

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 82/2019

Toni Ruohonen, Karoliina Kaasalainen, Janne Kalmari, Ville Rissanen
ja Anette Karhu

Tapahtumapohjainen simulaatio diabetesta ennaltaehkäisevien interventioiden kustannusvaikutuksista

Editor: Pekka Neittaanmäki

Covers: Petri Vähäkainu ja Matti Savonen

Copyright © 2019

Toni Ruohonen, Karoliina Kaasalainen, Janne Kalmari,

Ville Rissanen, Anette Karhu, Petri Vähäkainu, Sonja

Kärkkäinen ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-7784-9 (verkkoj.)

ISSN 2323-5004

Jyväskylä 2019

Tapahtumapohjainen simulaatio diabetesta ennaltaehkäisevien interventioiden kustannusvaikutuksista

Toni Ruohonen
Karoliina Kaasalainen
Janne Kalmari
Ville Rissanen
Anette Karhu

Tämä julkaisu on toteutettu osana WHC-hanketta, johon Jyväskylän yliopisto on saanut rahoituksen Business-Finlandilta.

KUVIOT

KUVIO 1. Simulointimallin rakenne ja interventiovaihtoehdot	10
KUVIO 2. Interventioiden tapahtumat ja eteneminen eriteltyinä simulointimallista	11
KUVIO 3. Kokonaiskulut iGrafx-mallilla.....	21
KUVIO 4. Kokonaiskulut Python-mallilla	22
KUVIO 5. Diabeteksen hoitokulut iGrafx-mallilla.....	23
KUVIO 6. Diabeteksen hoitokulut Python-mallilla	23
KUVIO 7. Säästö iGrafx-mallilla	24
KUVIO 8. Säästö Python-mallilla	25
KUVIO 9. Interventiokustannukset iGrafx-mallilla.....	26
KUVIO 10. Interventiokustannukset Python-mallilla	26
KUVIO 11. Kokonaissästöt eri interventioilla 10 vuodessa iGrafx-mallilla	27
KUVIO 12. Kokonaissästöt eri interventioilla 10 vuodessa Python-mallilla.....	28
KUVIO 13. Säästösuhde iGrafx-mallilla	29
KUVIO 14. Säästösuhde Python-mallilla	29

Taulukot

Taulukko 1. Interventioiden vaikutus tyypin 2 diabetes riskiin	3
Taulukko 3. Interventiokohtaiset parametrit	12

1	TAUSTA	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	8
2.1	Käytetty menetelmä	8
2.2	Mallin rakenne	9
2.3	Mallin alkuarvot ja laskentaperiaatteet	12
2.4	Interventioiden valinta	15
2.4.1	Ei interventiota	15
2.4.2	Interventiot	16
2.5	Ylläpito	16
2.5.1	Sairastuminen	17
2.5.2	Terveiden seuranta	17
2.6	Parametrit ja laskentafunktiot	17
2.6.1	iGrafx-malli	18
2.6.2	Python-malli	18
2.6.3	SimPy-malli	19
3	TULOKSET	21
3.1	Interventiot vs. ei interventiota	21
3.2	Eri interventiovaihtoehdot	25
3.3	SimPy- ja Python-mallin vertailun tulokset	30
4	POHDINTA	31
4.1	Keskeiset tulokset	31
4.2	Tulosten luotettavuus	32
4.2.1	Validiteetti	32
4.2.2	Tutkimuksen vahvuudet	34
4.2.3	Mallien vertailu	35
4.3	Jatkotutkimusaiheita	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	43

1 Tausta

Diabetes on yksi suomalaisten yleisimmistä kansantaudeista. Vuoden 2017 arvion mukaan noin 550 000 suomalaista sairastaa diabetesta (Diabetesliitto, 2017, 1). Diabeetikoiden määrä on lisääntynyt nopeasti viimeisten vuosikymmenten aikana, ja on ennustettu, että vuoteen 2030 mennessä jo miljoona suomalaista sairastaa diabetesta. Myös diabeteksen hoidon kustannukset yhteiskunnalle ovat huomattavat, sillä diabeteksen arvioidaan aiheuttavan vuosittain yli kolmen miljardin euron kulut (Diabetesliitto, 2017; Liite 1).

Diabetes on monimuotoinen ja useaan alatyyppiin jakautuva sairaus, jonka puhkeamiseen vaikuttavat sekä perimä että elintavat. Tyypin 2 diabeteksen ennaltaehkäisyssä elämäntavat ovatkin keskeisessä asemassa. Elämäntapamuutokset voivat estää sairauden puhkeamisen myös silloin, kun riski on jo kohonnut. Suomalaisten ja kansainvälisten tutkimusten mukaan korkean sairastumisriskin henkilöt voivat elämäntapamuutoksilla puolittaa tyypin 2 diabetekseen sairastumisriskin (Diabetes Prevention Program Research Group ym., 2010, 1678; Lindström ym., 2013, 289). Tyypin 2 diabetesta ehkäisevät elämäntavat tarkoittavat tupakoimattomuutta, säännöllistä liikuntaa, runsaasti kuituja, kohtuullisesti energiaa ja vähän tyydyttyynyttä rasvaa sisältävää ruokavaliota sekä laihduttamista, mikäli henkilö on ylipainoinen. Suomalaisista miehistä 72 % on ylipainoisia tai lihavia ja naisista vastaava osuus on 63 %. Ylipaino lisää diabeteksen riskiä 2 - 4-kertaiseksi ja lihavuus seitsemänkertaiseksi normaalipainoon verrattuna. Näin ollen huomattavalla osalla suomalaisista on kohonnut riski sairastua tyypin 2 diabetekseen. Väestötutkimusten mukaan noin 25 prosentilla yli 30-vuotiaista suomalaisista on vähintään kohtalainen riski sairastua diabetekseen (Lindström ym., 2018, 289).

Diabetesriskiä voidaan arvioida seulontaluonteisesti FINDRISK-mittarilla, joka kertoo alttiudesta sairastua tyypin 2 diabetekseen seuraavan 10 vuoden aikana. Testi perustuu kahdeksaan kysymykseen, jotka koskevat ikää, sukulaisten sairastamaa diabetesta, verenpaine- ja kolesterolilääkkeiden käyttöä, aikaisempaa sokeritasapainoa, painoindeksiä, vyötärönympärystä, liikuntatottumuksia ja kasvien käyttöä (Lindström ym., 2003, 3237). Riskitestin pisteiden ollessa alle 7 riski on matala, eli vain noin yksi sadasta sairastuu. Riskipisteillä 7 - 11 riski on jonkin verran koholla eli noin yksi 25 sairastuu. Kohtalaisesta riskistä kertovat pisteet 12 - 14, jolloin noin joka kuudes sairastuu. Suuresta riskistä kertovat pisteet 15 - 20, missä noin joka kolmas sairastuu. Jos riskipisteet ylittävät 20, riski on huomattavan korkea ja noin joka toinen sairastuu (Lindström ym., 2003, 3237).

Diabetes todetaan laboratoriomittauksilla joko mittaamalla veriplasmasta glukoosipitoisuus tai pitkäaikaissokeri eli HbA1c:n (Diabetes: Käypä hoito suositus, 2018). HbA1c-arvo kuvaa keskimääräistä veren glukoosin määrää mittausta edeltävän 2 - 8 viikon aikana. Diabeteksessa sokerin määrä veressä lisääntyy, jolloin osa sokerista tarttuu myös hemoglobiiniin. Näin ollen diabeetikoilla myös HbA1c-arvo nousee. HbA1c on yleinen ja käyttökelpoinen sokeritasapainon mittari. Toisaalta äkillisten oireiden yhteydessä HbA1c-arvo saattaa olla normaali, joten testi ei tunnista kaikkia riskihenkilöitä. HbA1c:n perusteella diabetes todetaan, jos arvo ylittää 48 mmol/mol tai prosentteina ilmaistuna 6,5 %. Diabeteksen esiasteeseen eli prediabetekseen viittaavat HbA1c:n lukemat ovat yleensä välillä 5,7 - 6,4 % (American Diabetes Association, 2018, 51). Plasman glukoosipitoisuuden mittauksissa arvot indikoivat diabetesta, kun paastoarvo on vähintään 7 mmol/l tai sokerirasituskokeessa mitattu kahden tunnin arvo ylittää 11 mmol/l (Tyypin 2 diabetes: Käypä hoito suositus, 2018).

Elämäntapamuutosten vaikuttavuus on diabeteksen ennaltaehkäisyssä ja hoidossa osoitettu useissa suomalaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa (Taulukko 1). Pysyvien elämäntapamuutosten toteuttaminen vaatii kuitenkin kokonaisvaltaista, pitkäaikaista ja intensiivistä tukea, johon käytettävissä olevat resurssit ovat rajalliset. Väestön ikääntymisen ja elämäntapoihin liittyvien riskitekijöiden kehityksen seurauksena pitkäaikaissairaiden määrän ennakoitaan kasvavan. Myös ennaltaehkäisevän elämäntapaohjauksen ja sairauksien omahoidon ohjauksen tarve tulee lisääntymään. Jotta ennaltaehkäiseviä palveluja voidaan tarjota mahdollisimman monille, ohjauksen järjestämiseen tarvitaan lisää resursseja ja uudenlaisia menetelmiä (Ibrahim ym., 2018, e3021).

Perinteiset tapaamisiin perustuvat yksilö- ja ryhmäohjausinterventiot ovat osoittautuneet tehokkaiksi tavoiksi ennaltaehkäistä tyypin 2 diabetesta. Suomalaistutkimusten mukaan vuoden intensiivinen elämäntapainterventio ja sitä seuraava 3 - 6 vuotta kestävä ylläpidon tuki voi laskea korkean riskin henkilöillä diabetesriskiä 58 prosenttia seuraavan 3 vuoden ajalle (Taulukko 1). Vielä 10 vuoden kuluttua suhteellinen riski sairastua diabetekseen on keskimäärin 38 prosenttia matalampi kuin ilman elintapamuutoksia. Vastaavia havaintoja on saatu myös useista muista tutkimuksista. Painonpudotuksella on havaittu selkeä yhteys diabetesriskin alenemaan, sillä yhden prosentin lasku painossa laskee diabetesriskiä noin 10 prosenttia (Jasik ym., 2018, 70). Vastaavan painonpudotuksen vaikutus HbA1c:n arvoon on noin 0,1 prosenttiyksikköä (Gummesson ym., 2017, 1295).

Taulukko 1. Interventioiden vaikutus tyyppin 2 diabetes riskiin

Tutkimus	Interventio	T2D-Riskin muutos*	Seuranta-aika	Sairastuvuus (100 hlöä/vuosi: Interventio/ Kontrolli)
Tuomilehto ym., 2001	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma 12kk	-58 %	3 vuotta	3,7/7,6
Lindström ym., 2006	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma 3 - 6 vuotta	-43 %	7 vuotta	4,3/7,3
Lindström ym., 2013	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma 3 - 6 vuotta + seuranta	-38 %	10 vuotta	4,5/7,2
Diabetes Prevention Program Research Group ym., 2009	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma + seuranta	-34 %	10 vuotta	4,8/7,8
Herman ym., 2013	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma 3 vuotta + seuranta	-49 %	10 vuotta	2,7/5,2
Li ym., 2008	Elintapaohjaus, liikunta- ja ravitsemusohjelma + seuranta 20 vuotta	-43 %	20 vuotta	7/11

*Osallistujat, joilla painonpudotus vähintään 5 %

Elämäntapaohjauksella on tiettyjä piirteitä, jotka lisäävät todennäköisyyttä onnistuneille ja pysyville muutoksille. Kansainvälisten tutkimusten mukaan suositeltava elintapaohjausmalli sisältää 10 - 16 ohjaukset yksin tai ryhmässä (National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine 2002; Lindström ym., 2013, 290; Rollo ym., 2018, 38). Alussa ohjaustapaamiset voivat olla viikoittaisia ja muutosprosessin edetessä niitä voi olla harvemmin. Ohjauksen tulisi sisältää muutostavoitteiden asettamista, pystyvyyttä tukevaa ohjausta, esimerkiksi käytännöllisten ohjeiden ja mallin antamisen muodossa liikunnan lisäämiseksi sekä kehittymisen seurantaa, palautetta ja sosiaalista tukea. Tarvittaessa interventiota voidaan jatkaa, jos tavoitteiden edistymisessä tai ylläpidossa tulee haasteita.

Digitaaliset palvelut, kuten osittain tai kokonaan internetin- tai matkapuhelimen kautta toteutettu ohjaus, on yksi mahdollinen tapa lisätä tuen saatavuutta ja kustannustehokkuutta. Digitaalisissa interventiomalleissa ohjauksen sisällöt ovat olleet suurelta osin samat kuin kasvokkaisissa malleissa, mutta vuorovaikutus on tapahtunut etänä (muun muassa Joiner ym., 2017, 199; Little ym., 2017; Sepah ym., 2018, e000422). Yleensä vuorovaikutus ammattilaisen

kanssa tapahtuu verkkoalustan, sähköpostin tai puhelimen välityksellä. Digitaaliset alustat ja mobiilipalvelut mahdollistavat myös yksilöllisen informaation kohdentamisen, tehtävien tekemisen verkkopalveluissa sekä terveydentilan ja elintapamuutosten reaaliaikaisen tai lähes reaaliaikaisen seurannan. Keskeisiä seurattavia muuttujia voivat olla liikunta-aktiivisuus, ruokailutottumukset, unen laatu, vyötärönympäryys, verenpaine tai paino. Omaseurannan tarkoitus on auttaa yksilöä tunnistamaan terveyteen ja hyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä sekä vahvistaa motivaatiota ja sitoutumista terveyttä edistäviin elämäntapoihin. Toisaalta mittaustietojen perusteella ammattilainen voi antaa relevanttia palautetta ja kannustusta oikea-aikaisesti. Digitaaliset palvelut ja teknologia mahdollistavat lisäksi muistutusten lähettämisen ajastettuna tai yksilöllisen tarpeen mukaan. Digitaalisissa interventioissa ohjauksetojen määrää ja sisältöä voidaan mukauttaa joustavammin yksilöllisen tarpeen mukaan ja myös sosiaalista tukea on useammin saatavilla ajasta ja paikasta riippumatta esimerkiksi verkkokeskusteluissa ja vertaisryhmissä.

Näyttöä internet- ja mobiilipohjaisten interventioiden vaikuttavuudesta painonhallinnassa ja tyyppiin 2 diabeteksen ennaltaehkäisyssä on kertynyt useammista tutkimuksista (Bian ym., 2017, e76; Joiner ym., 2017, 197). Vertailu kasvokkain toteutettuihin ohjelmiin osoittaa, että tulokset ovat samansuuntaisia. Tapaamisiin perustuvissa malleissa on saavutettu keskimäärin 5 prosentin painonpudotus vuoden aikana, kun verkkopohjaisissa interventioissa painonpudotus on ollut yleisesti noin 3 - 4 prosenttia (Joiner ym., 2017, 198). Tulokset ovat kuitenkin vaihdelleet sekä perinteisissä että teknologiavälitteisissä ohjelmissa. Esimerkiksi ohjauksetojen määrä, intervention pituus ja seurannan kesto sekä muut elementit, kuten sosiaalinen tuki, muistutukset, viestit ja omaseurantamittarien käyttö, voivat vaikuttaa saavutettuihin tuloksiin (Bian ym., 2018; Sepah ym., 2018, e000422).

Viime vuosina on kehitetty etäinterventioiden lisäksi myös täysin automatisoituja painonhallintaohjelmia ja omahoitojärjestelmiä (muun muassa Block ym., 2015; Tice ym., 2016; Everett ym., 2018;). Näille palveluille on tyypillistä, että ammattilainen ei aktiivisesti tuota palautetta tai ole yhteydessä ohjattaviin, vaan järjestelmä toimii algoritmien perusteella automaattisesti. Tällaisiin automatisoituihin sovelluksiin sisältyy yleensä henkilön taustatekijöiden mukaan kohdennettuja sisältöjä, omaseurantaa erilaisilla mittareilla tai päiväkirjoilla, sekä käyttäjän tuottaman datan perusteella kohdennettuja viestejä ja palautetta (muun muassa Block ym., 2015; Tice ym., 2016; Everett ym., 2018). Vaikuttavuuden osalta tieto automatisoinnin hyödyistä on kuitenkin niukkaa. Arviointijaksot rajoittuvat enintään vuoden seuranta-ajalle ja käyttäjät ovat olleet valikoituneita.

Pitkäaikaista seurantaan sisältävien satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten puuttuessa havainnot ovat ammattilaisen ohjausta sisältäviin interventioihin verrattaessa epävarmempia ja suuntaa-antavia. Alustavien tulosten perusteella myös automaattisesti tuotettu palaute, muistutukset ja yksilöllisesti kohdennetut ohjaussisällöt ovat edistäneet elämäntapamuutoksia diabetesriskissä olevilla henkilöillä. Puolen vuoden aikana saavutettu painonpudotus on ollut parhaimmillaan 2 - 3 prosenttia. Tulosten pysyvyydestä ei kuitenkaan ole toistaiseksi tietoa. Kasvokkain toteutetuissa interventioissa noin puolet osallistujista on onnistunut ylläpitämään kliinisesti merkittävän, noin viiden prosentin, painonpudotuksen 1 - 3 vuoden seuranta-aikana. Ammattilaisten etätukea sisältäneissä interventioissa vastaavan viiden prosentin painonpudotuksen on onnistunut ylläpitämään noin 30 prosenttia interventioon osallistuneista. Automatisoiduista seurantatietoa ei ole, mutta puolen vuoden aikavälillä 20 - 30 % osallistujista on yltänyt vähintään 5 prosentin painonpudotukseen. Lyhyen aikavälin painonpudotustulokset ovat kuitenkin heikko osoitin pysyvistä terveyshyödyistä, kuten aikaisemmat tutkimukset muista interventiomuodoista osoittavat (Herman ym., 2013, 195). Kaikkiaan interventiotulosten pysyvyydestä arkielämän olosuhteissa on melko vähän tutkimusta (Dombrowski ym., 2014, g2646).

