

Ulukiõnnetuste looduslike ohutegurite analüüs

Eesti riigimaanteede võrgu loomaõnnetuste registri täiendamine,
liiklusohutlike lõikude selgitamine ning kaardirakenduse loomine

TÖÖ TEOSTAMINE

Kuupäev	04.11.2019
Koostaja	OÜ Rewild
Tellijad	OÜ Hendrikson & Ko, Maanteamet
Töörühm	Jaanus Remm (<i>PhD</i>), Piret Remm (<i>PhD</i>)
Kontakt	info@rewild.ee www.rewild.ee

ÜLEVAADE

Käesolev analüüs selgitab Eesti riigiteedel registreeritud ulukiõnnetuste seosed seitsme maastikutunnusega (looduslikud ohutegurid) ning ulukiõnnetuste riski paiknemise teedel. Analüüsiti aastatel 2009–2018 registreeritud 19 126 põdra, metssea ja metskitsega toimunud õnnestust, mis moodustavad 99,4% kõigist suurulukitega registreeritud õnnetestest. Selgus, et ulukiõnnetuste risk väheneb oluliselt tiheda inimasustuse naabruses ning on tunduvalt suurem metsaga ümbritsetud teelöikudel. Eesti riigiteedel eristus 8 444 teelöiku, kus vastavalt maastiku koosseisule on ulukiõnnetuste risk keskmisest kõrgem. Väga kõrge ulukiõnnetuste riskiga teelõike on 1 974 (5% kõrgeima ulukiohuga teed).

Kaanefoto. Keskmisest kõrgema ulukiõnnetuste ohuga koht Tallinna ringteel Juulikul.
Foto: Jaanus Remm, 2017.

SISUKORD

1	Sissejuhatus	4
2	Metoodika.....	5
2.1	Analüüsi printsiip.....	5
2.2	Liigiomane ohukaal.....	5
2.3	Maastikutunnused.....	6
2.4	Ulukiõnnetuste sageduse mõõtühik.....	7
2.5	Seoste tugevuse mõõdik	7
3	Tulemused	8
3.1	Ülevaade.....	8
3.2	Ulukiõnnetuste sageduse seosed maastikutunnustega	9
3.2.1	Põder, <i>Alces alces</i>	9
3.2.2	Metssiga, <i>Sus scrofa</i>	13
3.2.3	Metskits, <i>Capreolus capreolus</i>	17
3.3	Ulukiõnnetuste ohu jaotus Eesti teedel	21
3.3.1	Põdraõnnetuse ekvivalent.....	21
3.3.2	Ulukiõnnetuste ohu kaardikiht	24
4	Kirjandus	25

1 SISSEJUHATUS

Eesti riigiteedel registreeritakse igal aastal *ca* 3000 liiklusõnnetust metsloomadega. Nendes õnnetustes saab vigastada *ca* 20–30 inimest ja hukkub keskmiselt *ca* 0,5 inimest aastas (Politsei- ja Piirivalveamet). Teedel toimunud metsloomadega õnnetustest ning vigastatud ja hukkunud loomadest teatatakse Keskkonnainspektsiooni infotelefonil 1313, mida opereerib Häirekeskus. Teate saabumisel teeb infotelefoni operaator vastava kande loomaõnnetuste registrisse. Kogunenud informatsioon edastatakse kvartaalselt Maanteeametile.

Aastatel 2014 ja 2019 on Maanteeameti tellimusel eelneva viie aasta ulukiõnnetuste regisistris olevad kirjad geokodeeritud (OÜ Hendrikson & Ko). Selle tulemusena on sündinud kaardikiht, kus iga õnnetus on tähistatud vastavalt õnnetuskoha kirjelduse täpsusele kas punkt- või joonobjektina (vahemik) maanteel.

Käesoleva analüüsi eesmärk on selgitada Eesti riigiteedel registreeritud ulukiõnnetuste seosed maastikutunnustega (looduslikud ohutegurid) ning ulukiõnnetuste riski paiknemine teedel. Alusena kasutatakse aastatel 2009–2018 infotelefonil 1313 registreeritud ja hiljem geokodeeritud suurulukiõnnetuste andmeid. Seostatakse erinev õnnetuste sagedus ümbritseva maastiku koosseisu ja võimalike ohuteguritega. Tulemuseks on kolme sõralise liigiga (põder, metssiga ja metskits) toimunud õnnetusriski seoste kirjeldus maastikutunnustega ning kõrgendatud õnnetuste riskiga teelöökude paiknemist kajastav kaardikiht.

2 METOODIKA

2.1 Analüüsi printsiip

Analüüs viidi läbi kahes etapis. Kõigepealt võrreldi liikide kaupa õnnetuskohtade maaстiku koosseisu kohtadega, kus õnnetus ei ole regisтreeritud. Selle tulemusena sündisid iga liigi kohta õnnetus tõenäosuse seosed uuritud maastikutunnustega. Teise etapina kombineeriti eri liikide õnnetusriskid kogu Eesti riigiteede võrgustiku ulatuses (kokku 16 498 km) arvestades liikide erinevat ohtlikkust liiklusesse sattudes. Erinevatest maastikutunnustest sõltuva õnnetus sage дuse kombineerimisel lähtuti Bayes' tõenäosuste liitumise reeglist.

Tulemusena sündis kaardikiht, mis kajastab ulukiõnnetuste riski neljaastmelisel skaalal vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendi (vt ptk 2.2) protsentilidele: 0–50% (kaardikihile ei märgitud), 50–75% (ohuaste 1), 75–95% (ohuaste 2) ja 95–100% (ohuaste 3). Analüüs viidi läbi analoogiliselt Nelli jt. 2018 Inglismaal tehtud analüüsiga, kuid võrreldes sellega *ca* 100 korda suurema ruumilise täpsusega (täpsusaste 50 m).

Õnnetuskohtadena arvestatakse kõiki loomaõnnetuste registrisse kantud kirjeid (kokku 19 235 kirjet), sh nii punktide kui joontena märgitud kohtasid. Joontena märgitud kohtade puhul hajutati kirje kaal kogu joone ulatuses nii, et kõik õnnetused (nii punktid kui jooned) arvestati analüüsіs võrdse kaaluga. Liikide omavaheliseks võrdluseks kasutati OÜ Rewild 2018 ulukiõnnetuste koondumiskohtade tehnilises analüüsіs (Remm jt 2018) välja töötatud liigiomaseid ohukaalusid (vt ptk 2.2).

Võimalike ohutegurite valikul lähtuti Eestiga sarnastes loodustingimustes teostatud teadusuuringutest (vt ptk 2.3). Liiklussageduse värtustena arvestati kõigil juhtudel Maanteeameti korraldatud 2015 aasta liiklusloenduse tulemust, mis jäab üsna täpselt analüüsitud ulukiõnnetuste perioodi (2008–2019) keskele. Arvestades, et üldine liiklussagedus on selle perioodi jooksul väheke tõusnud, on perioodi keskelt võetud loendustulemus eeldatavasti hästi esinduslik kogu perioodi kohta üldiselt.

2.2 Liigiomane ohukaal

Liikide võrdlemiseks kasutati suurimetajate liigiomaseid ohukaalusid vastavalt OÜ Rewild 2018 ulukiohtlike teelöikude võrdluseks välja töötatud värtustele (Remm jt 2018). Ohukaal vastab liikide kaupa õnnetususe suhtelisele kulukusele vörrelduna põdraõnnetustega.

Rootsis on 2010 aastal arvestatud, et ühe põdraõnnetuse kahju on keskmiselt 34 426 eurot ja metskitseõnnetuse kahju on keskmiselt 4 360 eurot (0,127 korda vörreldes põdraõnnetustega). Seejuures on arvestatud sõidukiirusega 100 km/h (Swedish National Road Administration 2013; van der Ree jt, 2015). USA-s oli aastal 2009 arvestuslik põdraõnnetuse

kulu keskmiselt 30 773 dollarit ning metskitsega sarnase (kuni 2 korda suurem) keha-suurusega mustsaba-hirvega (*Odocoileus hemionus*) toimunud õnnetuse kulu 3 085–8 388 dollarit (0,100–0,273 korda võrreldes põdraõnnetusega; van der Ree jt, 2015). Arvestades, et mustsaba-hirv on metskitsest kuni kaks korda raskem, siis seostub põdraga võrreldes kulu erinevus hästi looma kehamassiga. Teiste suurulukilikide kohta kuluarvestusi teada ei ole, kuid eelnevast johtuvalt võeti ohukaalude arvestuse aluseks liikide keskmise kehamassi suhe võrreldes põdraga (Eesti suurima kehaga uluk).

Kehamassi arvestuse alusena kasutati Eesti Jahimeeste Seltsi andmeid liikide kohta Eesti populatsioonides (www.ejs.ee/ulukid) ning eriala käsiraamatuid (MacDonald ja Barrett 2002, Moks jt 2015). Vastavad kaalud kajastavad eeldatavasti hästi ka toimunud õnnetuste seost inimkannatanutega.

Suurimetajate liigiomased ohukaalud

• Põder (<i>Alces alces</i>)	kehamaas: 275–600 kg	ohukaal: 1,000
• Punahirv (<i>Cervus elaphus</i>)	kehamaas: 150–350 kg	ohukaal: 0,600
• Karu (<i>Ursus arctos</i>)	kehamaas: 150–200 kg	ohukaal: 0,600
• Metssiga (<i>Sus scrofa</i>)	kehamaas: 125–130 kg	ohukaal: 0,400
• Hunt (<i>Canis lupus</i>)	kehamaas: 18–60 kg	ohukaal: 0,190
• Metskits (<i>Capreolus capreolus</i>)	kehamaas: 16–35 kg	ohukaal: 0,125
• Ilves (<i>Lynx lynx</i>)	kehamaas: 18–25 kg	ohukaal: 0,125

2.3 Maastikutunnused

Analüüsiks valiti 7 maastikutunnust, mida on seostatud ulukiõnnetustega paljudes teistes Eestiga sarnastes loodusoludes tehtud teadusuurimustes Euroopas ja Põhja-Ameerikas (Beasley jt 2013, Rea jt 2014, Girardet jt 2015, Snow jt 2015, Keken jt 2016, Seiler jt 2016, Hegland ja Hamre 2018, Nelli jt 2018, Seidel jt 2018, Snow jt 2018, Zeller jt 2018). Tunnused kajastavad ülevaatlikult erinevaid elupaiga, loomade liikumisteede ja inimmõju aspekte. Kõik tunnused kirjeldati õnnetuskohtade ja maanteeede ümber kahes ulatuses: 100 m ja 1 km. Maastikutunnuste ulatuste valikul lähtuti samade teadusuuringute kogemusest ja tulemustest. Maastikutunnuste väärtsused leiti vastavalt Eesti Topograafia Andmekogule (Maa-amet, 2018) ning Eesti Mullastiku kaardile (Maa-amet).

