



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Anu Malmberg

Kliinisen kemian ja hematologian analy- saattorien menetelmävertailu Helsingin Yliopistollisessa eläinsairaalassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Bioanalytiikka (AMK)

Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

26.11.2018

Tekijä Otsikko	Anu Malmberg Kliinisen kemian ja hematologian analysaattorien menetelmä- vertailu Helsingin Yliopistollisessa eläinsairaalassa
Sivumäärä Aika	70 sivua + 5 liitettä 26.11.2018
Tutkinto	Bioanalyttikko (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma Sosiaali- ja terveystieteiden ammattitutkinto
Suuntautumisvaihtoehto	-
Ohjaajat	Lehtori Merja Ojala Klininen opettaja Thomas Grönthal
<p>Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Helsingin Yliopiston Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratorion kanssa. Yliopistollisessa eläinsairaalassa suoritettiin kemian ja hematologian analysaattorien menetelmävertailu. Vertailulla tutkittiin keskuslaboratorion Konelab 60i- ja Advia 2120i -analysaattorien sekä Yliopistollisessa eläinsairaalassa pääsääntöisesti päivystyskäytössä olevien IDEXX-analysaattorien tulostasojen yhtäläisyyttä, vertailukelpoisuutta ja tulosten kliinistä merkitsevyyttä. Menetelmävertailun kemian analysaattoreita ovat Konelab 60i ja IDEXX Catalyst Dx. Hematologian analysaattoreita ovat Advia 2120i ja IDEXX Procyte Dx.</p> <p>Vertailun näytemateriaalina toimi 40 koiran kokoveri- ja seeruminäytteet. Näytteet olivat potilaiden verinäytteiden ylijääviä osuuksia. Lisäksi vertailuun otettiin 10 kissan ja 10 hevosen verinäytteet, jotta saatiin suuntaa-antavia tuloksia myös näiden yleisten potilaseläinlajien tuloksista. Kemian analyysit valittiin IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin CHEM-10 paneelin mukaisesti. Hematologian analyysiksi valittiin yleisimmät verenkuvaparametrit sekä valkosolujen erittelylaskenta.</p> <p>Tutkimuksen otanta pyrki edustamaan eläinsairaalan normaalia arkea. Aikarajoitukset, näytemäärät ja potilaalta pyydetty tutkimukset vaikuttivat osaltaan näytteiden valintaan. Näytteet analysoitiin keskuslaboratoriossa normaalisti, jonka jälkeen näytteet käytiin analysoimassa IDEXX-analysaattoreilla kahden tunnin sisällä ensimmäisestä analyysistä. Tulokset ja kaikki niihin mahdolliset vaikuttavat tekijät kirjattiin Excel-taulukoihin. Tilastolliset tutkimukset tehtiin MedCalc-ohjelmalla. Potilasnäytteille luotiin tunnistenumerot potilasturvan ja tietosuojan mukaisesti. Lisäksi analysaattoreilla ajettiin toistomittauksia, jotta saatiin tietoa analysaattorien toimintakyvystä ja tulosten toistettavuudesta.</p> <p>Vertailun nollahypoteesi oli, ettei analysaattorien tuloksilla ole kliinisesti merkitseviä eroja. Koirien, kissojen ja hevosten tuloksista suurin osa oli yhtäläisiä sekä vertailukelpoisia ja nollahypoteesi jäi voimaan. Valkosolujen kokonaismäärissä ja erittelyissä esiintyi muutamilla näytteillä huomattavia eroja. Koirien valkosolujen erittelytuloksista 10 %:lla oli kliinisesti merkitseviä eroja analysaattorien välillä. Tulokset tarkastettiin sivelyvalmisteilla mikroskooppissa ja tulokset olivat jokaisen näytteen kohdalla yhtäläiset keskuslaboratorion Advia 2120i -analysaattorin kanssa.</p>	
Avainsanat	Menetelmävertailu, kliininen kemia, hematologia, eläinlääketiede, vierianalytiikka, verifiointi, tilastollinen tutkimus