Digitaalisista palveluista toivotaan lisähyötyjä terveyden edistämiseen ja ennaltaehkäisyyn laajemman tavoitavuuden, joustavuuden ja kustannustehokkuuden kautta. Kontaktiin perustuvien ohjausmallien saatavuutta rajoittavat henkilöstöresurssit. Kontakti-interventioiden on arvioitu maksavan vuosittain 500 - 1000 euroa, jos ohjaus on henkilökohtaista. Ryhmissä toteutettuna hinta ohjaukselle on ollut noin 200 - 400 euroa (Taulukko 2). Ammattilaisen etätuki on puolestaan maksanut noin 150 - 250 euroa vuodessa henkilöä kohden. Kokonaan automatisoidun ohjauksen tarjoaminen ilman vuorovaikutusta ammattilaisten kanssa on arvioitu maksavan yksittäistä käyttäjää kohden noin 20 - 25 euroa vuodessa (Taulukko 2). Tämänhetkisen tutkimustiedon perusteella elämäntapaohjauksen toteutustapa on yhteydessä yksilötasolla vaikuttavuuteen ja käyttäytymismuutosten laajuuteen. Keskeinen tekijä kustannusvaikuttavuuden arvioinnissa on tulosten pysyvyys. Tätä uusissa toimintamalleissa ei vielä ole arvioitu. Digitaaliset mallit mahdollistavat elämäntapamuutoksia tukevien sovellusten käytön pidemmällä aikavälillä, joten perinteisille interventioille tyypillinen tuen päättyminen, ja sitä seuraava muutosten vähittäinen palautuminen, voidaan ainakin teoriassa välttää. Ohjauksen toteutustavasta riippumatta olennainen kysymys pysyvien muutosten saavuttamisessa on se, miten hyvin interventio onnistuu tukemaan yksilötasolla motivaatiota ja niiden taitojen kehittymistä, jotka mahdollistavat terveyttä edistävien valintojen tekemisen ilman ulkopuolista ohjausta ja kontrollia.

Taulukko 2. Interventioiden vaikuttavuus ja kustannuksia

Interventio	Hinta (€)/ vuosi/hlö	Keskimääräinen painon muutos	Lähde
Kontakti-interventio, yksilöohjauksena	500 - 1000	-5 %	Diabetes Prevention Program Research Group ym., 2009; Tice ym., 2016
Kontakti-interventio, ryhmäohjauksena	200 - 400	-5 %	Herman ym., 2013; Lumiaho ym., 2015; Tice ym., 2016
Digitaalinen interventio (asiantuntijaohjauksella)	150 - 250	-3 - 4 %	Tice ym., 2016; Little ym., 2017
Automatisoitu interventio	20 - 25	-2 - 3 %	Block ym., 2015; Tice ym., 2016; Hansel ym., 2017; Everett ym., 2018

Tyypin 2 diabeteksen ennaltaehkäisyn kustannusvaikuttavuudesta on kertynyt tietoa interventiotutkimuksista (Herman ym., 2013, 194). Suomessa ennaltaehkäisyn kustannushyötyjä on arvioitu laskennallisilla malleilla ja säästöpotentiaaliksi on väestötasolla arvioitu yli 700 miljoonaa euroa (Reini & Honkatukia, 2016, 7). Tarve lisätä elämäntapaohjauksen saatavuutta on tunnistettu, sillä sairastuneiden määrä on edelleen kasvussa (muun muassa Aarne ym., 2011, 7; Koski ym., 2015). Päätöksenteon näkökulmasta haasteena on pystyä valitsemaan kustannusvaikuttavimmat menetelmät ja ennakoita resurssien kehitystä. Terveiden edistämisen toiminnan vaikuttavuutta ja kustannusvaikuttavuutta on monissa tapauksissa vaikea osoittaa kokeellisissa tutkimusasetelmissä, sillä interventioiden ja terveysvaikutusten välinen aika on usein pitkä. Ennaltaehkäisevän toiminnan kehittäminen edellyttää kuitenkin tietoa eri toimintamallien vaikuttavuudesta ja kustannuksista, mutta etenkin uusien teknologioiden kohdalla tätä tietoa ei useinkaan ole saatavilla. Interventiotutkimusten lisäksi tarvitaan myös muita arviointitapoja. Simulaatiomallien avulla voidaan vertailla eri toimintamallien odotettuja vaikutuksia ja tunnistaa käytännön toteutuksen näkökulmasta kriittisiä implementoinnin onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä. Mallinnuksen taustalla käytetään olemassa olevaa, kokeellisiin tutkimuksiin ja väestötutkimuksiin, perustuvaa tietoa ennaltaehkäisyn vaikuttavuudesta, kustannuksista ja uuden teknologian tai toimintamallien odotetuista vaikutuksista.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on arvioida tapahtumapohjaisen simuloinnin avulla tyypin 2 diabeteksen ennaltaehkäisyn säästöpotentiaalia. Mallinnuksessa arvioidaan, millaisia kustannusvaikutuksia ennaltaehkäisevien interventioiden käyttöönotolla on verrattuna tilanteeseen, jossa interventioita ei ole saatavilla tai saatavuus on rajattu vain yhteen vaihtoehtoon. Malli ei kerro diabeteksen hoidon kokonaiskustannuksista, vaan kuvaa niitä

kustannushyötyjä, joita voidaan saada jos interventioiden myötä vältetään sairastuminen diabetekseen.

Tarkemmat tutkimuskysymykset ovat:

1. Mikä on ennaltaehkäisyn säästöpotentiaali, eli millaisia kustannusvaikutuksia on diabetesta ennaltaehkäisevien elämäntapainterventioiden toteuttamisella verrattuna tilanteeseen, jossa interventioita ei toteuteta lainkaan?
2. Miten eri interventiovaihtoehtojen (kontakti-, etätuettu ja tekoälytuettu interventio) kustannusvaikutukset eroavat toisistaan?
3. Miten interventioiden kustannukset jakautuvat toteutuksen eri vaiheissa (mm. seulonta, toteutus, seuranta, ylläpito)
4. Mikä on interventioihin tarvittavien investointien palautumisaika?

2 Aineisto ja menetelmät

Tarkastelun kohderyhmäksi valittiin tyyppin 2 diabetes, sillä diabeteksen ilmaantumista voidaan tehokkaasti ehkäistä elämäntavoilla. Myös erilaisista interventiomalleista ja niiden vaikuttavuudesta on tutkittua tietoa. Tutkimuksessa verrattiin tapaamisiin perustuvaa interventioita eli kontakti-interventiota kahteen digitaaliseen interventiovaihtoehtoon. Ensimmäisessä digitaalisessa interventiovaihtoehdossa eli etätuetussa interventiossa mukana oli ammattilaisen etätuettua ohjausta. Toisessa digitaalisessa interventiovaihtoehdossa eli tekoälytuetussa interventiossa ohjaus oli kokonaan automatisoitu. Interventiot ja niiden eteneminen noudattavat diabeteksen ennaltaehkäisy tutkimuksissa kuvattuja vaiheita (Lindström ym., 2013, 289; Lumiaho ym., 2015, 37; Little ym., 2017).

Taloudellisen arvioinnin tapana käytettiin kustannusvaikutusten arviointia, mikä tarkoitti tässä tapauksessa sitä, että laskentamallilla estimoitiin eri interventiovaihtoehtojen kustannuksia suhteessa tilanteeseen, jossa tarjolla ei ole lainkaan interventioita. Arviointi tehtiin 10 vuoden aikahorisontilla, sillä saatavilla olevan tutkimustiedon perusteella elämäntapamuutosten vaikutus diabetesriskiin on osoitettu tällä aikavälillä. Laskentamalliin tarvittavat parametrit haettiin kansallisista ja kansainvälisistä tutkimuksista ja tutkimusraporteista. Sairastumisriskiä ja intervention vaikuttavuutta kuvaavina parametreina käytettiin painon ja pitkäaikaissokerin (HbA1c) kehitystä kuvaavia arvoja ja jakaumia. Todennäköisyydet elintapamuutoksille, riskin alenemalle ja sairastumiselle mallinnettiin käyttäen interventiokohtaisia parametreja, joita ovat muun muassa motivaatio, painon muutos, prediabeteksen status, aika sekä drop-out interventioista. Kustannusvaikutusten simulointia varten kerättiin mahdollisimman tarkat hintatiedot intervention toteutukseen liittyvistä tapahtumista, joita ovat muun muassa seulonta, elämäntapaohjaus ja seurantamittaukset. Kustannusten määrittämiseen käytettiin tietoja terveydenhuollon yksikkökustannuksista ja eri ammattilaisten tuntihinnoista (Kapiainen ym., 2014). Kustannuksia tarkasteltiin terveydenhuollon näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa kustannusvaikutusten arviointi kertoo vältettyjen sairastapausten myötä saavutetuista hyödyistä, mutta arviointiin ei sisälly tietoja elämänlaadun paranemisesta.

2.1 Käytetty menetelmä

Interventioiden tarkastelussa menetelmänä käytettiin tapahtumapohjaista simulointia (eng. Discrete Event Simulation, DES). Tapahtumapohjainen simulointi on laskennallinen menetelmä, joka mahdollistaa toiminnan kuvaamisen hyvin yksityiskohtaisella ja reaali maailmaa vastaavalla tavalla. Tapahtumapohjaisessa simuloinnissa tarkasteltava toiminto tai prosessi ja kaikki siihen kuuluvat vaiheet kuvataan tapahtumatasolla, aikaan sidottuna tapahtumien sarjana. Jokaiselle tapahtumalle voidaan määrittää kesto, tapahtumaan osallistuvat resurssit, siinä tehtävät

toimenpiteet sekä tarvittaessa myös syntyvät kustannukset. Mallissa määritetään lisäksi eri vaiheiden väliset yhteydet sekä tehdään tarkasteltavan entiteetin ohjautuvuusmääritteet, eli millä todennäköisyydellä tai ehdolla siirrytään eri vaiheisiin. Tapahtumapohjainen simulointi mahdollistaa yksilöllisten määritysten tekemisen, toisin sanoen tarkasteltava asiakasryhmä voidaan hyvin tarkkaan määrittää ja rajata. Jokaiselle asiakkaalle voidaan lisäksi generoida yksilölliset taustamuuttujat, joiden perusteella asiakas ohjautuu tarkasteltavassa prosessissa eteenpäin. Simuloinnissa on mahdollisuus huomioida myös stokastisuus sillä laskennalliset määritykset perustuvat datasta generoituihin tilastollisiin jakaumiin, joissa on huomioituina yksilölliset erot asiakkaiden kuluissa ja hoidossa.

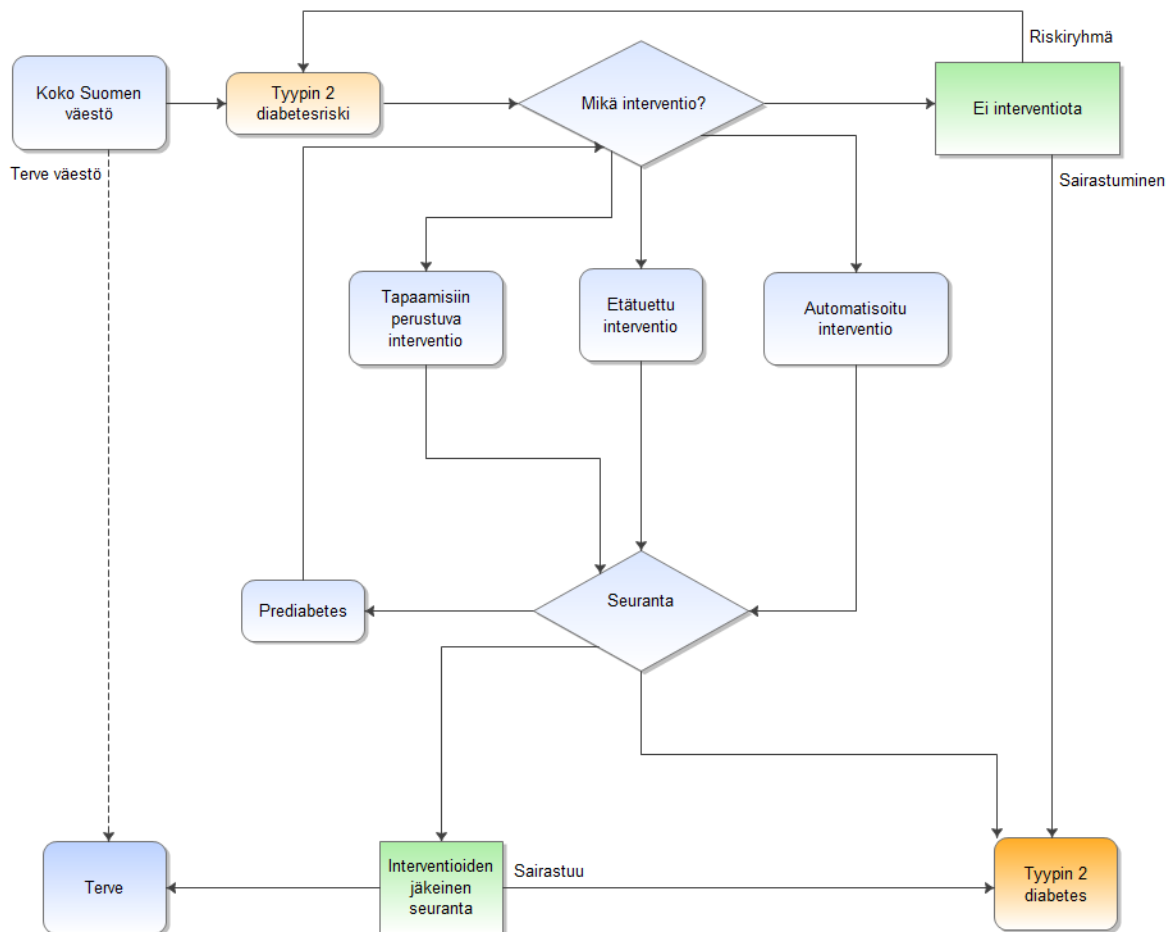
Simulointi ei tarjoa automaattisesti optimaalista ratkaisua vaan mahdollistaa erilaisten ”mitä-jos” -skenaarioiden luomisen ja tarkastelun. Tällä tavoin voidaan arvioida laskennallisesti uusia ideoita ja suunnitelmia ennen niiden varsinaista toteutusta. Vertailemalla eri toteutusvaihtoehtoja nykytilanteeseen sekä toisiinsa on mahdollista valita vain kaikista suurimman hyödyn tuottavat suunnitelmat mahdolliseen pilotointiin ja implementointiin vietäviksi. Simulointi on siis tietynlainen virtuaalinen testialusta, jonka avulla voidaan tehdä nopeaa visuaalista ja laskennallista analysointia kuukausia tai vuosia kestävien käytännön pilottien sijasta. Simulointi on aikaa ja kustannuksia säästävää eikä häiritse jokapäiväistä toimintaa.

Muutoksia voidaan tarkastella halutuvin toiminnallisina ja taloudellisina mittareina. Yleisiä käytettyjä mittareita terveydenhuollon kontekstissa ovat esimerkiksi kustannukset, hoitoon pääsy, resurssien käyttöasteet sekä prosessien ja palvelukokonaisuuksien tehokkuus. Tässä tarkastelussa keskeisenä kohtemuuttujana on käytetty kustannuksia. Pääpaino tarkastelussa on erityisesti eri interventioiden säästöpotentiaalin määrittämisessä, kun huomioidaan interventioista aiheutuvat kustannukset eli investoinnit ja verrataan niitä sairastumiseen ja sairauden hoidosta syntyviin kustannuksiin.

2.2 Mallin rakenne

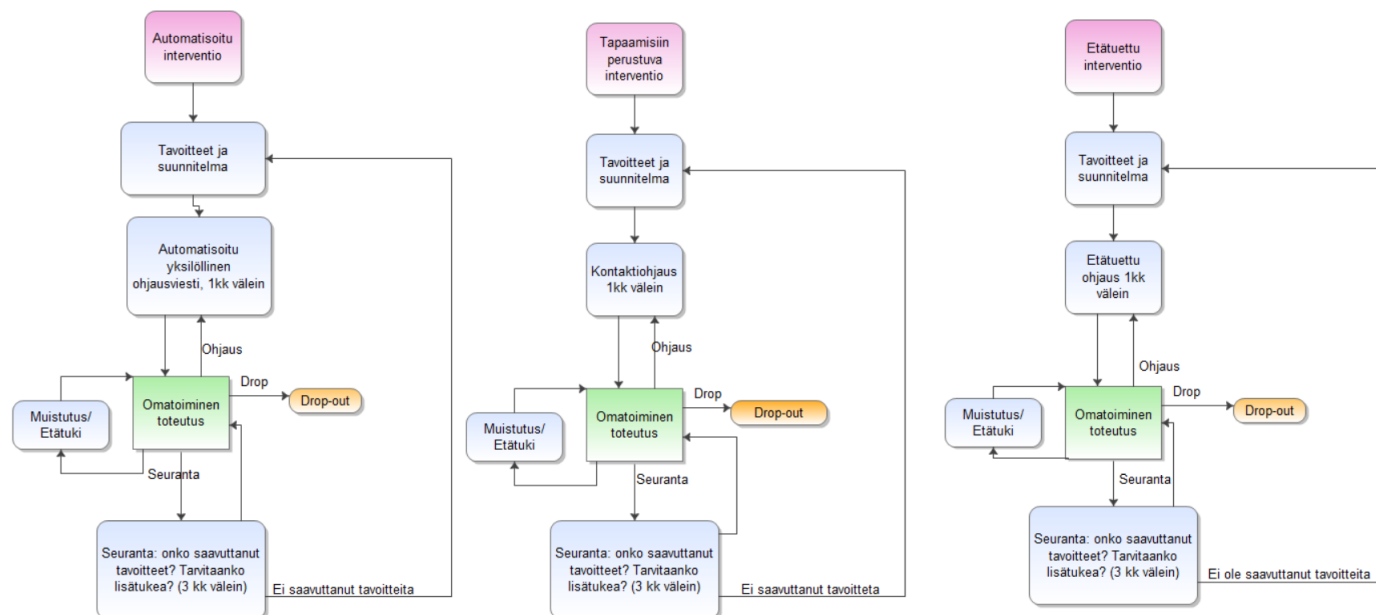
Mallissa erillisiä tapahtumia ovat seulonta riskiryhmään, intervention valinta, intervention toteutus, muutosten ylläpito ja seuranta. Intervention toteutus sisältää tavoitteiden asettamisen, ohjaukset, omatoimisen harjoittelun ja seurantamittaukset (KUVIOT 1 ja 2). Malliin tullaan sisälle riskitekijöiden seulonnan kautta (”Riskiryhmä”), josta ohjaututaan intervention valintaan tai interventioiden ulkopuolelle (”Ei-interventiota”). Mallista poistutaan määrättyjen ehtojen mukaan, joita ovat esimerkiksi interventioiden seurannan päättyminen ja kuolema. Mallissa seurataan terveydentilan kehitystä sekä interventioiden sisällä, ylläpidossa että interventioiden ulkopuolelle jääneillä.