Uuritud maastikutunnused

- Metsa osakaal maastikust (%) – kirjeldab metsaliikide elupaiga rohkust.
- Puistu servade ja puisturibade sagedus (m/ha) – ökotoniliikide elupaiga rohkus ning loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus.
- Looduslike rohumaade osakaal maastikust (%) – rohumaaliikide elupaiga rohkus.
- Hoonete hulk, hoonete aluseala osakaal maastikust (%) – inimhäiringu ulatus.
- Kallaste sagedus, sh nii looduslikud veekogud kui ka suured kraavid (m/ha) – loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus.
- Keskmise muldade niiskusindeks skaalal 1–9 vastavalt kasvukohatüüpide ordinatsiooni skeemile (Löhmus 2004) – erinevate elupaigatüüpide sagedus; 1 – kuiv, 9 – märg.
- Väikeste teede, radade ja sihtide sagedus (m/ha) – loomi suunavate maastikuelementide paiknemine ja rohkus, kuid samas ka inimtegevuse intensiivsus maastikus.

2.4 Ulukiõnnetuste sageduse mõõtühik

Õnnetuste sageduse ühikuks on arvestatud **keskmise aastane õnnetuste arv teelõigu kilomeetri kohta juhul, kui liiklussagedus on 1 000 sõidukit ööpäevas**. Seega näitab õnnetuste riski väärthus eeldatavat õnnetuste arvu ühe sõiduki 365 250 läbitud kilomeetri kohta (st 1 000 km ööpäevas \times 365,25 päeva aastas). Samuti võib ühiku sõnastada kujul õnnetuste arv aastas juhul, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukkilomeetrit päevas. Niisiis saab õnnetuste riski arvestada sõltumata teelõigu pikkusest ja liiklussagedusest, või siis võttes arvesse realsed teelõigu pikkuse ja liiklussageduse väärtsused. Pane tähele, et väärtsused kajastavad ulukiõnnetusse sattumise riski sõidukijuhi perspektiivist sõltumata liiklusagedusest teel, millel sõiduk liikleb.

Selline ühik (milles sisaldub kordaja 1 000) on valitud arvestusega, et 2015 aasta liiklusloenduse tulemusel on keskmise Eesti teede liiklussagedus väga sarnane, 980 sõidukit ööpäevas. See tähendab, et saadud väärtsused on üsna vahetud tavalistele teede ohtlikkuse hindamiseks. Märkimisväärtselt suure ja väikese liikluskoormuse puhul on asjakohane korrigeerida eeldatav õnnetuste arv teelõigu tegeliku liiklussagedusega.

2.5 Seoste tugevuse mõõdik

Ulukiõnnetuste sageduse ja maastikutunnuste vaheliste seoste tugevuse kirjeldamiseks kasutati determinatsioonikordajat (R^2), mis näitab vastava maastikutunnusega seletatud

õnnetuste paiknemise varieeruvuse osakaalu kogu varieeruvusest. R^2 väärthus saab olla vahemikus 0–1, mis tähendab, et vaadeldava maaistikutunnuse seletusvõime õnnetuste asukoha määramisel saab olla vastavalt 0–100%.

3 TULEMUSED

3.1 Ülevaade

Analüüsitud 10 aasta välitel registreeriti eesti riigiteedel kokku 19 235 õnnetust suurimetajatega. Registreeritud suurulukiõnnetustest valdav enamus (99,4%) toimusid metskitse, põdra ja metsseaga vastavalt:

• Metskits (<i>Capreolus capreolus</i>)	15 782 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Põder (<i>Alces alces</i>)	1 765 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Metssiga (<i>Sus scrofa</i>)	1 579 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Punahirv (<i>Cervus elaphus</i>)	44 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Ilves (<i>Lynx lynx</i>)	28 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Karu (<i>Ursus arctos</i>)	22 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018
• Hunt (<i>Canis lupus</i>)	18 registreeritud õnnetust aastatel 2009–2018

kõigist suurulukiõnnetustest 82% moodustavad metskitseõnnetused, põdraõnnetused ja metsseaõnnetused moodustavad vastavalt 9,2% ja 8,2%. Selle juures tuleb tähele panna, et metskitse ohukaal on 8 korda väiksem võrreldes põdra omaga (vt ptk 2.2). Seega kujutavad metskitsed ja põdrad liikluses summaarselt umbes sama suurt ohtu. Vastava õnnetuste arvu suhtekordaja väärthus on 0,9 põdraõnnetust 8 metskitseõnnetuse kohta.

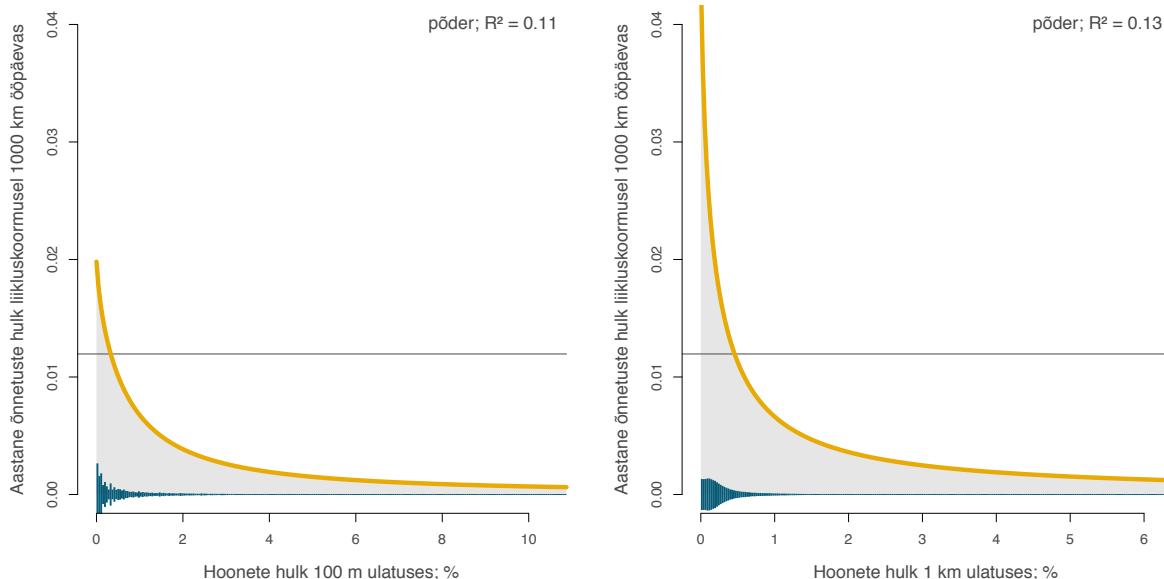
Kuna hirve, karu, hundi ja ilvesega registreeritud õnnetused moodustavad vaid 0,6% kõigist suurulukiõnnetustest, siis jäeti need liigid järgnevast analüüsist välja. Tulemusena lihtsustus oluliselt analüüsi käik ning tulemuste tölgendatavas. Samas oleks nende liikide võimalik mõju saadud tulemusele äärmiselt marginaalne.

3.2 Ulukiõnnetuste sageduse seosed maastikutunnustega

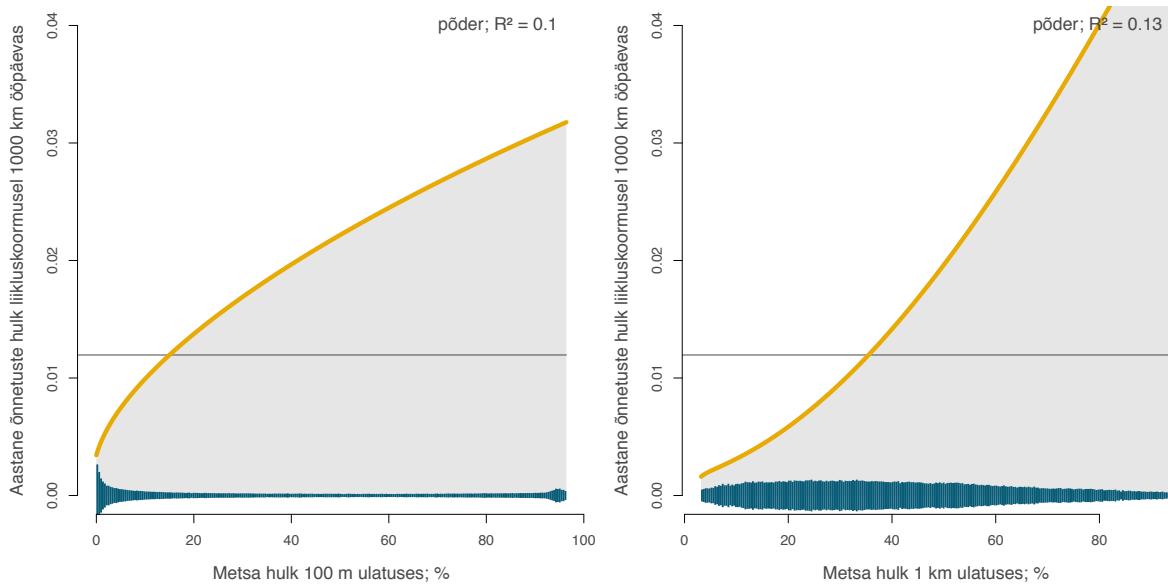
3.2.1 Põder, *Alces alces*

Keskmine aastane põdraõnnetuste sagedus Eesti teedel on 0,012 õnnetust kilomeetri kohta, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukit ööpäevas (vt ptk 2.4). Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sagedusel ja teed ümbritseva maastiku omaduste vahelistest seostest on kõige tugevamad järsult negatiivne seos hoonete hulgaga nii suures (1 km) kui väikeses (100 m) ulatuses (tunnusega seletatud varieeruvuse osakaal õnnetuste sageduse koguvarieeruvusest on vastavalt R^2 väärtsusele 0,13 ja 0,11) ning positiivne seos metsa hulgaga suures ja väikeses ulatuses (R^2 vastavalt 0,13 ja 0,10). Inimpelgliku liigina väldib põder asulate lähedust ja liigub enamasti suurema metsa varjus. Järgneb seos puistu servade pikkusega tee ümber 100 m ulatuses ($R^2 = 0,07$), mille puhul suurim õnnetuste sagedus on väärtsel *ca* 200 m/ha, milles madalamatel ja kõrgematel väärustumel on õnnetuste sagedus väiksem. Valdavas enamuses Eesti teekest on puistu servadel positiivne seos põdraõnnetuste sagedusega. Ülejäänud uuritud tunnuste seosed põdraõnnetuste sagedusega on väga nõrgad ($R^2 \leq 0,03$).

