

Tartu Ülikool

Peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituut

**FLUORIIDIDE SAADAVUS TOIDU JA JOOGIVEEGA –
EESTI ELANIKE TERVISERISKI HINNANG**

Magistritöö rahvatervishoius

Kätlin Kroon

**Juhendaja: Ene Indermitte, MPH, PhD, Tartu Ülikooli peremeditsiini
ja rahvatervishoiu instituut, keskkonnatervishoiu lektor**

Tartu 2024

Magistritöö tehti Tartu Ülikooli peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituudis.

Tartu Ülikooli rahvatervishoiu magistritööde kaitsmiskomisjon otsustas 24.05.2024 lubada väitekirj terviseteaduse magistrikraadi kaitsmisele.

Retsensent: Tõnu Püssa, PhD, Eesti Maaülikool, Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut, Veterinaarse biomeditsiini ja toiduhügieeni professor

Kaitsmine: 04.06.2024

Sisukord

Kasutatud lühendid	4
Lühikokkuvõte.....	5
1. Sissejuhatus	6
2. Kirjanduse ülevaade	7
2.1 Fluoriidide olemus.....	7
2.2 Fluoriidide allikad igapäevaelus.....	8
2.2.1 Joogivesi.....	8
2.2.2 Veepõhised joogid.....	10
2.2.3 Toit.....	13
2.2.4 Suuhooldusvahendid.....	14
2.3 Fluoriidide saadavus.....	15
2.4 Fluoriidide mõju tervisele.....	18
2.4.1 Hambafluuroos	19
2.4.2 Skeleti fluuroos.....	20
2.4.3 Luumurrud.....	20
2.4.4 Muud tervisemõjud.....	21
2.5 Eestis tehtud uuringud	23
3. Eesmärgid.....	25
4. Materjal ja meetodika.....	26
4.1 Magistritöö andmestik	27
4.2 Andmeanalüüs	29
5. Tulemused	31
5.1 Joogivee fluoriidide kontsentratsioon Eesti veevõrkides.....	31
5.2 Toitumisuuringu valimi kirjeldus	32
5.3 Fluoriide sisaldavate toitude ja jookide tarbimine Eesti elanikel	32
5.4 Fluoriidide saadavus kõigist allikatest.....	35
6. Arutelu.....	37
7. Järeldused	41
8. Kasutatud kirjandus	42
Summary.....	48
Tänuavaldus.....	50
<i>Curriculum vitae</i>	51

Kasutatud lühendid

AI	soovitav keskmine päevane tarbimise kogus, mis toob tervisele kasu ning ei põhjusta kõrvaltoimeid (ingl <i>adequate intake</i>)
CAPI	arvutipõhine küsitlusmeetod (ingl <i>computer assisted personal interview</i>)
CI	usaldusvahemik (ingl <i>confidence interval</i>)
EFSA	Euroopa Toiduohutusamet (ingl <i>European Food Safety Authority</i>)
EKI	Eesti Konjunktuuriinstituut
EL	Euroopa Liit
FDI	Ülemaailmne Hambaarstide Föderatsioon (ingl <i>World Dental Federation</i>)
IADR	Rahvusvaheline Hambaravi Uuringute Assotsiatsioon (ingl <i>International Association for Dental Research</i>)
IPCS	rahvusvaheline kemikaaliohutuse programm (ingl <i>International Programme on Chemical Safety</i>)
IQ	intelligentsuskvoot (ingl <i>intelligence quotient</i>)
OR	šansside suhe (ingl <i>odds ratio</i>)
p	olulisuse tõenäosus (ingl <i>p-value</i>)
RR	suhteline risk (ingl <i>relative risk</i>)
RTU	Eesti rahvastiku toitumise uuring
SD	standardhälve (ingl <i>standard deviation</i>)
SIR	standarditud avaldumuskordaja (ingl <i>standardized incidence ratio</i>)
TAI	Tervise Arengu Instituut
UL	tervisele ohutu tarbimise ülempiir (ingl <i>tolerable upper intake level</i>)
WHO	Maailma Terviseorganisatsioon (ingl <i>World Health Organization</i>)

Lühikokkuvõte

Magistritöös uuriti fluoriidide saadavust toidu ja joogiveega ning sellest tulenevat terviseriski Eesti elanikele. Alaeasmärkideks olid 1) kirjeldada fluoriidide sisaldust Eesti veevärkides; 2) kirjeldada Eesti elanikel fluoriidide saadavust toidu ja joogiveega; 3) analüüsida, kas fluoriidide saadavus toidu ning joogiga erineb vanuserühmades ja sooti; 4) analüüsida, kas Eesti elanikel on tulenevalt fluoriidide saadavusega toidust ja joogiveest riske tervisele.

Magistritöös kasutati 2014. aasta Eesti rahvastiku toitumise uuringu (RTU) ja Terviseameti Eesti elanike joogivee fluoriidisisalduse veeproovide ($n = 1982$) andmeid aastatel 2012–2022. Magistritöö valim koosnes RTU 4170 isikust, vanuses 1–74 eluaastat. Andmeallikadena kasutati uuritavate andmeid RTU üldküsimustikust ja kahe päeva 24 tunni toidupäevikust (kuni 10-aastastel) või -intervjuust (11–74-aastastel). Terviseameti joogivee kvaliteedi andmebaasi veeproovid jaotati fluoriidisisalduse alusel viide kategooriasse ning analüüsimiseks kasutati osakaale (%). Toitumisandmete analüüsil kasutati keskmisi koos standardhälvega. Arvutati sooti ja vanuserühmiti uuritavate osakaal, kes ületasid tarbitud jookidega fluoriidide tarbimise ülempiiri (UL, *tolerable upper intake level*). Uuritavatele, kes tarbisid liigse fluoriidisisaldusega joogivett koostati logistiline regressioonimudel. Terviseriski hindamiseks vanuserühmades arvutati igas joogivee kategoorias toidust, joogist ja muudest allikatest arvutuslik fluoriidide keskmine päevane saadavus, mida võrreldi Euroopa Toiduohutusameti (EFSA, *European Food Safety Authority*) määratud UL-ga.

Eesti 2012.–2022. aasta veeproovidest 95% vastas fluoriidisisalduse kvaliteedinõuetele ($\leq 1,5$ mg/l). Enim fluoriide saadi joogivee, veepõhiste jookide ja teega. Proportsionaalselt oli päevane toitumise tarbimiskogus väiksem võrreldes joogivee ja veepõhiste jookidega. Vanuserühmas 1–3 oli 8,44 (95% CI 5,78–12,4) ja vanuserühmas 4–8 oli 2,71 (95% CI 1,72–4,22) korda suurem šanss ületada jookide tarbimisega UL-i kui vanuserühmal 18–74. Arvestades ainult jookide tarbimist oli šanss ületada UL-i naistel võrreldes meestega kaks korda väiksem (OR = 0,49, 95% CI 0,35–0,69). Arvutusliku fluoriidide saadavusega toidust, joogist ja muudest allikatest ületati EFSA määratud UL vanuserühmas 1–3, kui joogivee fluoriidisisaldus oli $> 1,5$ mg/l. Teistes vanuserühmades jäi fluoriidide päevane saadavus alla EFSA määratud tarbimise ülempiiri.

Magistritöö tulemuste põhjal saab järeldada, et normatiivse joogivee tarbimisel Eesti elanikel terviseriski ei olnud. Ülenormatiivse joogivee ($> 1,5$ mg/l) tarbimisel oli väikestel lastel terviseriskiks hambafluoroos.

1. Sissejuhatus

Fluoriide leidub õhus, vees ja litosfääris (1). Inimesed saavad fluoriide peamiselt joogiveest ning veepõhistest jookidest (1–5). Fluoriidide saadavust mõjutavad mitmed tegurid, põhiliselt tarbitava joogivee fluoriidisisaldus ja vee kogus, vähemal määral toiduained ja suuhooldusvahendid (6, 7). Joogivee fluoriidi kontsentratsioon kõigub olenevalt geoloogilistest eripäradest (1, 2). Pinnavees jääb fluoriidisisaldus $< 0,5$ mg/l, kuid põhjavees on kontsentratsioon kõrgem (1, 8). Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO, *World Health Organization*) soovitusel on joogivees lubatud fluoriidide piirmäär 1,5 mg/l (6).

Madala fluoriidisisaldusega piirkondades teostatakse riikliku ühisveevärgi joogivee fluoreerimist (8). Tänapäeval peetakse joogivee fluoreerimist vastuoluliseks rahvatervishoiu meetmeks (5, 9, 10). Varem fluoreeriti joogivett hambakaariese vähendamiseks (11, 12). Praegusel ajal leitakse, et fluoreeritud joogivee ja fluoreeritud hambapasta kasutamisega kaasneb hambafluuroosi risk (9, 13). See tekib piima- ja jäävhammaste arenguperioodil (9, 13, 14), ohustades kuni kaheksa aastaseid lapsi (1, 3). Kergemal kujul väljendudes märkamatute valgete laikudena hammastel (1) kuni raskemal vormil pruunide laikudena, hambaemali defektsuse ning hammaste murdumise ohuga (1, 3). Teine liigse fluoriidide tarbimisega kaasnev terviserisk on skeleti fluuroos (6), mis väljendub liigesvaludena üla- ja alajäsemetes, tuimuse ning kipitusena jäsemetes (9). Haiguse edasi arenemisel esineb osteoporoos ja osteoskleroos (15). Mõnes uuringus on leitud, et liigsel fluoriidide tarbimisel võib avalduda neurotoksiline mõju, näiteks langeb lastel intelligentsuskvoot (IQ, *intelligence quotient*) (8, 16).

Magistritöö uurib fluoriidide saadavust joogivee, toidu ja suuhooldusvahenditega ning hindab Eesti elanike terviseriski seoses eelnimetatud allikatega. Varem on hinnatud terviseriske Eestis tulenevalt joogivee fluoriidisisaldusest (14, 17).

2. Kirjanduse ülevaade

2.1 Fluoriidide olemus

Fluor on keemiline ühend, mida leidub ioonilisel kujul fluoriidina (F⁻) maapõue kivimites (1, 3), millest leostub põhjavette ning seejärel joogivette (14). Fluoriide leidub õhus, vees ja litosfääris (1, 3). Fluoriidid esinevad õhus osakestena (1, 3) üldiselt väikese kogusena (0,05–1,9 µg/m³) (1). Rohkem võib fluoriide sisse hingata söeküttel töötavate elektrijaamade, fluoriidiga seotud tehaste (alumiiniumi sulatus-, fosforvætise tehased), ohtlike jäätmejaamade ja vulkaanide läheduses (3). Inimesele kõige olulisemad fluoriidid on naatrium- ja kaaliumfluoriidid, mis lahustuvad hästi vees. Neid lisatakse toidule (nt sool), suuhooldusvahenditele ja vee fluoreerimisel. (3, 8) Joogivees looduslikult esinevad ja lisatud fluoriidid imenduvad inimkehas samaväärselt (6).

Inimkehasse jõuavad üldiselt fluoriidid allaneelatud toidu ja veega (3, 18). Lokaalselt kasutatakse fluoriide nt hambapastas, suuvees, hambalakkides (18). Veest, hambapastast ja tablettidest saadavad naatriumfluoriidid imenduvad maos ja peensooles üldiselt 100% (2, 18). Toidust ja karastusjookidest imendub 50–80% kehasse (2), sest lahustumatud fluoriidide kompleksid vähendavad imendumist (18). Seedeptsessi jõudnud fluoriidide imendumine toimub umbes 80–90% passiivse difusioonina seedetraktis (3, 18), maos 20–25% ja ülejäänud peensooles (umbes 75%) (1, 18). Fluoriidide kontsentratsiooni maksimaalne sisaldus vereplasmas saavutatakse 20–60 minuti jooksul pärast fluoriidide allaneelamist, sõltumata kogusest ja päritolust. Pärast seda kontsentratsioon plasmas langeb ning algab luu- ja hambakudedesse imendumine ning uriiniga eritumine. Algtase taastub 3–11 tunni jooksul. (1, 18) Fluoreeritud joogiveega (1 mg/l) piirkonnas võib fluoriidi kontsentratsioon plasmas jääda vahemikku 0,5–1,5 µmol/l (18). Kehas ringluses olevad fluoriidid läbivad platsentat ja jõuavad looten. Fluoriidide kontsentratsioon platsentas võib olla kõrgem kui ema veres, nabaväädiveres on kontsentratsioon umbes 75% ema vere kontsentratsioonist. Fluoriidilisandite (1,5 mg/päevas) kasutamine raseduse ajal kahekordistab loote vere fluoriidide kontsentratsiooni. (2, 4) Kehas imendunud fluoriididest umbes 99% paiknevad kaltsifitseerunud kudedes, peamiselt luukoes ja vähem hammastes (3, 18), vähesel määral pehmetes kudedes (u 1%) (1, 18). Päevasest imendunud fluoriididest jääb luukudedesse lastel (< 7 a) 55% ja täiskasvanutel (18–75 a) 36% (18). Fluoriidide kogusisaldus inimese kehas on 2–5 grammi, mis sõltub vanusest ja kokkupuutest fluoriididega. Fluoriidide kontsentratsioon luukoes suureneb vanusega, varasema pikaajalise fluoriidide tarbimisega, kõrgmäestikes elades, atsidootilises seisundis. Naistel suureneb fluoriidide kontsentratsioon kiiremini kui meestel, sisaldus kõrgem käsna luukoes.

(1) Fluoriidid, mis ei ladestu luu- ja hambakoesse, erituvad peamiselt neerude kaudu uriiniga, täiskasvanutel 60%, lastel 45% (3, 18) ning väiksemas koguses väljaheite, higiga (18). Fluoriidid filtreeruvad neeru glomeerulites ja reabsorbeeruvad (10–90%) neerutuubulites, olenevalt toruvedelike pH-st (1, 18).

Fluoriidide saadavuse biomarkeriteks on vereplasma, luupind, hambad, sülg, uriin (1, 3, 18), rinnapiim, higi, küüned ja juuksed (1, 3). Keha fluoriidikoormuse hindamiseks vaadatakse kontsentratsiooni vereplasmas ja uriinis lühiajalisel kokkupuutel, luudes ning hammastes pikaajalisemal kokkupuutel (1, 3). Sülg ja higi võib fluoriidide kontsentratsioon olla seotud fluoriidide kontsentratsiooniga veres (1). Zipkin *et al* uuringus leiti, et fluoriidi kontsentratsiooniga 1,0 mg/l fluoreerimata või fluoreeritud joogiveega piirkonnas fluoriidisisaldus inimese uriinis võrdsustub ligikaudu joogivee kontsentratsiooniga. Täiskasvanutel toimus see nädalaga, lastel (5–14 a) kauem, ligikaudu kolme ja viie aastaga. (19) Eestis on hiljuti viidud läbi 25–64 aastate seas soola tarbimise uuring (n = 598), kus esmakordselt määrati rahvastikupõhiselt fluoriidi kontsentratsiooni bioloogilises proovis (uriinis). Referentsväärtuseks peetakse < 1,5 mg päevas. Fluoriidide väärtused 24 h uriinis olid meestel 0,3–7,1 mg päevas (mediaan 1,1 mg päevas), naistel 0,2–7,5 mg päevas (mediaan 0,9 mg päevas). Tulemustes olid meestel fluoriidide kogused statistiliselt oluliselt kõrgemad kui naistel ($p = 0,0003$). Fluoriidide sisaldus kehamassi kohta ning võrreldes sooliselt, olulist erinevust ei esinenud. Fluoriidide saadavus oli üle normi ($\geq 1,5$ mg päevas) ligi 23%-l uuritavatel, rohkem meeste kui naiste seas. (20) Suurimad fluoriidide sisaldused uriinis olid Pärnu ja Järva maakonnas (20), kus on ka joogivee fluoriidisisaldus kõrgem (14). Üldistavaid järeldusi Eesti kohta antud uuringu madala osalusprotsendi (3,1%) tõttu tegema ei peaks. Uuringu tulemustele kinnituse leidmiseks vajatakse täiendavaid uuringuid.

2.2 Fluoriidide allikad igapäevaelus

Inimese peamine fluoriidiallikas on joogivesi, sh tee, kohv, mahlajoogid (1–5). Inimese fluoriidide saadavus sõltub joogivee fluoriidisisaldusest, joodud vee kogusest, tarbitavatest toiduainetest ja kasutatavatest suuhooldusvahenditest (6, 7).

2.2.1 Joogivesi

Fluoriide leidub looduslikult nii mage- kui merevees (1, 3). Tavaliselt leidub fluoriide rohkem põhja- kui pinnavees (1, 21). Joogivees looduslikult esinev fluoriidide kontsentratsioon kõigub vahemikus 0,1–6,0 mg/l. Pinnaveses on kontsentratsioon enamjaolt < 0,5 mg/l, merevetes jääb fluoriidisisaldus 1,2 ja 1,5 mg/l vahele. (1, 8) Euroopa Liidus (EL) on üldiselt fluoriidide

konsentratsioon põhjavees madal, kuid võib piirkonniti kõikuda tulenevalt geoloogilistest eripäradest (1, 2), näiteks Irimaal < 0,01–5,8 mg/l, Soomes 0,1–3,0 mg/l ja Saksamaal 0,1–1,1 mg/l (1, 8). Norras on kõrgeim teada olev põhjavee veevärgist saadud fluoriidide kontsentratsioon 4,0 mg/l, Lääne-Norra põhjaveest on leitud 8,0 mg/l (22). Eestis on põhjavee fluoriidisisaldus 0,1–7 mg/l, pinnavees on fluoriide < 0,2 mg/l (14). Optimaalne kontsentratsioon joogivees jääb tavaliselt vahemikku 0,7–1,2 mg/l (3, 8). Eestis on seaduse alusel joogivees lubatud fluoriidide piirmäär 1,5 mg/l (23), sama on ka 1984. aastal kehtestatud ja 1993. aastal uuesti kinnitatud Maailma Terviseorganisatsiooni (WHO, *World Health Organization*) soovitus (6). Kui fluoriidide saadavus on ≥ 6 mg päevas tuleks kaaluda standard või kohalikus juhendis joogivee fluoriidisisalduse piirmäära langetamist alla 1,5 mg/l (6). Eestis mõõdetakse fluoriidisisaldust joogivees ainult süvakontrolliga, mille intervall võib olla üks kord 10 aasta jooksul (23).