Malli sisältää kolme interventiopolkua (KUVIO 2). Kaikissa interventioissa toteutus perustuu omatoimisuuteen, ja tapahtumien perusrakenne on samanlainen. Interventiot kestävät 12 kuukautta. Aluksi osallistuja tekee yhdessä ammattilaisen kanssa suunnitelman ja saa tarvittavat välineet esimerkiksi askelmittarin. Tätä vaihetta kuvaa "tavoitteet ja suunnitelma"- tapahtuma. Intervention aikana ohjaukset on kuukauden välein. Kontakti- ja etätuetussa-interventiossa ammattilaiset ovat vuorovaikutuksessa ohjattavien kanssa joko suoraan tai etäyhteyden kautta. Näissä interventioissa jokaiseen ohjaukseen liittyy myös kustannus. Tekoälytuetussa-interventiossa ohjaukseen ei osallistu ammattilaista, vaan itsenäisen toteutuksen tukeminen tapahtuu automatisoidun järjestelmän kautta. Etä- ja tekoälytuettuun malliin sisältyy myös mahdollisuus muistutusten lähettämiselle. Intervention aikana tavoitteiden kehittymistä seurataan 3 kuukauden välein. Tarvittaessa osallistujalle tarjotaan lisätukea.



KUVIO 1. Simulointimallin rakenne ja interventiovaihtoehdot

Muutosten edistymisen ja terveydentilan indikaattoreina ovat painon muutos ja vaikutus HbA1c:n arvoihin. Intervention lopussa on seurantamittaukset, joista terveydentilan mukaan siirrytään joko ylläpitoon, uudelleen intervention valintaan tai hoitopolkuun. Ylläpitovaiheessa terveydentilaa seurataan kuuden kuukauden välein kolmen vuoden ajan. Tämän jälkeen terveenä olevat poistuvat mallista ja prediabeteksen kriteerit täyttävät ohjataan jatkointerventioihin. Kaikissa interventiopoluissa osa aloittaneista keskeyttää ja osa sairastuu tai kuolee interventioiden aikana. Jokaiselle interventiolle on määritelty aikaisempien tutkimusten ja tilastotietojen perusteella todennäköisyydet osallistujien määrälle, terveydentilan kehitykselle, keskeyttäneiden määrälle, sairastumiselle ja kuolleisuudelle (Taulukko 3).



KUVIO 2. Interventioiden tapahtumat ja eteneminen eriteltyinä simulointimallista

Taulukossa 3 on kuvattu interventiokohtaiset parametrit osallistumismotivaatiolle, keskeyttäneiden määrälle ja eri tapahtumien hinnoille. Hintatiedot perustuvat pääosin suomalaisen terveydenhuollon yksikkökustannuksiin (Kapianen ym., 2014) sekä kansainvälisistä interventiotutkimuksista saatuihin arvioihin varustekustannuksista ja etätuen toteuttamisesta (Little ym., 2017; Li ym., 2017; Rushing ym., 2017, 20).

Taulukko 2. Interventiokohtaiset parametrit

	Kontakti-interventio	Etätuki-interventio	Tekoälytuki-interventio
Motivaatio/adherenssi	0.992	0.976	0.970
Tavoitteiden toteutuminen (Adherenssi 3 kk seuranta)	0.865	0.930	0.915
Keskeyttäneet/Drop-out (%)	10	25	30
Painon muutos/kk (ka;kh) ¹	ka=-28/725 ja kh=Sqrt(3)/30	ka= -2/59 ja kh=Sqrt(3)/30	Ka=-1/36 ja kh= Sqrt(3)/30
Painon palautuminen (ylläpito)	1/27	1/19	1/17
Lisätuen tarve (ylläpitovaihe) (%)	54	70	75
Kustannukset (€)			
Peruskulut (mm. varusteet)	30	30	30
Tavoitteiden asettaminen ja ohjaus ²	40	20	0
Elämäntapaohjaus/kerta ³	10	10	0
Seurantamittaukset (3 kk)	ei lisäkulia	ei lisäkulia	ei lisäkulia
Lisäohjaus ²	40	40	0
Loppumittaus (12 kk)	40	40	40
Ylläpidon seuranta (6 kk)	20	20	20
Sairastumisen kontrolli	40	40	40

(1=Joiner ym., 2017; 2=Kapiainen ym., 2014; 3=Lumiaho ym., 2015; Little ym., 2015; Li ym., 2017; Rushing ym., 2017)

2.3 Mallin alkuarvot ja laskentaperiaatteet

Simuloitu väestö muodostettiin muun muassa ikä- ja sukupuolijakauman, terveydentilan, elintapojen kehityksen, kuolleisuuden ja väestönkasvun tilastotietojen perusteella (Taulukko 4). Interventioihin ohjautuvien määrä perustui diabeteksen seulontakattavuuteen. FinTerveys 2017 -tutkimuksen mukaan 27 prosenttia miehistä ja 30 prosenttia yli 30-vuotiaista naisista tekee

tekee vuosittain tyypin 2 diabetes (T2D) -riskitestin. Kaikkiaan yli 30-vuotiaista 23 % miehistä ja 28 % naisista kuuluu tyypin 2 diabeteksen riskiryhmään.

Interventioihin sisänotettavien määrässä huomioitiin resurssit interventioiden toteuttamiselle osana julkisia terveystalvveluita. Interventioihin otettiin vuosittain sisään 5 % riskiryhmään kuuluvista, joilla FINDRISK-riskipistemäärä ylitti 15. Arvio resursseista perustuu aikaisempien tutkimusten havaintoihin. Esimerkiksi vuosina 2000 - 2008 toteutetun DEHKO-hankkeen tulosten mukaan 3-6 prosenttia kohdealueiden väestöstä osallistui tyypin 2 diabeteksen ehkäisyohjelman toimintaan (Aarne, 2011, 4). Vastaavasti brittiläisen The National Institute for Health and Care Excellence (NICE) organisaation arvion mukaan elämäntapaohjausta on mahdollista tarjota nykyisin toimintatavoin noin kahdelle prosentille riskiryhmään kuuluvista (NICE 2017). Suomessa kuntien elämäntaparyhmiin osallistuvien määrästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta esimerkiksi Keski-Suomessa vuosina 2011 - 2014 tarjottiin interventio 316 henkilölle, joista osalla oli jo diagnosoitu diabetes (Lumiaho ym., 2015, 37).

Laskentamallin alkuarvot on kuvattu taulukossa 4. Korkean riskin omaavia oli 72 prosenttia koko riskiryhmästä. Miehiä oli erittäin korkean riskin omaavista 32 prosenttia ja korkean riskin henkilöistä puolet. Lähtötilanteessa erittäin korkean riskin miehistä 49 prosentilla ja 38 prosentilla naisista oli prediabetes (HbA1c>5,7 %).

Taulukko 4. Mallin alkuarvot

Muuttuja	Arvot ja jakauma	Lähde
Alkuarvot	ka (kh)/%	
Ikä	62,43 (9,73)	Tilastokeskus, b; Costa ym., 2013; FinTerveys, 2017
FINDRISK		
Korkea riski (15 - 20)	72,2 %	Costa ym., 2013; FinTerveys, 2017
Erittäin korkea riski (>20)	27,8 %	Costa ym., 2013; FinTerveys, 2017
HbA1c		
Korkea riski	5,34 (0,65)	Costa ym., 2013
Erittäin korkea riski	5,72 (0,56)	Costa ym., 2013
Sukupuoli		
Korkea riski (miehiä)	50 %	Costa ym., 2013
Erittäin korkea riski (miehiä)	32 %	Costa ym., 2013
Kuolleisuus	Ikään perustuva todennäköisyys	Tilastokeskus, b (stat.fi)
Kynnysarvot		
Terve	HbA1c≤5,0 %	Am Diab. Assoc, 2018
Riskiryhmä	HbA1c≤5,7%	Am Diab. Assoc, 2018
Prediabetes	5,7%<HbA1c<6,4 %	Am Diab. Assoc, 2018
Diabetes	HbA1c>6,4 %	Am Diab. Assoc, 2018

2.4 Interventioiden valinta

Kaikista riskiryhmään kuuluvista interventioihin ohjattiin vuosittain viisi prosenttia. Valinnassa otettiin huomioon käytettävissä olevat resurssit, osallistujien motivaatio ja sairastumisriski. Valintavaiheessa osan oletettiin kieltäytyvän tarjotusta interventiosta, kuten on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa (muun muassa Aarne ym., 2011). Interventioiden valinta tehtiin mallinnuksessa seuraavilla ehdoilla:

1. Jos riski on erittäin korkea, ensisijaiset interventiovaihtoehdot ovat kontakti- ja etätuettu -interventio. Erittäin korkean riskin ryhmästä 80 % ohjautuu kontakti-interventioon ja 20 % etätuen piiriin.
2. Jos riski on korkea, priorisoidaan interventioiden valinnassa etä- ja tekoälytuettuja vaihtoehtoja. Korkean riskin ryhmästä 20 % ohjautuu etä- ja 80 % tekoälytuettuun interventioon
3. Erittäin korkean riskin henkilöt valitsevat osallistumisen interventioon 95% todennäköisyydellä, jos ovat naisia ja 90% todennäköisyydellä, jos ovat miehiä. Todennäköisyys perustuu DEHKO- hankkeessa raportoituihin havaintoihin interventioista kieltäytyneiden määrästä.
4. Korkean riskin ryhmässä todennäköisyys interventioon osallistumiselle on 50 % sekä miehillä että naisilla.
5. Jos ei aloita interventiota, ohjautuu mallissa "Ei-interventiota" -polkuun, jolloin ei ole interventiota eikä seurantaa.

2.4.1 Ei interventiota

Mikäli yksilö ei ohjaudu mallissa interventioon, eteneminen on määritelty seuraavien ehtojen mukaan:

1. Seurataan intervention ulkopuolelle jääneiden terveydentilaa HbA1c-arvon kehityksen perusteella.
2. Joka vuosi osa päätyy uuteen seulontaan ja pois mallista. Todennäköisyys pohjautuu seulonnan kattavuuteen ja riskiryhmään: $(n/20)*r$, jossa n on seulonnan kattavuus, eli kuinka monta prosenttia väestöstä seulotaan ja r on riskiryhmän perusteella tuleva kerroin (0,943/0,35).
3. HbA1c arvo päivittyy joka vuosi $(+0,068(\pm\sqrt{10} \cdot \frac{19}{220}))$. Mikäli HbA1c-arvo tippuu alle viiden, siirtyy terveeksi ja mikäli HbA1c-arvo nousee yli 6,4 siirretään tyyppin 2 diabetes - hoitopolkuun.

2.4.2 Interventiot

Interventioihin sisään tulevien yksilöiden eteneminen on määritelty seuraavien ehtojen mukaan. Interventiokohtaiset parametrit ja funktiot on kuvattu taulukossa 3.

1. Interventioon tultaessa jokaiseen yksilöön liitetään peruskulu, varusteet ym. 30e.
2. Ensimmäisen tapaamisen yhteydessä asetetaan tavoitteet ja tehdään suunnitelma. Tähän vaiheeseen liittyy interventiokohtainen kustannus. Esimerkiksi kontakti-intervention ensimmäinen käynti, 40e.
3. Aloituksen jälkeen siirrytään toteutukseen, jossa kaikille on 12 ohjauksetta kerran kuukaudessa. Kontakti- ja etätuetussa-interventiossa ohjauksen hinta on 10e/kerta, kun taas tekoälytuetussa ei ole ohjauksetta.
4. Etä- ja tekoälytuetussa ohjelmassa on mahdollisuus muistutuksille ilman lisäkustannuksia.
5. Toteutuksen aikana osa keskeyttää intervention. Keskeyttäneiden määrä lasketaan taustaparametrien mukaan, esimerkiksi kontakti-interventiossa on jatkavia $0.9^{(1/12)}$ kuukaudessa, eli noin 10% keskeyttää intervention.
6. Muutostavoitteiden seuranta tehdään 3 kk välein. Seurannasta ei tule lisäkustannuksia, mutta tapahtuma vaikuttaa siihen tarjotaanko lisätukea. Lisäohjaus tarkoittaa käyntiä ammattilaisella esimerkiksi terveydenhoitajalla, ravitsemusterapeutilla tai liikunnanohjaajalla. Jos tavoitteet ovat toteutuneet, omatoiminen toteutus jatkuu. Tavoitteiden toteutuminen arvotaan interventiossa mukana olevista satunnaisesti interventiokohtaisen adherenssin mukaan, esimerkiksi kontakti-interventiossa 86,5% joka kerta saavuttaa tavoitteet. Jos tavoitteet eivät toteudu, tarjotaan lisätukea ja tavoitteiden päivittämistä, joka maksaa 40e.
7. Tavoitteiden toteutuminen arvioidaan 12 kk seurannassa, tämä maksaa 40€. Jos tavoitteet toteutuvat painonhallinnan osalta, eli painon muutos -5 % tai enemmän siirtyy ylläpitoon. Jos painon muutos on vähäisempi kuin -5 %, tarjotaan lisäohjausta ennen ylläpitovaihetta 40€ kustannuksella.
8. Jos loppumittauksissa todetaan uusi prediabetes, eli HbA1c-arvo on 5,7–6,4 %, ohjataan yksilö takaisin interventio-ohjelmaan. Jos sairastuu diabetekseen, siirtyy yksilö diabeteksen hoitopolkuun. Sairastuminen ja prediabeteksen toteaminen perustuu interventiokohtaisiin todennäköisyyksiin vaikuttavuudelle, joissa vaikuttavat painon muutokset ja HbA1c:n kehitys.

2.5 Ylläpito

Ylläpito on kaikille interventioille samanlainen ja kestää kolme vuotta. Ylläpitovaihe sisältää tapaamisen ammattilaisen kanssa kuuden kuukauden välein. Seurannassa tarkistetaan, miten intervention aikana asetetut tavoitteet ovat edistyneet tai säilyneet. Tässä mallissa tavoitteiden saavuttaminen tarkoittaa painon muutosta. Seurantakäynnin kustannus on 20 euroa kerralla. Jos painon muutoksissa on tullut takapakkia, eli alkuperäisestä painosta on palautunut enemmän kuin 2 %, ohjataan yksilö takaisin interventioon. Ylläpitovaiheessa olevista lisätuen tarve

määräytyy interventiokohtaisten todennäköisyyksien mukaan siten, että 54 % kontakti-interventiossa olleista, 70 % etätuettuun-interventioon osallistuneista ja 75 % tekoälytuetun-intervention läpikäyneistä ohjautuu lisätuen piiriin.

2.5.1 Sairastuminen

Sairastumisen kontrolli tehdään ylläpitovaiheessa 12 kk välein, jolloin tarkistus korvaa puolivuotistapaamisen. Jos tarkastuksessa HbA1-arvojen perusteella sairastumisen kriteerit täyttyvät, siirtyy tyyppin 2 diabetes -hoitopolkuun. Jos taas todetaan prediabetes, ohjataan takaisin intervention valintaan. Mikäli kaikki arvot ovat kunnossa, ja kolme vuotta on kulunut, todetaan yksilö terveeksi ja poistutaan mallista. Diabetekseen sairastumisen jälkeen hoidon vuosittainen kustannus on 3036 euroa.

2.5.2 Terveiden seuranta

Mallissa seurataan terveydentilan kehitystä sekä interventioissa sisällä olevilla, ylläpitovaiheessa että interventioiden ulkopuolelle jääneillä. HbA1c arvo muuttuu vuosittain ja intervention jälkeen riskiryhmään palautuminen, prediabeteksen toteaminen ja diabetekseen sairastuminen on mahdollista. Mikäli HbA1c-arvo nousee missä tahansa vaiheessa yli 6,4 siirtyy yksilö tyyppin 2 diabetes -hoitopolkuun.

2.6 Parametrit ja laskentafunktiot

Mallin parametrien pohjana on käytetty Tilastokeskuksen sekä Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2014) väestötutkimusten tietokantaraportteja sekä yksittäisistä tutkimuksista poimittuja tietoja. Näiden tietojen pohjalta on tarpeen mukaan laskettu tarkkailtavan väestön kannalta oleellisia normaalijakaumia.

Simulaatiomallit on toteutettu kolmella eri menetelmällä käyttäen iGrafx-prosessimallinnusohjelmistoa, Python ohjelmointia sekä Python pohjaista SimPy-simulointimallia. Koska iGrafx-malli ja Python-mallit eroavat toisistaan käytetyn väestön perusteella, on niissä myös osin eri parametrit, mutta yhteisiäkin arvoja on. Molemmissa erittäin korkeaksi riskiksi on määritelty FINDRISK arvo yli 20 ja korkeaksi arvot väliltä 15 - 20. Seulontaan päätyneistä korkean riskin henkilöistä puolet valitsee intervention ja erittäin korkean riskin miehistä 90% ja naisista 95%. Lisäksi intervention keskeyttäminen eli drop-out katsotaan kaikissa simulointimalleissa kerran kuukaudessa.

Interventiot toimivat melkein samoin. Todennäköisyydet interventioiden keskeyttämiselle ovat 10% kontakteihin perustuvassa interventiossa (Lindström ym., 2013, 289), 25% etätuetussa interventiossa (Little ym., 2017; Joiner ym., 2017, 198) ja 30% automatisoidussa interventiossa (Block ym., 2015; Everett ym., 2018, e72). Painon muutoksen jakauma on laskettu aikaisemmissa tutkimuksissa todettujen painonhallinta tavoitteiden saavuttaneiden prosenttiosuukien

perusteella (Lindström ym., 2013, 289; Block ym., 2015, e240; Little ym., 2017; Joiner ym., 2017, 195). Yksittäisen henkilön kohdalla tapahtuvan painonmuutoksen suuruus arvotaan kyseisen normaalijakauman perusteella. Interventioiden jälkeinen kolmivuotinen ylläpito toteutetaan malleissa samalla tavoin. Ylläpidon aikainen painon muutos perustuu artikkeliin Gilis-Januszewska ym. (2017) ja se toteutetaan arpomalla normaalijakautunut puolivuositainen painonmuutos.

2.6.1 iGrafx-malli

Oleellisin ero Python- ja iGrafx-mallien välillä on se, että Python-malleissa käsitellään koko väestöä, kun taas iGrafx-mallissa keskitytään pelkästään seulonnasta valikoituneeseen osaan väestöstä. Syy tähän on iGrafxin hitaus suuria joukkoja käsiteltäessä.

iGrafx-mallissa simulaatioon otetaan joka vuosi noin 5500 henkilöä, eli noin promille väestöstä. Kunkin iGrafx yksilön oletetaan vastaavan noin 50 oikeaa ihmistä, eli mallissa oletettu seulonnan läpäisyprosentti on viisi. Mallista poistuu henkilöitä kuolemalla ja interventioon päätyttömien joukosta vastaava osuus kuin samassa riskikategoriassa olevia henkilöitä päätyy seulontaan ja sitä kautta malliin mukaan. Koska malliin tulee joka vuosi sama määrä ja samoilla oletuksilla arvottua väkeä, ei malli kuvaa intervention aiheuttamaa diabetesriskin muutosta väestötasolla vaan intervention kustannusvaikutuksia.