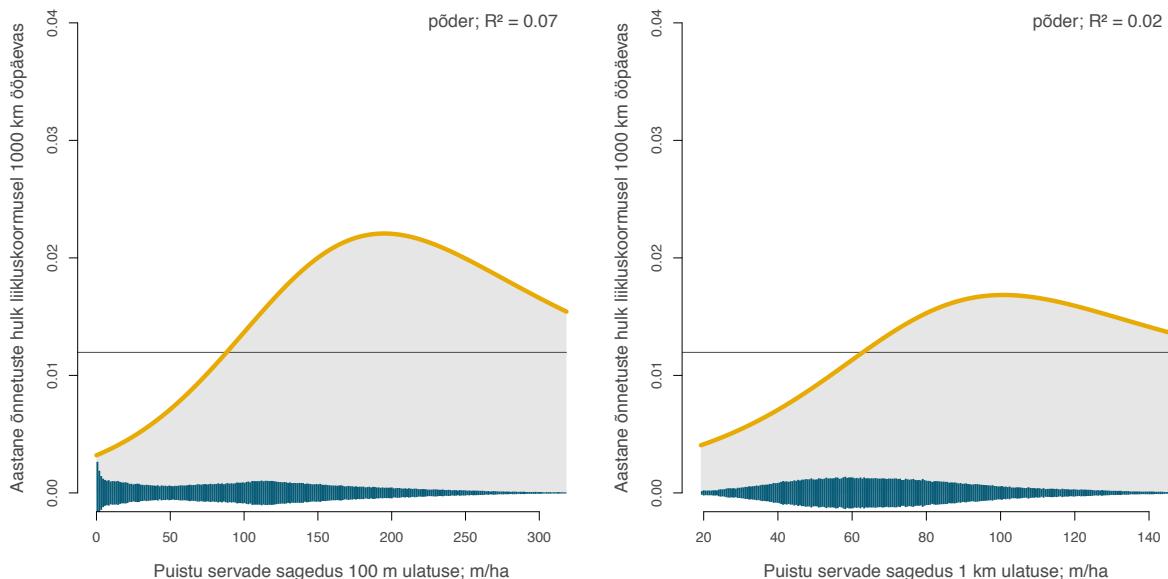
Järgnevalt on graafiliselt esitatud 2009–2018 aastatel Eesti teedel põdraga toimunud 1 765 liiklusõnnetuse sageduse seosed 14 analüüsitud maastikutunnusega (joonised 1–7).



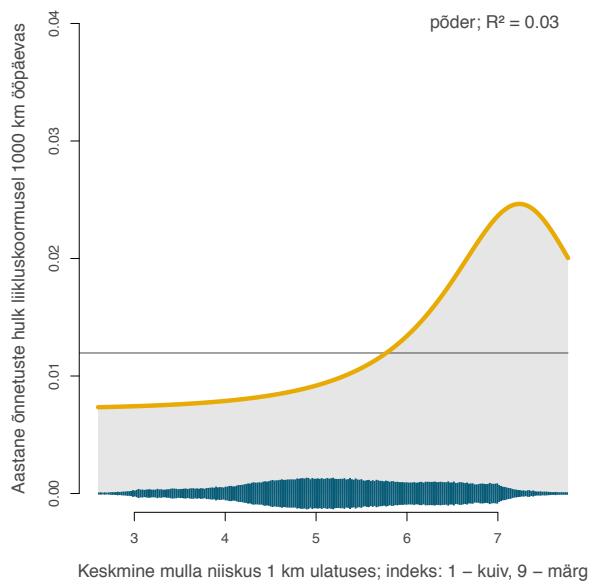
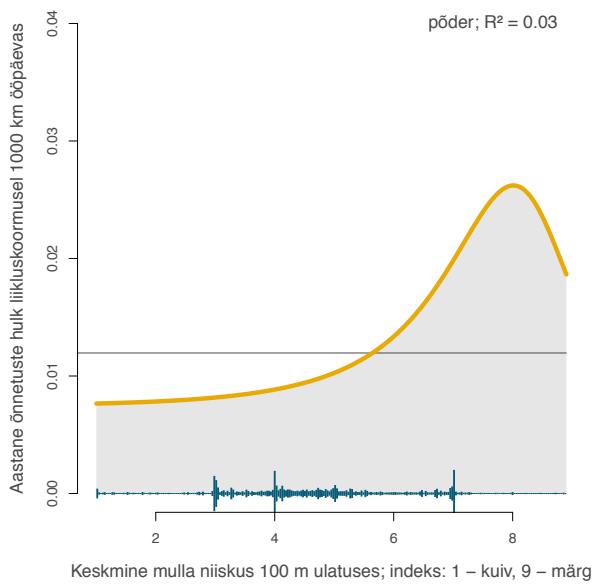
Joonis 1. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed hoonete aluse pindalaga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).



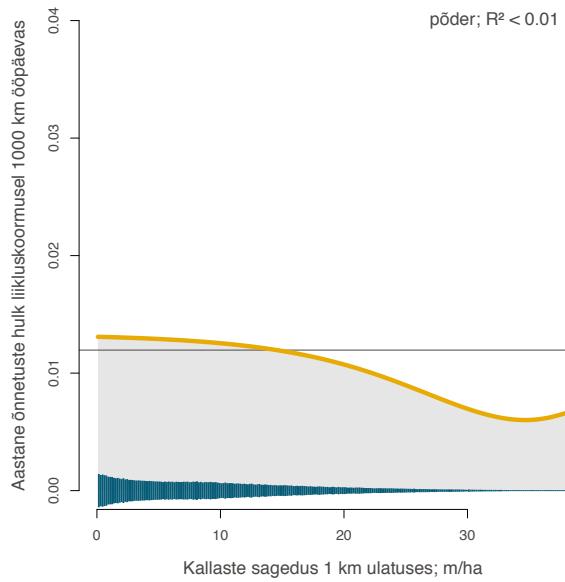
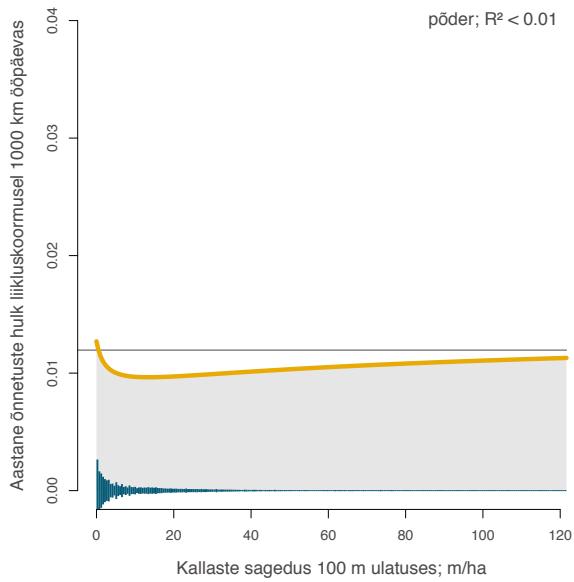
Joonis 2. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed metsa osakaaluga ümbritsevas maaistikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).



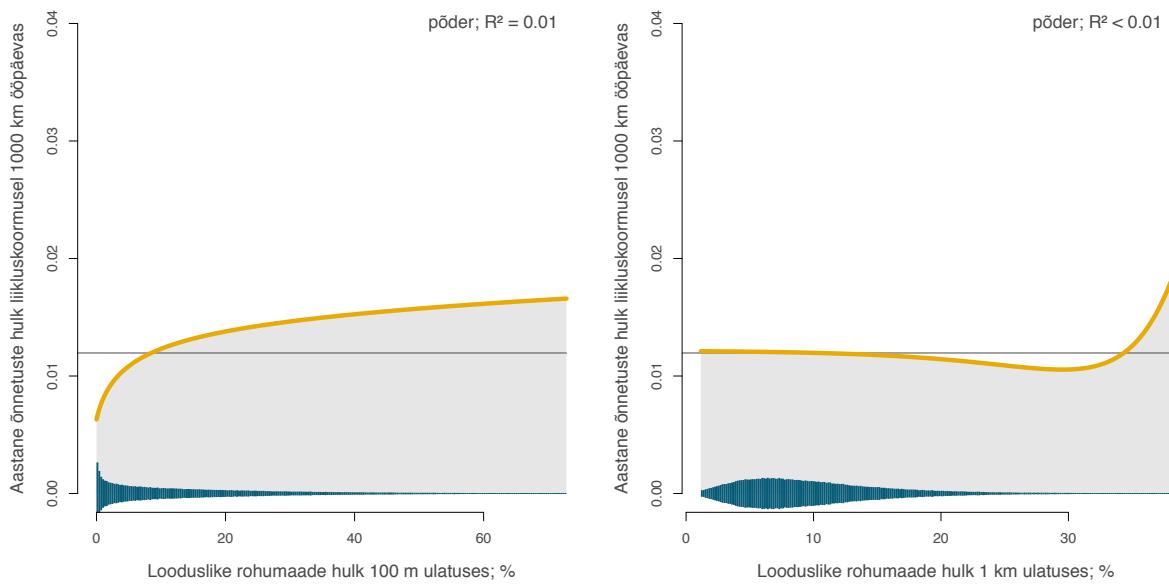
Joonis 3. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed puistu servade kogupikkusega ümbritsevas maaistikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).