Eestis kasutatakse joogiveeks enamjaolt põhjavett, pinnavesi on kasutusel Tallinnas ja Narvas (21). Põhjavee fluoriidisisaldus oleneb veetekke hüdrogeoloogilistest tingimustest ning erineb põhjaveekihiti ja paikkonniti. Põhja- ja pinnavee fluoriidisisaldus on üsna stabiilne. Ühisveevärgi vee fluoriidi kontsentratsioon torustikes ei muutu, kui ei ole fluoriidiärastust. (24) Joogiveeallikana on Eestis kasutusel kõik pealiskorra settekivimites levivad põhjaveekompleksid. Veevarustuses kasutatakse Kambriumi-Vendi – 35%, Ordoviitsiumi-Kambriumi – 9%, Siluri-Ordoviitsiumi 30%, Kesk-Alam-Devoni-Siluri – 7%, Kesk-Devoni – 11% ja Kvaternaarisetetes rajatud kaevudest umbes 8%. (14, 21) Terviseameti 2018. aasta andmetel kasutas umbes 87,6% Eesti elanikest ühisveevärgi vett, ülejäänud tarbisid individuaalsetest puur- ja salvkaevudest. Riikliku järelvalve all oli 1324 veevärki. (13) Varem on tehtud kogu Eesti kohta ülevaade veevärkide fluoriidisisaldusest (14, 24). Aja jooksul on üle piirnormi veevärkide arv järjest vähenenud (25).

Lisaks kraaniveele tarbitakse viimastel aastatel järjest rohkem pudelivett (11, 26, 27), millest saadavat fluoriidide kogust on raske hinnata, sest fluoriidide kontsentratsioon kõigub tulenevalt vee päritolust (11). Peamiselt on pudelivees madal fluoriidisisaldus, jäädes alla 0,5 mg/l (26–28). Tootjaid tuleb julgustada märkima veepudelitele mineraalainete sisaldust, sealhulgas fluoriide. (11) Eestis kohustab Tervisekaitseõuete mineraal- ja allikavee määrus tootele, mille loodusliku mineraalvee fluoriidisisaldus > 1,5 mg/l, märkima teabe: „Sisaldab fluoriidi üle 1,5 mg/l: ei sobi pidevaks kasutamiseks imikutele ja alla 7 aasta vanustele lastele“ ning lisaks märgistama ka tegeliku fluoriidisisalduse (29).

Mõnes piirkonnas fluoreeritakse naatriumfluoriidiga riiklikult ühisveevärgi joogivett (3, 6, 8, 30, 31), mille tulemusena saavutatakse optimaalne fluoriidide kontsentratsioon 0,5–1,0 mg/l (6, 30, 31). Ameerika Ühendriikides (USA, *United States of America*) on

alandatud fluoreeritud joogiveega piirkondades optimaalne fluoriidide kontsentratsioon joogives 0,7 mg/l-ni, et ennetada hambakaariest ning samal ajal vähendada hambafluuroosi levimust (32). Esimesed ühisveevärgi fluoreerimised toimusid 1945. aastal USA-s (33, 34) ja 1946. aastal Kanadas (5). Tänapäeval on kaetud 73% USA rahvastikust fluoreeritud ühisveevärgiga. Alates 1964. aastast toimub riiklik joogivee fluoreerimine Inglismaal, kus tänapäeval kaetud umbes 10% rahvastikust. (33) Eestis fluoreeriti vett 1970.-ndatel, hiljem lõpetati vajaliku reagendi puudumise tõttu (24). Tänapäeval on Euroopas riiklikult fluoreeritud ühisveevärke suuremal osal Iirimaal ning teatud piirkondades Hispaanias ja Portugalis (1, 4). Vee fluoreerimine on vastuoluline rahvatervishoiu meede, mille kasu ja kahju üle on vaieldud aastaid (5, 9, 10). Riikliku joogivee fluoreerimist on kasutatud eelkõige kulutõhusa meetodina elanikkonnal hambakaarieste ennetamiseks (10, 35–37), mis on tõestatud kasutegur (9, 30, 31, 35, 36). Fluoreeritud joogiveega piirkondades võib suurene da eelkõige kergemas vormis hambafluuroosi levimus (30, 31).

Liigne fluoriidide kontsentratsioon joogives on suur rahvatervise probleem arengumaades (11). Fluoriidide liigne tarbimine tekib üldiselt fluoriidirikka põhjavee kasutamisest näiteks joogiks, toidu valmistamiseks (imikute piimasegud, supid, mahlad, köögiviljad), põllukultuuride kasvatamiseks, eriti soojas kliimas, kus vee tarbimine on suurem (2). Fluoriidide eemaldamiseks veest kasutatakse veefiltersüsteeme ja -töötlusmeetodeid, nagu pöördosmoos (2), elektrodialüüs ja destilleerimine. Liigse fluoriidisisalduse korral otsitakse teisi sobivaid veallikaid ja seejärel segatakse erineva fluoriidisisaldusega veesid. (11, 38)

2.2.2 Veepõhised joogid

USA andmebaasi alusel on jookidest enim fluoriide tees (335–584 µg/100g), alkoholsetes jookides, näiteks veinis (105–202 µg/100g), ja mahlades (138 µg/100g) (39). Tee, kohvi ja alkoholsetest jookidest on suurima fluoriidide sisaldusega must tee (2, 40). Suure fluoriidide sisaldusega on teetaimede lehed (1, 3, 11, 40–42), milles olevast fluoriidist on 40–90% vees lahustuv (40). Olenevalt sordist võib noortest teelehtedest valmistatud mustas ja rohelises tees sisalduda 170–400 mg/kg fluoriide, vanemate teelehtede korral 2–4 korda rohkem (4, 22). Das *et al* uuringus uuriti 13 erineva riigi (USA, Inglismaa, Hiina, India, Brasiilia jne) teesid ja saadi suurim fluoriidisisaldus rohelises tees (297–1112 mg/kg), millele järgnesid must tee (296–797 mg/kg) ja oolong tee (393–744 mg/kg). Kõige vähem oli fluoriide taimeteedes (33–102 mg/kg). (43) Fluoriidi kontsentratsiooni erinevust on leitud teekotikeste (keskmiselt 3,40 mg/l) ja lehtedest tehtud tee infusioonis (keskmiselt 1,53 mg/l) (41), mis võib tuleneda teekotikestes kasutatavatest vanematest teelehtedest (41, 42). Tee infusiooni fluoriidide sisaldus sõltub valmistamisviisist, tee sordist ning joogivee fluoriidi kontsentratsioonist (41–43). Tabelis 1 on

esitatud erinevate teesortidega 5 min teetõmmiste fluoriidi kontsentratsioon, valmistamiseks kasutatud deioniseeritud vett.

Tabel 1. Erinevate teesortidega 5 min teetõmmiste fluoriidide sisaldus erinevate allikate järgi

Teesort	Fluoriidi kontsentratsioon	Infusiooni aeg	Allikas
Must tee	373 µg/100g	-	USA andmebaas (39)
	1,47–5,45 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
	1,12–6,03 mg/l	5 min	Szmagara <i>et al</i> 2022 (41)
	0,8–5,5 mg/l	5 min	Waugh <i>et al</i> (2016) (44)
	0,32–2,76 mg/l	5 min	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Earl Grey tee	0,72–4,07 mg/l	5 min	Szmagara <i>et al</i> 2022 (41)
Pu-erh tee	2,87–4,96 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
	1,19–2,63 mg/l	5 min	Szmagara <i>et al</i> 2022 (41)
	0,39–0,92 mg/l	5 min	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Oolong tee	3,08–5,63 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
Roheline tee	2,43–6,94 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
	0,83–4,89 mg/l	5 min	Szmagara <i>et al</i> 2022 (41)
	0,59–1,84 mg/l	5 min	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Valge tee	5,39 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
	1,12–2,36 mg/l	5 min	Szmagara <i>et al</i> 2022 (41)
	0,37–0,54 mg/l	5 min	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Taimetee	0,06–0,69 mg/l	5 min	Das <i>et al</i> (2017) (43)
	0,02–0,09 mg/l	5 min	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Lahustuv tee	335–584 µg/100g	-	USA andmebaas (39)
	0,04–1,21 mg/l	-	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)
Valmis jäätee	0,66–1,65 mg/l	-	Malinowska <i>et al</i> (2008) (42)

Olenevalt infusiooni ajast suureneb teetõmmises fluoriidide kontsentratsioon, näiteks mustal teel võib see tõusta 12-lt 36%-le kui infusiooniaeg pikeneb 5-minutilt 15-minutini (22, 41, 42). Tee on fluoriidi hüperakumulaator (43, 44). Uuringutes on leitud, et teejoomise kultuuriga riikides võib tee joomine koos muudest allikatest saadavate fluoriididega tekitada fluoriidide liigtarbimise (44–46). Teed tarbitakse rohkelt näiteks Iirimaal (44), kus arvatakse täiskasvanute suurem fluoriidide saadavus tulenevat rohkemast musta tee joomisest (4, 47). Iirimaal tehtud uuringu ja avaldatud kirjanduse andmetel on järeldatud, et teejoomise kultuuriga

riikides ei ole riiklik ühisveevärgi fluoreerimine vajalik, sest võib tekkida tervisele potentsiaalne kahju (44).

Uuringutes on hinnatud ka fluoriidisisaldust kohvijookides (40, 48). Kohvijoo on fluoriidide sisaldus väiksem kui tees (40), kuid sõltub samuti valmistamiseks kasutatavast joogivee fluoriidi kontsentratsioonist (48, 49). Suurim fluoriidide sisaldus on leitud valmis külmpuulitud kohvijookidest espressos (keskmiselt 1,47 mg/l, 0,42–2,88) ja *macchiatos* (espresso piimaga) (keskmiselt 1,25 mg/l, 0,87–1,68). Kõige madalam fluoriidide sisaldus leiti külmpuulitud kofeiinivabas kohvijoo (keskmiselt 0,85 mg/l, 0,36–1,47). Riskihinnangus hinnati 250, 500 ja 750 ml külmpuulitud kohvijoo joomist ööpäevas. Tulemusi võrreldi Euroopa Toiduohutusameti (EFSA, *European Food Safety Authority*) määratud tervisele ohutu fluoriidide tarbimise ülempiiriga (UL, *tolerable upper intake level*) (7 mg/l). (48) Täpsem riskihinnang sõltuvalt joogivee fluoriidi kontsentratsioonist ja külmpuulitud kohvijoo kogusest on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Riskihinnang külmpuulitud kohvijoo päevasele kogusele vastavalt joogivee fluoriidisisaldusele (48)

Kohvijoo kogus päevas (ml)	Joogivee fluoriidi kontsentratsioon (mg/l)	Risk (jah/ei)
250	< 1,5	ei
	1,5–3	ei
	> 3	jah
500	< 1,5	ei
	1,5–3	jah
	> 3	jah
750	< 1,5	ei
	1,5–3	jah
	> 3	jah

Fluoriidide saadavus 750 ml külmpuulitud kohvijoo, mille fluoriidi kontsentratsioon on 0,21–0,37 mg päevas, võib olla vahemikus 0,63–1,10 mg päevas. Fluoriidide saadavus kohvijoo sõltub kohvijoo tüübist, brändist ja kogusest. On järeldatud, et kolme portsjoni (750 ml) piinormile (< 1,5 mg/l) vastava joogiveega tehtud külmpuulitud kohvi joomine päevas ei suurenda terviseriski, kuid moodustab märkimisväärse osa (9,1–15,7%) päevasest fluoriidide saadavusest toiduga. (48) Uuringus on leitud erinevusi fluoriidisisalduses sõltuvalt kohvitüübist (araabika, robusta, rohelised kohvioad) ja valmistamismeetodist 100°C joogiveega. Suurima fluoriidisisaldusega on roheliste kohviubade leotis (0,47–0,50 mg/l), madalaim röstitud robusta kohviubadest (0,01–0,04 mg/l), röstitud araabika kohvioad jäävad nende vahele (0,02–0,08 mg/l). (49) Puuduvad andmed kohvi

infusiooni aja kohta (49), kuid eeldatavalt kehtib sarnane reegel nagu teeleotisel, mida pikem infusiooniaeg seda suurem fluoriidi kontsentratsioon (42, 49).

Üheks fluoriidide allikaks on alkohoolsed joogid (50, 51). Uuringus on leitud, et suurim fluoriidisisaldus on lahjades alkohoolsetes jookides, mis jäävad < 10‰ näiteks õlu ja vein ning madalaim kangemates alkohoolsetes jookides, mis on > 40‰ näiteks viin (50). Palju sõltub alkohoolse joogi täpne fluoriidi kontsentratsioon valmistamiseks kasutatud veest, mis varieerub olenevalt tootja riigist (50, 51). Styburski *et al* uuris fluoriidisisaldust Poolas, Aasias, Lõuna-Ameerikas ja mujal Euroopas toodetud õlledes. Madalaima fluoriidisisaldusega õlled olid toodetud Poolas (0,089 mg/l) ja kõrgeimad Tais (0,260 mg/l), Itaalias (0,238 mg/l), Mehhikos (0,210 mg/l) ja Hiinas (0,203 mg/l). (51) Warnakulasuriya *et al* on järeldanud, et kõrge fluoriidide sisaldusega joogiveega valmistatud alkohoolsete jookide kuritarvitamisel võib suurened igapäevane fluoriidide saadavus ning sellega seondult terviserisk, näiteks mürgistus, luumurrud (52).

2.2.3 Toit

Inimene saab fluoriide toidust (1, 3, 4), mille fluoriiditasemed (0,1–0,5 mg/kg) on üldiselt madalad (1). Magistritöös on fluoriidisisaldusi toitudes otsitud teaduskirjandusest ja andmebaasidest (tabel 3).

Tabel 3. Valitud toidugruppide fluoriidisisaldused erinevate allikate järgi

Toidugrupp	Fluoriidi kontsentratsioon	Allikas
Kala, kalatooted	7,9–1054,2 µg/100g	Zohoori <i>et al</i> (2016) (53)
	0,04–4,51 mg/kg	FSAI (2018) (47)
Konserveeritud krabid ja krevetid	201–210 µg/100g	USA andmebaas (39)
Rosinad	234 µg/100g	USA andmebaas (39)
	0,22 mg/kg	FSAI (2018) (47)
Kanasupp	61–132 µg/100g	USA andmebaas (39)
Pähklid ja seemned	0,05–1,26 mg/kg	FSAI (2018) (47)
	3,4–10 µg/100g	USA andmebaas (39)

Fluoriidide sissehingamine ja saadavus toiduga tõuseb fluoriidirikka kivisöe, soola ja joogivee kasutamisel toidu valmistamiseks, kuumutamiseks, kuivatamiseks (1, 11). Lihatoodetes, puu- ja juurviljades on fluoriidide tase madalam (47). Erandiks on koos luudega

söödud kalatooted (konserveeritud sardiinid), pähklid ja seemned (1, 47, 53, 54). Eestis puudub toidugruppide fluoriidisisalduse andmebaas.

Fluoriidivaestes piirkondades lisatakse fluoriide joogivee, soola või piima sisse (1, 11). Fluoriidide sisaldus piimas varieerub 0,50–0,85 mg. Fluoreeritud piima programmid koolides kaariese ennetamiseks on suunatud eelkõige lastele, toimuvad nt Tais, Venemaal, Ühendkuningriigis ja Tšiilis. Programmide päevaannuseks on 200 ml fluoreeritud piima lapse kohta. (5) Fluoreeritud soolas on fluoriide 200–250 mg/kg, mida tarbides võib tekkida fluoriidide saadavuse lisaannus 0,5–0,75 mg päevas (70 kg inimesel 7–11 µg/kg kohta päevas) (1, 4). Fluoreeritud soola tarbimine kõigub riigiti. Enamikes Euroopa riikides (nt Hispaanias, Prantsusmaal, Kreekas) tarbitakse seda alla 50% (4, 55), kuid suur osa Saksamaa (umbes 67%-1) ja Šveitsi (umbes 85%-1) lauasooladest on fluoreeritud (4, 5, 55). Peamiselt kasutatakse inimeste fluoriidsoolades vees kergesti lahustuvaid naatrium- ja kaaliumfluoriide (1, 4, 5). Toidulisandites on lubatud kasutada ka kaltsiumfluoriide ning naatriummonofluorofosfaate (4). Soola fluoreerimist kasutatakse kui vee fluoreerimine ei ole tehnilistel või rahalistel põhjustel võimalik. Riigi jaoks on see ökonoomsem kui vee fluoreerimine ning annab inimesele valikuvabaduse. (5, 11)

2.2.4 Suuhooldusvahendid

Fluoriide kasutatakse laialdaselt hammaste hooldustoodetes (näiteks suuvees, närimiskummis, hambapuhastustablettides, -pastas, -geelis, -lakis) kaariesega võitlemiseks eriti kõrge suhkru tarbimisega piirkondades (1, 6, 11). Paljudes riikides on 95% müügitulust fluoriidiga hambapastad, milles peamiselt naatriumfluoriidid ja naatriummonofluorofosfaadid või tinafluoriidid (3, 11) ja amiinfluoriidid (11). Suuhooldusvahendites on WHO soovitusel lubatud 1000–1500 ppm fluoriide (8, 11). Suuveedes on fluoriidi kontsentratsioon 0,1–1,0 mg/ml, närimiskummides 0,14 mg (22). Mõnes riigis müüakse nn madala fluoriidiga laste hambapastasid, mille sisaldus on 400–550 ppm. Nende kaariese ennetavat mõju pole randomiseeritud kontrolluuringutes kinnitatud. Kõrgema fluoriidi kontsentratsiooniga (2000–5000 ppm) hambapastad on saadaval retseptiga suurenenud kaariese riskiga vanematele lastele ja täiskasvanutele. (11) Soovituslik hambapasta kogus alla 6-aastastele on hernetera suurune, umbes 0,25 g (8). Väiksed lapsed ei oska hambapesul sülitada ning neelavad igal korral hambapastat alla (8, 11, 56), millest organismi imendub umbes 80–100% fluoriide (8, 11). Hambapasta on jäävhammaste arenguperioodil oluline fluoriidide allikas. Lastel fluoriide sisaldava hambapasta kasutamisel on oluline teada kokkupuudet muude fluoriide sisaldavate allikatega ning üldist kaariese riski elanikkonnas. (11)

Lisaks hambapastale ja suuveele on fluoriidide allikaks professionaalses kasutuses hammastele lakid, kontsentratsioon 56 300 ppm. Fluoreeritud veega riikides, näiteks Iirimaa ja USA, soovitatakse lakki kasutada ainult suure kaariese riski korral. Osaliselt fluoreeritud veega riikides, näiteks Inglismaa ja Šotimaa, on lakki soovitatud kõigile lastele ja noortele, sagedasema kasutusega kõrge kaariese riski korral. Fluoriide sisaldavad geelid on nii professionaalseks kui kodus kasutamiseks, kontsentratsioon 5000–12 300 ppm. Seda soovitatakse lastele ja täiskasvanutele, kellel on suurenenud kaariese risk. Kantakse hammastele 4 minutiks kuni 4 korda aastas olenevalt kaariese riskist. (11) Suutervise paranemisel, 8–15-aastase seas, on leitud kaudseid tõendeid kui kasutati lokaalselt 5% naatriumfluoriidiga 6-kuulist ravi (57).