Ikä- ja sukupuolijakauma perustuvat Tilastokeskuksen väestötietoihin (stat.fi), artikkeliin Costa ym. (2013) ja osin FinTerveys 2017 tutkimuksen tuloksiin (Koponen ym., 2018, 9). Kuolintodennäköisyydet on hankittu Tilastokeskuksen tietokannoista. Riskiryhmiin kuuluvien jaottelu korkean ja erittäin korkean riskin omaaviin perustuu Dehko-D2D-tutkimuksen aineistoon (Aarne ym., 2011, 165 - 166) ja Costa ym. (2013) tietoihin.

Mallissa käytetään HbA1c-arvoa seuraamaan diabeteksen todellista etenemistä ja sen alkuarvot ja muutokset perustuvat artikkeliin Costa ym. (2013) tutkimuksen ja FINDRISK-riskiryhmien sairastumisriskistä johdettuun muutosnopeuteen. Molemmat arvot ovat normaalijakautuneita. Malli käyttää kynnyksinä diabetekselle arvoa 6,4 prosenttiyksikköä ja prediabetekselle 5,7 prosenttiyksikköä.

2.6.2 Python-malli

Python-malli käsittelee koko Suomen väestöä laskeessaan diabeteksen hoidosta syntyviä kustannuksia, sekä interventioiden tuomia kustannussäästöjä. Python-mallissa väestön kokoa päivitetään tilastokeskuksen väestönkasvuennusteen avulla, ja väestön kuolleisuus seuraa tilastokeskuksen kuolleisuusennustetta (Tilastokeskus, a & b). Näin pyritään pitämään väestön koko ennusteiden mukaisena ja mahdollisimman aitona joukkona.

Väestölle jaetaan kerran vuodessa riskit FINDRISK-riskipisteytyksellä ja tätä pisteytystä päivitetään koko väestölle vuosittain. Riskissä olevia henkilöitä mallissa ovat 12 - 20 pistettä saaneet sekä hyvin korkean riskin henkilöitä ovat yli 20 pistettä saaneet. Riskipisteet jaetaan väestölle iän, painon, vyötärön ympärysmittan, liikunnan, ruokailutottumuksien, korkean verenpaineen, korkean verensokerin ja perinnöllisyyden mukaan, kuten FINDRISK-riskitestissä. Mallissa diabetekseen sairastuu noin 13 prosenttia väestöstä. Diagnoosit perustuvat FINDRISK-riskiarvioon 10 vuoden ajalle.

Riskipisteiden avulla ihmiset seuloutuvat interventioitavien joukkoon vuosittain ja noin viisi prosenttia koko väestöstä pääsee vuosittain interventioon Python-mallissa. Interventioihin pääsevät henkilöt jotka ovat 30 - 80 vuotiaita, joilla on riskipisteitä 12 tai enemmän ja henkilöt jotka ovat saaneet prediabeteksen. Interventioihin pääsyn ikäraja asetettiin 80 vuotta, sillä interventiotutkimukset on tehty työikäisen väestöön perustuen, jolloin interventiovaikutuksia ei pystytä todentamaan vanhemmalle ikäluokalle.

Kontaktiin perustuvaan interventioon valitaan mallissa tästä viiden prosentin väestön joukosta ne henkilöt, joilla on riskipisteitä 20 tai yli, tai jos heille on todettu prediabetes. Näistä viiden prosentin koko väestön joukosta valitaan ne, joilla on riskipisteitä 12 tai yli ja jaetaan puoliksi niin, että suuremman riskin henkilöt menevät etätuettuun interventioon ja pienemmän riskin henkilöt taas automatisoituun interventioon.

Interventioihin ei ohjata valmiiksi diabetekseen sairastuneita, vaan heidät siirretään jatkuvan seurannan ja hoidon piiriin, jota tapahtuu kuukausittain tässä mallissa. Interventiot itsessään kestävät vuoden, ja niihin seulotaan väestö kerran vuodessa. Interventioissa arvioidaan henkilön edistymistä kolmen kuukauden välein ja kuuden kuukauden välein interventiossa on seurantakäynti. Jokaista interventiossa käynnyttä seurataan vielä kolme vuotta intervention päättymisen jälkeen.

2.6.3 SimPy-malli

SimPy-malli on toteutettu edellisessä kappaleessa kuvatun Python-mallin pohjalta. Ainoa eroavaisuus Python- ja SimPy-mallissa ovat SimPyn rakenteelliset eroavaisuudet, joita ovat simulaatioajan, prosessien ja tapahtumien toteutus, jotka perustuvat simuloinnin periaatteisiin. Interventioihin jakaminen, kustannusten laskenta ja väestön päivitys tapahtuu samojen laskentakaavojen avulla kuin Python-mallissakin.

SimPy on tapahtumapohjaisten simulointimallien (DES) rakennukseen käytetty yleinen simulointikirjasto. Simulointi SimPyllä muistuttaa logiikaltaan muun muassa simulointikirjastoja: JavaSimiä ja JaamSimiä. SimPy-simulointikirjastosta löytyy vähemmän dokumentaatiota, kun verrataan esimerkiksi Python-kieleen. Tämä voi osaltaan hieman hidastaa SimPyllä simulointia. Toisaalta SimPyn oma dokumentaatio on melko kattava, ja yksinkertaisiin ongelmiin sieltä löytyy hyvin ratkaisuja.

SimPyn toimintaperiaate perustuu Pythonin generaattorifunktioihin, joissa prosessit ja tapahtumat saadaan suoritettua simulaatioajan avulla. Generaattorifunktiot eroavat tavallisista funktiosta niin, että ne prosessoivat iteroitavan asian vain kerran funktiossa ja palauttavat yhden asian kerrallaan. Generaattorifunktiot jäävät odottamaan, kunnes saavat käskyn suorittamisen jatkamisesta. Tavallinen funktio taas suorittaa itsensä ja iteroitavan asian kertaheitolla ja palauttaa lopuksi prosessoidut asiat yhtenä kappaleena, mikä voi viedä paljon muistia ja siten olla hitaampaa. Generaattorien käyttö tekee Simpystä tehokkaan simuloinnin suorittamisessa, kun kaikki prosessit ja tapahtumat ovat generaattoreita.

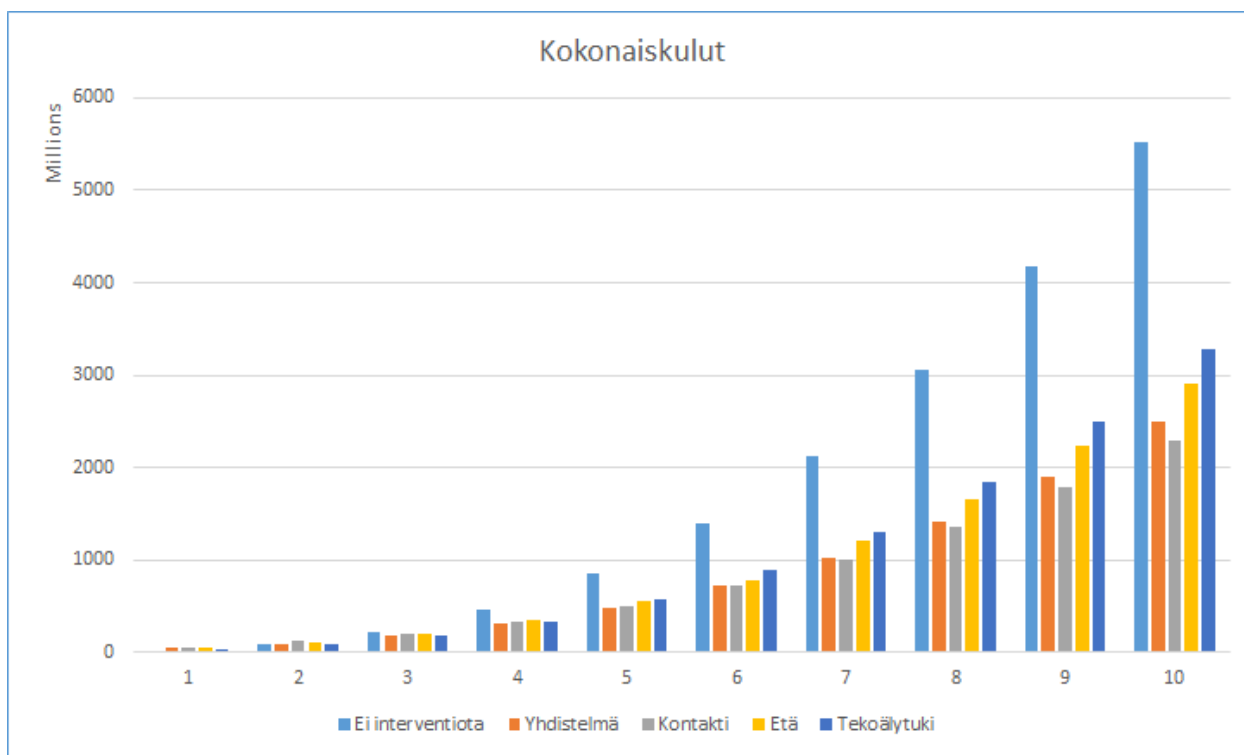
3 TULOKSET

Seuraavaksi esittelemme tutkimuksesta saatuja tuloksia diabetesta ennaltaehkäisevien interventioiden kustannussäästöistä. Tuloksissa vertaillaan iGrafx-, Python- ja SimPy-mallien tuottamia arvioita ennaltaehkäisyn säästöpotentiaalista eri interventiovaihtoehdoilla.

3.1 Interventiot vs. ei interventiota

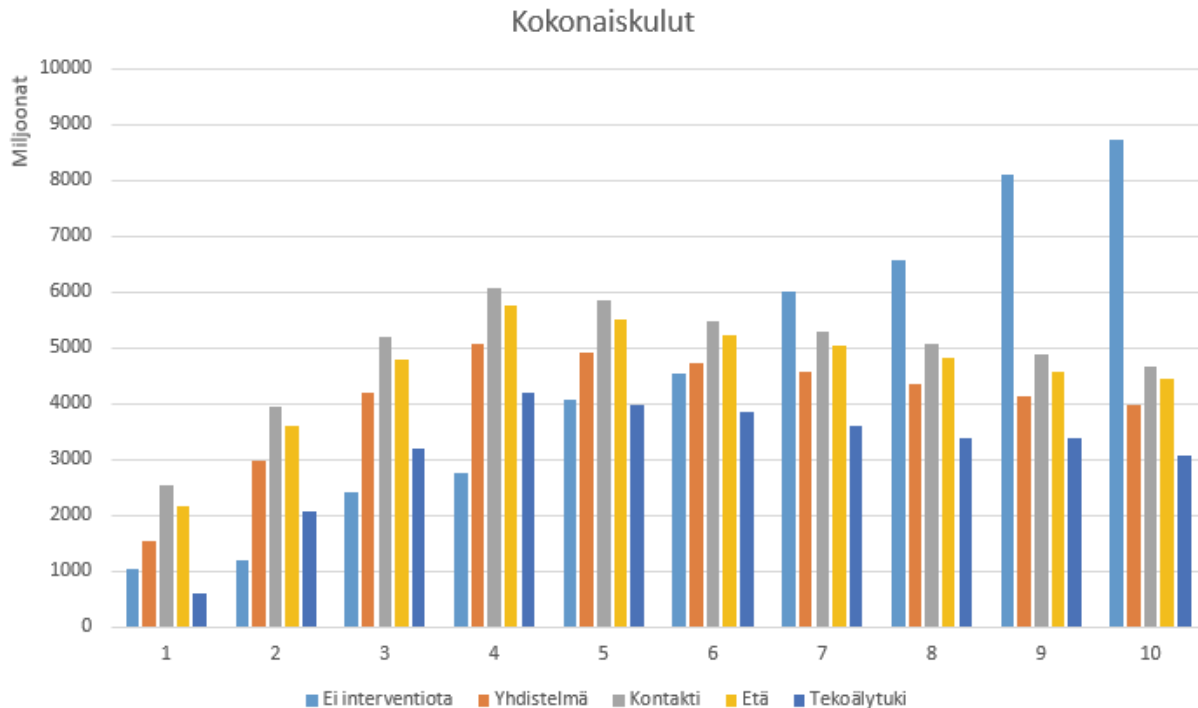
Keskeinen tutkimuskysymys oli, miten ennaltaehkäisy vaikuttaa diabetekseen sairastuvuuteen ja siitä seuraaviin kustannuksiin korkean riskin henkilöillä. Simulaatiomalli arvioi näitä vaikutuksia 10 vuoden aikajänteellä. Interventioiden kulut koostuvat kolmesta pääryhmästä: seulonta, interventio ja seuranta. Lisäksi, jos verrataan interventioiden kustannusvaikutusta tilanteeseen, missä interventiota ei ole, on intervention kuluihin laskettava myös siitä huolimatta sairastuneiden diabeteksen hoitokulut.

Interventioista alkaa kertyä kuluja alusta alkaen, mutta säästöt tulevat myöhemmin. Tutkimuksen pääkysymyksiin kuului, kuinka kauan kestää ennen kuin interventioiden tuomat säästöt kattavat niihin uponneet investoinnit. iGrafx-mallissa interventioiden kokonaiskulut olivat aluksi korkeammat kuin “ei interventiota” -vaihtoehdon kulut, mutta tilanne kääntyi nopeasti päinvastaiseksi. Jo kolmannesta vuodesta alkaen interventioiden kokonaiskulut jäivät pienemmiksi kuin ilman interventioita suoritettu simulointi (KUVIO 3).



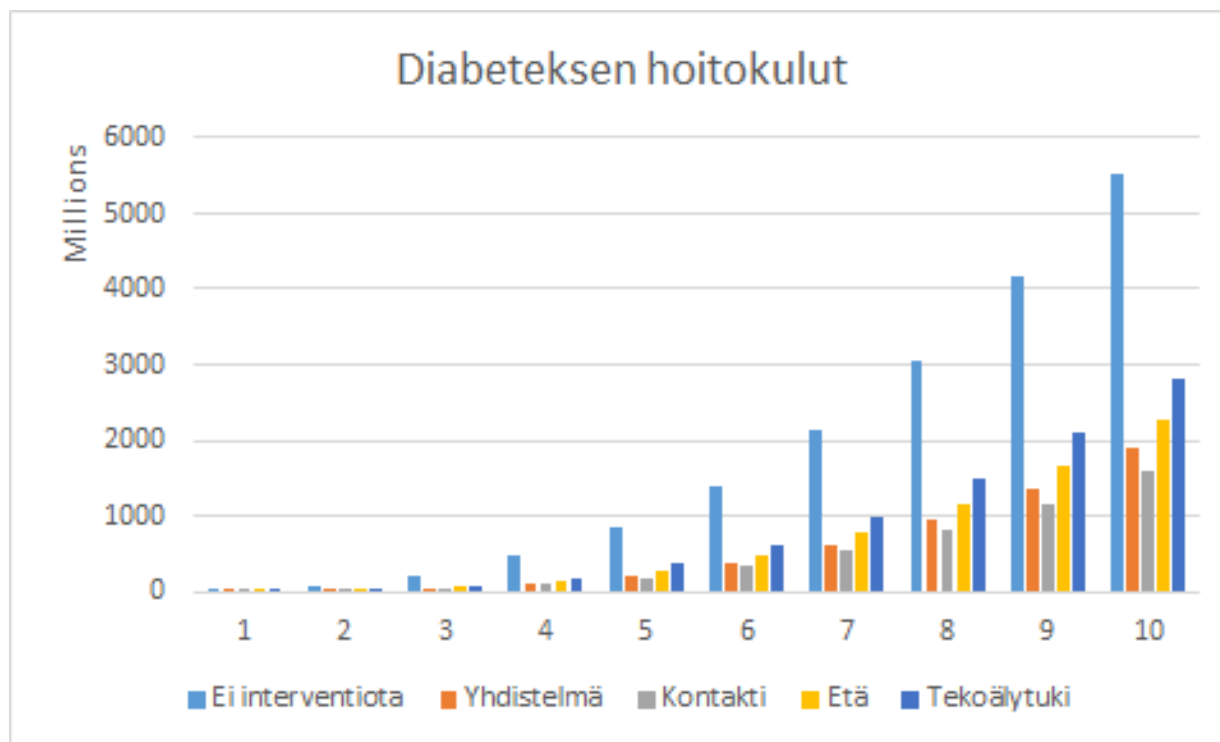
KUVIO 3. Kokonaiskulut iGrafx-mallilla

Python-mallissa, joka perustuu koko väestöllä toteutettuun simulointiin, ei-interventiota vaihtoehdon kokonaiskustannukset ovat ensimmäisen seitsemän vuoden ajan matalammat kuin kaikkien interventioiden, mutta tämän jälkeen kokonaiskulujen suhde kääntyy päinvastaiseksi (KUVIO 4).