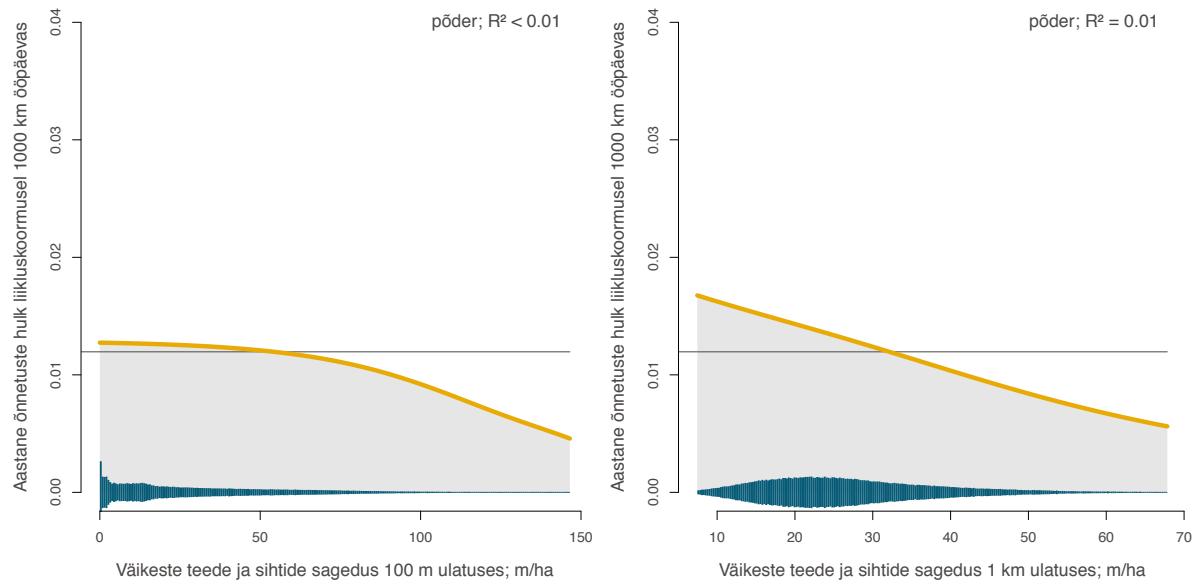
Joonis 4. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed muldade keskmise niiskusega ümbritsevas mästikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).



Joonis 5. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike vee kogude kallaste ja suure kraavide kogupikkusega ümbritsevas mästikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).



Joonis 6. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike rohumaade osakaaluga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tundnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tundnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).

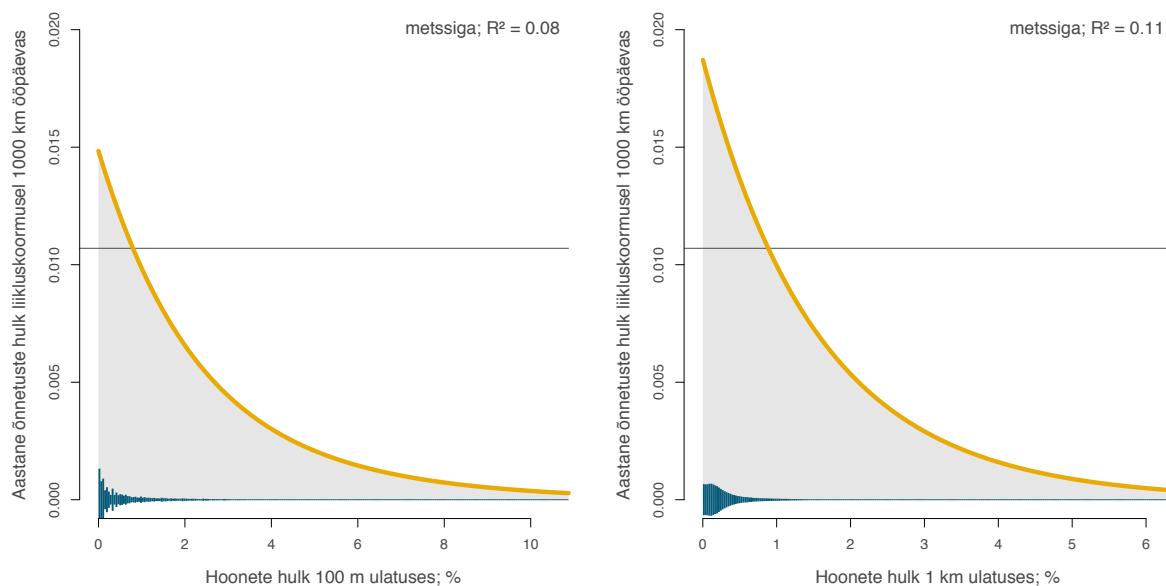


Joonis 7. Põdraga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed väikeste teede, radaide ja sihtide kogupikkusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tundnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tundnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab põdraõnnetuste keskmist sagedust (0,012).

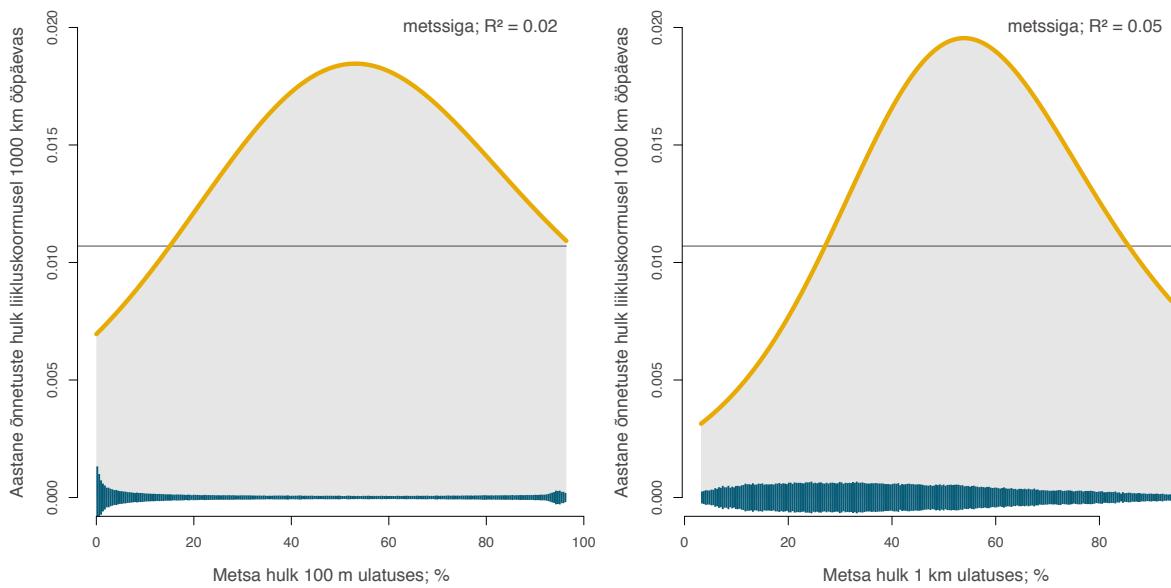
3.2.2 Metssiga, *Sus scrofa*

Keskmine aastane metsseaõnnnetuste sagedus Eesti teedel on 0,011 õnnestust kilomeetri kohta, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukit ööpäevas (vt ptk 2.4). Metsseaga toimunud liiklusõnnnetuste sageduse ja tee ümbritseva maastiku omaduste vahelistest seostest on kõige tugevamad negatiivne seos hoonete hulgaga nii suures kui väikeses ulatuses (R^2 vastavalt 0,11 ja 0,08). Nii nagu põder väldib ka metssiga majade lähedust, kuid veidi vähem. Järgneb seos metsa osakaaluga maastikust 1 km ulatuses ($R^2 = 0,05$), mille puhul suurim õnnetuste sagedus on metsasuse väärtsel ca 50–60%, millest madalamatel ja kõrgematel väärtsitel on õnnetuste sagedus väiksem. Suure enamuse Eesti teid ümbritsevate maastike metsasus on väiksem kui 50%, seega teel liikleja jaoks enamasti tõuseb metsseaga õnnetusse sattumise risk koos maastiku metsasuse tõusuga. Ülejäänud uuritud tunnuste seosed metsseaõnnnetuste sagedusega on väga nõrgad ($R^2 \leq 0,02$).

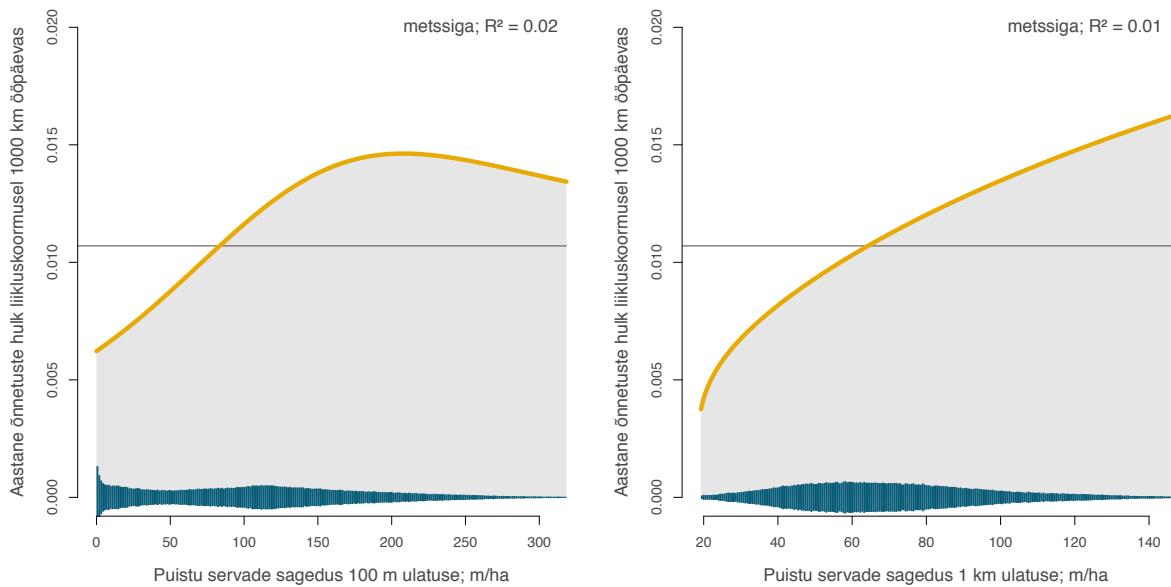
Järgnevalt on graafiliselt esitatud 2009–2018 aastatel Eesti teedel metsseaga toimunud 1 579 liiklusõnnnetuste sageduse seosed 14 analüüsitud maastikutunnusega (joonised 8–14).



