korda kauem, kui nõuab liikluseeskiri.



Joonis 5. Ohutu pikivahe sõltuvalt juhi reageerimisajast



Joonis 6. Ohutu kiirus aeglasele sõidukile lähenemisel sõltuvalt aeglase sõiduki liikumiskiirusest ja pikivahest

Kokkuvõte

Aeglased sõidukid (traktorid, põllu- ja metsamasinad jmt), mis liiguvad teedel liiklusvoolu kiirusest oluliselt aeglasemalt, on takistuseks teeliikluses ja ohu allikaks, mida peavad arvestama nii aeglase kui kiirete sõidukite juhid. Ohutuse tagamiseks on oluline, et juhid oskaksid hinnata sõidukite kiirusi ja kaugusi ning ohutut pikivahet aeglasele sõidukile lähenemisel. Pikivahet ja kiirust hinnatakse praktilisel sõidul "tunde järgi" intuitsiivselt. Oleks siiski vajalik, et juhid oleksid teadlikud ohutust pikivahest ja seda mõjutavatest teguritest.

Antud töös on arvutuslikul teel uuritud, millisel vähimal kaugusel aeglasest sõidukist peab aeglasele sõidukile läheneva kiire sõiduki juht otsustama, kas on võimalik kohe mööda sõita või tuleb alustada kiiruse vähendamist ehk milline on ohutu pikivahe aeglasele sõidukile lähenemisel. Ohutut pikivahet on uuritud sõltuvalt aeglase ja kiire sõiduki liikumiskiirusest, tee haardetegurist ja juhi reaktsiooniajast.

Ohutu pikivahe sõltub sõidukite liikumiskiirustest ja teekatte haardetegurist mittelineaarselt. Reaalsete liikumiskiiruste korral asulavälisel teel (aeglase sõiduki liikumiskiirusel 5–40 km/h, kiire sõiduki liikumiskiirusel 90 km/h) on ohutu pikivahe 66–52 m. Et kiire sõiduki juhil on aeglase sõiduki liikumiskiirust väga raske hinnata, peab kiire sõiduki juht muutuma aeglase sõiduki suhtes tähelepanelikuks ja hindama möödasõidu võimalust või selle puudumist juba 70 m kaugusel aeglasest sõidukist.

Enam kui aeglase sõiduki liikumiskiirus mõjutab ohutut pikivahet kiire sõiduki liikumiskiirus. Kiire sõiduki liikumiskiiruse muutumisel vahemikus 50–120 km/h muutub ohutu pikivahe vahemikus 25–100 m (aeglase sõiduki liikumiskiirus on 20 km/h).

Sama olulist mõju ohutule pikivahele kui kiire sõiduki liikumiskiirus omab teekatte haardetegur. Kui asulavälisel puhta ja kuiva asfaltkattega teel on ohutu pikivahe 64 m (kiire sõiduki liikumiskiirusel 90 km/h), siis märjal teekattel on ohutu pikivahe 6–10 m suurem, porisel ja ligasel teekattel on ohutu pikivahe 15 m suurem ja libedal teekattel, mille haardetegur on 0,4 või vähem, on ohutu pikivahe nimetatud kiirustel 35 m suurem, ulatudes üle 100 m (joonis 4).

Aeglasele sõidukile läheneva kiire sõiduki ohutu pikivahe sõltuvus juhi reaktsioonijast on lineaarne. Juhi keskmise reaktsioonijaga (0,8 s) puhul on ohutu pikivahe eeltoodud kiirustel asulavälisel teel 64 m. Juhi reaktsioonijaga muutumisel vahemikus 0,5–1,2 s muutub ohutu pikivahe vahemikus 55–72 m. Alkoholi- või narkojoobes juhi jaoks (juhi reaktsioonijaga 2–3 s) oleks ohutu pikivahe 100–120 m või enam (joonis 5).

Aeglasele sõidukile lähenemisel tuleb kiire sõiduki juhil ohutuse tagamiseks kiirust vähendada proportsionaalselt pikivahe vähenemisega igal hetkel (joonis 6). Olenevalt aeglase sõiduki liikumiskiirusest (7–40 km/h) oleks 60 m kaugusel aeglasest sõidukist turvaline liikumiskiirus 75–90 km/h, 40 m kaugusel 55–70 km/h ja 20 m kaugusel 25–45 km/h.

Enne vasakpöõret või manööverdamist vasakpoolsetele sõiduradadele peaks aeglase sõiduki juht andma suunamärguande vähemalt 6–10 s enne manöövrit.