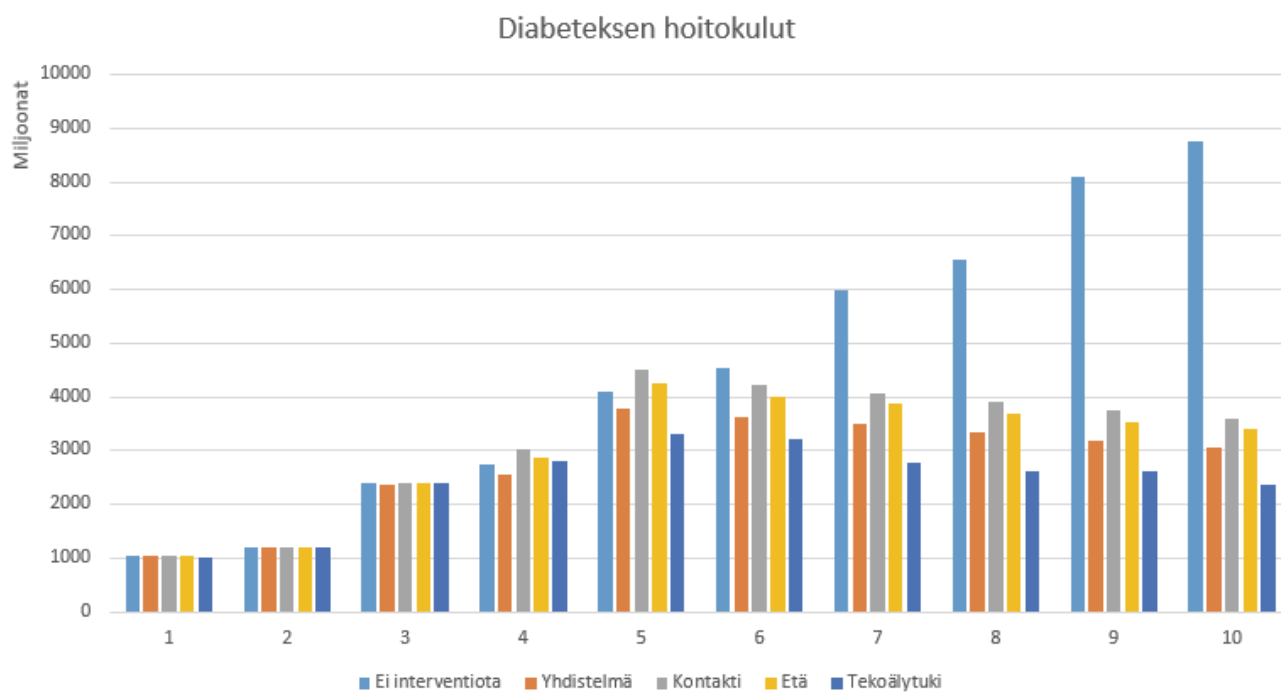


KUVIO 4. Kokonaiskulut Python-mallilla

Merkittävin yksittäinen kuluerä kaikissa interventioissa, ensimmäisiä vuosia lukuun ottamatta, oli diabeteksen hoitokulut. Hoitokulut olivat odotetusti samalla kuitenkin aina pienemmät kuin ilman interventiota (KUVIO 5). Tämä erotus tuotti interventioiden säästöt. iGrafx-mallissa ero hoitokuluissa interventioiden ja ilman interventiota olevan riskiryhmän välillä on selkeä jo kolmannelta vuodelta alkaen. Kokonaisuutena sekä interventioiden että ilman interventioita olevien mallien hoidon kustannukset kasvavat koko 10 vuoden arviointijakson ajan. Python-mallissa kulujen kehitys interventioväestössä kääntyy laskuun kuudennen vuoden kohdalla (KUVIO 6).



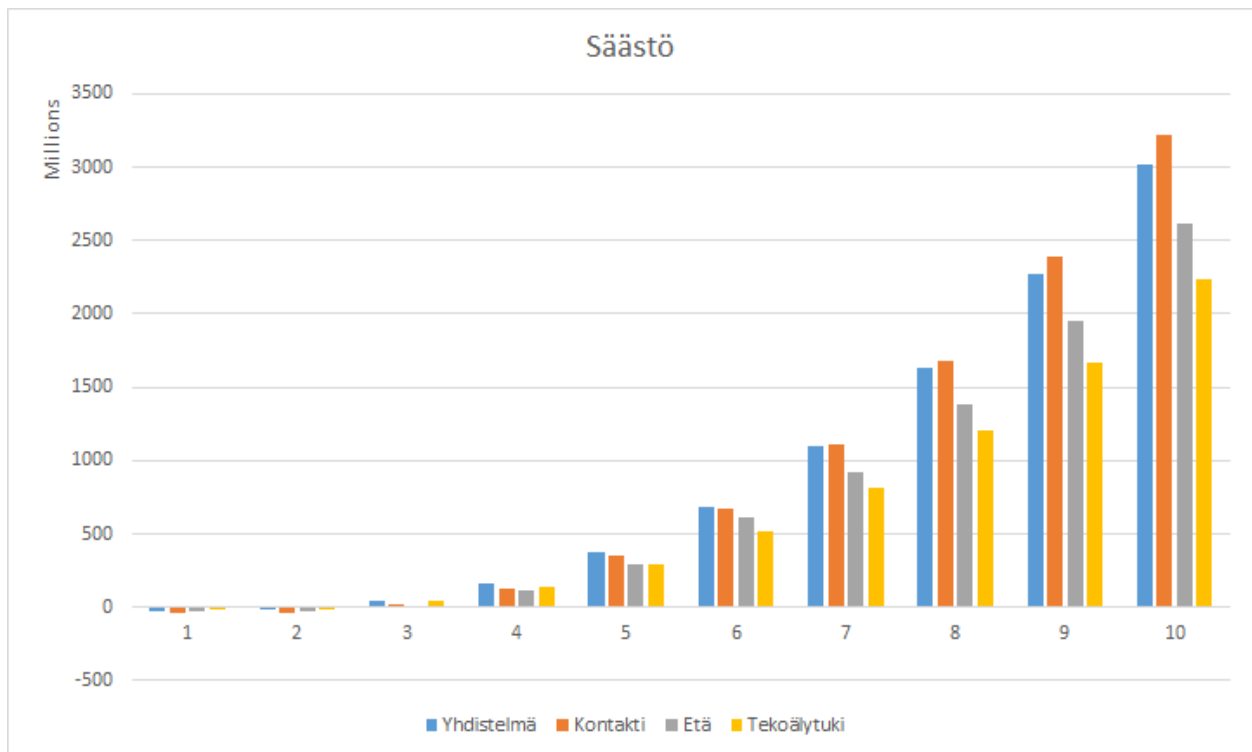
KUVIO 5. Diabeteksen hoitokulut IGrafx-mallilla



KUVIO 6. Diabeteksen hoitokulut Python-mallilla

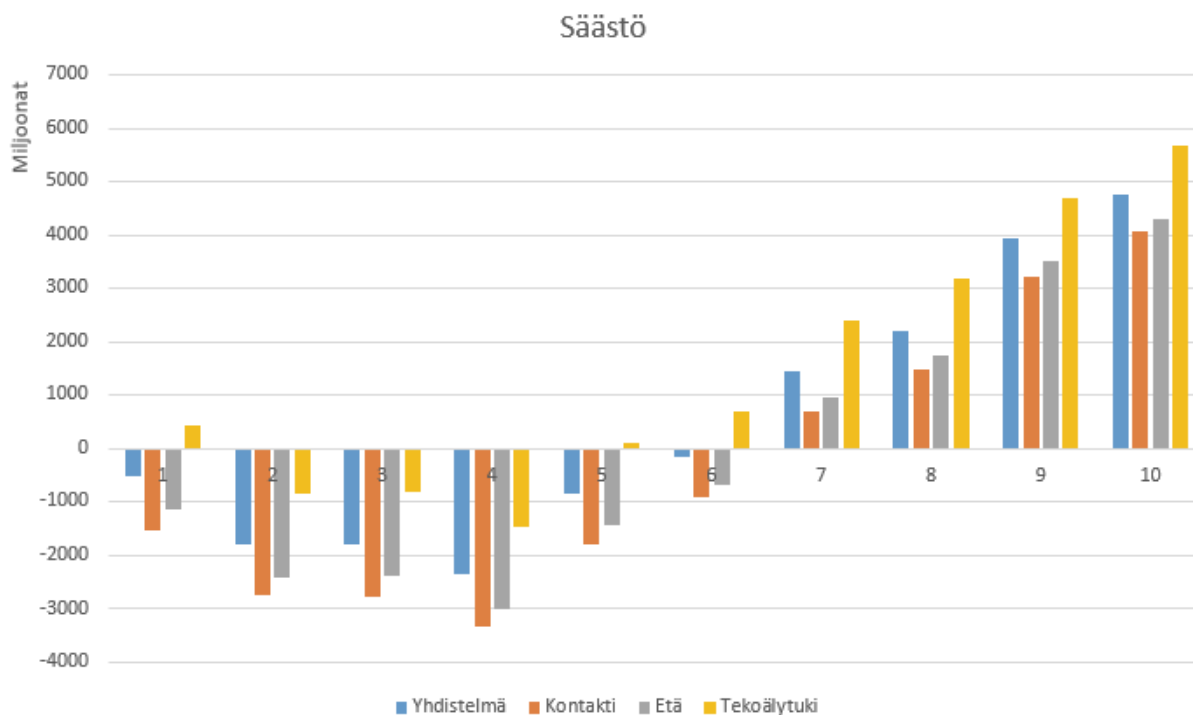
Säästöjen ohella diabeteksen hoitokulujen laskeminen kertoo taudin kontrolloinnista. Vähenevät hoitokulut merkitsevät suoraan vähemmän diabetestapauksia. Interventioihin osallistuneiden joukossa on enemmän henkilöitä, joilta taudin puhkeaminen saadaan ennaltaehkäistyä tai ainakin viivästettyä.

iGrafx-mallissa interventioiden tuoma säästö kumuloitui nopeasti ja oli lopussa samaa luokkaa interventioiden kokonaiskulujen kanssa (KUVIO 7). Kaikki interventiot tuottivat huomattavaa säästöä ja niiden kulut olivat lähempänä toisiaan kuin ilman interventioita suoritetun vaihtoehdon kulut. Interventioiden kokonaiskulujen kasvu oli myös sitä suurempaa, mitä vähemmän niistä koitui aluksi kuluja. Tämä trendi on nähtävissä iGrafx-mallissa kuudennesta vuodesta eteenpäin.



KUVIO 7. Säästö iGrafx-mallilla

Python-mallissa säästöt alkoivat kumuloitua kaikissa interventiovaihtoehdoissa seitsemännestä vuodesta alkaen, jonka jälkeen säästöjen kasvu on lineaarista (KUVIO 8). Kymmenen vuoden kohdalla Python-mallissa tekoälytuki ja interventioiden yhdistelmä tuottivat suurimmat säästöt, kun taas iGrafx-mallissa kontakti-interventio ja yhdistelmä toivat eniten säästöjä.



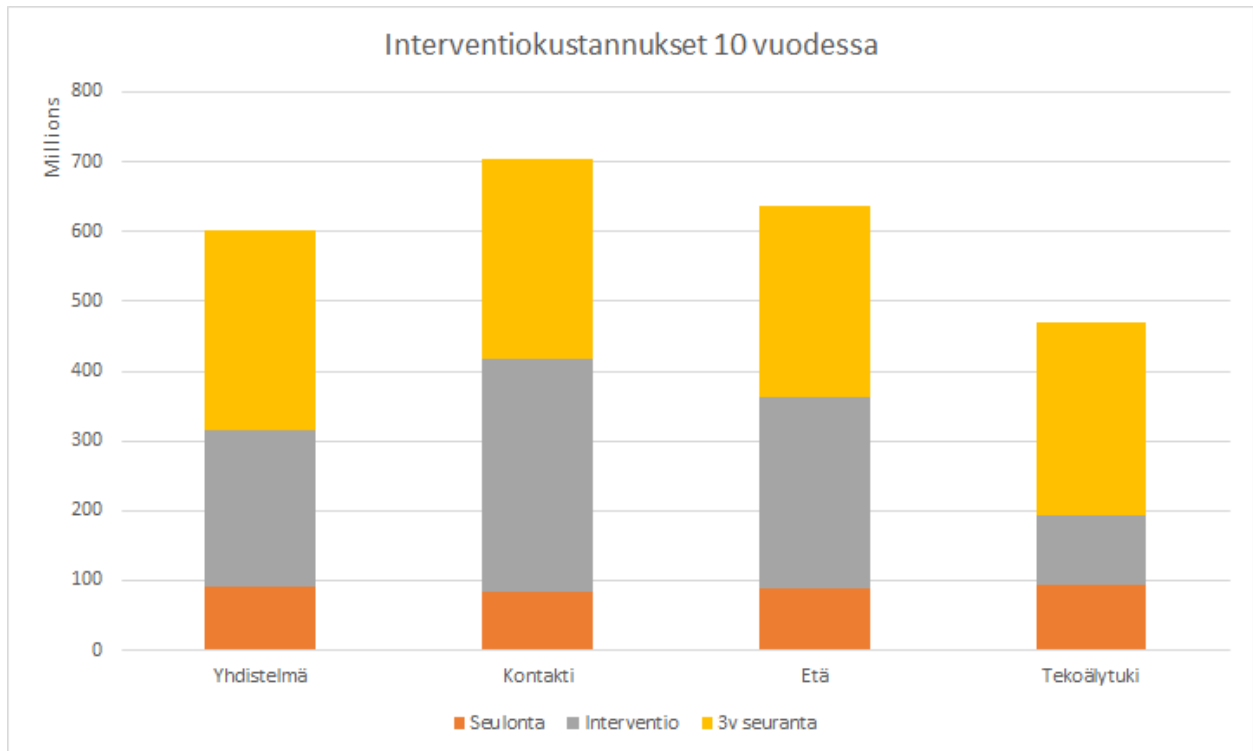
KUVIO 8. Säästö Python-mallilla

3.2 Eri interventiovaihtoehdot

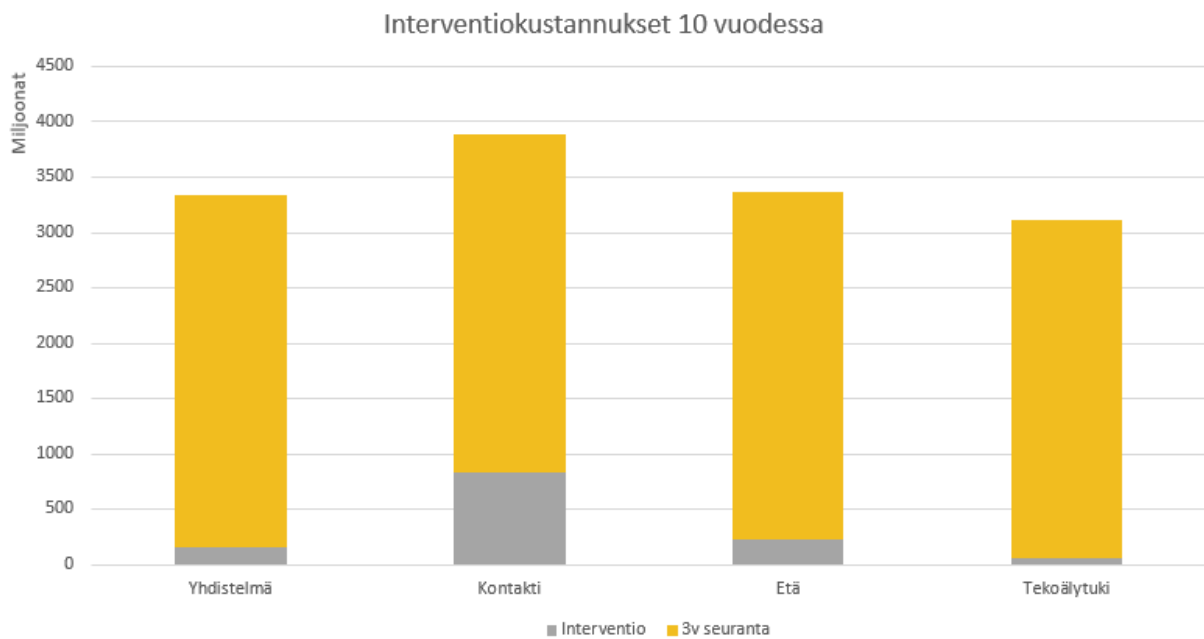
Vertailtaessa IGrafx-mallissa kolmen eri interventiovaihtoehdon ja niiden yhdistelmän kuluja, säästöpotentiaalia ja toimivuutta, havaitaan ensinnäkin kaikkien toimivan onnistuneesti ja tuottavan säästöjä jo muutaman vuoden kuluessa. Toinen merkityksellinen seikka on kulujen korrelaatio säästöjen kanssa, eli mitä kalliimpi interventio on, sitä suurempi säästö sillä saavutetaan.

KUVIO:ssa 9 -Interventiokustannukset, esitetään interventioiden aiheuttama kustannuslisä ja sen jakautuminen seulonnan, intervention ja seurannan välillä. Kulut kasvoivat lähes lineaarisesti, tosin seurannan kulut alkavat kasvaa vasta vuoden kuluttua intervention aloittamisesta ja pääsevät täyteen kasvuvauhtiinsa neljänteen vuoteen mennessä.

Vastaava tarkastelu kulujen jakautumisesta Python-mallissa osoittaa, että aktiivisen interventiovaiheen jälkeinen seuranta tuottaa valtaosan 10 vuoden aikana kumuloituvista kustannuksista (KUVIO 10). Python-mallissa seulonnan kustannukset sisältyvät intervention kustannuksiin.



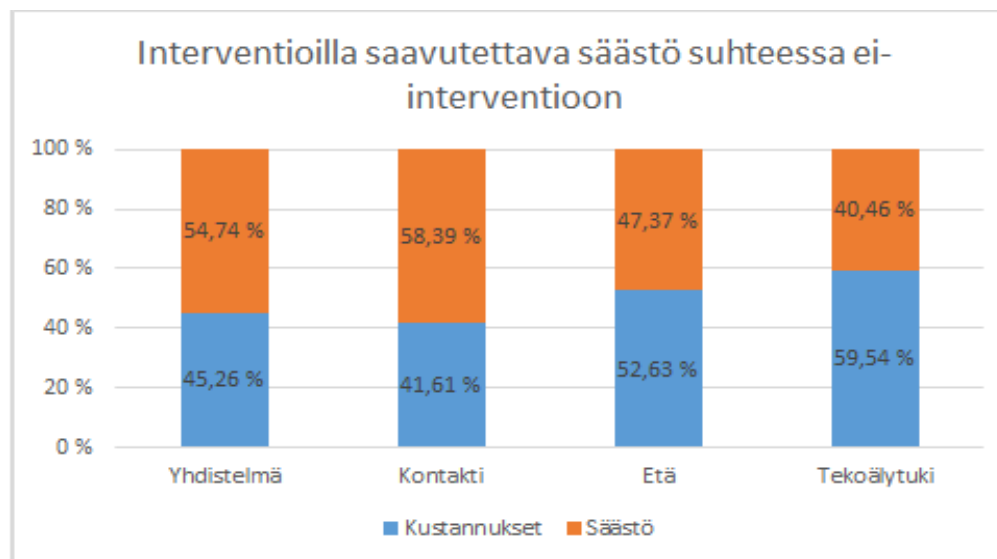
KUVIO 9. Interventiokustannukset iGrafx-mallilla



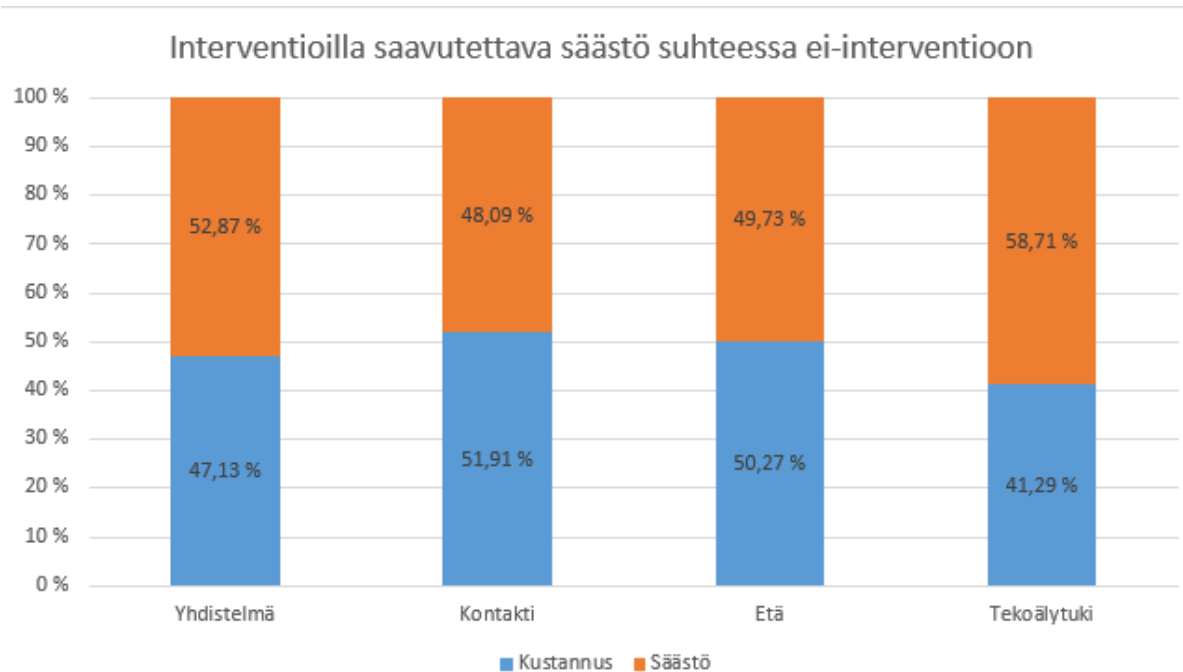
KUVIO 10. Interventiokustannukset Python-mallilla

KUVIO:ssa 11 on esitettyä iGrafx-mallissa eri interventioiden säästö 10 vuodessa suhteessa tilanteeseen, jossa interventiota ei toteuteta. Suurimman säästön tuottaa kasvokkain toteutettava interventio. Säästöpotentiaali on hieman yli 58%. Toiseksi suurin säästö saadaan kaikkien interventioiden yhdistelmällä. Pienin säästö, joskin merkittävä sekin, saadaan tekoälytuetulla interventiolla.