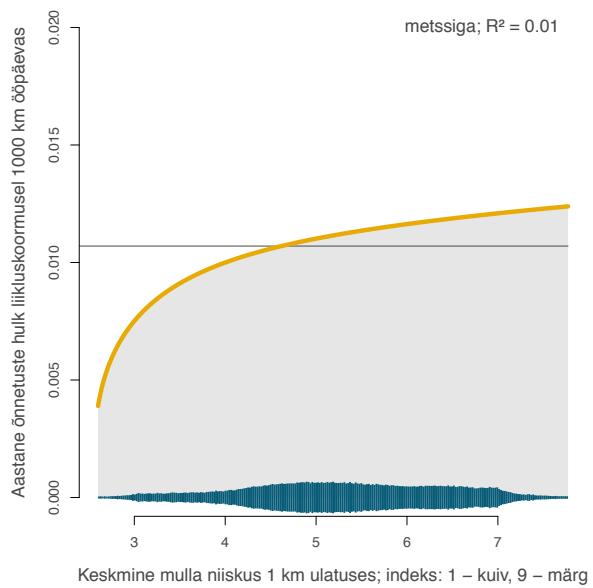
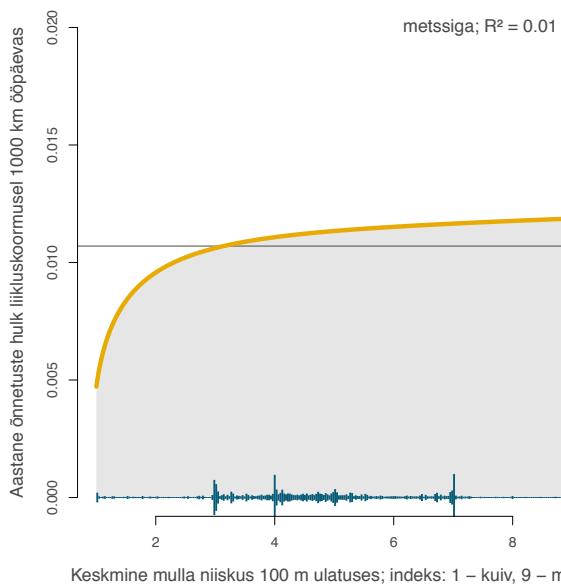
Joonis 8. Metsseaga toimunud liiklusõnnnetuste sageduse seosed hoonete aluse pindalaga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnnetuste keskmist sagedust (0,011).



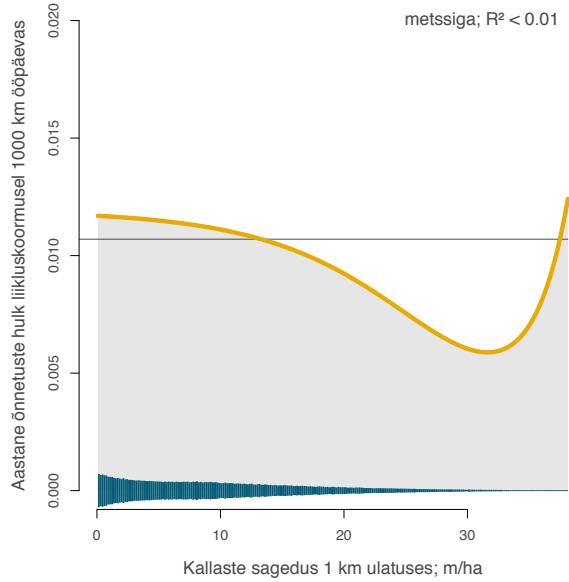
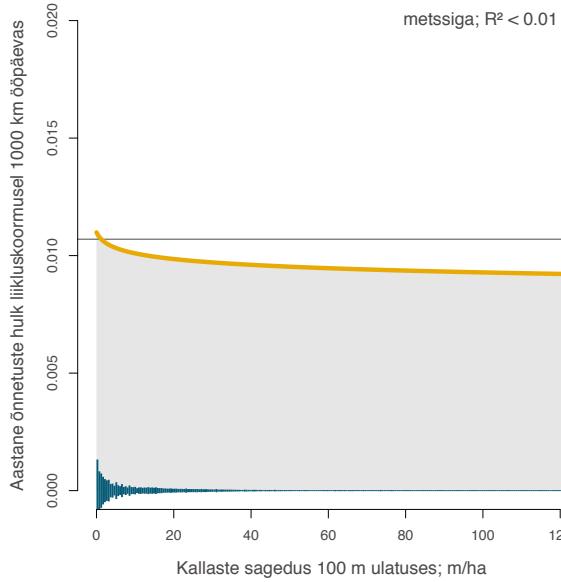
Joonis 9. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed metsa osakaaluga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R² näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).



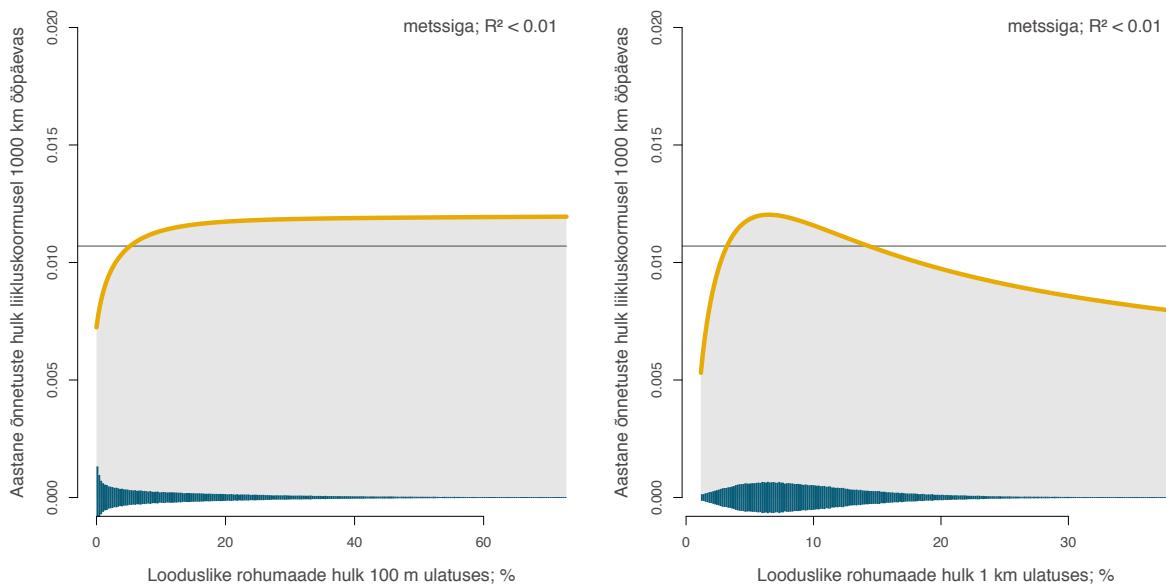
Joonis 10. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed puistu servade kogupikkusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R² näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).



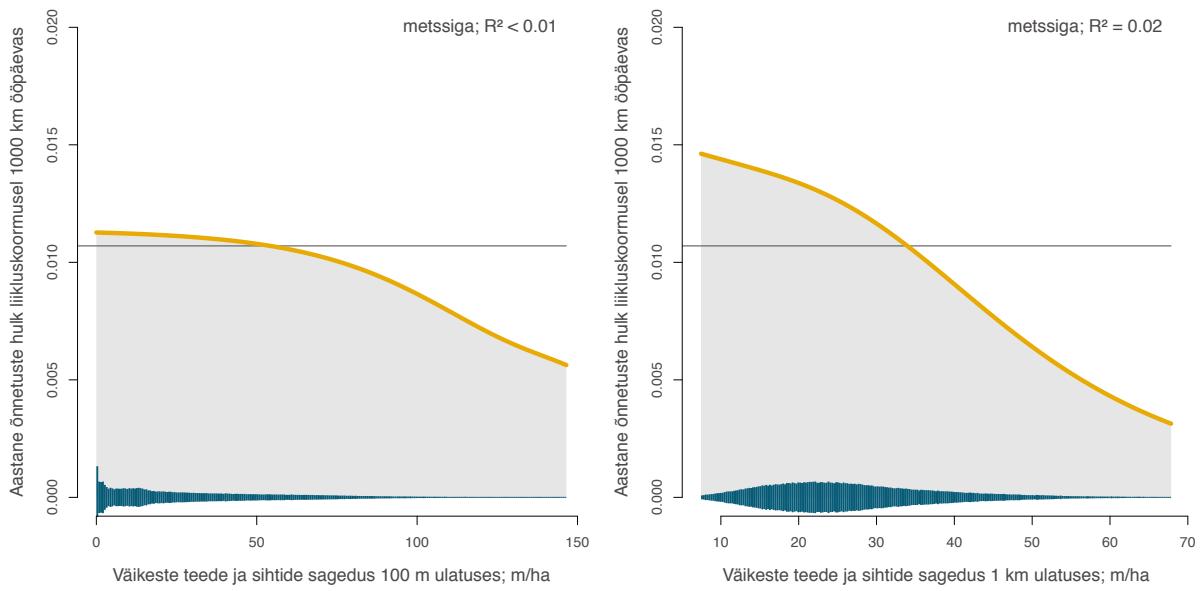
Joonis 11. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed muldade keskmise niiskusega ümbritsevas mästikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).



Joonis 12. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike vee kogude kallaste ja suurte kraavide kogupikkusega ümbritsevas mästikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).



Joonis 13. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike rohumaade osakaaluga ümbritsevas maaistikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).