Author Title	Anu Malmberg Method comparison of clinical chemistry and hematology analyzers in Veterinary Teaching Hospital
Number of Pages Date	70 pages + 5 appendices 26.11.2018
Degree	Biomedical Laboratory Technologist
Degree Programme	Biomedical Laboratory Science Bachelor of Social Services and Health Care
Specialisation option	-
Instructors	Lecturer Merja Ojala Clinical Instructor Thomas Grönthal
<p>This thesis and method comparison were done in collaboration with the Central Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine. The method comparison was conducted between two clinical chemistry analyzers and two hematology analyzers in Veterinary Teaching Hospital. The Central Laboratory provides clinical laboratory diagnostics to the Veterinary Teaching Hospital and researchers. Konelab 60i and Advia 2120i analyzers are in use at the Central Laboratory. IDEXX analyzers are in use at the Veterinary Teaching Hospital and are mainly used for out-of-hours emergency services. The purpose of this thesis was to compare the similarity, comparability and clinical significance of the difference of the results. Konelab 60i and IDEXX Catalyst Dx are clinical chemistry analyzers and Advia 2120i and IDEXX Procyte Dx are hematology analyzers.</p> <p>The method comparison was conducted using anticoagulated blood and serum leftover samples of forty patient dogs. Also, ten samples of both cats and horses were analyzed in order to obtain indicative results for these general patient species at the Veterinary Teaching Hospital. The clinical chemistry analytes were chosen according to the IDEXX CHEM-10 test panel. For hematology the most common analytes of the complete blood count and white blood cell differential were chosen for the research.</p> <p>The samples chosen were to represent the routine patient samples at the Veterinary Teaching Hospital. The samples were first analyzed on the Central Laboratory's analyzers and after that with IDEXX analyzers within a two-hour timeframe. All results and the factors that might affect the results were documented in Excel spreadsheets. The statistical tests were conducted using MedCalc statistical software. Each patient sample was given an identification number to ensure patient safety. Also, repeatability measurements were conducted on all the analyzers in order to gain knowledge of the analyzers' performance and the repeatability of the results.</p> <p>The null hypothesis for the method comparison was that there would be no clinically significant differences between the results. Most results of all dogs, cats and horses were similar and comparable as expected but the white blood cell differentials showed problematic and clinically significant results in 10 % of the dogs' cases. These results were confirmed by doing a manual white blood cell count using blood smears. All the results were similar with central laboratory's Advia 2120 analyzers results.</p>	
Keywords	Method comparison, clinical chemistry, hematology, veterinary medicine, point of care analytics, verification, statistical analysis

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kemian ja hematologian analysaattorien menetelmävertailu	2
2.1	Helsingin Yliopistollinen eläinsairaala	2
2.2	Eläinten laboratoriotutkimukset	3
2.3	Menetelmävertailu	4
2.4	Kvantitatiivinen tutkimusprosessi	6
2.5	Tilastolliset menetelmät	6
2.6	Analysaattorit	9
2.6.1	Konelab 60i	10
2.6.2	Advia 2120i	10
2.6.3	IDEXX Catalyst Dx	11
2.6.4	IDEXX ProCyt Dx	11
2.7	Kemian analyytit ja menetelmäperiaatteet	12
2.7.1	Alaniiniaminotransferaasi (ALAT)	12
2.7.2	Albumiini (Alb)	13
2.7.3	Alkalinen fosfataasi (AFOS)	14
2.7.4	Urea (Urea)	15
2.7.5	Kreatiniini (Krea)	15
2.7.6	Glukoosi (Gluk)	17
2.7.7	Proteiini (Prot)	18
2.8	Hematologian analyytit ja menetelmäperiaatteet	18
2.8.1	Punasolut (Eryt)	19
2.8.2	Hemoglobiini (Hb)	19
2.8.3	Punasolujen keskitilavuus (MCV)	20
2.8.4	Hematokriitti (Hkr)	20
2.8.5	Verihiutaleet (Trom)	21
2.8.6	Valkosolujen (Leuk) määrä ja erittely	21
2.9	Viitearvot	23
2.10	Mittausrajat	25
3	Tutkimuksen tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset	26
4	Menetelmävertailun toteutus	26
4.1	Aineiston keruu	26
4.2	Aineiston tulkinta tilastollisin menetelmin	28
4.3	Laaduntarkkailu	29

5	Tulokset	29
5.1	Alaniiniaminotransferaasi (ALAT)	30
5.2	Albumiini (Alb)	31
5.3	Alkalinen fosfataasi (AFOS)	33
5.4	Urea (Urea)	35
5.5	Kreatiniini (Krea)	36
5.6	Glukoosi (Gluk)	38
5.7	Proteiini (Prot)	40
5.8	Punasolut (Eryt)	42
5.9	Hemoglobiini (Hb)	43
5.10	Punasolujen keskitilavuus (MCV)	45
5.11	Hematokriitti (Hkr)	46
5.12	Verihiutaleet (Trom)	48
5.13	Valkosolut (Leuk)	50
5.13.1	Neutrofiilit (Neut)	51
5.13.2	Lymfosyytit (Lymf)	53
5.13.3	Monosyytit (Mono)	55
5.13.4	Eosinofiilit (Eos)	56
5.13.5	Basofiilit (Baso)	58
5.14	Toistomittaukset	58
6	Pohdinta	58
6.1	Kemian analyyttien tulosten tulkinta	59
6.2	Hematologian analyyttien tulosten tulkinta	60
6.3	Kissojen ja hevosten tulosten tulkinta	63
6.4	Toistomittaukset	65
6.5	Luotettavuus	65
6.6	Eettisyys	66
6.7	Kehittämisehdotukset	67
6.8	Pohdinta ja ammatillinen kasvu	67
	Lähteet	68
	Liitteet	
	Liite 1. Menetelmävertailun kemian analyyttien tulokset koirille	
	Liite 2. Menetelmävertailun hematologian analyyttien tulokset koirille	
	Liite 3: Menetelmävertailun kissojen ja hevosten tulokset	
	Liite 4: Kemian toistomittaukset	
	Liite 5: Hematologian toistomittaukset	