Python-mallissa säästöjen suhteelliset osuudet, eroavat siten, että arvioidut säästöt ovat hieman matalammat kuin iGrafx-mallissa, mutta silti lähes 40 - 50% verrattuna tilanteeseen, jossa interventiota ei ole.



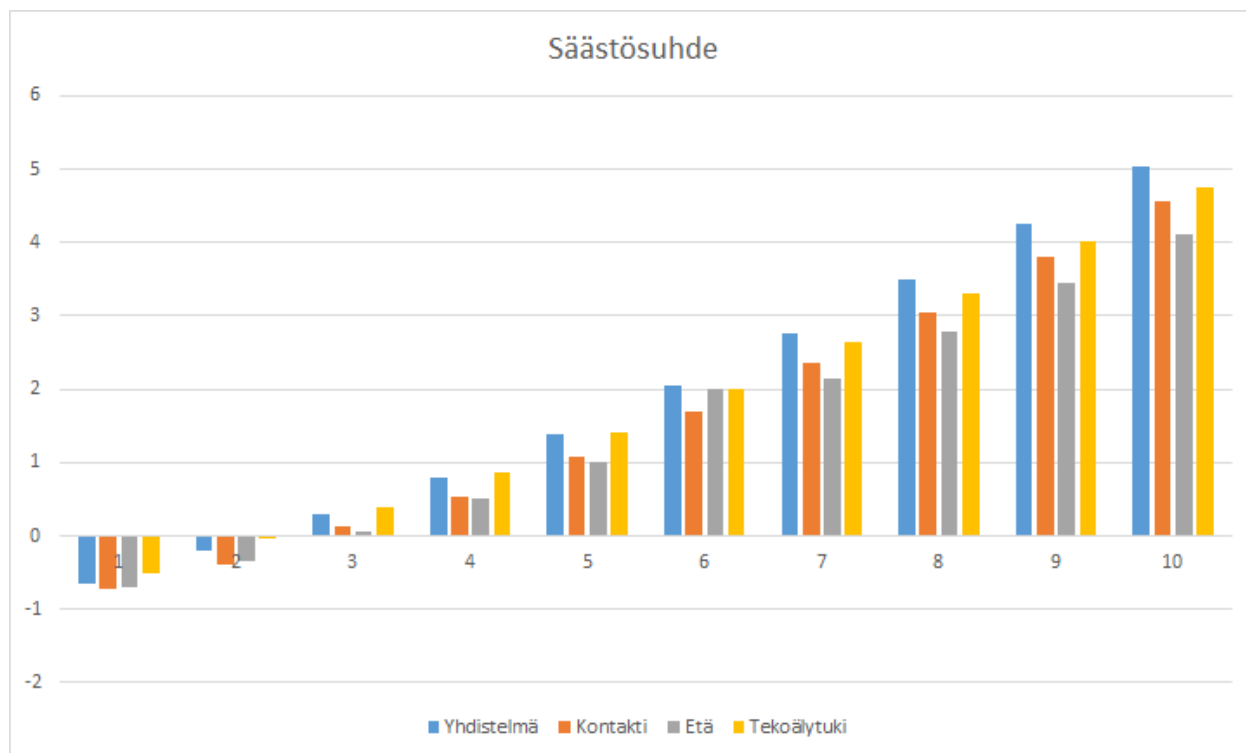
KUVIO 11. Kokonaissäästöt eri interventiolla 10 vuodessa iGrafx-mallilla



KUVIO 12. Kokonaissäästöt eri interventioilla 10 vuodessa Python-mallilla

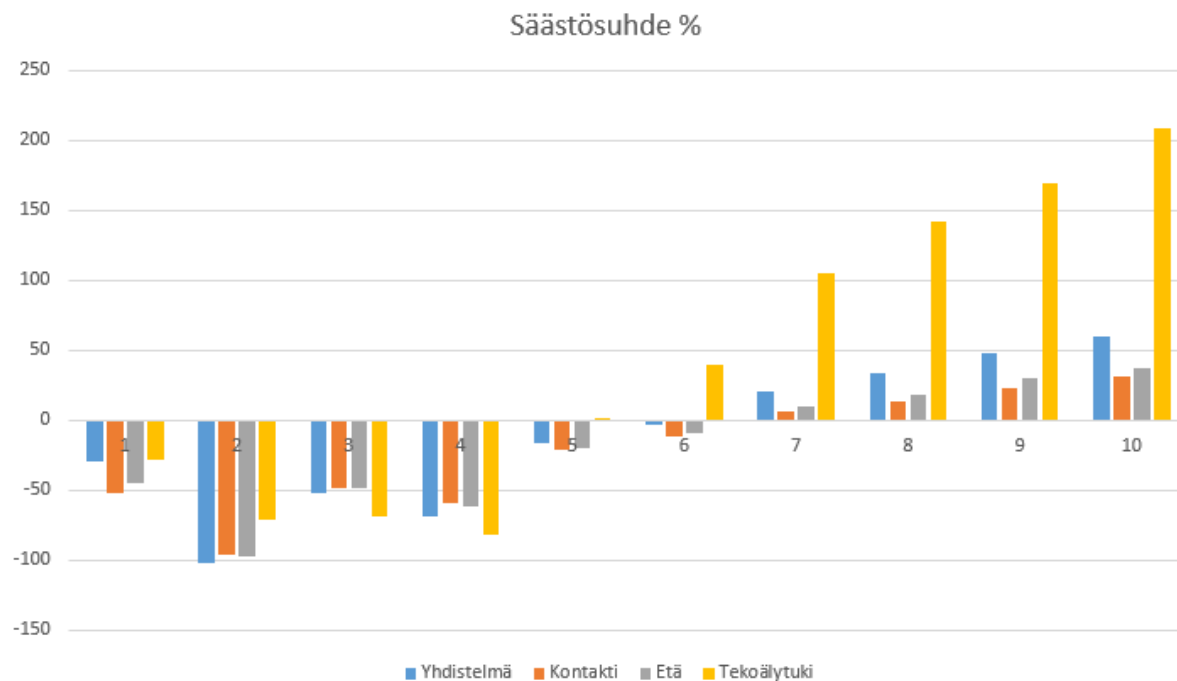
Kokonaissäästöjen lisäksi tärkeää on tarkastella myös säästösuhdetta. Tämä on esitetty KUVIO:ssa 8. Säästösuhde kertoo, kuinka monta euroa jokaista sijoitettua euroa kohden kertyy säästöjä. Nollalinjalla säästöt vastaavat intervention aiheuttamia lisäkuluja, tasolla 1 säästöjä kertyy lisäkulojen verran enemmän kuin kuluja jne. KUVIO:sta 13 voidaan nähdä, että iGrafx-mallissa kustannukset ylittävät aluksi säästöt ja kolmannesta vuodesta eteenpäin säästöt ylittävät kustannukset. Huomionarvoista on myös se, että taaskin kaikki interventiot tuottavat säästöjä lähes yhtä tehokkaasti ja säästösuhteen kasvu on tasaista (KUVIO 13).

Kokonaissäästöistä poiketen säästösuhteeltaan parhaat interventiomallit näyttäisivät olevan kaikkien mallien yhdistelmä ja kokonaan automaattisesti ohjattu interventio. Tosin lähikontaktilla toteutetun elämäntapaohjauksen säästösuhde kasvaa hieman nopeammin kuin tekoälytuetun, ja kymmenen vuoden simulaation perusteella se oletettavasti saavuttaisi tekoälytuetun noin 15 vuoden kieppeillä.



KUVIO 13. Säästösuhde IGrafX-mallilla

Python-mallissa säästöjä alkaa kertyä seitsemäntenä vuonna. Selkeä ero IGrafX-malliin on eri interventioiden säästösuhteissa. Python-mallissa tekoälytuki erottuu muista interventiovaihtoehdoista suuremmalla säästösuhdeella, kun taas kontakti-intervention säästösuhde on matalin (KUVIO 14).



KUVIO 14. Säästösuhde Python-mallilla

3.3 SimPy- ja Python-mallin vertailun tulokset

Koska SimPy- ja Python-malleissa käytetään samoja parametrejä ja laskentafunktioita, päädyttiin lopputuloksissa samoihin lukumääriin. Näin ollen SimPy- ja Python-mallin eroja vertaillaan vain niiden tehokkuuden, eli simulointimallien suorittamisen keston avulla. Vertailu tehtiin ajamalla simulaatiomallia kymmenen vuoden ajan kaikille interventioille, joka oli laskennallisesti vaativin ja aikaavievin osuus. Vertailu suoritettiin yhdellä koneella vertailun validiteetin vuoksi. Koska koko Suomen väestön ajaminen ei ajankäytöllisistä syistä ollut mahdollista tehtiin vertailua mallien kesken usealle erikokoiselle väestömäärälle.

Kuten taulukosta 5 nähdään, on Simpy-malli hieman Python-mallia nopeampi jokaisessa erikokoisessa väestökoon otannassa. Vaikka malleilla ei kovin suuria eroavaisuuksia funktioissa ja laskentakaavoissa ole, on SimPy joka simulointikerralla nopeampi.

Taulukko 5: Keskimääräinen eroavaisuus simulointimallien suorituksen kestossa Simpy- ja Python-mallilla.

Simulointimalleissa käytetty Suomen väestön osuus:	Suoritusnopeus, kaikki interventiot, Python-malli	Suoritusnopeus, kaikki interventiot, SimPy-malli
Koko väestön koko * 0.001	45,4 sec	42,4 sec
Koko väestön koko * 0.01	464,3 sec	431,5 sec
Koko väestön koko * 0.1	5215,4 sec	4895,9 sec

Kuten taulukosta 5 nähdään, vertailtiin mallien suoritusnopeutta ensin 0,1 % osuudelle koko Suomen väestöstä. Pienellä väestömäärällä suoritusnopeus ei ole järin suuri, vain muutamia sekunteja. Kun malleja vertailtiin 1 % väestöosuudelle oli suoritusnopeus eroa malleilla noin 30 sekuntia. 10% väestön osuudessa malleille kertyi suoritusnopeuksissa eroa noin 300 sekuntia.

Mitä suurempi väestökoko otetaan simuloitavaksi, sitä suuremmaksi SimPy- ja Python-mallin ero suoritusnopeudessa näyttäisi kasvavan sekunneissa. Kuitenkin suhteellinen suoritusnopeuden ero eri väestömäärillä pysyy vakaana, kuten taulukosta 6 nähdään. SimPy- ja Python-mallien suhteellinen ero suoritusnopeudessa simulointimallille on keskimäärin seitsemän prosenttia.

Taulukko 6: SimPy- ja Python-mallin suhteellinen eroavaisuus

Simulointimalleissa käytetty Suomen väestön osuus:	Suhteellinen ero SimPy- ja Python-malleissa
Koko väestön koko * 0.001	6,6 %
Koko väestön koko * 0.01	7,0 %
Koko väestön koko * 0.1	6,1 %

4 POHDINTA

4.1 Keskeiset tulokset

Simulaatiomallinnuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia kustannusvaikutuksia on diabetesta ennaltaehkäisevillä interventioilla verrattuna tilanteeseen, jossa interventioita ei toteuteta lainkaan. Tulokset osoittivat, että jo kolmannelta vuodesta alkaen kaikkien interventioiden kulut olivat matalammat kuin tilanne ilman interventioita. Vertailtavissa kustannuksissa otettiin huomioon riskiryhmän seulonta, intervention toteutus, seurantamittaukset, ylläpidon tuki ja sairastuneiden hoitokustannukset. Kymmenen vuoden kohdalla sairastapausten ennaltaehkäisystä kertyneen säästön myötä interventiomallit olivat noin puolet edullisempia kuin tilanne ilman interventioita. Säästösuhde oli samankaltainen sekä iGrafx- että Python-malleissa.

Keskeiset erot mallien välillä tulivat esille säästöjen kumuloitumisen alkamisajankohdassa ja nopeudessa sekä arvioissa eri interventiovaihtoehtojen suhteellisesta säästöpotentiaalista. Python-mallissa mukana on koko väestö ja interventioihin ohjautuva riskiryhmä valitaan matalammilla FINRISKI-arvoilla. Myös interventioiden kattavuus on laajempi, sillä tekoälytuettuun interventioon osallistujamäärää ei ole rajoitettu. Skaalautuvuuden vuoksi tekoälytuettu-interventio näyttääkin tuottavan Python-mallin simulaatiossa huomattavasti suurempia säästöt kuin iGrafx-mallissa, jossa sisäänotettavaa väestömäärää on rajattu. Python-mallissa interventioiden tehokkuuden välillä on kaikkiaan suurempaa vaihtelua kuin iGrafx-mallissa. Interventioiden toteutuksen aiheuttama kustannuslisä 10 vuodessa oli samanlainen sekä iGrafx- että Python-malleissa, jos seurannan tuottamia kustannuksia ei oteta huomioon. Huomionarvoinen ero iGrafx- ja Python-malleissa on se, että Python-simulaation perusteella voidaan havaita interventioiden kokonaiskulujen kääntyvän laskuun neljän vuoden kohdalla 10 vuoden tarkastelujaksosta, kun taas iGrafx mallissa kokonaiskustannusten kasvu jatkuu. Tulosta voi selittää se, että Python-mallissa ennaltaehkäisevien interventioiden vaikutukset on mahdollista havaita väestötasolla, mutta iGrafx-mallissa vuosittain interventioihin seulottavan riskiryhmän ominaisuudet ovat samankaltaiset koko tarkastelujakson ajan, jolloin interventioiden laajempi kansanterveydellinen vaikutus ei tule mallissa esille.

Interventiot toimivat odotetusti siten, että kaikki elämäntapaohjauksen toteutustavat ehkäisivät sairastumista ja vähensivät diabeteksen hoitoon tarvittavia kustannuksia. Interventioiden vertailussa havaittiin, että mitä kalliimpi interventio oli, sitä enemmän se tuotti säästöä vältettyjen sairastapausten kautta. Tuloksiin vaikuttaa oletettu intervention vaikuttavuus, mutta myös interventioiden valinnassa käytetty priorisointimenetelmä. Erittäin korkean riskin henkilöistä enemmistö ohjattiin kontakti-interventioon ja vain viidesosa etätuettuun interventioon. Tekoälytuettuun interventioon ei ohjattu lainkaan erittäin korkean riskin henkilöitä. Toteutukseltaan kallein interventio, eli tässä tapauksessa kontakti-interventio, on

tutkimustiedon perusteella vaikuttavin ennaltaehkäisyn tukimuoto. Näin ollen erittäin korkean riskin henkilöille tarjottaessa kontakti-interventio tuottaa huomattavia hyötyjä.

Simuloitujen interventioiden kokonaiskulujen kasvu oli iGrafx-mallissa sitä suurempaa, mitä vähemmän niistä koitui aluksi kuluja. Jos resursseja olisi rajattomasti, kontakti-interventio olisi hyvin tehokas vähentämään sairastumista ja tuottaisi pitkällä aikavälillä säästöjä hoitokustannuksissa. Käytännössä mahdollisuudet järjestää henkilökohtaisiin tapaamisiin perustuvia elämäntaparyhmiä ovat rajalliset, eivätkä kaikki halua osallistua kontakti-interventioon. Palveluvalikoiman laajentaminen etätuetulla mallilla ja tekoälysovelluksilla näyttäisi olevan kannatettava vaihtoehto sekä asiakaslähtöisyyden että kustannusten näkökulmasta. Huomionarvoista on, että kaikkia toteutustapoja yhdistävän mallin säästösuhde osoittautui simuloinnissa paremmaksi kuin yhdenkään intervention toteuttaminen yksinään. Simulointimallin mukaan, kymmenen vuoden kohdalla eri toteutustapojen yhdistelmä voisi tuottaa säästöjä viisi yksikköä yhtä investoitua yksikköä kohden.