2.3 Fluoriidide saadavus

Toitainete saadavust mõõdetakse toitumisuuringutega, milleks kasutatakse 24 h toiduintervjuud, -päevikut, toidu tarbimise sagedusküsimustikku või nende kombinatsiooni (58). Elanikkonna toitainete saadavuse hindamisel kasutatakse referentsväärtusi. Hindamiseks kasutatakse toitaine päevast soovitatavat kogust (RDA, *Recommended Dietary Allowance*), soovitatavat keskmist päevast tarbimise kogust, mis toob tervisele kasu ning ei põhjusta kõrvaltoimeid (AI, *Adequate Intake*), hinnangulist keskmist tarbimist (EAR, *Estimated Average Requirement*) ja tervisele ohutu tarbimise ülempiiri (UL, *tolerable upper intake level*). (54, 59) Referentsväärtusi kasutatakse näiteks elanikkonnale ja üksikisikule soovitude andmiseks toitainete tarbimisel, toitumisjuhiste koostamisel, toitumisuuringutel võrdluseks saadud uuringu tulemustega (60). Toitainetest tulenevat terviseriski saab hinnata analüüsides toitainete saadavust erinevatest allikatest ning võrreldes saadud tulemust UL-ga (85). EL-s asutati 2002. aastal EFSA, mis annab riskide juhtimiseks erapooletuid teadusnõuandeid ja toiduahelaga seotud riskide teavitusi. Näiteks on EFSA määranud peamistele vitamiinidele ja mineraalidele piirmäärad. (60)

Fluoriid ei ole organismile hädavajalik toitaine (1, 61). Seega pole määratud fluoriidide keskmist soovituslikku päevast tarbimise kogust. Arvestades fluoriidide omadust ennetada hambakaariest on määratud AI. (1, 2, 59) See põhineb vaatlemisel või eksperimentaalselt määratud hinnangutel tervete inimeste rühma keskmisel toitainete tarbimisel (59, 62). EFSA on määranud fluoriidide AI kõigis vanuserühmades, sh rasedad ja imetavad emad (arvestatakse kehakaaluga enne rasedust ja imetamist), alates kuue kuu vanustest, 0,05 mg kehamassi kg kohta päevas (1, 61). See kogus peaks eeldatavasti vastama tervislikult toituvale elanikkonna igapäeva vajadustele ning aitama ennetada hambakaariest. Naistel määrati AI 3 mg/päevas,

meestel AI 4 mg/päevas. (1) Vanuserühmale vastavalt on esitatud EFSA soovitatud AI väärtused arvutatuna referentsväärtuse kehakaaludele tabelis 4. Lõplike tõendite puudumise tõttu ei ole Eesti toitumis- ja liikumissoovitustes ega Põhjamaade toitumissoovitustes antud fluoriidide tarbimise igapäevaseid soovitusi (54, 59).

Tabel 4. EFSA fluoriidide koguekspositsiooni adekvaatne tarbimismäär (AI) mg/päevas vanuserühmades (1)

Vanuserühm	Mehed (mg/päevas)	Naised (mg/päevas)
7–11 kuud	0,4	0,4
1–3 a	0,6	0,6
4–6 a	1,0	0,9
7–10 a	1,5	1,4
11–14 a	2,2	2,3
15–17 a	3,2	2,8
≥18 a	3,4	2,9

Fluoriididel on määratud tervisele ohutu tarbimise ülempiir (UL, *tolerable upper intake level*) (61). See on kõikidest allikatest (toitudest, jookidest, toidulisanditest) ööpäevase kogutarbimise maksimaalne määr, mis ei tekita tervisele kahjulike mõjusid (54, 59, 61, 62). EFSA andmetel on hingamisteede ja naha kaudu fluoriidide saadavus madal ning seda ei võeta arvesse kui määratakse tervisele ohutut saadavuse ülempiiri (1). 2005. aastal määras EFSA kuni 8-aastastele lastele UL-i 0,1 mg fluoriide kehamassi kg kohta päevas. Sellega välditakse mõõduka fluoroosivormi ilmnemist jäävhammastel ning vanematel kui 8-aastastel ja täiskasvanutel luumurdude ja osteoporoosi riski. (8) Vanuserühmade lõikes EFSA määratud päevased fluoriidide tarbimise ülempiirid on esitatud tabelis 5.

Tabel 5. EFSA fluoriidide tarbimise ülempiir (UL) mg/päevas vanuserühmades (8)

Vanuserühm	UL mg/päevas
1–3 aastased	1,5
4–8 aastased	2,5
9–14 aastased	5
> 14-aastased ja täiskasvanud	7

Fluoriidide peamine allikas on joogivesi (1–5), seega päevane saadavus oleneb suures osas joogivee tarbimisest. Tarbimine võib suureneada suurema kehalise koormusega. Fluoriididele ollakse tundlikumad haigusega (diabeet, neeruhaigus) või teatud eluperioodil (loode, imik, vanur). (14) Joogivee osatähtsus fluoriidiekspositsioonis sõltuvalt joogivee fluoriidi kontsentratsioonist USA andmete põhjal on esitatud tabelis 6.

Tabel 6. Joogivee osatähtsus (%) fluoriidiekspositsioonis sõltuvalt joogivee fluoriidi kontsentratsioonist (63)

Rahvastiku rühmad	Joogivee osatähtsus fluoriidiekspositsioonis vee fluoriidisaldusel		
	1 mg/l	2 mg/l	4 mg/l
Lapsed alla 1 aasta	82	89	94
Lapsed 1–5 a	42	58	72
Lapsed 6–12 a	45	60	74
Noorukid 13–19 a	48	64	77
Täiskasvanud 20–49 a	55	69	82
Täiskasvanud 50+ a	59	72	84
Sportlased	83	91	95
Diabeetikud (täiskasvanud)	83	91	95

Fluoriide võib tarbida mõõdukas koguses (1, 8). Madala fluoriidi kontsentratsiooniga joogivee piirkondades (< 0,3 mg/l) võiksid noored täiskasvanud tarbida hinnanguliselt 0,9 mg päevas ja fluoreeritud veega piirkonnas (> 0,7 mg/l) 1,85 mg päevas. (2) Euroopas on hinnanguliselt keskmine fluoriidide saadavus toidust 5–28 µg/kg kehakaalu kohta päevas, madala joogivee fluoriiditaseme korral 5–14 µg kehakaalu kg kohta päevas (1, 4) ja kõrgema fluoriidi kontsentratsioonil keskmiselt 30–40 µg kehakaalu kg kohta päevas (4).

WHO andmeil on suukaudne fluoriidide kogus, mis võib põhjustada ägedat fluoriidimürgistust, alates 1 mg kehakaalu kohta (6, 64). Kirjanduses on ägedat fluoriidi toksilisust esile kutsuvaks suukaudseks annuseks määratud ≥ 5 mg fluoriide kehamassi kg kohta (8, 56, 59, 65, 66). Ägeda toksilisusega esinevad atsidoos (2), iiveldus, oksendamine, kõhulahtisus, kõhuvalu, südame rütmihäired (2, 4, 8, 56, 65), salivatsioon (4, 8) ja hingamis- või südameseiskus (4, 8, 56). Peamiseks ägeda fluoriidimürgistuse allikaks on peetud suuhooldusvahendite allaneelamist < 6-aastastel (56, 65, 66). Kroonilise toksilisusega kaasneb luude ja neerude funktsioonis muutusi, samuti võib mõjutatud olla närvide ning lihaste funktsioonid (2, 8). Fluoriidide surmavaks annuseks on täiskasvanutel 2,2 g/kg kehamassi kohta ja lastel 15 mg/kg kehamassi kohta (54, 59). Mürgistuskatastroofi tagajärjel on teatatud letaalseks annuseks 40–80 mg/kg kehamassi kohta (4). Hinnanguliselt on kindlasti surmavaks annuseks 71–142 mg/kg kehamassi kohta, kuid surma on teatatud 16 mg/kg kehamassi kohta fluoriidide tarbimisel (65). Ullah *et al* artiklis on toodud surmavaks fluoriidide doosiks lastel 16 mg ja täiskasvanutel 32 mg kehakaalu kg kohta (66).

Varem on tehtud fluoriidide saadavuse hindamise raport Norras 2-, 4-, 9-, 13-aastastele ning täiskasvanutele riigisisese toitumisuuringu põhjal. Peamiseks fluoriidide allikaks loeti joogivett ja teed. Toidust ning hambapastast ja muudest suuhooldusvahenditest saadavuse hindamiseks kasutati koefitsenti, toidul 0,2 mg/päevas ja hambapastal 0,25 mg/päevas (2–4 a) ning 0,1224 mg/päevas (alates 9 a). Saadud tulemusi võrreldi EFSA määratud UL-ga vastavalt

vanuserühmadele. Norra fluoriidide saadavuse raportis ületati UL 2-aastastel ja täiskasvanutel. (22) Iirimaal tehtud raportis hinnati fluoriidide saadavust toitudest ja jookidest vanuserühmas 1–4, 5–8, 9–12 ja täiskasvanud. Välja jäeti hambapastast saadavad fluoriidid. Toitumisandmed saadi riiklikust toitumisuuringust. Selle põhjal valiti sagedamini tarbitud toidud ning testiti laboratoorselt fluoriidide sisaldust. Suurim fluoriidisisaldus saadi mustas tees, mis oli täiskasvanute põhiline fluoriidide allikas (76%). Lastel oli kraanivesi (1–4 a 49%, 5–12 a 33%). Saadud tulemusi võrreldi EFSA UL-ga. Kõikidest vanuserühmadest ainult vähesed täiskasvanud (1,6%) ületasid UL-i. (47) Kogu Eesti kohta puuduvad fluoriidide saadavuse andmed. Raport on tehtud piirkondadest, kus joogivee fluoriidisisaldus on kõrge. Hinnati fluoriidide saadavust riikliku toitumisuuringu põhjal joogiveest, veepõhistest jookidest ja teest ning lisati koefitsendina muu toidu ja hambapasta saadavus. Tulemusi võrreldi EFSA UL-ga, mis ületati joogivee fluoriidisisaldusel 5,8 mg/l vanuserühmades 2–9, 10–17, 18–64. Madalamates joogivee kategooriates (0,5–2,0 mg/l) jäi fluoriidide koguekspositsioon kõigis vanuserühmades alla UL-i. (67)

2.4 Fluoriidide mõju tervisele

Fluoriidide tarbimisega kaasnevad nii negatiivsed kui positiivsed mõjud inimese tervisele (68). Inimestel ei teata olevat fluoriidide puudusest tulenevaid häireid (1, 9). Hambakaaries piima- ja jäävhammastel on üks levinumaid probleeme maailmas (69). Varem on leitud, et süsteemne fluoriidide manustamine joogiveega hammaste arenguperioodil vähendab hambakaariese esinemist, mille tagajärjel esineb vähem lagunenuid ja parandatuud hambaid (10–12, 37, 70). Fluoriidid ei ole hammaste arenguks hädavajalik, kuid fluoroapatiidi sisaldusega hammastel on väiksem tõenäosus kaariese tekkeks (1). WHO andmeil loetakse kaitsvaks teguriks joogivees fluoriidisisaldust kuni 2 mg/l, minimaalseks umbes 0,5 mg/l (6). Tänapäeval oldakse arvamusel pigem fluoriidide lokaalse toime olulisuses hambakaariese ennetamisel (5, 9, 11, 71–73). Fluoriidiga hambapasta mõju kaariese ennetamisel on tõendatud (71–73), efekt on parem harjates hambaid kaks korda päevas kui kord päevas (72). On leitud, et laki kandmine hammastele kaks kuni neli korda aastas vähendas lastel ning täiskasvanutel kaariese teket 43% jäävhammastel ja 37% piimahammastel (11). Hambakaariese tekkel mängivad rolli ka muud kaariese ennetamisvõtted, nagu fluoreeritud hambapasta kasutamine (71, 72), kraanivee tarbimise kogus, suuhügieen ja toitumine (5, 10, 57). Tänapäeval väheneb kaariese levimus nii fluoreeritud kui fluoreerimata piirkondades tulenevalt hambahügieenist (30, 31).

Kahjuks ei arvestata fluoreerimise uuringutes kõiki kaariese ja hambafluuroosi riskitegureid (10). Joogivee fluoreerimine koos fluoreeritud hambapasta kasutamisega

vähendab küll hambakaariese esinemist jäävhammastel, kuid suurendab kergemakujulise hambafluuroosi tekke riski (9, 10, 30, 31). Hambakaaries ja -fluuroos on omavahel pöördvõrdelises seoses. Kõrgema loodusliku fluoriidi kontsentratsiooniga ($> 0,7$ mg/l) või riiklikult fluoreeritud ($0,8\text{--}1,0$ mg/l) joogiveega piirkondades esineb vähem hambakaariest (12, 30, 31), kuid suureneb eelkõige kergemas vormis hambafluuroosi levimus (10, 12, 30, 31). Hambakaariese ja hambafluuroosi levimuse võrdlemisel fluoreeritud ja fluoreerimata joogiveega piirkondades tuleks arvestada ka nn haloefektiga. Inimesed, kes elavad fluoreeritud joogiveega külgnevatel aladel tarbivad tõenäoliselt lähilinnades fluoreeritud veega valmistatud toite ja jooke. (3, 30)

2.4.1 Hambafluuroos

Esmaseks liigse fluoriidide saadavusega kaasnevaks kahjulikuks mõjuks peetakse hambafluuroosi, mis tekib pikaajalise suures koguses fluoriidide saadavusega nii piima- kui jäävhammaste arenguperioodil (9, 13, 14), s.o kuni kaheksanda eluaastani (1, 3). Erandiks on kolmandad purihambad, mille emaili küpsemine lõpeb 12–16 aastasel (1).

Hambafluuroosi hindamiseks kasutatakse erinevaid indekseid, nagu *Thylstrup Fejerskov* (TF, *Thylstrup Fejerskov*) 10-palli indeks, *Deani* 6-palli indeks ja fluuroosi hambaemaili indeks (TSIF, *Total Surface Index of Fluorosis*). TF indeksil kirjeldatakse fluuroosi astmeid täpsemini kui *Deani* indeksil. (68) Hambafluuroosi risk sõltub kogu fluoriidide saadavusest, mitte ainult joogiveest (3, 13). Hambafluuroosi kergem vorm võib esineda kui joogivee fluoriidi kontsentratsioon on $0,9\text{--}1,2$ mg/l, olenevalt joogivee tarbimise kogusest ja muudest allikatest saadud fluoriididele (6). Eestis on leitud hambafluuroosi riski seos joogivee fluoriidide kontsentratsioonil $> 1,5$ mg/l (14). Lastel soovitatakse fluuroosi riski vähendamiseks panna hambaharjale hernetera suurune kogus või lihtsalt nn määrada hambahari hambapastaga, mille fluoriidi kontsentratsioon 1000 ppm (3, 11). Kergemal kujul peetakse hambafluuroosi rohkem esteetiliseks probleemiks, väljendudes peaaegu märkamatu valgete laikudena hammastel (3, 13, 74). WHO andmeil on kergemakujulise hambafluuroosi levimuseks 12–33% kui joogivee fluoriidi kontsentratsioon jääb $0,9\text{--}1,2$ mg/l (6). Joogivee fluoriidi kontsentratsioonil $0,7$ mg/l on leitud umbes 12%-l inimestel kergemakujulise hambafluuroosi esinemist (10). Risk suurenes enim vähem puudust kannatavatel indiviididel (31), mis võib tuleneda, et fluoreerimise mõju on uuritud suurema kaariese riskiga rahvastikus (18). Raskematel fluuroosi vormidel on hammastele nii esteetiline kui funktsionaalne mõju. Väljendudes hammastel pruunide laikudena, hambaemaili defektsuse, tuhmusena ning kaasates hammaste murdumise ohu (1, 3). USA-s oli 12–15-aastaste seas hambafluuroosi levimus aastatel 2011–2012 (65%) suurenenud võrreldes aastatega

1986–1987 (22%). Eelkõige on aastate jooksul, *Deani* indeksi alusel hinnatuna, suurenenud mõõduka ja raskema fluoroosi vormi levimus (1,2%-lt 30,4%-le). See võib olla mõjutatud näiteks riiklikult fluoreeritud joogiveega piirkondade laienemisest, fluoreeritud hambapasta, imiku piimasegude või amoksiitsilliini kasutamisest lastel. (75)

Uuringutes on leitud suundumus, et lastel (8-, 9-, 13- ja 17-aastaselt) ja noortel täiskasvanutel (23-aastaselt) hambafluoroosi nähud muutuvad vähem nähtavaks, eelkõige väga kerge ja kerge fluoroosi vormi korral (74, 76, 77). Tulemust võivad mõjutada hammaste valgendamine või suuhügieen, näiteks valgendatavate hambapastade kasutamine, tugev harjamine (76, 77). Suundumuse kinnitamiseks on vaja edasiseid uuringuid (76, 77).