1 Johdanto

Terveysthuollossa kliinisen laboratorion ulkopuolella tehtävissä tutkimuksissa, kuten päivystystutkimuksissa, käytetään usein vierianalytiikkaa sen nopeuden ja helppouden takia. Vieritestien (POCT eli Point of care testing) etuja ovat tutkimuksen tekeminen potilaan vieressä sekä tutkimustulosten saannin nopeus, joka myös nopeuttaa hoitopäätöksiä. (Nokelainen 2012.) Vieritutkimuksen voi määritellä seuraavasti:

Vieritutkimuksilla tarkoitetaan sairauksien diagnostiikkaan tai hoidon seurantaan tarkoitettuja laboratorioalan tutkimuksia, joita tehdään pääasiassa tavanomaisen laboratorioympäristön ulkopuolella potilaan vieressä, lähellä tai odottaessa, hoitoyksikön toimesta ja vastuulla (Vieritestaus terveydenhuollossa. 2009).

Vieritestaukseen käytetyt laitteet ovat usein pienikokoisia, jolloin ne mahtuvat pienempiin tiloihin kuten vastaanottohuoneisiin. Vieritesteistä on hyötyä esimerkiksi päivystystilanteissa, teho-osastoilla, oma-seurannassa sekä yöaikaan keskuslaboratorion ollessa kiinni. Vieritestaukseen käytettävät laitteet on validoitava ja verifioitava ennen niiden käyttöönottoa. (Nokelainen 2012.) Koska hoitopäätökset tehdään usein heti vieritestien tulosten perusteella, ovat tulosten laatu ja luotettavuus ensisijaisia. Vieritestausta ja kliinisten laboratorioden toimintaa kuvaamaan on luotu kansainvälisiä standardeja. (Sinervo 2013.)

Mikäli laboratoriossa tehdään samoja tutkimuksia kahdella eri laitteella, on tulosten vertailu, tarkkuus ja täsmävyys olennainen osa sisäistä laaduntarkkailua. Menetelmävertailussa testien tuloksia verrataan vastaavaan laboratorion referenssimenetelmään, jolloin saadaan tietoa vieritestauksen tai toisen vastaavan analysaattorin laadukkuudesta. Tulosten tarkkuutta ja mittaustulosten hajontaa arvioidaan. (Nokelainen 2012.)

Menetelmävertailu tulee suunnitella niin, että mahdollisimman suuri osa tuloksiin vaikuttavista tekijöistä otetaan huomioon. Laboratorioissa on tehty useita menetelmävertailuja analysaattorien välillä ja erinäisiä tuloksia on raportoitu riippuen testattavista analyyyteistä ja käytetyistä analysaattoreista. Muun muassa verikaasuanalyysissä natriumin määrittelyssä on vertailuissa havaittu merkitseviäkin eroja. (Allerdet-Servent ym. 2017; Jain – Subhan – Joshi 2009.) Tilastoissa havaittavat erot eivät kuitenkaan suoraan tarkoita, että ne olisivat kliinisesti merkityksellisiä.

Tämä opinnäytetyö suoritettiin yhteistyössä Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratorion kanssa. Työn tarkoituksena oli määrittää tulostason yhtäläisyys Yliopistollisessa eläinsairaalassa käytössä olevien IDEXX-analysaattorien sekä keskuslaboratorion analysaattorien välillä. IDEXX Catalyst Dx on kliinisen kemian analysaattori ja IDEXX Procyte Dx hematologian analysaattori. IDEXX-analysaattorit ovat pienikokoisia ”in-house” -analysaattoreja, jotka ovat Yliopistollisessa eläinsairaalassa pääsääntöisesti päivystyskäytössä (arki-illat, pyhät ja viikonloput). Tutkimustulokset saadaan tarvittaessa nopeasti keskuslaboratorion ollessa kiinni ja tutkimukset suorittaa hoitohenkilökunta. Konelab 60i on keskuslaboratorion kliinisen kemian analysaattori ja Advia 2120i hematologian analysaattori.