4.2 Tulosten luotettavuus

4.2.1 Validiteetti

Luotettavien tulosten saamiseksi, mallin suunnittelu ja toteutus edellyttävät hyvää ymmärrystä käytetystä menetelmästä ja mallinnettavasta ilmiöstä. Puutteet mallin rakenteessa, parametreissa tai laskentafunktioissa voivat altistaa harhaanjohtaville tuloksille. Tässä tutkimuksessa käytetyn mallin validiteettia ja tulosten luotettavuutta voidaan arvioida tarkastelemalla ensiksi mallinnettavien interventioiden rakennetta ja oletuksia. Toistettavuutta, läpinäkyvyyttä ja validiteetin arviointia varten mallinnuksessa käytetyt lähtöparametrit ja mallin rakenne on kuvattu menetelmäosassa mahdollisimman tarkasti. Tutkimuksen tarkoituksena oli teoreettisten, mutta reaali maailman toteutusta vastaavien interventioiden vertailu. Simuloitavat interventiot rakennettiin tutkimusnäytön perusteella, niin että seuraamalla lähdeinterventioiden protokollaa, voidaan odottaa muutoksia riskitekijöissä (Tuomilehto ym., 2001, 1347; National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine, 2002). Interventioiden perusrunko ja tapahtumat noudattivat suomalaisissa tutkimuksissa vaikuttavaksi osoitettua diabeteksen ennaltaehkäisyn mallia (Tuomilehto ym., 2001, 1345; Lindström ym., 2013, 287). Suomessa ei toistaiseksi ole systemaattisesti arvioitu digitaalisesti toteutetun elämäntapaohjauksen vaikuttavuutta, joten etätuetun ja tekoälypohjaisen mallin lähdetiedot haettiin kansainvälisistä tutkimuksista. Myös kustannusarviot jouduttiin tekemään osittain kansainvälisten lähteiden perusteella. Kansainvälisten lähteiden valuutat muutettiin vuoden 2018 euroiksi. Interventiot suunniteltiin niin, että kaikki ne soveltuisivat toteutettavaksi suomalaisessa toimintaympäristössä joko olemassa olevilla resursseilla tai kehitystyön myötä, mikäli tarvittava teknologia olisi käytössä.

Toinen keskeinen tulosten luotettavuuteen vaikuttava tekijä liittyy käytettyjen lähdetietojen yhteensopivuuteen ja parametrien tarkkuuteen. Malli sisältää lähtötietoja useista eri tutkimuksista ja aineistoista. Näin ollen vertailtavien interventioiden vaikuttavuutta ja kustannuksia koskevat tiedot eivät ole kaikissa suhteissa yhteismitallisia. Aikaisemmissa interventiotutkimuksissa on raportoitu samasta aineistosta vain osittain niitä tietoja, joita yhtenäisen mallin rakentaminen edellyttäisi. Jotta intervention toteutusta ja kustannuksia voidaan mallintaa realistisesti, tutkimuksista tarvitaan tiedot intervention vaikuttavuudesta kuten painon muutos ja HbA1c-arvo sekä tiedot osallistujien motivaatiosta ja sitoutumisesta ohjelmaan kuten adherenssi ja drop-out -määrä. Yksilöllisten tapahtumaketjujen mallintamista varten tarvittaisiin myös tieto ohjelmaan sitoutumisen yhteydestä terveystuloksiin ja kustannuksiin. Kustannusvaikutusten laskemiseen tulisi olla tiedot intervention tapahtumien kustannuksista riittävällä tarkkuudella, muun muassa henkilöstöressurssien tarve, ohjauksetojen hinnat, toteutustapa, teknologian käyttö, varusteet, seurantamittausten tiheys ja hinnat. Tässä tutkimuksessa interventioiden mallintamisessa otettiin huomioon vain toteutukseen liittyvät kulut, eikä mukaan laskettu esimerkiksi tekoälytuetun järjestelmän rakentamiseen tarvittavia alkuinvestointeja tai etätuen vaatimia laitteita. Toisaalta, kustannukset eivät sisällä myöskään kontakti-intervention kehitystyöhön käytettyjä resursseja.

Terveydenhuollon yksikkökustannukset sisältävät tiedot terveydenhuollon henkilöstön tuntihinnoista, kun taas terveyden edistämisen ja elämäntapaohjauksen toteuttamiseen voi osallistua myös muita ammattiryhmiä kuten liikunnanohjaajat. Kustannusten arvioinnin näkökulmasta hintatiedot ovat osittain vanhentuneet, eivätkä sisällä soveltuvaa tietoa digitaalisten palveluiden ja etätuen kustannuksista. Tämän vuoksi käytetyt hintatiedot saattavat jonkin verran yli- tai aliarvioida digitaalisen interventiomallin kustannuksia. Yhden kontakti- ja etätukikerran hinta päädyttiin asettamaan 10 euroon, joka vastaa Keski-Suomen sairaanhoitopiirin tutkimuksessa laskettua arviota elämäntaparyhmän osallistujakohtaisesta hinnasta (Lumiaho ym., 2015, 38). Jatkossa olisi mahdollista arvioida luotettavammin interventioiden skaalautuvuutta ja kustannusvaikutuksia, jos tutkimuksista olisi saatavilla tarkempia hintatietoja.

Kolmas luotettavuuden arviointiin liittyvä tekijä on vertailtavuus interventioiden vaikuttavuudessa. Tutkimusnäyttöä uusista interventioista ei ole vielä ehtinyt kumuloitua, niin että vaikuttavuutta voisi vertailla yhdenmukaisesti. Perinteisistä kontakti-interventioista on seurantatietoa yli kymmenen vuoden ajalta, ja muutkin raportoidut tiedot kattavat suurimman osan mallin vaatimista parametreista (muun muassa Lindström ym., 2013, 287). Etätuetuista interventioista vastaavaa tietoa ei vielä ole, puhumattakaan tekoälypohjaisista interventioista. Tutkimustulosten niukkuus saattaa aiheuttaa digitaalisten interventioiden vaikuttavuuden yliarvointia. Etenkin tekoälypohjaisen intervention vaikutukset ovat varsin lyhyeltä

arviointijaksolta. Tulosten tulkinnassa mielekkäintä onkin tarkastella kustannusvaikutuksia kokonaisuutena, siten että oletetaan kaikkien interventiovaihtoehtojen olevan käytössä. Tekoälytuettu malli todennäköisesti tuottaa muihin interventioihin verrattuna yksilötasolla pienemmän terveyshyödyn, mutta sillä saattaa olla skaalautuvuuden myötä kansanterveydellisiä vaikutuksia. Esimerkiksi, mikäli digitaalisilla valmennusohjelmilla voidaan ehkäistä tuhansien ihmisten joukossa painon vähittäinen kertyminen, esimerkiksi henkilölle 0,5 kg vuodessa, on tällä jo 10 vuodessa huomattavia vaikutuksia myös diabetesriskiin.

Neljäs tulosten tulkinnassa huomioitava seikka on intervention valintatilanne. Kaikissa interventiomalleissa vuoden interventiota edeltää tilanne, jossa tehdään päätös intervention valinnasta. Mikäli tilanteeseen liittyy ammattilainen, tapahtuma voidaan katsoa mini-interventioksi, jolla on jo mahdollisesti itsenäisiä vaikutuksia (Kuninkaanniemi, 2018, 20). Etenkin tekoälytuetussa mallissa omatoimista toteutusta edeltävä asiantuntijakontakti saattaa lisätä todennäköisyyttä elämäntapamuutosten aloittamiselle ja interventioon sitoutumiselle, jos verrataan tilanteeseen, jossa tekoälysovelluksen käyttöönotto on kokonaan itsenäistä. Toinen tekoälytuetun intervention vaikuttavuutta parantava elementti mallissa on muutosten ylläpidon tuki, joka sisältää kaikissa interventioissa puolen vuoden välein kontrollitapaamiset ammattilaisten kanssa. Näin ollen myös tekoälytuettuun interventioon liittyy asiantuntijakontakteja. Seuranta lisää huomattavasti etenkin tekoälytuetun mallin kokonaiskustannuksia 10 vuoden ajalta. Sekä muutosten toteuttamisen, että niiden ylläpidon tukeminen on perusteltua, sillä mikäli riskitekijät palautuvat, myös interventioihin investoidut varat menetetään. Optimaalista suhdetta intervention intensiteetin ja seurannan pituuden välillä on tarpeen arvioida, jotta interventiot olisivat kustannusvaikuttavia ja toteutettavia käytännössä.

4.2.2 Tutkimuksen vahvuudet

Elämäntapamuutokset ovat monivaiheisia tapahtumaketjuja, eivätkä niinkään lineaarisesti eteneviä prosesseja. Yksilön ominaisuudet, kuten terveydentila lähtötilanteessa, motivaatio ja sosiodemografiset saattavat vaikuttaa intervention todennäköisiin vaikutuksiin. Ennaltaehkäisevän toiminnan suunnittelua varten onkin hyödyllistä ymmärtää, miten interventioiden sisältämät tapahtumat ja tapahtumaketjut vaikuttavat odotettuihin terveystuloksiin. Tutkimuksessa käytettiin tapahtumapohjaista simulointia, jolla on interventioiden kustannusvaikutusten mallintamisessa useita vahvuuksia (Caro ym., 2010, 1056). Vaikka menetelmää on toistaiseksi käytetty melko vähän elämäntapaohjauksen mallintamiseen, se osoittautui hyvin soveltuvaksi tähän tarkoitukseen. Tapahtumapohjainen malli mahdollistaa terveydentilan yksilöllisen seurannan ja muutokset taustatekijöiden mukaan. Myös kustannustiedot voidaan liittää tapahtumiin hyvin tarkalla tasolla. Nämä ominaisuudet lisäävät mallin realistisuutta ja tuovat olennaista tietoa käytännön toiminnan suunnitteluun.

Tässä tutkimuksessa menetelmän kaikkia ominaisuuksia ei voitu täysimääräisesti käyttää, sillä etenkin digitaalisten ohjausmallien osalta haasteena oli riittävän tarkkojen lähtöparametrien löytäminen aikaisemmasta tutkimuskirjallisuudesta. Jatkossa teknologiaa hyödyntävien interventioiden kustannusvaikutuksia voidaan mallintaa tarkemmalla tasolla liittämällä esimerkiksi muistutuksiin ja teknologian käyttöön erillinen kustannustieto. Toisaalta, kun lisätään mallin realistisuutta, lisätään monesti myös kompleksisuutta, mikä voi vaikeuttaa mallin tulkintaa. Tässä tutkimuksessa mallin rakenne oli verrattain yksinkertainen, mutta keskeiset interventiovaiheet erottelava. Tapahtumapohjaisen mallin avulla voidaan tunnistaa, mitkä vaiheet interventioiden toteutuksessa kerryttävät eniten kustannuksia ja mihin vaiheisiin tarvitaan eniten resursseja, jos malli viedään käytäntöön. Nyt olemassaolevaa mallia muokkaamalla voidaan jatkossa arvioida interventioiden vaihtoehtoisia toteutustapoja, esimerkiksi niin, että elämäntapamuutosten ylläpitovaiheeseen ei liitetä intensiivistä seuranta. Vertailun tuloksena voidaan arvioida sairastuneiden määrää ja siitä seuraavaa kustannuskertymää.

Nyt tehtyjen simulaatioiden perusteella elämäntapamuutosten pitkäaikainen tuki näyttäisi olevan myös taloudellisesti kannattavaa. Vaikka diabeteksen ehkäisyssä intensiivinen ja pitkäkestoinen interventiomalli on todettu vaikuttavaksi (Lindström ym. 2013, 287), kolmen vuoden seuranta interventioiden jälkeen poikkeaa monista elämäntapainterventioista (Fjeldsoe ym., 2011, 99). Pysyviin elämäntapamuutoksiin liittyy uusien taitojen ja tottumusten oppiminen, mikä vaatii aikaa. Kontakti-interventio rinnalle digitaaliset menetelmät tarjoavat vaihtoehtoja ja mahdollisuuden lisätä tuen saatavuutta tai jatkaa sen kestoa aktiivisen kontakti-interventio jälkeen.

4.2.3 Mallien vertailu

Tutkimuksessa käytettiin tapahtumapohjaisen mallin rakentamiseen kolmea eri menetelmää. iGrafx perustui graafiseen käyttöliittymään ja mahdollisti simuloitavan mallin rakenteen luomisen. Graafiseen malliin sisältyi kuitenkin eniten rajoitteita laskentakapasiteetin osalta. iGrafx-malli oli nopea rakentaa, mutta ohjelmisto ei sisältänyt laskentaa varten edistyneitä ominaisuuksia. Ohjelmiston sallimissa laskentafunktioissa oli puutteita. Python-mallissa näitä rajoitteita ei ollut, joten sen avulla interventioiden kustannusvaikutuksia pystyttiin mallintamaan käyttäen koko Suomen väestöä. SimPy-malli toimi Python-mallin kanssa samojen periaatteiden mukaan.

SimPy oli Python-mallia useimmissa vertailussa hieman nopeampi ja mallien suhteellinen ero jäi noin seitsemän prosentin luokkaan. SimPy- ja Python-mallit olisi voitu saada tehokkaammiksi muun muassa Pythonin profiloinnin avulla. Profiloinnissa lähdekoodia tarkastelemalla voidaan löytää lähdekoodin pullonkauloja, joita purkamalla voitaisiin lähdekoodista saada entistä tehokkaampaa ja nopeampaa. Nyt yksittäisen vuoden ajaminen koko Suomen väestöllä on erittäin aikaa vievää, mitä ei osattu ottaa huomioon riittävästi, kun simulaatiossa haluttiin tarkastella kymmenen vuoden ajanjaksoa. Lähdekoodia voitaisiin lisäksi saada tehostettua esimerkiksi käyttämällä enemmän vektorioperaatioita. SimPy-malli oli kuitenkin kaikissa vertailussa Python-mallia nopeampi, jolloin sen käyttöä kannattaa harkita suurissa simulaatiomalleissa, vaikka sen opetteluun ja käyttöönottoon saattaa mennä enemmän aikaa kuin perinteisen python-mallin rakentamiseen.

4.3 Jatkotutkimusaiheita

Realistinen yksilöllistä terveydentilan kehitystä kuvaava malli edellyttää taustalle monipuolista dataa. Nyt riittävää tietoaineistoa oli vaikea saada ilman autenttista interventioaineistoa. Mallin vastaavuutta suomalaiseen toimintaympäristöön voidaan lisätä käyttämällä digitaalisten interventioiden osalta kotimaisten tutkimusten vaikuttavuus- ja kustannustietoja. Jotta interventiodatan perusteella simulointimallin rakentaminen olisi mahdollista, tutkimuksessa olisi hyvä arvioida useammassa seurantapisteessä käyttäytymiseen liittyviä motivaatiotekijöitä, terveys- ja hyvinvointi-indikaattoreita sekä intervention toteutuskustannuksia. Jatkossa sensoriteknologia, paikkatietosovellukset, digitaaliset päiväkirjat ja muut tehokkaammat tiedonkeruutavat lisäävät mahdollisuuksia myös tarkemmille simulaatiomalleille ja kustannusvaikutusten arvioinnille. Tulosten tulkittavuuden ja luotettavuuden näkökulmasta on tärkeää, että aineisto on laadukasta ja valitaan malliin ilmiön kannalta oleellisia muuttujia. Jatkossa on tärkeä tehdä mallin kehitystä ja validointia reaali maailmaan yhteistyössä elämäntapaohjausta toteuttavien käytännön toimijoiden kanssa.

Yksi jatkokehityksen alue on ennaltaehkäisyn kustannusvaikutavuuden arviointi. Nyt malleissa arvioitiin ainoastaan kustannusvaikutuksia, eikä siten otettu huomioon interventioiden vaikutusta osallistujien elämänlaatuun. Jatkossa mallia kannattaisi laajentaa niin, että parametreihin sisältyy myös elämänlaadun kehitystä kuvaavia muuttujia. Näin voidaan verrata, millä interventioilla voidaan lisätä laadukkaiden elinvuosien määrää taloudellisesti kannattavalla tavalla.

Tarkastelun kohteena olivat diabeteksen ennaltaehkäisyn kustannusvaikutukset. Samat riskitekijät määrittävät myös muita kansantauteja, kuten esimerkiksi sydän- ja verisuonisairauksia. Tuloksissa esitetyt arviot interventioiden tuottamista kustannussäästöistä olisivat todennäköisesti nyt arvioitua suuremmat. Hyödyt kertautuvat, jos diabeteksen lisäksi

ehkäistään sairastuminen myös muihin kansantauteihin. Sama malli voidaan modifioida eri sairausriskeille.

LÄHTEET

Aarne, M., Koski, S., Huttunen, J., Bierganns, E., Telford, K., Tuomola, S., Idänpään-Heikkilä, U., Halkoaho, A. & Virkamäki, A. 2011. Loppuraportti -Diabeteksen ehkäisyn ja hoidon kehittämisohjelma DEHKO 2000–2010. Pori: Kehitys Oy.

American Diabetes Association. 2018. 5. Prevention or delay of type 2 diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2018. *Diabetes Care*, 41(Supplement 1), 51 - 54.

Bian, RR., Piatt, GA., Sen, A., Plegue, MA., De Michele, ML., Hafez, D., Czuhajewski, CM., Buis, LR., Kaufman, N., Richardson, CR. 2017. The Effect of Technology-Mediated Diabetes Prevention Interventions on Weight: A Meta-Analysis. *J Med Internet Res* 2017;19(3), e76.

Block, G., Azar, KM., Romanelli, RJ., Block, TJ., Hopkins, D., Carpenter, HA., Dolginsky, MS., Hudes, ML., Palaniappan, LP. & Block, C. H. 2015. Diabetes prevention and weight loss with a fully automated behavioral intervention by email, web, and mobile phone: a randomized controlled trial among persons with prediabetes. *Journal of medical Internet research*, 17(10), e240.

Caro, J. J., Möller, J., & Getsios, D. 2010. Discrete event simulation: the preferred technique for health economic evaluations?. *Value in health*, 13(8), 1056 - 1060.

Costa, B., Barrio, F., Piñol, J.L., Mundet, X., Sagarra, R., Salas-Salvadó, J., Solà-Morales, O; DE-PLAN-CAT/PREDICE Research Group. 2013. Shifting from glucose diagnosis to the new HbA1c diagnosis reduces the capability of the Finnish Diabetes Risk Score (FINDRISC) to screen for glucose abnormalities within a real-life primary healthcare preventive strategy. *BMC Medicine* 11:45, 1741 - 7015.

Diabetesliitto. Diabeteksen kustannukset Suomessa 2002-2011. *Diabetes lukuina* 2017:1, 1 - 4. Saatavilla: 21.11.2018 https://www.diabetes.fi/files/9237/Diabetes_lukuina_2017_flyer.pdf

Dombrowski, S. U., Knittle, K., Avenell, A., Araujo-Soares, V., & Sniehotta, F. F. 2014. Long term maintenance of weight loss with non-surgical interventions in obese adults: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials. *Bmj*, 348, g2646.

Everett, E., Kane, B., Yoo, A., Dobs, A., & Mathioudakis, N. 2018. A Novel Approach for Fully Automated, Personalized Health Coaching for Adults with Prediabetes: Pilot Clinical Trial. *Journal of Medical Internet Research*, 20(2), e72. Saatavilla 10.12.2018: <http://doi.org/10.2196/jmir.9723>

Fjeldsoe, B., Neuhaus, M., Winkler, E., & Eakin, E. 2011. Systematic review of maintenance of behavior change following physical activity and dietary interventions. *Health Psychology*, 30(1), 99 - 109.