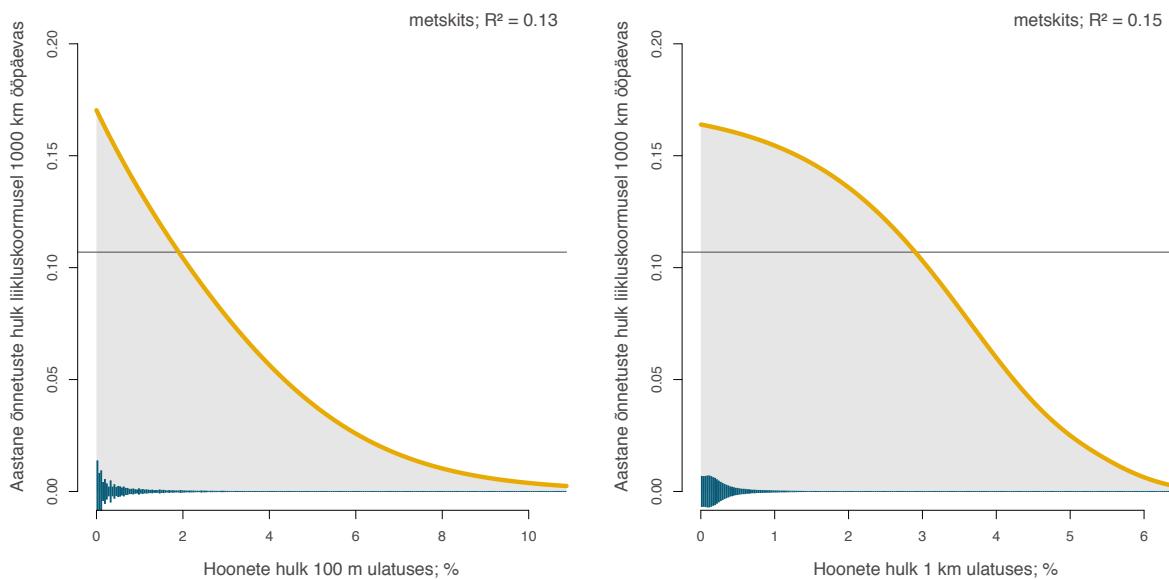


Joonis 14. Metsseaga toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed väikeste teede, radade ja sihtide kogupikkusega ümbritsevas maaistikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metsseaõnnetuste keskmist sagedust (0,011).

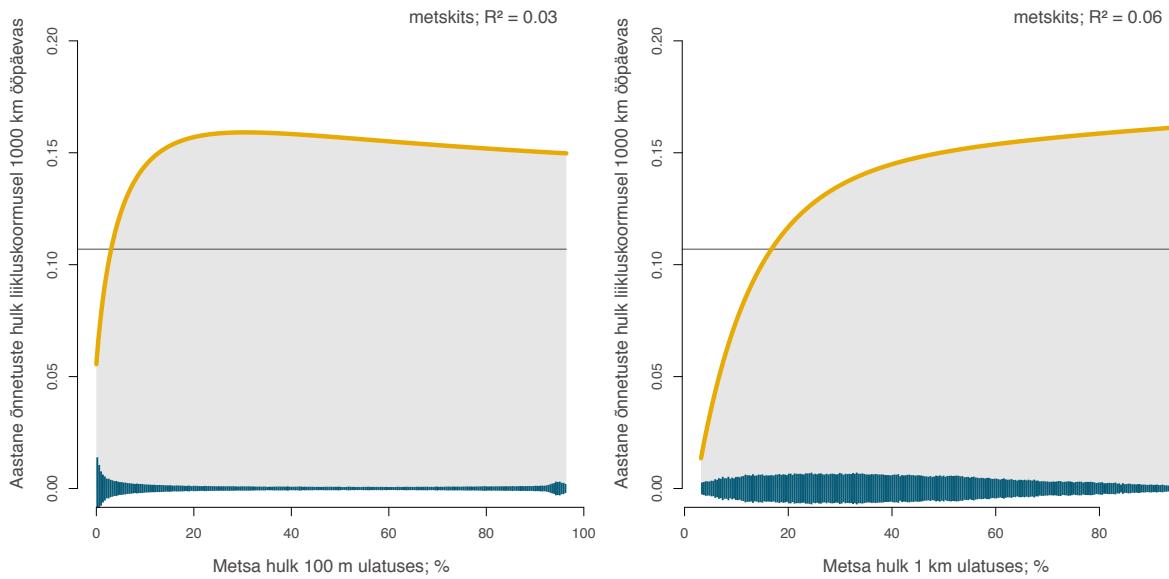
3.2.3 Metskits, *Capreolus capreolus*

Keskmise aastane metskitseõnnetuste sagedus Eesti teedel on 0,107 õnnetust kilomeetri kohta, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukit ööpäevas (vt ptk 2.4). Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse ja tee ümbritseva maastiku omaduste vahelistest seostest on kõige tugevamad negatiivsed seosed hoonete hulgaga nii 1 km kui 100 m ulatuses (R^2 vastavalt 0,15 ja 0,13). Metskits ei ole nii inimpelglik kui põder ja metssiga ning neid liigub tihti ka hajaasustuse piirkondades. Järgneb positiivne künnisega seos metsa hulgaga laiemas ulatuses (1 km; $R^2 = 0,06$). Keskmisest suurem oht on metskitsega kokku põргata ka üsna lagedatel teelõikudel, kui ümbritsevas maastikus on vähemalt 20% metsa. Kui maastiku metsasus on suurem, kui 30% siis õnnetuste oht enam ei töuse. Positiivne, kuid suhteliselt nõrk seos metskitsega toimunud õnnetustega on veel looduslike rohumaade hulgal vahetult tee ümber ($R^2 = 0,04$). See seos on rohumaade sagedusjaotuse enamuses ulatuses siiski üsna järsult töusev. Kui rohumaid tee läheduses ei ole, siis on töenäosus metskitse teele sattumiseks väga väike. Ülejäänud uuritud tunnuste seosed metskitseõnnetuste sagedusega on väga nõrgad ($R^2 \leq 0,03$).

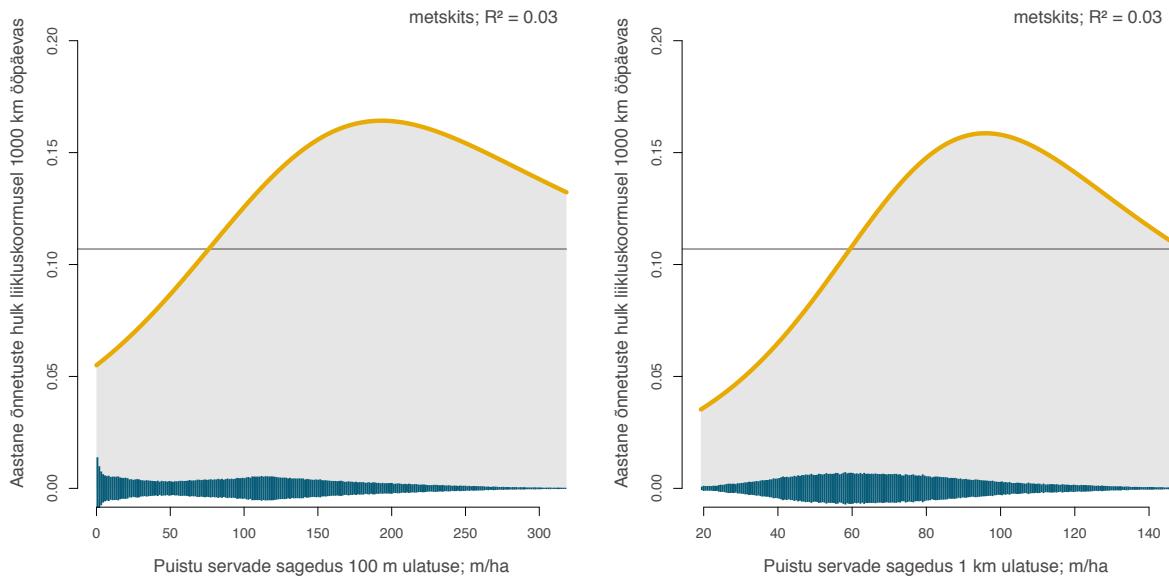
Järgnevalt on graafiliselt esitatud 2009–2018 aastatel Eesti teedel metskitsega toimunud 15 782 liiklusõnnetuse sageduse seosed 14 analüüsitud maastikutunnusega (joonised 15–21).



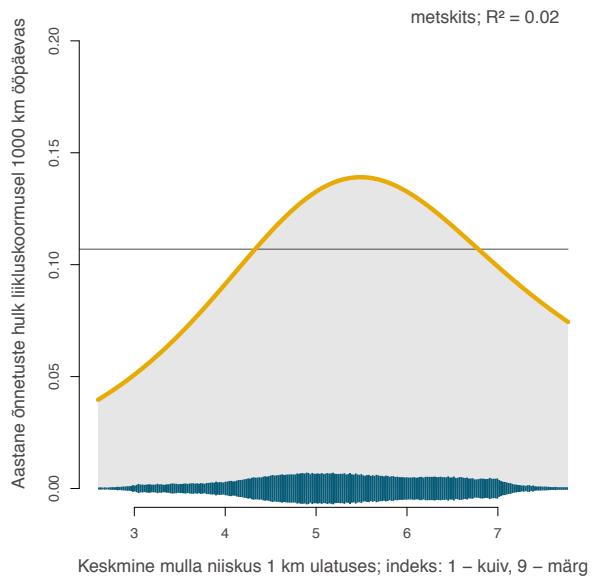
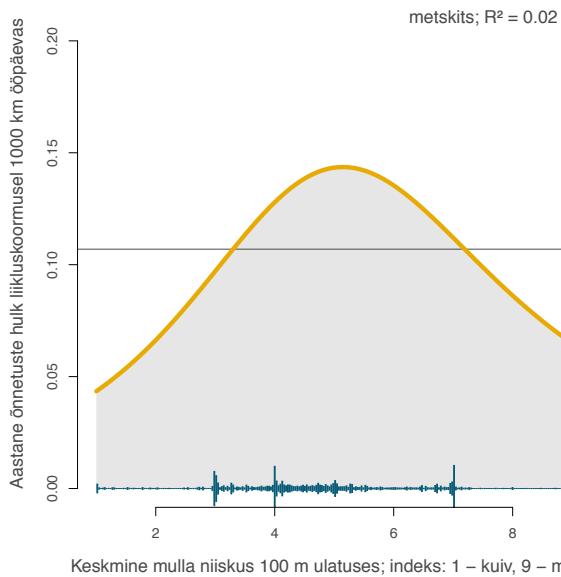
Joonis 15. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed hoonete aluse pindalaga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