2.4.2 Skeleti fluoroos

Mõõdukas koguses fluoriidi kontsentratsiooniga (1 mg/l) joogivee tarbimise korral suureneb nii luu tugevus kui ka luu fluoriidide sisaldus (1). Suurema fluoriidi kontsentratsiooniga (3–6 mg/l) rohke joogivee tarbimise korral luu tugevus väheneb, kasvab skeleti fluoroosi risk (6). Skeleti fluoroosi sümptomiteks on liigesvalud üla- ja alajäsemetes, tuimus ning kipitus jäsemetes, selja- ja põlvevalud (9), hilisemas staadiumis osteoskleroos ja osteoporoos pikkades luudes (15). Kaugelearenenud staadiumis muutuvad luud ja liigesed nõrgaks, mis tõttu on neid raske liigutada (15). Luustikule avaldavat mõju kui inimese fluoriidide koguekspositsioon ületab 6 mg päevas (6). Uuringus on leitud joogivee fluoriidi kontsentratsioonil 3,4–6,9 mg/l skeleti fluoroosi levimust 30,3%, millest 18,4% kerge skeleti fluoroos (15). Sandistav skeleti fluoroos tekib enamasti aastate pikkusest liigest fluoriidide (10–20 mg/päevas) saadavusest allaneelamisel (1, 6, 9) või sissehingamisel (1, 9). Euroopas seda praktiliselt ei esine (1). Mõnes Hiina piirkonnas on skeleti fluoroosi riski suurendajaks fluoriidirikka söe põletamine siseruumides ja suurtes kogustes tee joomine, lisaks tööalane kokkupuude õhus leiduvate fluoriididega (11). Rahvusvaheline kemikaaliohutuse programm (IPCS, *International Programme on Chemical Safety*) on leidnud tõendust Hiinas ja Indias tehtud uuringutest skeleti fluoroosi esinemisele ja suurenenud luumurdude riskile fluoriidide tarbimisel 14 mg/päevas (6).

2.4.3 Luumurrud

Joogiveest saadavate fluoriidide ja reieluu proksimaalse otsa murdude riski vaheline seos on ebaselge. Epidemioloogiliste uuringute tulemused on vastuolulised (7, 78, 79). Puuduvad piisavad tõendid seose täielikuks kinnitamiseks (7, 33, 37, 78, 79). Reieluu proksimaalse otsa murd on mitmes riigis suur rahvatervise probleem ≥ 65 -aastaste seas. See on ka üks levinumaid hooldekodudesse sattumise põhjuseid. (7) Soome retrospektiivse kohortuuringu tulemustest on järeldatud suurenenud reieluu proksimaalse otsa murru riski seost naistel, vanuses 50–64,

kõrgema fluoriidide kontsentratsiooniga joogivees ($> 1,5$ mg/l) (kohandatud $RR = 2,09$, $95\% CI 1,16-3,76$) (79). Rootsis tehtud uuringus on leitud võimalik seos suurenenud reieluu proksimaalse otsa murru riskile postmenopausis naistel, kes tarbivad rohkelt (umbes 1500–2000 ml päevas) joogivett ja sellel põhinevaid jooke, mille fluoriidi kontsentratsioon umbes 1 mg/l. Reieluu proksimaalse otsa murdude risk suurenes naistel, kellel oli uriinis kõrgem fluoriidisisaldus ja suurem hinnanguline fluoriidide saadavus jookidest ning toidust. (78) Inglismaa 2022. aasta tervisesekreeraportis, kus hinnati viie aasta perioodi (2016/2017–2020/2021 a), leiti mõnes vanusegrupis üksikuid juhte fluoreeritud joogivee ja sagenenud reieluu proksimaalse otsa murru vahel. Vanuserühmas 80 ja vanemad tõusis juhtude arv 4–8% joogivee fluoriidi kontsentratsioonil $0,2-0,4$ mg/l ja $0,4-0,7$ mg/l võrreldes piirkonnaga, kus fluoriidi kontsentratsioon $< 0,1$ mg/l. See oli pigem juhuslik ega jälginud mustrit. Mudeldades leiti 0–49-aastaste meeste seas fluoriidide ja reieluu proksimaalse otsa murru vahel kaitsev seos. Üheski teises soo- ja vanuserühmas seose tõendeid ei leitud. (33) Yin *et al* metaanalüüsis on järeldatud, et fluoriidide saadavus joogiveest ei suurenda oluliselt reieluu proksimaalse otsa murdude riski ($RR = 1,05$, $95\% CI 0,96-1,15$). Arvestades võimalikke segavaid tegureid ja kokkupuute valesti klassifitseerimist soovitatakse seose hindamiseks teha täiendavaid suuremahulisi ja kvaliteetseid uuringuid. (7)

2.4.4 Muud tervisemõjud

Osa epidemioloogilisi uuringuid väidavad, et varajane kokkupuude fluoriididega võib mõjuda neurotoksiliselt laste närvisüsteemi (80) ja intelligentsi arengule (4), kui fluoriidide kontsentratsioon vees on $> 1,2$ mg/l (81). Fluoriidide seost ja kognitiivset arengut on raske hinnata, sest seda mõjutavad mitmed füsioloogilised ja keskkonnategurid, nagu ebapiisavad õppimisvõimalused, toitumisvaegus, joodi- ja rauapuudus, emakasisene kasvupeetus jne (82). Gopu *et al* 2022. aasta süstemaatilises ülevaates leiti alla 18-aastaste seas võimalik negatiivne seos fluoriidide saadavusega joogiveest (> 2 mg/l) ja kognitiivsete tulemuste halvenemise vahel (82). Hiinas tehtud uuringus on leitud, et joogivee fluoriidide ekspositsioon on pöördvõrdeline intelligentsuskvoodiga (IQ, *intelligence quotient*) ($95\% CI -2,607- -0,568$, $p = 0,002$). Iga 1 mg/l fluoriidisisalduse tõus joogivees langetab IQ 1,587 punkti. (16) Guth *et al* ülevaateartiklis analüüsiti nii epidemioloogilisi kui eksperimentaalseid laboris tehtud loomkatsete uuringuid. Enamik epidemioloogilisi uuringuid siiski leidis seose madalama intelligentsuse ja kõrge fluoriidide saadavuse vahel, kuid eksperimentaalsetes uuringutes selgus, et isegi suures koguses fluoriide saavad inimesed ei saa toksilist kogust. Eksperimentaalsete ja epidemioloogiliste tõendite lahknevus, mis üritavad tõestada fluoriidide ja intelligentsuse seost, võib tuleneda sellest, et epidemioloogilistes uuringutes ei võeta piisavalt

arvesse segavaid tegureid, nagu sotsiaalmajanduslik staatus, elukoht, rinnaga toitmise, madal sünnikaal, ema intelligentsus ning kokkupuude teiste neurotoksiliste kemikaalidega. (4) Kanada rasedate naiste ning 1,9–4,4-aastaste laste seas tehtud kohortuuringu tulemused näitavad, et laste intelligentsust mõjutab fluoriididega kokkupuute aeg. Sünnieelne fluoriididega kokkupuude võib mõjutada poiste intelligentsust, tüdrukutel pigem imikueas esinev kokkupuude. (81) Fiore *et al* epidemioloogiliste uuringute ülevaates leiti viiteid, et sünnieelselt või -järgselt suurem fluoriidide saadavus võib mõjutada laste ja noorte närvisüsteemi arengut, soodustades aktiivsus- ja tähelepanuhäire teket (80). Uuringutest ei ole leitud piisavalt tõendust seoseks raseduse ajal tarbitud fluoriidse joogivee ja lapse Downi sündroomiga (37, 83). Vajatakse täiendavaid uuringuid, et leida kinnitust fluoriidide neurotoksilisest mõjust laste intelligentsi ning närvisüsteemi arengule. (4, 80, 82)

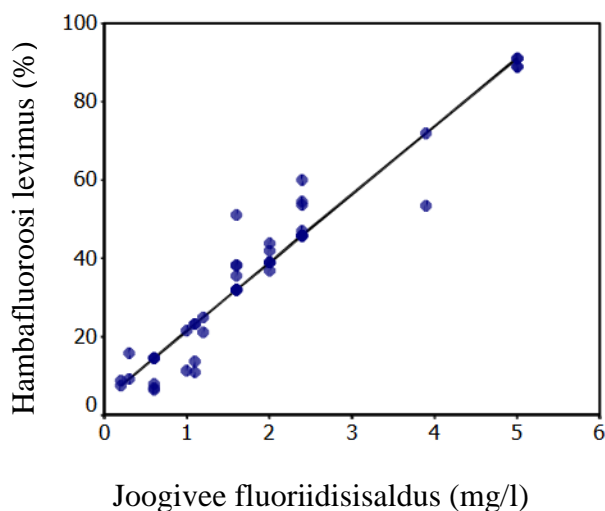
Kilpnäärme talitlushäire ja fluoriidide tarbimise seose uurimisel on saadud vastakaid tulemusi. Seose kinnituseks on vaja täiendavaid uuringuid. (20, 84, 85)

Teaduskirjanduses on oletatud fluoreeritud või looduslikult kõrge fluoriidi kontsentratsiooniga joogivee tarbimisel suurenenud luuvähi riski seost, kuid seda pole kinnitatud. (6) Fluoriidide põhjustatud osteosarkoomi seose väited on tulnud uuringutest, kus rottidele anti suurtes kogustes fluoriide. Mitmetes uuringutes ei ole leitud seost osteosarkoomi ja kõrgema fluoriidisisalduse/fluoreeritud joogiveega (86–88). USA-s tehtud juhtkontroll uuringus on leitud seos lapsepõlves kasvuaegselt tarbitud fluoreeritud joogivee ja osteosarkoomi vahel. Osteosarkoomi esines pigem meestel kui naistel ning avaldus enne 20. eluaastat. Uuringu piirangute tõttu vajab leitud seos siiski täiendavaid uurimusi. (89) Retsepti alusel väljastatud fluoriidide sisaldavate tablettide, losengide või suuloputusvedelike ning suurenenud osteosarkoomi riskiga ei ole samuti leitud kinnitatud seost (90).

Inglismaal läbilõikelises ökoloogilises uuringus on leitud negatiivne seos fluoreeritud joogivee ja põievähiga (8% madalam, 95% CI 9,9%–6,0%, $p < 0,001$) võrreldes fluoreerimata joogiveega piirkonnas (37). Teatud kutsealadel on kokkupuude fluoriiditolmuga. Krüoliidiga tegelevad töölised on eksponeeritud suuremale kogusele fluoriiditolmule. Taanis tehtud kohortuuringus on leitud võimalik seos suures koguses fluoriidide sissehingamise ja põievähiga (standarditud avaldumuskordaja (SIR, *standardized incidence ratio*) 2,08; 95% CI 1,17–3,44). Samas uuringus oletatakse võimalikku seost kopsuvähiga (SIR 1,70; 95% CI 1,16–2,42), kuid seda mõjutab ka tööliste suitsetamine. Fluoriiditolm võib olla üks riskitegur kopsuvähi tekkele. (91) Seose kinnitamiseks on vaja täiendavaid uuringuid.

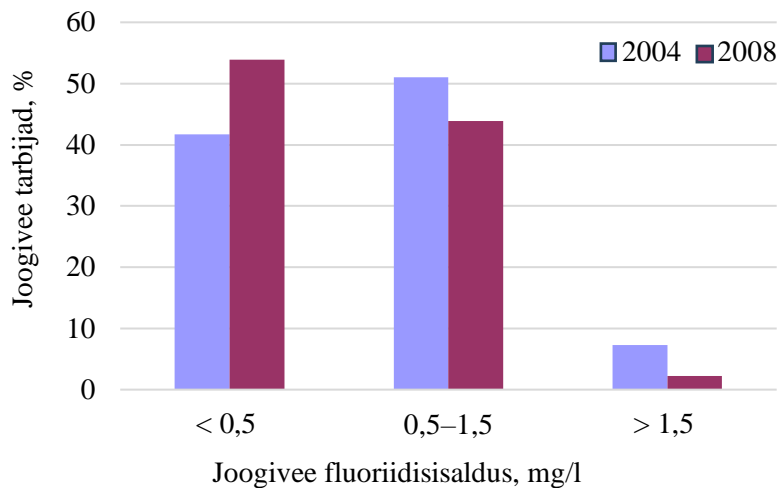
2.5 Eestis tehtud uuringud

Eestis on hambafluuroosi haigestumust lastel uuritud alates 1960.-ndate algusest. Kiik on uurinud hambafluuroosi levimust seoses joogivee fluoriidisisaldusega Lääne-Eesti asulates 7–19-aastaste seas 1963/64. õppeaastal. Russak *et al* uuris sama seost Tartus 2000. aastal 12-aastastel lastel. Eestis on varasemate uuringute alusel hambafluuroosi levimuseks 17,5%. Kiik ja Russak *et al* algandmete analüüsil leiti positiivne korrelatsioon hambafluuroosi levimuse ja joogivee fluoriidisisalduse vahel (joonis 1). (14)



Joonis 1. Hambafluuroosi levimus sõltuvalt joogivee fluoriidisisaldusest (14).

Varem on hinnatud Pärnu alamvesikonna elanike joogivee fluoriidide sisaldust ning sellest tulenevalt analüüsitud terviseriske (17). Muzõtsini töö tulemustes oli 2002. aasta seisuga Pärnu alamvesikonna piires Pärnu maakonnas veevärke, milles leidis lubatust kõrgem fluoriidisisaldus ($> 1,5$ mg/l), mis tekitas elanikel riski haigestuda hamba- ja/või skeleti fluuroosi. Viljandimaal leidis samuti ülenormatiivse joogiveega veevärke, mis suurendasid lastel riski haigestuda hambafluuroosi. (17) 2005. aasta väljaandes on koostatud kogu Eesti ja eraldi maakondade kohta joogivee fluoriidisisalduse tabelid ja kaardid 735 veeproovi põhjal. Elanike joogivee fluoriidisisaldus jäi vahemikku 0,01–6,95. Kõrgemat fluoriidi kontsentratsiooni ($> 1,5$ mg/l) joogivees esines 14,4%. Seda esines sagedasemalt Lääne-, Pärnu-, Tartu- ja Raplamaal. Fluoriidivaest ($< 0,5$ mg/l) joogivett esines 41,6%, mis oli peamiselt Võru-, Valga- ja Põlvamaal. (24) Eesti elanike riskihinnangu andmetel tarbisid 2008. aastal 43,9% elanikest soovitatava fluoriidisisaldusega (0,51–1,50 mg/l) vett, 53,9% elanikeset fluoriidivaest ($\leq 0,5$ mg/l) joogivett ja 2,2% lubamatult suure fluoriidisisaldusega ($> 1,5$ mg/l) vett. Ülenormatiivse joogivee tulemused leiti Pärnu maakonnas, Lääne- ja Muhumaal. Aastatega muutus erineva fluoriidisisaldusega joogivee tarbijate osakaal (joonis 2). (14)



Joonis 2. Erineva fluoriidisisaldusega joogivee tarbijate osakaal (%) 2004. ja 2008. aastal Eestis (14).

Aastatel 2004–2012 hinnati Eesti jätku-uuringus elanikkonna kokkupuudet kõrge fluoriidi kontsentratsiooni joogiveega (> 1,5 mg/l) ja selle vähendamise meetmeid ühisveevärkides. Mõõtmisi tehti iga nelja aasta järel. Suuremad ühisveevärgid olid rakendanud efektiivseid meetmeid, näiteks pöördosmoos ja võtnud kasutusele uued veallikad. Meetmete kasutuselevõtuga vähenes oluliselt (82%) elanikkonna kokkupuude kõrge fluoriidisisaldusega joogiveega. (25)

Lähiaastatel on Eestis tehtud soola tarbimise uuring, kus esmakordselt määrati rahvastikupõhiselt fluoriidi kontsentratsiooni bioloogilises proovis (uriinis). Uuringus leiti, et fluoriidide saadavus oli üle normi ($\geq 1,5$ mg/päevas) ligi 23%-l uuritavatel ning suurimad fluoriidide kogused uriinis olid Pärnu ja Järva maakonnas. (20)

Magistritöö autori teadmistel on seni Eestis hinnatud fluoriidide saadavust ainult joogiveest. Käesolev töö hindab kogu Eestis fluoriidide saadavust joogivee, toidu ja suuhooldusvahenditega ning analüüsitakse sellest tulenevaid võimalikke terviseriske.