Forssas, E., Sund, R., Manderbacka, K., Arffman, M., Ilanne-Parikka, P. & Keskimäki I. 2010. Diabeetikoilla yhä suuri ylikuolleisuus muuhun väestöön verrattuna. *Suomen Lääkärilehti*, 65(26–31), 2359 - 2367.

Gilis-Januszewska, A., Barengo, N. C., Lindström, J., Wójtowicz, E., Acosta, T., Tuomilehto, J., Schwarz, P.E.H., Piwońska-Solska, B., Szybiński, Z., Windak, A. & Hubalewska-Dydejczyk, A. 2018. Predictors of long term weight loss maintenance in patients at high risk of type 2 diabetes participating in a lifestyle intervention program in primary health care: The DE-PLAN study. *PLoS one*, 13(3), e0194589.

Gummesson, A., Nyman, E., Knutsson, M., & Karpefors, M. 2017. Effect of weight reduction on glycated haemoglobin in weight loss trials in patients with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 19(9), 1295 - 1305.

Hansel, B., Giral, P., Gambotti, L., Lafourcade, A., Peres, G., Filipecki, C., Kadouch, D., Hartemann, A., Oppert, J. M., Bruckert, E., Marre, M., Bruneel, A., Duchene, E. & Roussel, R. 2017. A Fully Automated Web-Based Program Improves Lifestyle Habits and HbA1c in Patients With Type 2 Diabetes and Abdominal Obesity: Randomized Trial of Patient E-Coaching Nutritional Support (The ANODE Study). *Journal of medical Internet research*, 19(11), e360.

Herman, W. H., Edelstein, S. L., Ratner, R. E., Montez, M. G., Ackermann, R. T., Orchard, T. J., Foulkes, M.A., Zhang, P., Saudek, C.D., Brown, M.B. & The Diabetes Prevention Program Research Group. 2013. Effectiveness and Cost-Effectiveness of Diabetes Prevention among Adherent Participants. *The American Journal of Managed Care*, 19(3), 194 - 202.

Ibrahim, M., Tuomilehto, J., Aschner, P., Beseler, L., Cahn, A., Eckel, R. H., Fischl, A.H., Guthrie, G., Hill, J.O., Kumwenda, M., Leslie, R.D, Olson, D.E, Pozzilli, P., Weber, S.L. & Umpierrez, G.E. 2018. Global status of diabetes prevention and prospects for action: A consensus statement. *Diabetes/metabolism research and reviews*, 34(6), e3021.

Jasik, C. B., Joy, E., Brunisholz, K. D., & Kirley, K. 2018. Practical Tips for Implementing the Diabetes Prevention Program in Clinical Practice. *Current diabetes reports*, 18(9), 70.

Joiner, K. L., Nam, S. & Whittemore, R. 2017. Lifestyle interventions based on the diabetes prevention program delivered via eHealth: a systematic review and meta-analysis. *Preventive medicine*, 100, 194 - 207.

Diabetes Prevention Program Research Group, Knowler, W.C., Fowler, S.E., Hamman, R.F., Christophi, C.A., Hoffman, H.J, Brenneman, A.T., Brown-Friday, J.O., Goldberg, R., Venditti, E. & Nathan, D.M. 2009. 10-year follow-up of diabetes incidence and weight loss in the Diabetes Prevention Program Outcomes Study. *Lancet* 374: 1677 - 1686.

Koponen, P., Borodulin, K., Lundqvist, A., Sääksjärvi, K. & Koskinen, S. 2018. Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa – FinTerveys 2017 -tutkimus. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL), Raportti 4/2018. Saatavilla: 10.12.2018 <http://www.julkari.fi/handle/10024/136223>

Koski, S., Lahti-Koski, M., Vartiainen, E., & Laatikainen, T. 2015. Sydän- ja verisuonisairauksien ja diabeteksen asiantuntijaryhmän raportti 2015. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos (THL). Ohjaus 17/2014. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. Saatavilla: 20.11.2018 <http://www.julkari.fi/handle/10024/126311>

Kuninkaanniemi, H. 2018. Brief interventions in counselling for nutrition and the prevalence of metabolic syndrome in primary care adult patients. *JYU dissertations, (30)*, 15 - 135.

Lindström J ym.2018 puuttuu lähde täältä???

Lindström J., Ilanne-Parikka, P., Peltonen, M., Aunola, S., Eriksson, J.G., Hemiö, K., Hämäläinen, H., Härkönen, P., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Louheranta, A., Mannelin, M., Paturi, M., Sundvall, J., Valle, T.T., Uusitupa, M., Tuomilehto, J. & Finnish Diabetes Prevention Study Group. 2006. Sustained reduction in the incidence of type 2 diabetes by lifestyle intervention: the follow-up results of the Finnish Diabetes Prevention Study. *Lancet* 368, 1673 – 1679.

Lindström, J., Louheranta, A., Mannelin, M., Rastas, M., Salminen, V., Eriksson, J., Uusitupa, M., Tuomilehto, J. & Finnish Diabetes Prevention Study Group. 2003. The Finnish Diabetes Prevention Study (DPS): lifestyle intervention and 3-year results on diet and physical activity. *Diabetes Care* 26, 3230 - 3236

Lindström J. & Tuomilehto, J. 2003. The diabetes risk score: a practical tool to predict type 2 diabetes risk. *Diabetes Care*, 26, 725 - 31

Lindström, J., Peltonen, M., Eriksson, J.G., Ilanne-Parikka, P., Aunola, S., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Uusitupa, M., Tuomilehto, J. & Finnish Diabetes Prevention Study (DPS). Improved lifestyle and decreased diabetes risk over 13 years: long-term follow-up of the randomised Finnish Diabetes Prevention Study (DPS). *Diabetologia* 2013; 56: 284 - 93.

Little, P., Stuart, B., Hobbs, F. R., Kelly, J., Smith, E. R., Bradbury, K. J., Hughes, S., Smith, P.W., Moore, M.V., Lean, M.E., Margetts, B.M., Byrne, C.D., Griffin, S., Davoudianfar, M., Hooper, J., Yao, G., Zhu, S., Raftery, J. & Yardley, L. 2017. Randomised controlled trial and economic analysis of an internet-based weight management programme: POWeR+ (Positive Online Weight Reduction). *Health Technology Assessment*, 21(4), 1 - 62.

Lumiaho, L., Villberg, J., Vanhala, M. & Kettunen T. 2015. Alueellinen toimintamalli Keski-Suomessa: Elämäntaparyhmäohjaus diabeetikon omahoidon tukena. *Diabetes ja lääkäri* 44(5), 35 - 43.

National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine . 2002. The Diabetes Prevention Program (DPP). US National Library of Medicine National Institutes of Healthin internetsivusto. Saatavilla: 21.11.2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1282458/>

NICE. 2017. Type 2 diabetes: prevention in people at high risk. *Public health guideline*. Saatavilla: 20.11.2018 <https://www.nice.org.uk/guidance/ph38>

Reini, K. & Honkatukia, J. 2016. Diabeteksen ennaltaehkäisy ja tehostetun hoidon kansantaloudellinen vaikuttavuus. Vaasan yliopiston julkaisuja selvityksiä ja raportteja 206. Saatavilla: 12.12.2018 https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-673-9.pdf

Rollo, M. E., Burrows, T., Vincze, L. J., Harvey, J., Collins, C. E., & Hutchesson, M. J. 2018. Cost evaluation of providing evidence-based dietetic services for weight management in adults: In-person versus eHealth delivery. *Nutrition & Dietetics*, 75(1), 35 - 43.

Rushing, J., Wing, R., Wadden, T. A., Knowler, W. C., Lawlor, M., Evans, M., Killean, T., Montez, M., Espeland, M.A., Zhang, P. & Look AHEAD Research Group. 2017. Cost of intervention delivery in a lifestyle weight loss trial in type 2 diabetes: results from the Look AHEAD clinical trial. *Obesity science & practice*, 3(1), 15 - 24.

Sepah, S. C., Jiang, L., Ellis, R. J., McDermott, K. & Peters, A. L. 2017. Engagement and outcomes in a digital Diabetes Prevention Program: 3-year update. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 5(1), e000422.

Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 2018. Tyypin 2 diabetes. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Sisätautilääkärien yhdistyksen ja Diabetesliiton Lääkärineuvoston asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavilla: 27.11.2018 <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituks/suositus?id=hoi50056>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2014. Työterveyshuollon sairaanhoidon ja muun terveydenhuollon (korvausluokka II) yksikkökustannuksia palvelutuottajittain vuonna 2011. Saatavilla: 12.12.2018 https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/114683/THL_RAPO3_2014_web.pdf

Tice J CR, Shore K, et al.. *Diabetes prevention programs: effectiveness and value. Final evidence report and meeting summary*. Boston,MA; 2016. This report provides an in-depth look at the clinical impact and return on investment for the Diabetes Prevention Program.

Tilastokeskus, a. Väestöennuste 2018: Väestö iän ja sukupuolen mukaan 2018 - 2070, Koko maa. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. Saatavilla: 12.12.2018 http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vaenn/statfin_vaenn_pxt_001.px/table/tableViewLayout2/?rxid=fd5f23e7-35d0-4ddf-bb84-9d43d78e7b83

Tilastokeskus, b. Kuolleisuus- ja eloonjäämisluvut 1986 - 2017. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. Saatavilla: 12.12.2018 http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_kuol/statfin_kuol_pxt_007.px/table/tableViewLayout2/?rxid=df70569a-078c-4d94-8640-455b1d68ff08

Tuomilehto, J., Lindström, J., Eriksson, J.G., Valle, T.T., Hämäläinen, H., Ilanne-Parikka, P., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Laakso, M., Louheranta, A., Rastas, M., Salminen, V., Uusitupa, M. &

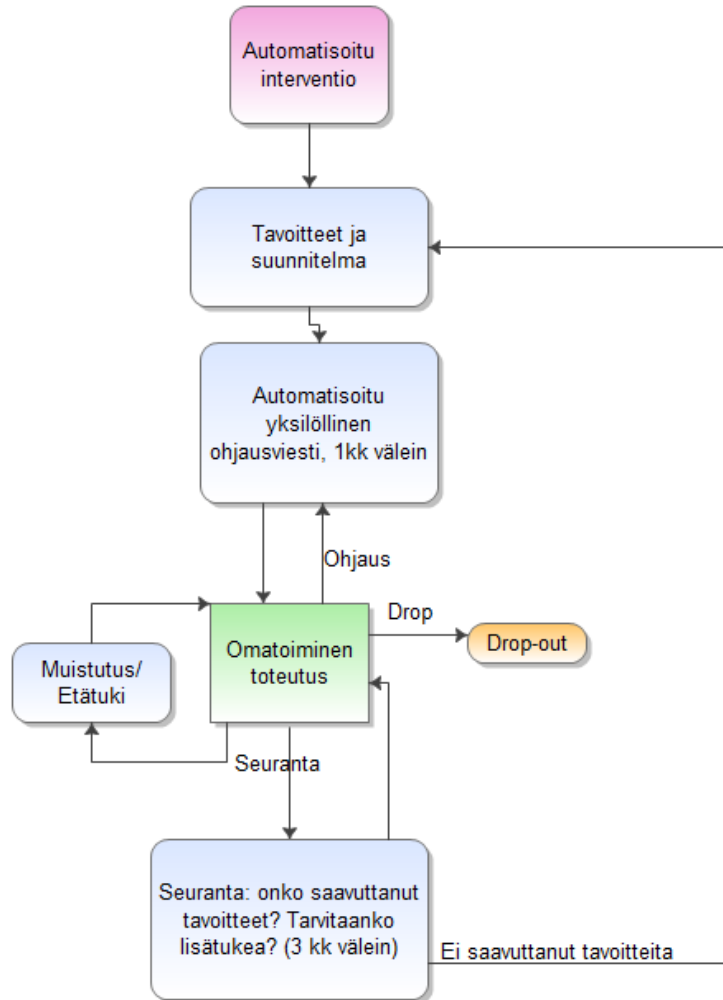
Finnish Diabetes Prevention Study Group.2001. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 344, 1343 - 1350.

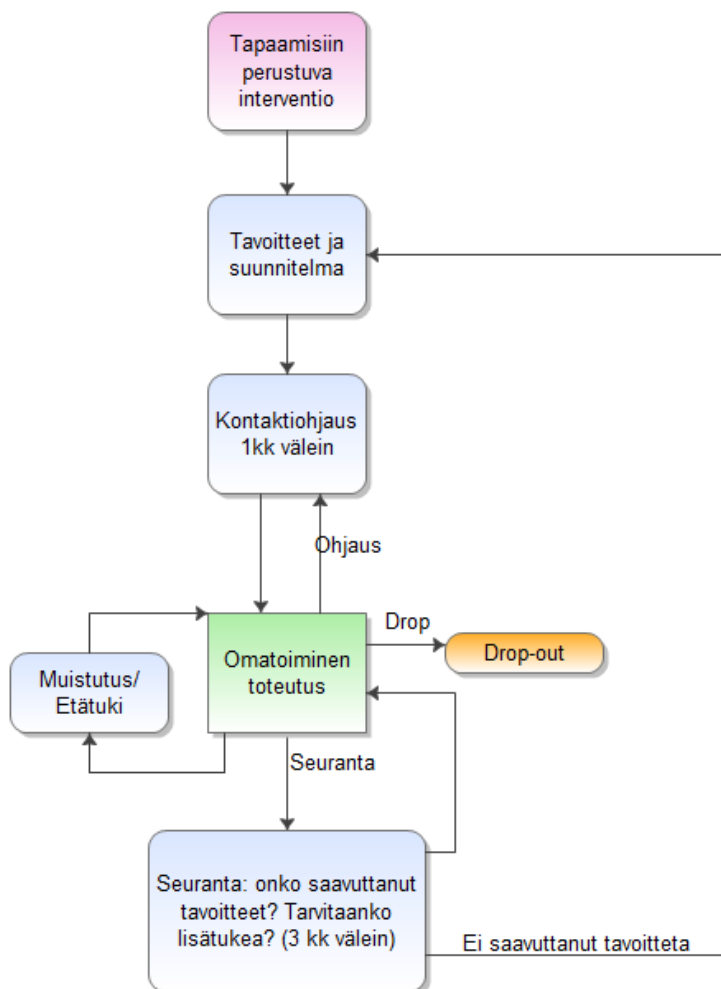
LIITTEET

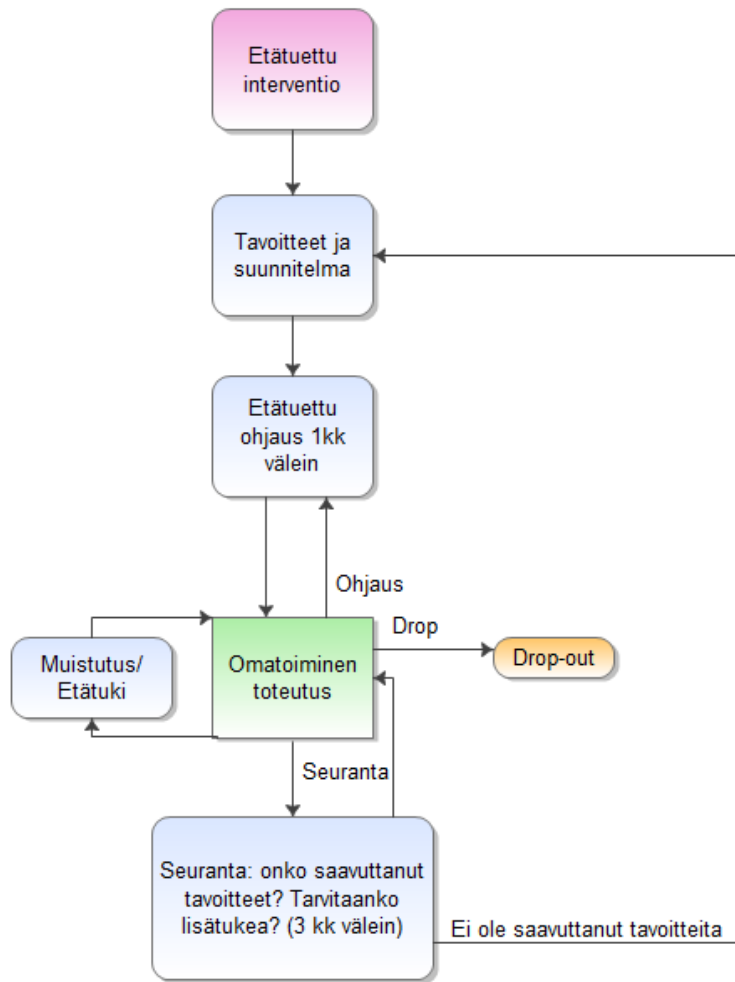
Liite 1. Diabeteksen yleisyys, seulonta ja kustannukset Suomessa

Muuttuja	Arvo	Lähde
Diabeetikkojen määrä	550 000	https://www.diabetes.fi/diabetes/tyypin_2_diabetes
Diagnosoidut/lääkekorvaus (2016)	368 861	http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50056
Tietämättään sairastavat	150 000	http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50056
T2 Diabetes	400 000	https://www.diabetes.fi/files/9197/Diabetesbarometri_2017_web.pdf
T1 Diabetes	50 000	https://www.diabetes.fi/files/9197/Diabetesbarometri_2017_web.pdf
Vuosittain uusia tapauksia	noin 25 000	http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50056
Diabetesriskissä olevat suomalaiset	25 %	http://www.julkari.fi/handle/10024/136223
Diabeteksen aiheuttama ylikuolleisuus vrt.koko väestö (1,0)	Miehet: 1,65 Naiset: 1,75	Forssas ym. 2010 https://www.laakarilehti.fi/pdf/2010/SLL262010-2359.pdf
Diabeteksen suorat kustannukset	832 milj. EUR	https://www.diabetes.fi/files/9736/Diabetes_lukuina_2018_1_kustannustutkimus_A4.pdf
Diabeteksen epäsuorat kustannukset	2,55 mrd. EUR	https://www.diabetes.fi/files/9736/Diabetes_lukuina_2018_1_kustannustutkimus_A4.pdf
Diabeteksen kokonaiskustannukset	3,38 mrd. EUR	https://www.diabetes.fi/files/9736/Diabetes_lukuina_2018_1_kustannustutkimus_A4.pdf
Tyypin 2 diabeetikon hoidon kustannus/vuosi (ei liitännäissairauksia)	3036 EUR	https://www.diabetes.fi/files/9237/Diabetes_lukuina_2017_flyer.pdf

Liite 2: Interventioiden kaaviokuvat eriteltyinä (automatisoitu, kontakti, etätuettu)







Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 82/2019

ISBN 978-951-39-7784-9 (verkkoj.)
ISSN 2323-5004