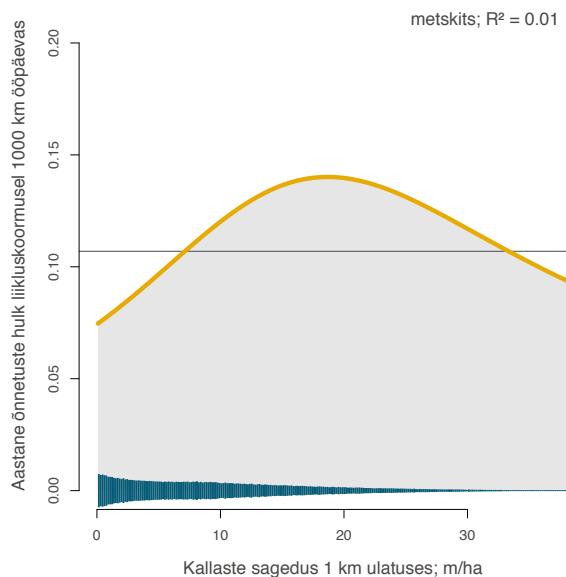
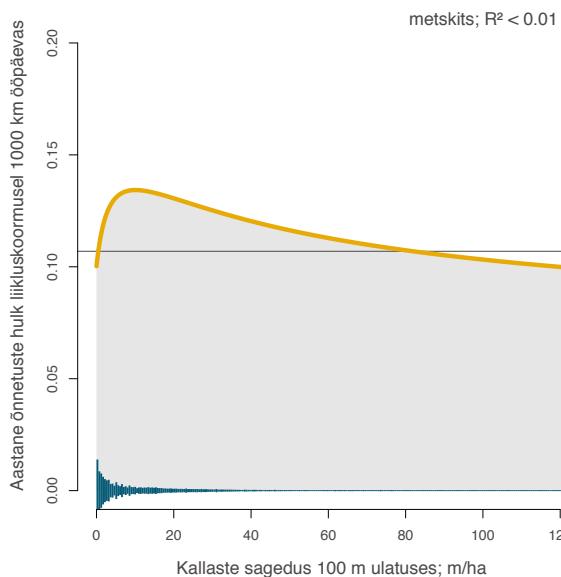
Joonis 16. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed metsa osakaaluga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



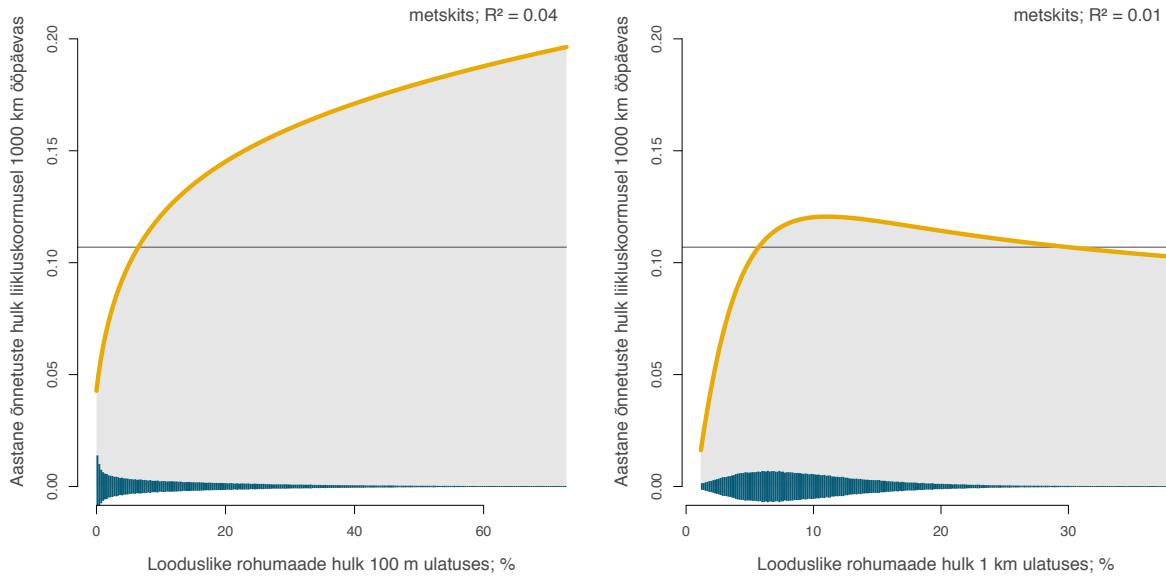
Joonis 17. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed puistu servade kogupikkusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



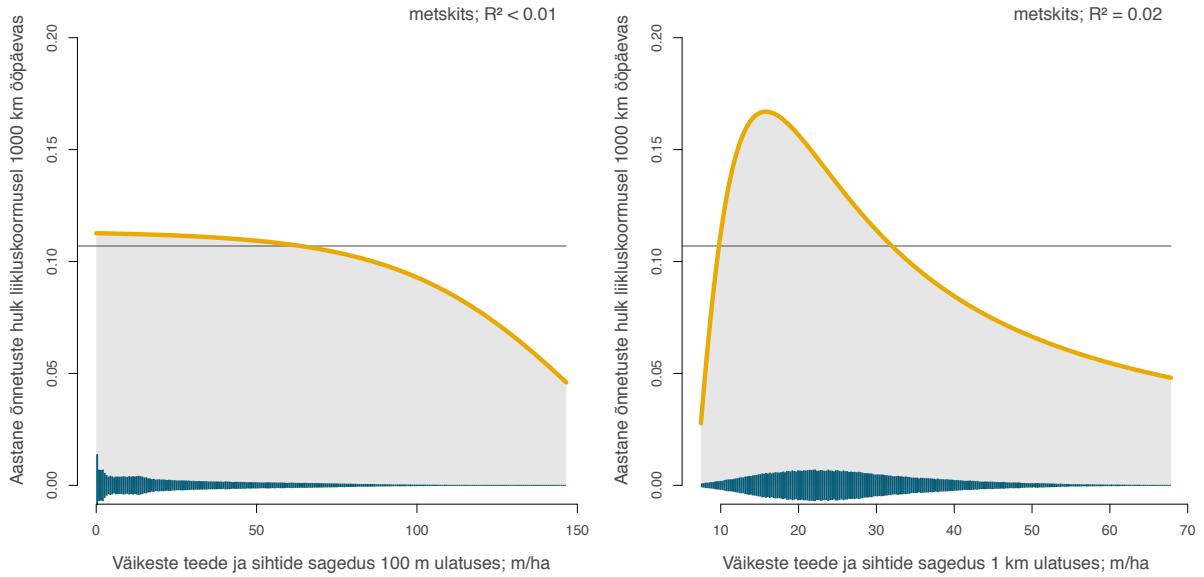
Joonis 18. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed muldade keskmise niiskusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tundnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tundnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



Joonis 19. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike vee kogude kallaste ja suure kraavide kogupikkusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tundnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tundnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



Joonis 20. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed looduslike rohumaade osakaaluga ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).



Joonis 21. Metskitsega toimunud liiklusõnnetuste sageduse seosed väikeste teede, radade ja sihtide kogupikkusega ümbritsevas maastikus 100 m ja 1 km ulatuses (kollane joon). Graafiku all on tumesinisega näidatud tunnuse sagedusjaotus. R^2 näitab tunnusega seletatud varieeruvuse osakaalu. Horisontaaljoon näitab metskitseõnnetuste keskmist sagedust (0,107).

3.3 Ulukiõnnetuste ohu jaotus Eesti teedel

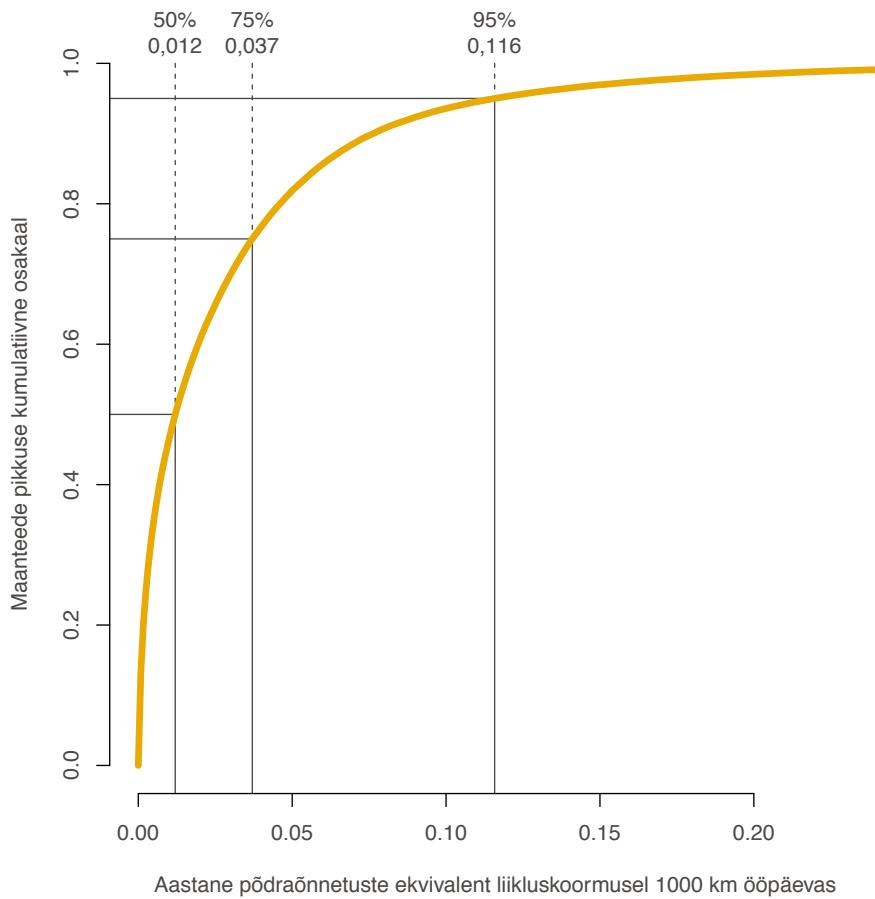
3.3.1 Põdraõnnetuse ekvivalent

Looduslike ohuteguritega seotud ulukiõnnetuste riski kaardistamiseks kogu Eesti riigiteede võrgustikul (kokku 16 498 km) summeeriti kolme analüüsitud ulukiliigi õnnetuste riskid kaaludes igat liiki vastava ohukaaluga (vt ptk 2.2). Ühele põdraõnnetusele vastab oma summaarselt ohtlikkuselt 8 metskitseõnnetust ning 2,5 metsseaõnnetust. Teelõigud eristati neljas kategoorias vastavalt põdraõnnetuste ekvivalendi 50%, 75% ja 95% protsentilidele maanteele pikkuses (joonised 22 ja 23). Protsentiili vahemikus 0–50%, see tähendab alla ohuskoori mediaanväärtsusega teelõike eraldi välja ei toodud.