3. Eesmärgid

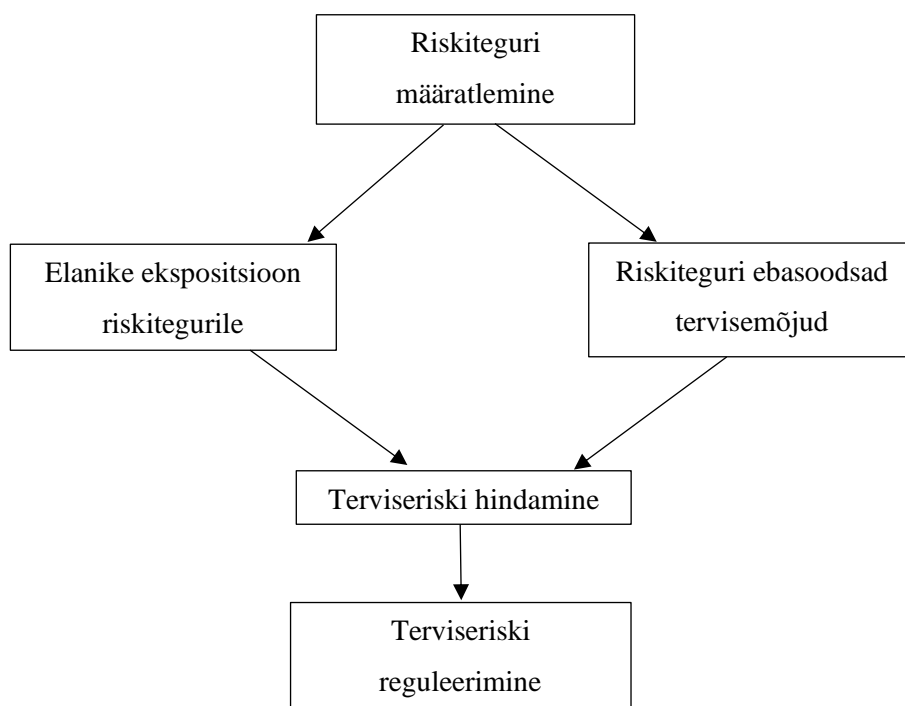
Magistritöö eesmärk oli uurida fluoriidide saadavust toidu ja joogiveega ning hinnata sellest tulenevat terviseriski Eesti elanikele.

Alaeesmärgid:

1. kirjeldada fluoriidide sisaldust Eesti veevärkides;
2. kirjeldada fluoriide sisaldavate toitude ja jookide tarbimist Eesti elanikel;
3. analüüsida, kas fluoriidide saadavus toidu ning joogiga erineb vanuserühmade ja soo lõikes;
4. analüüsida, kas Eesti elanikel on tulenevalt fluoriidide saadavusega toidust ja joogiveest riske tervisele.

4. Materjal ja meetodika

Magistritöö põhineb riski hinnangul. Elukeskkonnast tuleneva terviseriski hindamise skeem on esitatud joonisel 3.



Joonis 3. Terviseriski hindamise skeem (92).

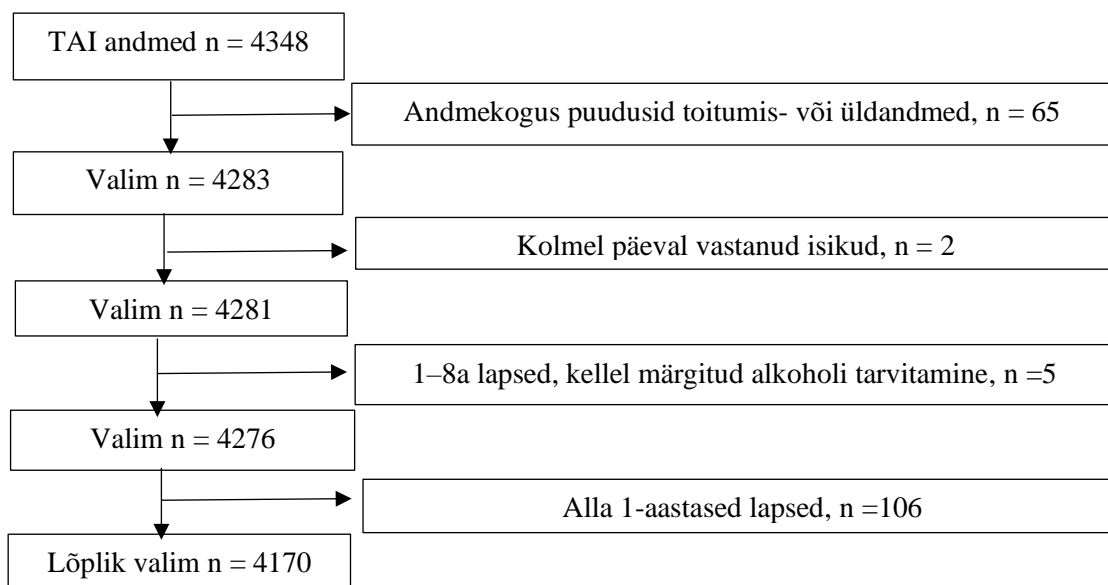
Magistritöös terviseriski hindamiseks arvutatakse vanuserühmades päevane keskmine tarbitud jookidest, toitudest, hambapastast saadud fluoriidide kogus. Kaasatakse joogivee andmebaas, et arvutada erinevate joogivee fluoriidisisalduste korral fluoriidide saadavust. Saadud analüüsi tulemusi võrreldakse Euroopa Toiduohutusameti (EFSA, *European Food Safety Authority*) määratud tervisele ohutu fluoriidide tarbimise ülempiiriga (UL, *tolerable upper intake level*), et anda arvutuslik terviseriski hinnang. Liigriskiks nimetatakse EFSA määratud UL-i ületamist.

Magistritöös kasutati Tervise Arengu Instituudi (TAI) tehtud 2014. a Eesti rahvastiku toitumise uuringu (RTU) andmeid (93). Esimene RTU tehti Eestis aastal 1997, viimane RTU tehti 2013–2015, mille suurem osa küsitlusest toimus 2014. aastal. Eestis plaanitakse uuringut korrata iga 10 aasta järel. RTU valim moodustati kihitatud juhuvaliku meetodil rahvastikuregistris olevatest Eesti elanikest, kelle sünniaasta jäi vahemikku 01.01.1940–31.03.2014. Välja saadeti 17 363 uuringukutset, lõplikusse valimisse jäi 4647 isikut vanuses neli kuud kuni 74 aastat, vastasmäär 33,4%. Valimi andmed saadi üldküsimustikust ja vähemalt ühe küsitluspäeva toidupäevikust (4 kuu–10-aastased) või -intervjuust (11–74-

aastased), alates teisest eluaastast ka toitumise sagedusküsimustikust. Toitumise andmed koguti umbes kahepäevase vahega kahe mittejärjestikuse päeva 24 tunni jooksul söödud toitude ning jookide kogused ja tüübid. Tarbitud toidu koguste määramiseks kasutati pildiatlast, tüki kogust, majapidamismõõte või kaalumist. Sagedusküsimustikus koguti andmeid toitumise sageduste ja -koguste kohta viimasel aastal. (93) Uuring viidi läbi kahes vanuserühmas: 1) lapsed (neljakuused kuni 10-aastased) ja 2) noored ning täiskasvanud (11–74-aastased) (94). Neljakuuste kuni 10-aastaste uuritavate info koguti nende lastevanematelt või hooldajatelt 24-tunnise toidupäevikuga ja alates 11. eluaastast arvutipõhise meetodi CAPI-ga (*computer assisted personal interview*) (93, 94). Uuringul oli Tallinna Meditsiiniuuringute Eetikakomitee luba (94).

4.1 Magistritöö andmestik

Magistritöö jaoks küsiti TAI-st 2014. aasta toitumise uuringu algandmeid ning saadi 4348 isiku algandmed, neist analüüsiks kasutati 4170 isiku andmeid, kellest 1603 (38%) olid mehed ja 2567 (62%) naised. Andmed saadi TAI-st viie erineva elektroonilise andmekoguna: üldküsimustiku andmed kolme andmekogumiga (laste, noorte ja täiskasvanute kohta) ning toitumisandmed kahes andmekogumis (laste andmed ühes ja noorte/täiskasvanute andmed teises andmekogumis). Magistritöö andmeanalüüsi jaoks koostas magistritöö autor tuvastuskoodide põhjal viie andmekogumi alusel ühe tervikliku andmekogumi tabeli, mis oli magistritöö andmeanalüüsi aluseks. Andmete linkimisel tuvastati algandmetes erinevat tüüpi vigu, mis võisid tekkida andmete sisestamisel või uuringu meetodikast kõrvalekaldumisest objektiivsetel asjaoludel. Kui vea põhjust ei olnud võimalik tuvastada, eemaldati mittesobivad uuritavate andmed. Lõpliku valimi kujunemine on esitatud joonisel 4.



Joonis 4. Magistritöös kasutatava lõpliku valimi moodustamine.

Esiteks jäeti välja isikud, kellel puudusid andmekogus üld- või toitumisandmed. Teiseks jäeti lõplikust valimist välja isikud, kellel ei olnud võimalik tuvastada, kas andmed sisestati topelt või mitmel päeval. Kolmandaks jäeti välja 1–8-aastased lapsed, kellel oli märgitud alkoholi tarvitamise kood, kuid see ei kajastunud tarvitatud toidus. Neljandaks jäeti välja alla 1-aastased lapsed, sest polnud võimalik võrrelda nende fluoriidide saadavust EFSA määratud UL-ga vanuserühmades. Valimist jäeti välja 4% algandmetest.

Magistritöös kasutatud tunnused:

Sugu. Mees või naine.

Vanus. Uuritavad jagati vanuserühmadesse: 1–3, 4–8, 9–14, 15–17, 18–74. Vanuserühmadesse jagamisel arvestati EFSA määratud vanuserühmi, mida kasutatakse võrdlemiseks UL-ga, mille alusel hinnatakse laste, noorte ja täiskasvanute fluoriidide saadavust.

Toitumise andmed: Toidugruppide valikul toetuti teaduskirjandusele ja andmebaasidele, mille põhjal valiti fluoriide sisaldavad toidud ning joogid. Norra fluoriidide saadavuse raportis kehtestati fluoriidide saadavuseks toidust ja muudest allikatest v.a joogivesi (sh kohv, muud teed, limonaadid, mahlad), must/roheline tee, hambapasta ja hambapuhastustabletid kõigis vanuserühmades 0,2 mg päevas (22). Käesolevas töös hinnatakse fluoriidide saadavust toidust samal põhimõttel, sest Eestis puuduvad andmed fluoriidide sisalduse kohta toidus. Andmeanalüüsis kasutatud toitude ning jookide kogused arvutati 2x24 h toidupäevikust ja -intervjuust, kus uuritav märkis tarbitud toidu ja selle koguse.

Toidud: Tarbitud toitudest valiti andmeanalüüsi kala, kalatooted, -road, mereannid, seemned, pähklid, rosinad. Kogused arvutati kahe päeva peale keskmine ja esitati grammi päevas.

Joogid: Tarbitud jookidest valiti andmeanalüüsi joogivesi, maitse- ja mineraalvesi, puu- ja köögiviljamahlad, mahla-, energia-, karastusjoogid, alkoholivabad joogid, nektar, tee (must, roheline jm, taimeteed), kohv, õlu, lahjad alkohoolsed joogid (siider, *long drink*, valmiskokteilid), vein, vahuvein, piiritusjoogid (viin, džinn, liköör, konjak). Lisaks võeti jookide alla valmispuljong. Suppides ja muudes toitutes sisalduv vesi arvestati joogivee kogusesse. Kogused arvutati kahe päeva peale keskmine ja esitati grammi päevas.

Muud allikad. Fluoriidide saadavuse arvutamisel lisati fluoriidi lisaallikana suuhooldusvahendid (nt hambapasta). Eriti oluline on seda arvestada väikelaste puhul, kes kipuvad hambapastat alla neelama. Muudest allikatest saadavuse arvutamisel võeti aluseks Norra fluoriidide saadavuse raport, milles lisati kuni 6-aastastele lastele fikseeritud lisaannusena päevas 0,25 mg fluoriide, vanematel lastel ja täiskasvanutel 0,1224 mg (22). Tulenevalt vanuserühmade jaotusest kasutati magistritöös fluoriidide saadavuse alahindamise

vältimiseks kuni 8-aastastel lastel 0,25 mg päevas ning vanematel uuritavatel 0,1224 mg päevas.

Joogivee fluoriidisisalduse andmed saadi Terviseameti joogivee kvaliteedi andmebaasist (95). Töös kasutati 2012.–2022. aasta Terviseameti andmebaasi tarbija kraani 1982 veeproovi andmeid. Magistritöö jaoks koostas autor joogivee kvaliteedi andmebaasi alusel uue andmekogumi, mis sisaldas proovivõtu kohta (maakonda, linna/valda, linnaosa/küla), proovi liiki (tarbija kraan), proovivõtu aega ja fluoriidisisaldust joogivees. Igas maakonnas võetud joogivee proovid rühmitati fluoriidisisalduse alusel kategooriatesse ning arvatati nende proovide osakaal (%) igas joogivee kategoorias maakondade lõikes.

Fluoriidide kontsentratsioon joogivees. Fluoriidide saadavuse hindamiseks jaotati joogivesi viide kategooriasse: fluoriidivaene vesi ($\leq 0,5$ mg/l), optimaalne vesi (0,51–1,0 mg/l), piirnormile vastav vesi (1,1–1,5 mg/l), üle piirnormi vesi (1,51–2,0 mg/l) ja liigse fluoriidisisaldusega vesi ($\geq 2,1$ mg/l).

4.2 Andmeanalüüs

Andmete analüüsimisel kasutati statistikatarkvara R 4.3.1 ja tabelarvutusprogrammi Microsoft Excel.

Terviseameti joogivee kvaliteedi andmete analüüsil kasutati osakaale. Terviseameti 2012.–2022. aasta Eesti elanike joogivee andmete alusel analüüsiti fluoriidisisaldust viies kategoorias: fluoriidivaene vesi ($\leq 0,5$ mg/l), optimaalne vesi (0,51–1,5 mg/l), piirnormile vastav vesi (1,1–1,5 mg/l), üle piirnormi vesi (1,51–2,0 mg/l) ja liigse fluoriidisisaldusega vesi ($\geq 2,1$ mg/l). Arvatati igas joogivee kategoorias veevärkide osakaal maakondades 2012.–2022. aastal.

TAI toitumisandmestiku analüüsil kasutati kirjeldavaid sagedustabeleid, keskmisi koos standardhälvega (SD, *standard deviation*) nii vanuse kui soo lõikes. Arvatati kui suurel osakaalul inimestel ületatakse tarbitud joogiveest ja veepõhistest jookidest saadud fluoriididega UL vanuserühmade ja soo lõikes. Koostati logistiline regressioonimudel kohandatuna vanuserühmadele ning soole.

Viie joogivee fluoriidisisalduse kategooria alusel saadi arvutuslik fluoriidide keskmine päevane saadavus toidust, joogist ja muudest allikatest vastavalt joogivee kategooriale igas vanuserühmas. Joogivee fluoriidi kontsentratsiooni arvutusel arvestati vahemiku maksimaalset väärtust, et vältida fluoriidide saadavuse alahindamist, nt optimaalse vee vahemiku kategoorias (0,51–1,5 mg/l) kasutati arvutusel väärtust 1,5 mg/l. Joogiveest ja veepõhistest jookidest (v.a tee) saadava fluoriidide hinnanguks korrutati joogivee fluoriidi kontsentratsioon keskmise tarbitud jookide (v.a tee) keskmise kogusega päevas, mis saadi RTU uuringu tulemustest. Eraldi

arvutati teest saadavad fluoriidid, sest tees on nii joogiveest kui teelehtedest tulenevad fluoriidid. Teest fluoriidide saadavuse leidmiseks korrutati tarbitud tee kogus 5 minuti teeletise kontsentratsiooniga (1,38 mg/l) juhul kui joogivee kategooria fluoriidi kontsentratsioon oli kuni 1,0 mg/l. Teeletise kontsentratsioon võeti teaduskirjandusest (42). Alates joogivee fluoriidi kontsentratsioonist 1,1 mg/l ja rohkem korrutati tarbitud tee kogus joogivee fluoriidi kontsentratsiooniga. Toitudest fluoriidide saadavuse arvutusel kasutati Norra fluoriidide saadavuse raporti eeskujul koefitsienti (0,2 mg päevas), sest Eestis ei ole autorile teada olevalt mõõdetud fluoriidide kontsentratsiooni toidus ning teaduskirjandusest ja andmebaasidest leitud väärtused varieerusid olenevalt riikidest ja toidu päritolust. Muudest allikatest (suuhooldusvahendid) saadava fluoriidide hindamiseks kasutati arvutustel kuni 8-aastastel fikseeritud annusena päevas 0,25 mg, vanematel lastel ja täiskasvanutel 0,1224 mg. Fluoriidide koguekspositsioon on esitatud arvutuslik keskmine saadavus milligrammides päevas (mg/p). Saadud fluoriidide koguekspositsiooni tulemusi erinevates joogivee fluoriidisisaldusega kategooriates võrreldi vanuserühmade lõikes EFSA soovitatud fluoriidide saadavuse UL-ga ning hinnati sellest tulenevalt potentsiaalset terviseriski.

5. Tulemused

Magistritöös oli kokku 4170 uuritavat ja 1982 joogivee veeproovi tarbija kraanist.

5.1 Joogivee fluoriidide kontsentratsioon Eesti veevärkides

Terviseameti joogivee kvaliteedi andmebaasi 2012.–2022. aasta veevärgi 1982 proovis oli joogivee fluoriidi kontsentratsioon vahemikus 0,02–5,10 mg/l. Suurem osa (95,0%) veevärgi tarbija kraanist võetud joogivee proovidest vastas fluoriidi kontsentratsiooni kvaliteedinõuetele ($\leq 1,5$ mg/l) (tabel 7).

Tabel 7. Joogivee proovide jaotus (n, %) fluoriidisisalduse alusel maakonniti aastal 2012–2022 Eestis (Terviseameti joogivee kvaliteedi andmebaasi alusel)

Maakonnad	Proovide arv	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)									
		$\leq 0,5$		0,51–1,0		1,1–1,5		1,51–2,0		$\geq 2,1$	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Harju	235	124	52,8	100	42,6	11	4,7	0	0,0	0	0,0
Hiiu	4	1	25,0	2	50,0	1	25,0	0	0,0	0	0,0
Ida-Viru	162	79	48,8	78	48,1	5	3,1	0	0,0	0	0,0
Jõgeva	104	56	53,8	20	19,2	19	18,3	6	5,8	3	2,9
Järva	8	6	75,0	1	12,5	1	12,5	0	0,0	0	0,0
Lääne	43	1	2,3	22	51,2	17	39,5	3	7,0	0	0,0
Lääne-Viru	167	105	62,9	57	34,1	5	3,0	0	0,0	0	0,0
Põlva	61	52	85,2	9	14,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Pärnu	199	17	8,5	94	47,2	67	33,7	13	6,5	8	4,0
Rapla	64	10	15,6	18	28,1	31	48,4	1	1,6	4	6,3
Saare	20	5	25,0	7	35,0	6	30,0	1	5,0	1	5,0
Tartu	445	98	22,0	186	41,8	128	28,8	28	6,3	5	1,1
Valga	96	87	90,6	2	2,1	5	5,2	2	2,1	0	0,0
Viljandi	274	127	46,4	27	9,9	96	35,0	23	8,4	1	0,4
Võru	100	97	97,0	3	3,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Eesti kokku	1982	865	43,6	626	31,6	392	19,8	77	3,9	22	1,1

Enamik (43,6%) analüüsitud veeproove oli fluoriidisisaldusega $\leq 0,5$ mg/l. 2012.–2022.a veeproovide alusel olid kõige fluoriidivaesemad Võru (97,0%), Valga (90,6%) ja Põlva (85,2%) maakondade veeproovid. Kõige vähem oli liigse fluoriidisisaldusega joogivee ($\geq 2,1$ mg/l) proove (1,1%). Liigse fluoriidisisaldusega veeproovid olid Pärnu, Tartu, Rapla ja Jõgeva maakonnas ning üksikud proovid Saare ja Viljandi maakonnas. Optimaalse joogivee

fluoriidisisaldusega (0,51–1,0 mg/l) proovivõtukohti oli 626 (31,6%). Optimaalse joogiveega proovide osakaal oli suurim Lääne (51,2%), Hiiu (50,0%), Ida-Viru (48,1%) ja Pärnu (47,2%) maakonnas. Piirnormile vastav joogivesi (1,1–1,5 mg/l) oli 392 (19,8%) proovivõtukohtas. Suurima osakaaluga oli Rapla (48,4%) maakond, järgnesid Lääne (39,5%) ja Viljandi (35,0%) maakonnad. 2012.–2022. aastal analüüsitud veeproovidest 5% ei vastanud Eesti joogivee kvaliteedinõuetele (fluoriidi kontsentratsioon > 1,5 mg/l). Nende osakaal oli suurim Pärnu (10,5%), Saare (10,0%), Viljandi (8,8%) ja Jõgeva (8,7%) maakonnas. Suurima fluoriidisisaldusega veeproov mõõdeti 2013. a Pärnu maakonnas 5,1 mg/l.

5.1 Toitumisuuringu valimi kirjeldus

Magistritöös kasutati Tervise Arengu Instituudi (TAI) 2014. a Eesti rahvastiku toitumise uuringu (RTU) andmeid. Magistritöö valimis oli 4170 uuritavat vanuses 1–74 aastat, kellest 1603 (38%) olid mehed ja 2567 (62%) naised. Valim jaotati vanuserühmadesse: 1–3, 4–8, 9–14, 15–17, 18–74. Valimist suurima osakaaluga oli vanuserühm 18–74 (66%), vähim vanuserühm 15–17 (3%). Valimi täpsem jaotus on esitatud tabelis 8.

Tabel 8. Magistritöö valimi jaotus vanuserühmade ja soo lõikes (TAI 2014. a RTU alusel)

Vanuserühm	Mehed	Naised	Kokku
	(n = 1603)	(n = 2567)	(n = 4170)
	n (rea %)	n (rea %)	n (tulba %)
1–3	212 (49)	220 (51)	432 (10)
4–8	282 (48)	309 (52)	591 (14)
9–14	141 (52)	132 (48)	273 (7)
15–17	52 (37)	88 (63)	140 (3)
18–74	916 (34)	1818 (66)	2734 (66)

5.2 Fluoriide sisaldavate toitude ja jookide tarbimine Eesti elanikel

TAI 2014. a RTU andmete põhjal arvutati toidugruppide ja jookide keskmine päevane tarbimine standardhälvega (SD) vanuserühmade lõikes (tabel 9). Kõige suuremas koguses tarbiti kõigis vanuserühmades joogivett, veepõhiseid jooke ja teed. Joogivee tarbimine oli kõige suurem vanuserühmas 18–74 ($804,30 \pm 695,23$ g/p). Päevane tee tarbimine oli suurim vanuserühmas 18–74 ($326,85 \pm 252,72$ g/p). Võrreldes naistega tarbisid jooke rohkem mehed ning tarbimine suurenes vanusega nii meeste kui naiste seas. Erandiks olid veepõhised joogid, mida tarbiti suurimas koguses vanuserühmas 9–14 ($264,88 \pm 256,01$ g/p).

Tabel 9. Eesti rahvastiku fluoriide sisaldavate toidugruppide ja jookide keskmine päevane tarbimine standardhälve väärtustega (grammi/päevas (SD)) vanuserühmades (TAI 2014. a RTU alusel)

Toidugrupp	Vanuserühm				
	1–3	4–8	9–14	15–17	18–74
Kala, kalatooted, -road	21,82 (19,43)	33,14 (33,64)	38,10 (43,21)	40,23 (32,96)	54,65 (51,87)
Mereannid¹	18,00 (-)	17,66 (10,88)	81,52 (145,70)	22,13 (27,21)	34,24 (39,86)
Vesi, mineraalvesi	300,51 (218,78)	338,43 (263,55)	575,91 (506,51)	725,18 (579,03)	804,30 (695,23)
Kohv	46,13 (30,25)	97,88 (68,33)	185,52 (122,52)	218,63 (145,49)	346,62 (218,07)
Tee	131,04 (116,39)	169,90 (124,67)	240,74 (147,74)	250,41 (194,91)	326,85 (252,72)
Seemned, pähklid, mandlid	7,75 (15,77)	11,74 (17,35)	17,52 (21,32)	27,29 (40,12)	22,45 (27,06)
Kuivatatud puuviljad (rosinad)	10,93 (14,94)	5,61 (5,87)	3,62 (3,86)	6,69 (7,82)	10,13 (17,13)
Valmispuljong	32,89 (31,70)	33,09 (27,94)	40,31 (39,70)	49,03 (51,30)	59,21 (61,43)
Veepõhised joogid²	156,22 (165,73)	193,08 (169,87)	264,88 (256,01)	256,48 (230,62)	215,34 (269,18)
Lahjad alkohoolsed joogid³	-	-	475,00 (318,20)	535,00 (574,95)	454,04 (606,24)
Piiritusjoogid⁴	-	-	-	-	89,07 (111,23)

¹ Mereannid: vähid, krabid, teod, krevetid

² Veepõhised joogid: puu- ja köögiviljamahlad, mahlatooted (siirupid, mahlajoogid), karastusjoogid, maitseveed, energiajoogid, muud alkoholvabad joogid (nt alkoholvaba vein)

³ Lahjad alkohoolsed joogid: õlu, siider, *long-drink*, valmiskokteilid, veinid, vahuveinid

⁴ Piiritusjoogid: viin, džinn, liköör, konjak

Teaduskirjanduse alusel valiti analüüsi toidugrupid, mis sisaldavad fluoriide. Ülejäänud toidud ei sisalda üldse või mitte märkimisväärselt. Toidugruppide tarbimine varieerus sõltuvalt vanusest. Kõige suuremas koguses tarbiti toidugruppe meeste seas. Erandiks olid mereannid, mida tarbisid rohkem naised. Valitud toidugruppidest tarbiti kõige enam kala, kalatooted, -roogasid ja mereande. Kala, kalatooted, -roogasid tarbiti rohkem vanuserühmas 18–74 (54,65 ± 51,87 g/p), mereande vanuserühmas 9–14 (81,52 ± 145,70 g/p). Kõige vähem tarbiti fluoriide sisaldavatest toidugruppidest kuivatatud puuvilju (rosinad) ning seda kõigis vanuserühmades, vähim tarbiti vanuserühmas 9–14 (3,62 ± 3,86 g/p). Kõigis vanuserühmades olid fluoriide

sisaldavate tarbitud toitude kogused oluliselt väiksemad võrreldes joogivee ning veepõhiste jookidega.

Arvestades ainult jookidest saadavaid fluoriide, ületati vanuserühmas 1–3 kõigis joogivee kategooriates meestel tervisele ohutut fluoriidide tarbimise ülempiiri. Enim ületati UL vanuserühmas 1–3 joogivee fluoriidisisaldusel $\geq 2,1$ mg/l meestel 19,34% ja naistel 11,87%. (tabel 10). Jookide tarbimisel ei ületatud üheski joogivee kategoorias UL-i poistel vanuserühmas 9–14 ja 15–17-aastastel poistel ega naistel. UL ületust esines rohkem meestel kui naistel. Joogivee fluoriidisisalduse tõustes kasvas peaaegu kõigis vanuserühmades UL-i ületavate inimeste protsent. Vähim UL-i ületust oli joogivee kategoorias $\leq 0,5$ mg/l, kus ületas ainult poiste vanuserühm 1–3 (0,47%).

Tabel 10. Jookidega¹ fluoriidide päevast piirmäära (UL) ületavate inimeste osakaal (%) vanuserühmade ja soo lõikes Eesti rahvastikus erineva joogivee fluoriidisisalduse korral (TAI 2014. a RTU alusel)

Vanuse- rühm	Sugu	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)				
		$\leq 0,5$	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	$\geq 2,1$
1–3	Mees	0,47	1,42	4,72	16,51	19,34
	Naine	0,00	0,46	1,83	10,50	11,87
4–8	Mees	0,00	0,00	1,06	6,03	6,38
	Naine	0,00	0,00	0,65	3,57	4,87
9–14	Mees	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Naine	0,00	0,00	0,76	1,52	1,52
15–17	Mees	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Naine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18–74	Mees	0,00	0,22	1,20	3,38	3,60
	Naine	0,00	0,00	0,17	0,88	1,10

¹Joogid: joogivesi, mineraalvesi, tee, veepõhised joogid (puu- ja köögiviljamahlad, mahlatooted (siirupid, mahlajoogid), karastusjoogid, maitseveed, energiajoogid, muud alkoholivabad joogid (nt alkoholivaba vein), valmispuljong, lahjad alkohoolsed joogid (õlu, siider, *long-drink*, valmiskokteilid, veinid, vahuveinid), piiritusjoogid (viin, džinn, liköör, konjak)

Tabelis 11 esitatud logistilise regressiooni mudelis hinnati, kas uuritav sai või ei saanud päeva jooksul tarbitud jookidega ületatud vanuserühmadele EFSA poolt määratud UL-i. Olulisuse nivooks määrati 0,05. Mõjutavateks teguriteks olid vanuserühm ja sugu.

Logistilise regressioonanalüüsist selgus, et statistiliselt oluline seos esines UL-i ületusel jookide tarbimisel vanuserühmadega, kui joogivee fluoriidisisaldus 2,1 mg/l. Vanuserühmas 1–3 oli 8,44 (95% CI 5,78–12,4) ja vanuserühmas 4–8 oli 2,71 (95% CI 1,72–4,22) korda suurem šanss jookide tarbimisega ületada EFSA määratud UL-i võrreldes vanuserühmaga 18–74. Mudeli kohaselt võib öelda, et ka sugu mõjutas tõenäosust sattuda fluoriidide ülemäärase

tarbimise gruppi ($p < 0,001$). Võrreldes meestega oli naistel 2 korda väiksem šanss ($OR = 0,49$, 95% CI 0,35–0,69) sattuda gruppi, kelle päevane jookidega saadud fluoriidikogus ületas UL-i.

Tabel 11. Eesti rahvastiku šanss (OR , 95% CI) ületada jookide tarbimisega tervisele ohutut UL-i joogivee fluoriidisisalduse korral 2,1 mg/l vanuserühmade ja soo lõikes (TAI 2014. a RTU alusel)

Tunnus	OR (95% CI)	<i>p</i> -väärtus
Vanuserühm		
18–74	1	
9–14	0,33 (0,05–1,06)	0,12
4–8	2,71 (1,72–4,22)	<0,001
1–3	8,44 (5,78–12,4)	<0,001
Sugu		
Mees	1	
Naine	0,49 (0,35–0,69)	<0,001

Paksus kirjas on märgitud statistiliselt olulised erinevused ($p < 0,05$)

5.3 Fluoriidide saadavus kõigist allikatest

Fluoriidide keskmine päevane saadavus vanuserühmade lõikes on esitatud tabelis 12. Joogivee hulka arvestati ka veepõhised joogid: kohv, mahlad, energia-, karastusjoogid, maitseveed, valmispuljong, lahja ja kange alkohol. Tee hulka arvestati erinevaid teeliike, nagu taimeteed, must, roheline tee. Muude allikatena arvestati suuhooldusvahend: hambapasta.

EFSA määratud UL ületati vanuserühmas 1–3, kui joogivee fluoriidisisaldus oli 1,51–2,0 mg/l või $\geq 2,1$ mg/l. Fluoriidide päevane saadavus jäi EFSA tervisele ohutu tarbimise ülempiirile (1,5 mg/päevas) vanuserühmas 1–3 kui joogivee fluoriidisisaldus oli 1,1–1,5 mg/l. Vanuserühmas 1–3 ei ületatud UL-i kui joogivee fluoriidisisaldus oli $\leq 0,5$ või 0,51–1,0. Teistes vanuserühmades jäi päevane fluoriidide saadavus alla EFSA määratud UL-i kõigis joogivee fluoriidisisalduse kategooriates. Mida suurem oli joogivee fluoriidisisalduse kategooria, seda lähemale tõusis päevane fluoriidide saadavus UL-le.

Tabel 12. Eesti rahvastiku fluoriidide saadavus (mg/päevas) joogivee, tee, toidu, muude allikate tarbimisel sõltuvalt joogivee fluoriidisisaldusest vanuserühmades võrreldes EFSA sätestatud UL soovitusetega (TAI 2014. a RTU alusel)

Vanuserühm	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)					
	1–3	≤ 0,5	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	≥ 2,1
Joogivesi ¹		0,27	0,54	0,80	1,07	1,13
Tee		0,18	0,18	0,20	0,26	0,28
Toit ²		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Muud allikad ^{2,3}		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Kokku		0,90	1,17	1,45	1,78	1,86
UL		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50

Vanuserühm	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)					
	4–8	≤ 0,5	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	≥ 2,1
Joogivesi ¹		0,33	0,66	0,99	1,32	1,39
Tee		0,23	0,23	0,25	0,34	0,36
Toit ²		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Muud allikad ^{2,3}		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Kokku		1,01	1,34	1,69	2,11	2,20
UL		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50

Vanuserühm	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)					
	9–14	≤ 0,5	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	≥ 2,1
Joogivesi ¹		0,77	1,54	2,31	3,08	3,24
Tee		0,33	0,33	0,36	0,48	0,51
Toit ²		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Muud allikad ^{2,3}		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Kokku		1,42	2,19	2,99	3,88	4,07
UL		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Vanuserühm	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)					
	15–17	≤ 0,5	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	≥ 2,1
Joogivesi ¹		0,90	1,80	2,71	3,61	3,79
Tee		0,35	0,35	0,38	0,50	0,53
Toit ²		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Muud allikad ^{2,3}		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Kokku		1,57	2,47	3,41	4,43	4,64
UL		7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

Vanuserühm	Joogivee fluoriidisisaldus (mg/l)					
	18–74	≤ 0,5	0,51–1,0	1,1–1,5	1,51–2,0	≥ 2,1
Joogivesi ¹		0,98	1,97	2,95	3,94	4,13
Tee		0,45	0,45	0,49	0,65	0,69
Toit ²		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Muud allikad ^{2,3}		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Kokku		1,75	2,74	3,76	4,91	5,14
UL		7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

¹ Joogivesi, sh veepõhised joogid: kohv, mahlad, energia-, karastusjoogid, maitseveed, valmispuljong, lahja ja kange alkohol)

² Kogused saadavuse arvutamisel võeti Norra fluoriidide saadavuse raportist (22)

³ Muud allikad: hambapasta

Paksus kirjas on märgitud EFSA sätestatud UL ületused

6. Arutelu

Magistritöö eesmärgiks oli uurida fluoriidide saadavust toidu ja joogiveega Eesti elanikel. Analüüsi aluseks oli TAI 2014. aasta rahvastiku toitumise uuring ning Terviseameti joogivee kvaliteedi andmebaas. Saadud tulemuste põhjal hinnati Eesti elanike terviseriski lähtudes Euroopa Toiduohutusameti (EFSA, *European Food Safety Authority*) soovitudest ja kehtestatud tervisele ohutu fluoriidide tarbimise ülempiiridest (UL, *tolerable upper intake level*).

Eesti elanike toitumise andmete valikul toimus võimalike andmeallikate ja uuringute kaalumise. Eestis on tehtud 2013.–2015. a rahvastiku toitumise uuring (RTU), milles osalesid 4-kuused kuni 74-aastased, vastamismääraks 33,4% (93, 94). 2021.–2022. a tehti rahvastiku soola tarbimise uuring 25–64-aastaste seas osalusprotsendiga 3,1% (20, 96). Soola tarbimise uuringus määrati esmakordselt rahvastikupõhiselt fluoriidi kontsentratsioon uriinis. Magistritöösse valiti suurema osalusprotsendi ja lapsi haarava valimiga uuring. Käesolevas magistritöös valiti RTU uuringust teaduskirjanduse alusel toitumises fluoriidide saadavuse hindamiseks fluoriide sisaldavad toidugrupid, näiteks kala, kalatooted, meresaadused jt. Eesti Konjunktuuriinstituudi (EKI) 2020. a tehtud uuring näitas, et kala, kalatoodete ja meresaaduste tarbimine Eesti elanike seas langes vähesel määral aastatel 2014–2019 (97). EKI 2022. aastal tehtud uuring näitas, et leibkondade kala tarbimine suurenes vähesel määral 2020. aastal ja jäi samale tasemele 2015. aastaga (98). EKI uuringuid arvestades ei ole Eesti elanike kala ja meresaaduste tarbimine aastatega väga suures mahus muutunud. See toetas otsust valida magistritöösse 2014. aasta toitumise uuringu algandmed. Teaduskirjanduse andmetel on fluoriidide peamine allikas joogivesi (sh veepõhised joogid), mis moodustab umbes 75% päevasest saadavast fluoriidikogusest (1). Eestis kasutatakse peamise joogivee allikana põhjavett, mille fluoriidisisaldus kõigub vahemikus 0,13–6,9 mg/l (14).