Eristus 8 444 teelõiku, millel põdraõnnetuste ekvivalent on $\geq 0,012$ õnnetust aastas juhul, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukilomeetrit päevas. Tegemist on mediaanväärtsusega, millest suuremate ja väiksemate põdraõnnetuste ekvivalendi väärustega teelõikude pikkus on võrdne (8 249 km). Näiteks Eesti suurte põhiteede keskmine liikluskoormus on ca 7 000 sõidukit ööpäevas. Seega toimuks sellistel suure liikluskoormusega ja üle keskmise kõrge ulukiohu skooriga teelõikudel vähemalt 0,08 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust kilomeetri kohta aastas.

Õnnetusriski jaotuse 75% protsentilile vastav väärtsus on 0,037 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust aastas juhul, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukilomeetrit päevas. Sellest väärustest kõrgema ohuväärtusega teelõike eristus 7 085, millede summaarne pikkus moodustab 25% riigiteede võrgustiku kogupikkusest (4 125 km). Eesti neljal suuremal põhiteel, kus liikluskoormus on keskmiselt 7 000 sõidukit ööpäevas, toimuks sellise ulukiohuga teelõikudel vähemalt 0,26 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust kilomeetri kohta aastas.

Õnnetusriski jaotuse kõige kõrgem 95% protsentilile vastav väärtsus on 0,116 põdraõnnetusega ekvivalentset õnnetust aastas juhul, kui liikluskoormus on 1 000 sõidukilomeetrit päevas. Sellest väärustest kõrgema ohuväärtusega teelõike eristus 1 974, millede summaarne pikkus moodustab 5% riigiteede võrgustiku kogupikkusest (825 km). Eesti suurte põhiteede keskmise liikluskoormuse juures (ca 7 000 sõidukit ööpäevas), toimuks sellise ohuskooriga teelõikudel vähemalt 0,8 põdraõnnetusega ekvivalentset ulukiõnnetust kilomeetri kohta aastas.



Joonis 22. Põdraõnnetuste ekvivalendi kumulatiivne sagedusjaotus Eesti riigiteedel. Vertikaaljooned tähistavad maanteede kogupikkuse 50% (8 249 km), 75% (12 374 km) ja 95% (15 673 km) protsendiile, millele vastavad ulukiõnnetuste riski väärtsused on 0,012, 0,037 ja 0,116 põdraõnnetuste ekvivalenti liikluskoormusel 1 000 sõidukilomeetrit päevas.



Joonis 23. Näide ulukiõnnetuste ohu paiknemisest riigiteel nr 2 (Tallinn-Tartu) Mäo ja Mäeküla vahelisel lõigul. Punasega on märgitud kõrgeima ohutasemega teelõigud, mis läbivad maastikku, kus vastavalt põdraõnnetuste ekvivalentile on õnnetuste aastane sagedus kilomeetri kohta $\geq 0,116$ juhul, kui keskmine ööpäevane liikluskoormus oleks 1 000 sõidukit. Kollasega on märgitud vastav väärthus $\geq 0,037$ ning rohelisega $\geq 0,012$. Valitud piirväärtestused vastavad Eesti teede ulukiõnnetuste ohu sagedusjaotuse protsentiilidele 95%, 75% (3. kvantiil) ja 50% (mediaan). Nae, et kõrgem ulukiõnnetuste oht on metsasid läbivatel teelõikudel ja metsa servades ja puisturibade läheduses ning madalam oht on lagedatel aladel ja hoonete läheduses. Arvestades, et punasega märgitud põhitee lõigu pikkus on 1,15 km ning liiklussagedus on ca 9 200 sõidukit ööpäevas, toimub sellisel teelõigul eeldatavasti vähemalt 1,2 põdraõnnetust või nendega ekvivalentne arv ulukiõnnetusi teiste liikidega aastas.

3.3.2 Ulukiõnnetuste ohu kaardikiht

Käesoleva aruande juurde kuulub kaardikiht, millel on märgitud keskmisest kõrgema ulukiõnnetuste ohuga lõikude paiknemine Eesti teedel kolme astmena. Tegemist on ühe kaardikihiga, mis tehniliselt koosneb mitmest failist (formaat: *ESRI Shapefile*; antud juhul 6 faili). Kaardikihiga töötamiseks on võimalik kasutada erinevaid GIS programme, näiteks *ArcGIS* ja *QGIS* (viimane on vabavara).

Kaardikiht koosneb geomeetriast (jooned kaardil) ja andmetabelist, milles on märgitud teelõigu ohuaste vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendile järgmiselt (veerg „Ohuaste“).

- 1 – **Üle keskmise ohtlik teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,012 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1 000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtsused moodustavad 50% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 22 rohelisega.
- 2 – **Kõrge ohuga teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,037 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1 000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtsused moodustavad 25% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 22 kollasega.
- 3 – **Väga ohtlik teelõik**, mis läbib maastikku, millises toimuvate õnnetuste hulk vastavalt põdraõnnetuse ekvivalendile on vähemalt 0,116 õnnetust kilomeetri kohta aastas juhul, kui liiklussagedus on 1 000 sõidukit ööpäevas. Sellest kõrgemad väärtsused moodustavad 5% Eesti riigiteede kogupikkusest. Joonisel 22 punasega.

Kaardikiht avaneb faililt **reWiLD_2019_Eesti_teede_ulukioht_2009-2018.shp**. Erineva ohuastmega teelõikude visuaalseks eristamiseks programmi *QGIS* toimi järgnevalt (juhis vastavalt programmi ingliskeelsele versioonile 3.4.0.).

1. Ava kaardikiht.
2. Ekraani vasakus servas alal *Layers Panel* tee topeltklikk kihil nimel või ava kihil nimel parema hiireklahviga hüpermenüü ning vali *Properties*. Avaneb kaardikihi seadete aken.
3. Akna vasakus servas vali alamenüü *Style* ning ava seejärel akna ülemises servas rippmenüü, kust vali *Categorized* (esialgu on näha valik *Single symbol*).
4. Rippmenüüst *Column* vali andmetabelis oleva tunnuse nimi, „**Ohuaste**“ mille järgi teelõigud eristada ning akna allosas kliki nupul *Classify*.
5. Vali *OK*, misjärel eristuvad teelõigud kaardil vastavalt ohuastme väärustele. Soovi korral jätka kaardi stiili kujundamist kuni oled jõudnud meeldiva tulemuseni.

4 KIRJANDUS

- Beasley, J.C., Grazia, T.E., Johns, P.E., Mayer, J.J., 2013. Habitats associated with vehicle collisions with wild pigs. *Wildlife Research*, 40, 654.
- Girardet, X., Conruyt-Rogeon, G., Foltête, J.-C., 2015. Does regional landscape connectivity influence the location of roe deer roadkill hotspots? *European Journal of Wildlife Research*, 61, 731–742.
- Hegland, S.J., Hamre, L.N., 2018. Scale-dependent effects of landscape composition and configuration on deer-vehicle collisions and their relevance to mitigation and planning options. *Landsc. Urban Planning*, 169, 178–184.
- Keken, Z., Kušta, T., Langer, P., Skaloš, J., 2016. Landscape structural changes between 1950 and 2012 and their role in wildlife–vehicle collisions in the Czech Republic. *Land Use Policy*, 59, 543–556.
- Lõhmus, E., 2004. Eesti metsakasvukohatüübidi. Eesti Loodusfoto.
- MacDonald, D., Barrett, P., 2002. Euroopa Imetajad. Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Moks, E., Remm, J., Kalda, O., Valdmann, H., 2015. Eesti Imetajad. Varrak.
- Nelli, L., Langbein, J., Watson, P., Putman, R., 2018. Mapping risk: Quantifying and predicting the risk of deer-vehicle collisions on major roads in England. *Mammal Biology*, 91, 71–78.
- Rea, R.V., Johnson, C.J., Emmons, S., 2014. Characterizing Moose–Vehicle Collision Hotspots in Northern British Columbia. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 5, 46–58.
- Remm, J., Remm, P., Jaik, K., 2018. Ulukiohtlikud teelõigud. Ulukiõnnetuste koondumis-kohtade tehniline analüüs. OÜ Rewild.
- Seidel, D., Hähn, N., Annighöfer, P., Benten, A., Vor, T., Ammer, C., 2018. Assessment of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) – vehicle accident hotspots with respect to the location of ‘trees outside forest’ along roadsides. *Applied Geography*, 93, 76–80.
- Seiler, A., Sjölund, M., Rosell, C., Torrellas, M., Rolandsen, C.M., Solberg, E.J., van Moorter, B., Lindstrøm, Ringsby, T.-H., 2016. Case studies on the effect of local road and verge features on ungulate-vehicle collisions. *Saferoad Technical report 7. CEDR Translational Road Research Programme Call 2013: Roads and Wildlife*.
- Snow, N.P., Porter, W.F., Williams, D.M., 2015. Underreporting of wildlife-vehicle collisions does not hinder predictive models for large ungulates. *Biological Conservation*, 181, 44–53.

- Snow, N.P., Zhang, Z., Finley, A.O., Rudolph, B.A., Porter, W.F., Williams, D.M., Winterstein, S.R., 2018. Regional-based mitigation to reduce wildlife-vehicle collisions: Regional Mitigation of Wildlife-Vehicle Collisions. *Journal of Wildlife Management*, 82, 756–765.
- van der Ree, R., Smith, D. J., Grilo, C., 2015. *Handbook of Road Ecology*. John Wiley & Sons.
- Zeller, K.A., Wattles, D.W., DeStefano, S., 2018. Incorporating Road Crossing Data into Vehicle Collision Risk Models for Moose (*Alces americanus*) in Massachusetts, USA. *Environmental Management*, 62, 518–528.