Fluoriidisisaldus veeallika vees on üldiselt püsiv ning ei muutu aja jooksul. Fluoriidisisaldust ei määrata igal aastal veeproovides. Seda tehakse süvakontrolliga, mis võib olla kord 10 aasta jooksul (23). Seetõttu kaasati magistritöösse joogivee proovid ajavahemikus 2012–2022, et saada ülevaadet fluoriidisisaldustest Eesti joogivees. Joogiveeproovide analüüsides vastas valdav osa (95,0%) veeproove kvaliteedinõuetele, joogivee soovitatava fluoriidisisaldusega (0,51–1,5 mg/l) oli 51,4% ja alla soovitatava sisalduse ($\leq 0,5$ mg/l) oli 43,6% veeproove. Ülenormatiivse fluoriidisisaldusega ($> 1,5$ mg/l) joogivee proove oli Eestis 5%, millest väike osa (1,1%) jäi liigse fluoriidisisaldusega ($\geq 2,1$ mg/l) joogivee kategooriasse. Eestis on ülenormatiivne fluoriid joogivees olnud probleemiks pikka aega. Varem on Eestis leitud üle piirnormatiivi joogivee proove (14, 17, 24). Näiteks 2004. aastal oli Eestis üle piirnormatiivi

joogiveega proove rohkem kui 2012.–2022. aastal (14,4% vs 5%) (24). Suurim joogivee fluoriidisisaldus on leitud 2004. aastal Pärnumaa veevärgi veeproovis 6,95 mg/l (24) ja 2008. aastal samuti Pärnumaal 6,90 mg/l (14). Magistritöö analüüsis oli suurima fluoriidisisaldusega Pärnumaa 2013. a veeproov (5,1 mg/l). Suurimad fluoriidide väärtused joogiveses on saadud Pärnumaa veevõrkidest võetud veeproovides, mis võib tuleneda sellest, et seal paiknevad kõrge fluoriidisisaldusega Siluri-Ordoviitsiumi veekihid (21). Sageli võivad need veekihid olla Pärnu- ja Läänemaal ainsad kättesaadavad joogiveeallikad (14). Aastatega on Eestis liigne fluoriidisisaldus ühisveevärgi joogiveses oluliselt vähenenud. See on saavutatud väiksemate asulate ühinemisega linna veevõrguga (14), vee töötlemisega (nt pöördosmoos) või uute veeallikate kasutusele võtuga (nt uued puurkaevud). (14, 25)

Fluoriidide peamine allikas on joogivesi ja veepõhised joogid näiteks mahlad, tee, kohv (1, 3). Eesti elanike toitumise ja jookide tarbimise hindamisel selgus, et joogivett, veepõhiseid jooke ja teed tarbiti kõige suuremas koguses kõigis vanuserühmades. Joogiveega saadav fluoriidide hulk sõltub suurel määral sellest, millise fluoriidi kontsentratsiooniga joogivett inimene tarbib. Teetömmisel mõjutavad fluoriidi kontsentratsiooni valmistamiseks kasutatud vee fluoriidisisaldus, tee sort ning infusiooniaeg (41, 42). Eestis ei ole uuritud erinevate teejookide fluoriidisisaldust. Magistritöö analüüs näitas, et kõige enam tarbiti teed vanuserühmas 18–74, keskmiselt umbes 327 ml päevas, joogivett aga keskmiselt 804 ml. Eestis ei ole tee joomine nii levinud kui näiteks Iirimaal, kus juuakse rohkelt musta teed, mis moodustas fluoriidi ekspositsioonist 76%, joogivesi kõigest 12% (47). Võib arvata, et Eesti täiskasvanute fluoriidide saadavus teest ei ole nii suur kui Iirimaal, kus väikesele osale (1,6%) täiskasvanutele saadi madal risk skeleti fluuroosiks (47).

Analüüsidest ainult jookidega saadavaid fluoriide ületati UL vanuserühmas 1–3 kõigis joogivee kategooriates. Mehed ületasid UL-i rohkem kui naised. UL-i ületavate inimeste osakaal oli seda suurem mida suurema fluoriidisisaldusega kategooria joogivett nad tarbisid. Suurim oli UL-i ületanute inimeste osakaal vanuserühmas 1–3 joogivee fluoriidisisaldusel $\geq 2,1$ mg/l, mehi 19,34% ja naisi 11,87%. Seda tulemust kinnitas ka logistiline regressiooni mudel joogivee fluoriidisisaldusel 2,1 mg/l. UL ületusel jookide tarbimisega olid vanuserühm ja sugu statistiliselt olulised. Meestel oli suurem šans ületada UL jookidega kui naistel. Meeste suurem šans ületada jookidega UL võib tuleneda sellest, et mehed tarbivad rohkem vett kui naised (99).

Terviseriski hindamisel leiti peamise tulemusena, et Eesti elanikel vanuserühmas 1–3 ületati EFSA määratud UL joogivee fluoriidi kontsentratsioonil $\geq 1,51$ mg/l. Sellest tulenevalt on Eesti elanike vanuserühmal 1–3, kes tarbivad joogivett fluoriidisisaldusega $\geq 1,51$ mg/l, terviserisk hambafluuroosiks. Hambafluuroos on levinud probleem, mis kaasneb üleliigse

fluoriidide saadavusega ja ohustab inimesi hammaste arenguperioodil. Hambafluuroosi riski joogivee fluoriidide kontsentratsioonil $> 1,5$ mg/l on leitud ka varasemas Eesti uuringus (14). Ka WHO andmeil suureneb hambafluuroosi risk joogivee kontsentratsioonil $> 1,5$ mg/l (6). Väikelastel on leitud UL-i ületuse tõenäosust piirkondades, kus joogivee fluoriidisisaldus on $> 0,8$ mg/l ja tarvitatakse 1500 ppm fluoriidisisaldusega hambapastat (9). Suurem fluoriidide saadavus võib tuleneda vanuserühmas 1–3 rohke joogivee ja veepõhiste jookide tarbimisest. Need on peamised fluoriidide saadavuse allikad. Toitudest saadav fluoriidide osa oli väike. Lastel vanuses 1–3 eluaastat võivad mõjutada liigset fluoriidide saadavust suuhooldusvahendid, näiteks osaline hambapasta allaneelamine (8). Kuni 6-aastastel lastel on üleliigset fluoriidide saadavust suuhooldusvahenditest leitud varasemas uuringus (56). Vanuserühmas 1–3 on oluline teada, mis fluoriidisisaldusega joogivett lapsed tarbivad, et vältida liigset fluoriidide saamist. Hambapasta kasutamisel on oluline teada selle fluoriidisisaldust. Fluoriidirikka joogiveega piirkonnas võiksid lapsed tarvitada madalama fluoriidisisaldusega või fluoriidivaba hambapastat, et vähendada fluoriidide saadavust. Teistes vanuserühmades ei ületatud EFSA määratud tervisele ohutut päevast fluoriidide tarbimise ülempiiri üheski joogivee kategoorias. Magistritöö andmetel skeleti fluuroosi riski ei tuvastatud. Fluoriidide saadavust on varem hinnatud näiteks Norras ja Iirimaal. Nende tulemused erinesid Eestist. Norras leiti UL ületus 2-aastastel ja täiskasvanutel (22). Iirimaal ületati UL vähesel määral täiskasvanutel (1,6%), mis arvati tulenevat rohke musta tee joomisest (47).

Magistritöö tulemusena selgus, et Eesti rahvastiku terviseriski fluoriidide saadavusel jookide ja toiduga võib hinnata madalaks. Eesti elanikel ei ole terviseriski kui nad tarbivad piirnormile ($\leq 1,5$ mg/l) vastavat joogivett. Arvestades, et Eestis on piirkondi, kus joogivee fluoriidisisaldus ei vasta kvaliteedinõuetele ($> 1,5$ mg/l), siis nt vanuserühmas 1–3 on olemas terviserisk. Joogivee piirnorm on kehtestatud hambafluuroosi ohu tõttu, mis on esmane ilming fluoriidide ületarbimisel. Kõrgematel fluoriidi kontsentratsioonidel (3–6 mg/l) joogivees võib tekkida skeleti fluuroos (6), mille riski magistritöös Eesti elanikel ei tuvastatud. Eestis on vajalik läbi viia uus toitumisuuring, et saada kaasaegsemaid rahvastiku toitumise andmeid ning uuesti hinnata muutusi toitumistrendides. Eestis teadaolevalt ei ole tehtud rahvastikupõhist fluoriidide saadavuse uuringut. See info on Eestis puudulik. Terviseriski täpseks hindamiseks on vajalik läbi viia uus fluoriidide saadavuse hindamise uuring, kus uuritakse, milline on Eestis müüdavates toitudes fluoriidide kontsentratsioon.

Magistritöö tugevused ja piirangud

Töö tugevuseks võib lugeda, et magistritöö on autori teada esmakordne Eesti elanike fluoriidide saadavuse analüüs. Hindamisel võeti arvesse nii toidust, joogist kui suuhooldusvahenditest saadavat fluoriidide kogust. Varem on Eestis hinnatud ainult joogiveest saadavate fluoriidide terviseriski (14, 17) või koguekspositsiooni piirkondades, kus joogivee fluoriidisisaldus on kõrge (67). Varasematest uuringutest on teada, et Eestis võib joogivesi olla väga erineva fluoriidisisaldusega. Magistritöös arvestati fluoriidide saadavuse hindamisel Eesti elanikel fluoriidi kontsentratsiooni kategooria joogivett, millest lähtuvalt saab arvutada iga joogivee kategooria riski.

Magistritöös esinesid mõned piirangud. Üheks puuduseks oli 2014. aasta toitumisuuringu andmete kasutamine. Magistritöö tegemise hetkeks ei olnud läbi viidud uut toitumisuuringut. Vahepealse aja jooksul võivad olla toimunud muutused rahvastiku toitumisharjumustes ja tarvitavate toitude koostises ning koguses, mis võivad tulemusi mõjutada. Võimalik on toitudega saadava fluoriidide saadavuse alahindamine. RTU uuringus osalemine toimus vabatahtlikkuse alusel 2x24 h toidupäeviku või -intervjuuna. Võimalus on nihkeks, et uuringus ei osalenud väga kahjulike või väga tervislike toitumisharjumustega inimesed. Samuti on võimalik, et uuritav ei söönud uuringupäevadel magistritöösse valitud toidugruppe. Andmete kvaliteediga seoses võis esineda informatsiooninihe. RTU vastamismäär oli pigem madala poolsem (33,4%), mis võis töö tulemusi mõjutada. Sooline jaotus ei olnud esinduslik, uuringus osales rohkem naissoost (62%) indiviide.

Teiseks oluliseks piiranguks olid puuduvad andmed fluoriidisisalduse kohta Eesti toitudes. Teaduskirjandusest leitud andmed varieerusid sõltuvalt riigist ning konkreetseid väärtusi iga toidugruppi fluoriidisisalduse kohta ei fikseeritud. Magistritöös kasutati toidust keskmise päevase koguekspositsiooni fluoriidide saadavuse hindamisel koefitsienti (0,2 mg/päevas). Fluoriidide saadavuse hindamisel on ka teistes riikides kasutatud koefitsienti (22). Täpsema fluoriidi kontsentratsiooni väärtuste teada saamiseks erinevates Eestis müüdavates toitudes on vaja toite Eestis laboratoorselt testida, mille põhjal saab teostada täpsema riskihinnangu Eesti elanikele. Üheks sarnaseks näiteks on Iirimaa teostatud fluoriidide saadavuse hindamine toitudest ja jookidest (47).

7. Järeldused

Magistritöös uuriti fluoriidide saadavust toidu ja joogiveega ning sellest tulenevat terviseriski Eesti elanikele. Töö tulemustel põhinevad järgnevad järeldused:

1. Aastatel 2012–2022 Eesti veevõrkidest võetud 1982 joogivee proovides oli joogivee fluoriidi kontsentratsioon vahemikus 0,02–5,10 mg/l. Veevärgi tarbija kraanist võetud joogivee proovidest 95% vastas joogivee fluoriidisisalduse kvaliteedinõuetele ($\leq 1,5$ mg/l).
2. Eesti elanikud tarbisid fluoriide sisaldavatest toitudest ja jookidest enim joogivett, veepõhiseid jooke ja teed. Fluoriide sisaldavatest toitudest tarbiti enim kala, kalatooteid, -roogasid ja mereande. Toitude kogused olid fluoriidide tarbimisel väiksed võrreldes joogivee ning veepõhiste jookidega.
3. Fluoriidide saadavus toidu ja joogiga erines vanuserühmade ja soo lõikes. Vett ning teed tarbiti kõige rohkem meeste vanuserühmas 18–74. Veepõhiseid jooke tarbiti enim poiste vanuserühmas 9–14. Jookide tarbimine oli meestel suurem kui naistel ning kasvas vanusega mõlemas soos. Kala, kalatoodete, -roogade tarbimine oli suurim täiskasvanutel meestel. Erandiks olid mereannid, mida enim tarbisid tüdrukud vanuserühmas 9–14. Toitude tarbimisel naiste toidukogused olid mõnes vanuserühmas suuremad kui meestel.
4. EFSA määratud tervisele ohutu tarbimise ülempiir ületati Eesti elanikel vanuserühmas 1–3, kui tarbiti üle piirnormi ($> 1,5$ mg/l) fluoriidisisaldusega joogivett. Sellest tulenevalt on 1–3-aastastel lastel hambaflooroosi risk. Teistes vanuserühmades terviseriski ei esinenud, sest päevane fluoriidide saadavus jäi alla EFSA määratud tervisele ohutu tarbimise ülempiiri kõigis tarbitava joogivee fluoriidisisalduse kategooriates.

8. Kasutatud kirjandus

1. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). Scientific opinion on Dietary Reference Values for fluoride. *EFSA J* 2013;11:3332.
2. Bergman C, Gray-Scott D, Chen J-J, et al. What is next for the dietary reference intakes for bone metabolism related nutrients beyond calcium: phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride? *Crit Rev Food Sci Nutr* 2009;49:136–44.
3. Toxicological profile for fluorides, hydrogen fluoride, and fluorine. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2003.
4. Guth S, Hüser S, Roth A, et al. Toxicity of fluoride: critical evaluation of evidence for human developmental neurotoxicity in epidemiological studies, animal experiments and in vitro analyses. *Arch Toxicol* 2020;94:1375–415.
5. Aoun A, Darwiche F, Al Hayek S, et al. The fluoride debate: the pros and cons of fluoridation. *Prev Nutr Food Sci* 2018;23(3):171–80.
6. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022.
7. Yin XH, Huang GL, Lin DR, et al. Exposure to fluoride in drinking water and hip fracture risk: a meta-analysis of observational studies. *PLoS One* 2015;10:e0126488.
8. EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) on a request from the Commission related to the tolerable upper intake level of fluoride. *EFSA Journal* 2006;3:192.
9. Peckham S, Awofeso N. Water fluoridation: a critical review of the physiological effects of ingested fluoride as a public health intervention. *ScientificWorldJournal* 2014;2014:293019.
10. Iheozor-Ejiofor Z, Worthington HV, Walsh T, et al. Water fluoridation for the prevention of dental caries. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;2015:CD010856.
11. O'Mullane DM, Baez RJ, Jones S, et al. Fluoride and oral health. *Community Dent Health* 2016;33:69–99.
12. Trendley Dean H. Endemic fluorosis and its relation to dental caries. *Public Health Rep* 1938;53:1443–98.
13. Cury JA, Ricomini-Filho AP, Berti FLP, et al. Systemic effects (risks) of water fluoridation. *Braz Dent J* 2019;30:421–8.
14. Saava A, Indermitte E. Joogivee liigest fluoriidisisaldusest tulenev hambaflooroosi risk eesti elanikel ja soovitud riski vähendamiseks. Teadustöö lõpparuanne. Tartu: Tartu Ülikooli tervishoiu instituut; 2008.
15. John J, Hariharan M, Remy V, et al. Prevalence of skeletal fluorosis in fisherman from Kutch coast, Gujarat, India. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2015;66:379–82.
16. Wang M, Liu L, Li H, et al. Thyroid function, intelligence, and low-moderate fluoride exposure among Chinese school-age children. *Environ Int* 2020;134:105229.
17. Muzõtsin M. Fluoriidide sisaldus pärnu alamvesikonna elanike joogivees, nende toksilisusest tulenevate terviseriskide analüüs ja võimalik juhtimine [magistritöö]. Tartu: Tartu Ülikooli tervishoiu instituut; 2003.

18. Buzalaf MAR, Whitford GM. Fluoride metabolism. *Monogr Oral Sci* 2011;22:20–36.
19. Zipkin I, Likins RC, McClure FJ, et al. Urinary fluoride levels associated with use of fluoridated waters. *Public Health Rep* 1956;71:767–72.
20. Aaspõllu A, Eensoo D, Põlajev A, et al. Eesti rahvastiku soola tarbimise uuring. Lõppraport. Tallinn: Tervise Arengu Instituut; 2022.
21. Karise V, Metsur M, Perens R, et al. Eesti põhjavee kasutamine ja kaitse. Eesti Põhjaveekomisjon: Tallinn, 2004.
22. VKM, Løvik M, Dahl, L, et al. Assessment of dietary intake of fluoride and maximum limits for fluoride in food supplements. Opinion of the Panel on Nutrition, Dietetic Products, Novel Food and Allergy of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment. VKM report. Oslo: Scientific Committee for Food and Environment (VKM); 2019.
23. Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid. Sotsiaalministri määrus 24.09.2019 nr 61. RT I, 26.09.2019, 2.
24. Indermitte E, Saava A, Saag M, et al. Joogivee fluorisisaldus Eestis, selle tähtsus hambakaariese ja fluuroosi levimuses ning ennetuses. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus; 2005.
25. Indermitte E, Saava A, Karro E. Reducing exposure to high fluoride drinking water in Estonia—A countrywide study. *Int J Environ Res Public Health* 2014;11:3132–42.
26. Zohouri FV, Maguire A, Moynihan PJ. Fluoride content of still bottled waters available in the North-East of England, UK. *Br Dent J* 2003;195:515–8.
27. Szmagara A, Krzyszcak A. Monitoring of fluoride content in bottled mineral and spring waters by ion chromatography. *J Geochem Explor* 2019;202:27–34.
28. Cochrane NJ, Saranathan S, Morgan MV, et al. Fluoride content of still bottled water in Australia. *Aust Dent J* 2006;51:242–4.
29. Tervisekaitsenõuded mineraalveele ja allikaveele. Sotsiaalministri määrus 03.10.2019 nr 62. RT I, 08.10.2019, 3.
30. Whelton H, Crowley E, O’Mullane D, et al. Dental caries and enamel fluorosis among the fluoridated population in the Republic of Ireland and non fluoridated population in Northern Ireland in 2002. *Community Dent Health* 2006;23:37–43.
31. McGrady MG, Ellwood RP, Maguire A, et al. The association between social deprivation and the prevalence and severity of dental caries and fluorosis in populations with and without water fluoridation. *BMC Public Health* 2012;12:1122.
32. U.S. Department of Health and Human Services Federal Panel on Community Water Fluoridation. U.S. Public Health Service recommendation for fluoride concentration in drinking water for the prevention of dental caries. *Public Health Rep* 2015;130:318–31.
33. Office for Health Improvement and Disparities (OHID). Water fluoridation: health monitoring report for England 2022. OHID; 2022.
34. Rugg-Gunn A. Dental caries: Strategies to control this preventable disease. *Acta Med Acad* 2013;42:117–30.
35. Hearnshaw S, Cockcroft B, Rugg-Gunn A, et al. Comments on recent community water fluoridation studies. *Br Dent J* 2023;235:639–41.

36. McLaren L, Patterson SK, Faris P, et al. Fluoridation cessation and children's dental caries: a 7-year follow-up evaluation of Grade 2 schoolchildren in Calgary and Edmonton, Canada. *Community Dent Oral Epidemiol* 2022;50:391–403.
37. Young N, Newton J, Morris J, et al. Community water fluoridation and health outcomes in England: a cross-sectional study. *Community Dent Oral Epidemiol* 2015;43:550–9.
38. Mohapatra M, Anand S, Mishra BK, et al. Review of fluoride removal from drinking water. *J Environ Manage* 2009;91:67–77.
39. FoodData Central. U.S. Department of Agriculture, 2024. (<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/component=1099>). [19.02.2024].
40. Satou R, Oka S, Sugihara N. Risk assessment of fluoride daily intake from preference beverage. *J Dent Sci* 2021;16:220–8.
41. Szmagara A, Krzyszczyk A, Stefaniak EA. Determination of fluoride content in teas and herbal products popular in Poland. *J Environ Health Sci Eng* 2022;20:717–27.
42. Malinowska E, Inkielewicz I, Czarnowski W, et al. Assessment of fluoride concentration and daily intake by human from tea and herbal infusions. *Food Chem Toxicol* 2008;46:1055–61.
43. Das S, De Oliveira LM, Da Silva E, et al. Fluoride concentrations in traditional and herbal teas: health risk assessment. *Environ Pollut* 2017;231:779–84.
44. Waugh DT, Potter W, Limeback H, et al. Risk assessment of fluoride intake from tea in the Republic of Ireland and its implications for public health and water fluoridation. *Int J Environ Res Public Health* 2016;13:259.
45. Waugh DT, Godfrey M, Limeback H, et al. Black tea source, production, and consumption: assessment of health risks of fluoride intake in New Zealand. *J Environ Public Health* 2017;2017:5120504.
46. Fan Z, Gao Y, Wang W, et al. Prevalence of brick tea-type fluorosis in the Tibet autonomous region. *J Epidemiol* 2016;26:57–63.
47. Food Safety Authority of Ireland (FSAI). Total Diet Study 2014 –2016: Assessment of dietary exposure to fluoride in adults and children in Ireland. FSAI; 2018.
48. Alejandro-Vega S, Suárez-Marichal D, Niebla-Canelo D, et al. Fluoride exposure from ready-to-drink coffee consumption. *Life (Basel)* 2022;12:1615.
49. Olechno E, Puścion-Jakubik A, Socha K, et al. Coffee infusions: Can they be a source of microelements with antioxidant properties? *Antioxidants (Basel)* 2021;10:1709.
50. Goschorska M, Gutowska I, Baranowska-Bosiacka I, et al. Fluoride content in alcoholic drinks. *Biol Trace Elem Res* 2016;171:468–71.
51. Styburski D, Baranowska-Bosiacka I, Goschorska M, et al. Beer as a rich source of fluoride delivered into the body. *Biol Trace Elem Res* 2017;177:404–8.
52. Warnakulasuriya S, Harris C, Gelbier S, et al. Fluoride content of alcoholic beverages. *Clin Chim Acta* 2002;320:1–4.
53. Zohoori FV, Maguire A. Development of a database of the fluoride content of selected drinks and foods in the UK. *Caries Res* 2016;50:331–6.

54. Pitsi T, Zilmer, M, Vaask S. Eesti toitumis- ja liikumissoovitused 2015. Tervise Arengu Instituut. Tallinn; 2017.
55. Marthaler TM. Salt fluoridation and oral health. *Acta Med Acad* 2013;42:140–55.
56. Shulman JD, Wells LM. Acute fluoride toxicity from ingesting home-use dental products in children, birth to 6 years of age. *J Public Health Dent* 1997;57:150–8.
57. Medjedovic E, Medjedovic S, Deljo D, et al. Impact of fluoride on dental health quality. *Mater Sociomed* 2015;27:395–8.
58. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health* 2014;36:e2014009.
59. Blomhoff R, Andersen R, Arnesen EK, et al. Nordic nutrition recommendations 2023. Copenhagen: Nordic Council of Ministers; 2023.
60. EFSA (European Food Safety Authority). Dietary reference values for nutrients. Summary report. EFSA supporting publication 2017;e15121:98.
61. EFSA (European Food Safety Authority). Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Parma: European Food Safety Authority; 2006.
62. Institute of Medicine (US) Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: a risk assessment model for establishing upper intake levels for nutrients. Washington (DC): National Academies Press (US); 1998.
63. NRC (National Research Council). Fluoride in drinking water: a scientific Review of EPA's Standards. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press; 2006.
64. EFSA (European Food Safety Authority), Anastassiadou M, Bernasconi G, Brancato A, et al. Review of the existing maximum residue levels for sulfuryl fluoride according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA J* 2021;19:e06390.
65. Bayless JM, Tinanoff N. Diagnosis and treatment of acute fluoride toxicity. *J Am Dent Assoc* 1985;2:209–11.
66. Ullah R, Zafar MS, Shahani N. Potential fluoride toxicity from oral medicaments: a review. *Iran J Basic Med Sci* 2017;20:841–8.
67. Indermitte E. Fluoriidi saadavus Pärnu, Lääne, Järva ja Viljandi maakondades [ekspertarvamus]. Tartu: 2020.
68. Niazi FC, Pepper T. Dental Fluorosis. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
69. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, et al. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *J Dent Res* 2015;94:650–8.
70. Slade GD, Grider WB, Maas WR, et al. Water fluoridation and dental caries in U.S. children and adolescents. *J Dent Res* 2018;97:1122–8.
71. Wright JT, Hanson N, Ristic H, et al. Fluoride toothpaste efficacy and safety in children younger than 6 years: a systematic review. *J Am Dent Assoc* 2014;145:182–9.
72. Twetman S. Caries prevention with fluoride toothpaste in children: an update. *Eur Arch Paediatr Dent* 2009;10:162–7.

73. Marinho VC, Higgins J, Logan S, et al. A. Fluoride toothpastes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;2003:CD002278.
74. Do LG, Ha DH, Spencer AJ. Natural history and long-term impact of dental fluorosis: a prospective cohort study. *Med J Aust* 2016;204:25–25.
75. Neurath C, Limeback H, Osmunson B, et al. Dental fluorosis trends in US Oral Health Surveys: 1986 to 2012. *JDR Clin Trans Res* 2019;4:298–308.
76. Levy SM, Warren JJ, Kolker JL, et al. Generalized permanent dentition fluorosis severity becomes less evident over time among a birth cohort. *Front Oral Health* 2023;4:1198167.
77. Curtis AM, Levy SM, Cavanaugh JE, et al. Decline in dental fluorosis severity during adolescence: a cohort study. *J Dent Res* 2020;99:388–94.
78. Helte E, Donat Vargas C, Kippler M, et al. Fluoride in drinking water, diet, and urine in relation to bone mineral density and fracture incidence in postmenopausal women. *Environ Health Perspect* 2021;129:47005.
79. Kurttio P, Gustavsson N, Vartiainen T, et al. Exposure to natural fluoride in well water and hip fracture: a cohort analysis in Finland. *Am J Epidemiol* 1999;150:817–24.
80. Fiore G, Veneri F, Di Lorenzo R, et al. Fluoride exposure and ADHD: a systematic review of epidemiological studies. *Medicina (Kaunas)* 2023;59:797.
81. Farmus L, Till C, Green R, et al. Critical windows of fluoride neurotoxicity in Canadian children. *Environ Res* 2021;200:111315.
82. Gopu BP, Azevedo LB, Duckworth RM, et al. The relationship between fluoride exposure and cognitive outcomes from gestation to adulthood - a systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2022;20:22.
83. Whiting P, MacDonagh M, Kleijnen J. Association of Down's syndrome and water fluoride level: a systematic review of the evidence. *BMC Public Health* 2001;1:6.
84. Barberio AM, Hosein FS, Quiñonez C, et al. Fluoride exposure and indicators of thyroid functioning in the Canadian population: implications for community water fluoridation. *J Epidemiol Community Health* 2017;71:1019–25.
85. Chaitanya NCSK, Karunakar P, Allam NSJ, et al. A systematic analysis on possibility of water fluoridation causing hypothyroidism. *Indian J Dent Res* 2018;29:358–63.
86. Mahoney MC, Nasca PC, Burnett WS, et al. Bone cancer incidence rates in New York State: time trends and fluoridated drinking water. *Am J Public Health* 1991;81:475–9.
87. Kim FM, Hayes C, Burgard SL, et al. A case-control study of fluoridation and osteosarcoma. *J Dent Res* 2020;99:1157–64.
88. Blakey K, Feltbower RG, Parslow RC, et al. Is fluoride a risk factor for bone cancer? Small area analysis of osteosarcoma and Ewing sarcoma diagnosed among 0-49-year-olds in Great Britain, 1980-2005. *Int J Epidemiol* 2014;43:224–34.
89. Bassin EB, Wypij D, Davis RB, et al. Age-specific fluoride exposure in drinking water and osteosarcoma (United States). *Cancer Causes Control* 2006;17:421–8.
90. Hayes C, Douglass CW, Kim FM, et al. A case-control study of topical and supplemental fluoride use and osteosarcoma risk. *J Am Dent Assoc* 2021;152:344-353.e10.

91. Grandjean P, Olsen JH. Extended follow-up of cancer incidence in fluoride-exposed workers. *J Natl Cancer Inst* 2004;96:802–3.
92. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), WHO (World Health Organization). Microbiological risk assessment - Guidance for food. Microbiological Risk Assessment Series No. 36. Rome; 2021.
93. Eesti Rahvastiku Toitumise Uuring 2014. Tervise Arengu Instituut; 2019. (https://statistika.tai.ee/Resources/PX/Databases/Andmebaas/05Uuringud/09RTU/a_Toidugrupid_p_aev/RTUinfo.htm#metoodika). [8.04.2024].
94. Rahvastiku toitumise uuring. Tervise Arengu Instituut; 2024. (<https://www.tai.ee/et/teadustoo/teadustoo-ulevaade/rahvastikupohised-uuringud/rahvastiku-toitumise-uuring>). [8.04.2024].
95. Joogivesi. Terviseamet; 2024. (https://vtiav.sm.ee/index.php/?active_tab_id=JV). [5.04.2024].
96. Eesti rahvastiku soola tarbimise uuring 2021–2022. Tervise Arengu Instituut; 2024. (<https://statistika.tai.ee/Resources/PX/Databases/Andmebaas/05Uuringud/13SOOL/05Fluor/SOOLinfo.html>). [04.03.2024].
97. Josing M, Vanamölder A, Lepane L, et al. Kala ja kalatoodete tarbimine. Eesti Konjunktuuriinstituut 2020;215:71–5.
98. Josing M, Vanamölder A, Lepane L, et al. Kala ja kalatoodete tarbimine. Tallinn: Eesti Konjunktuuriinstituut; 2022.
99. Rosinger A, Herrick K. Daily water intake among U.S. men and women, 2009–2012. *NCHS Data Brief* 2016;(242):1–8.

Intake of fluorides through food and drinking water – health risk assessment among the population of Estonia

Kätlin Kroon

Summary

The aim of master's thesis was to explore fluorides intake from food and drinking water. Based on the results to assess health risk among Estonians. The objectives were to 1) describe the fluorides content in Estonian water supplies; 2) describe the intake of fluorides from food and drinking water among Estonian population; 3) analyze whether the intake of fluorides differs by age group and gender; 4) analyze whether there are health risks due to high fluorides intake from food and drinking water among population of Estonia.

This master's thesis is based on the 2014 Estonian Population Nutrition Survey (RTU) and database of drinking water quality of Estonian Health Board's drinking water samples (n = 1982) from 2012 to 2022. The sample of the master's thesis consisted of 4170 individuals, who were 1–74 years old. Dietary data were obtained from the RTU general questionnaire and a two-day, 24-hour food diary (for children up to 10 years old) or interview (for ages 11–74). Water samples were categorized into five categories based on fluoride content and for analysis using percentages (%). Mean values with standard deviation were used for the analysis of dietary data. The proportion of participants who exceeded the tolerable upper intake level (UL) of fluorides consumption with water and water-based beverages was determined by age group and gender. A logistic regression model was developed for participants who consumed water with elevated fluoride levels. To assess the health risk by age group, the average daily fluorides intake from water, tea, food and other sources was calculated for each water category and compared to the UL set by the European Food Safety Authority (EFSA).

From the Estonian water samples taken between 2012 and 2022, 95% met the quality requirements for fluoride content (≤ 1.5 mg/l). The highest fluorides intake was from water, water-based beverages and tea. Proportionally, the daily intake of food was smaller compared to drinking water and water-based beverages. To assess the intake of fluorides from foods, a coefficient was used. Age group 1–3 years had 8.44 (95% CI 5.78–12.4) and age group 4–8 had 2.71 (95% CI 1.72–4.22) times the odds of exceeding the UL with beverages as compared to the age group 18–74. Women had half the odds (OR = 0.49, 95% CI 0.35–0.69) of exceeding the UL with beverage consumption as compared to men. The calculated fluorides intake from food, beverages, and other sources exceeded the EFSA-defined UL in the 1–3 age group in case

of the fluoride content in drinking water exceeded the limit value 1.5 mg/l. In other age groups, daily fluorides intake remained below the UL set by EFSA.

Based on the results of the master's thesis, it can be concluded that there is no health risk among Estonian population if consuming normative drinking water. However, excessive consumption of fluorides from foods and beverages, combined with drinking water with above-normal fluoride levels (> 1.5 mg/l), poses a health risk of dental fluorosis in young children.

Tänuavaldus

Soovin tänada

- Ene Indermittet kasulike nõuannete ja juhendamise eest;
- Kalle Kipperit statistilise abi ja nõuannete eest;
- Eha Nurka toitumisuuringu sisu avamise ja suunamise eest;
- Tervise Arengu Instituuti ja Terviseametit magistritööks vajalike andmete jagamise eest;
- perekonda ja lähedasi toetuse eest magistriõpingute perioodil.

Curriculum vitae

Üldandmed

Ees- ja perekonnanimi: Kätlin Kroon
Sünniaeg ja -koht 30.05.1990, Võru, Eesti
Kodakondsus Eesti
E-post k2tlyn_@hotmail.com

Haridus:

2022–..... Tartu Ülikool, magistriõpe, rahvatervishoid
2009–2013 Tartu Tervishoiu Kõrgkool, rakenduslik kõrgharidus, meditsiiniõde
2006–2009 Võru Kreutzwaldi Gümnaasium, infotehnoloogia eriklass, keskharidus
1997–2006 Võru I Põhikool, põhiharidus

Keelteoskus:

eesti keel emakeel, C2
inglise keel B2
vene keel A1

Töökogemus:

2019–..... Lõuna-Eesti Haigla AS, Anestesioloogia-intensiivravi osakond, anestesist
2017–2023 AS Qvalitas Arstikeskus, Tartu keskus, meditsiiniõde
2016–2017 Perearst Marje Toom OÜ, pereõde
2014–2016 AS Qvalitas Arstikeskus, Tallinna keskus, meditsiiniõde
2013–2014 SA Põhja- Eesti Regionaalhaigla, Anesteesiakeskus, anestesist
2012–2013 AS Tartu Ülikooli Kliinikum, Anestesioloogia- ja intensiivravi kliinik, üldanestesioloogia osakond, anestesist

Kuupäev: 28.04.24

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kätlin Kroon,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Fluoriidide saadavus toidu ja joogiveega – Eesti elanike terviseriski hinnang”, mille juhendaja on Ene Indermitte, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Kätlin Kroon

19.05.2024