Analysaattorien tuloksia ei ole aiemmin verrattu, joten tutkimuksen pyrkimyksenä oli saada käsitystä tulostasojen yhtäläisyydestä ja vertailukelpoisuudesta sekä IDEXX-analysaattorien tulosten täsmävyvyydestä. Tutkimuksen näyttemateriaalina toimi 40 koiran kokoveri- ja seeruminäytteet. Lisäksi vertailuun otettiin 10 hevosen ja 10 kissan verinäytteet, jotta saataisiin suuntaa-antavaa käsitystä myös näiden yleisten potilaseläinlajien näytteiden vertailukelpoisuudesta. Työhön käytettävinä tutkimuksina toimivat valitut kliiniskemialliset analyytit ja hematologiset parametrit. Tuloksia käsiteltiin tilastollisin menetelmin ja pohdittiin niiden kliinistä merkitsevyyttä ja luotettavuutta. Työssä käytettyjä tilastollisia menetelmiä olivat erityisesti hajontakuviot, korrelaatiokertoimet, regressiosuorat sekä Bland-Altman -kuvaajat.

2 Kemian ja hematologian analysaattorien menetelmävertailu

Menetelmävertailun suorittamiseen valitut menetelmät riippuvat esimerkiksi tutkittavista analyyteistä, analysaattoreista sekä resursseista. Tilastolliset menetelmät valitaan aineiston ja työn tarkoituksen mukaan. Laadukkaassa menetelmävertailussa tulee myös huomioida kaikki vertailuun ja sen tuloksiin vaikuttavat tekijät. (Heikkilä 2014: 15–16.)

2.1 Helsingin Yliopistollinen eläinsairaala

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratorion kanssa, jossa menetelmävertailu suoritettiin. Eläinlääketieteellisen tiedekunnan (ELTDK) keskuslaboratorio tarjoaa kliinisen kemian, hematologian ja kliinisen mikrobio-

logian laboratoriopalveluja Yliopistolliselle eläinsairaalalle ja tutkijoille. Kliinisen mikrobiologian palveluja tarjotaan myös ulkopuolisille asiakkaille, kuten eläinklinikoille. Kliinisen kemian ja hematologian laboratorion tutkimusvalikoimaan kuuluu yleisimpiä kliiniskemiallisia ja hematologisia määrytyksiä eläinten verinäytteistä sekä virtsa- ja ulostetutkimuksia. Keskuslaboratorioon kuuluu lisäksi kliinisen tutkimuksen laboratorio, jossa voidaan toteuttaa tutkimusprojektien tutkimuksia. (Kliiniset laboratoriot. 2017.)

2.2 Eläinten laboratoriotutkimukset

Eläinhoidossa verinäytteitä tarvitaan muun muassa sairauksien diagnostiikkaan, yleiskunnon seurantaan, kiiman ja tiineyden seurantaan, DNA-määrytyksiin sekä verenvuovuttajien testaukseen. Näytteenotto eläimistä ei aina ole helppoa ja pienenkin verimäärän saaminen voi olla haastavaa. Joskus eläimistä täytyy ottaa näytteet erilaisissa tiloissa, kuten kylmässä tai eri asennoista. Näytteenotto saattaa olla eläimelle traumaattinen tilanne, joka voi osaltaan vaikuttaa näytteen laatuun tai mitattaviin analyytteihin. Eläimet myös saattavat liikkua huomattavasti näytteenoton aikana ja joskus rauhoittaminen on tarpeen. Karvapeite täytyy ajella tai puhdistaa huolellisesti näytteenottokohdasta. Verinäytteiden lisäksi eläimistä otetaan tarpeen mukaan esimerkiksi uloste-, virtsa-, punktioneste-, maito- ja kudospäytteitä. (Sirkkola – Tauriainen 2010: 298–314.)

Tutkimusten viitearvot vaihtelevat eläinlajin mukaan ja ovat laboratorikohtaisia. Eläinten viitearvoja tulkittaessa tulisi ottaa huomioon eläimen laji tai rotu, ikä, sukupuoli, elinolosuhteet ja ruokavalio. Monissa eläinlääketieteellisissä kirjoissa on esitetty viitearvoja yleisimmille kotieläimille. Myös diagnostisia laboratoriopalveluja tuottavat yritykset ovat määritelleet viitearvoja eläimille. (Hendrix – Sirois 2007: 78.)

Taulukossa 1 on esitetty hemoglobiinin viitearvot kolmelta eri laboratoriolta: Laboratoriopalvelut Movet, Eläinlääketieteellisen tiedekunnan (ELTDK) keskuslaboratorio sekä HUSLAB laboratoriot. Taulukko 1 havainnollistaa viitearvojen eroja lajien ja laboratorioiden välillä. Hevosten viitearvot ovat eri hevostyyppien mukaan.

Taulukko 1. Hemoglobiinin viitearvoja (Laboratoriokäsikirja; Viitearvot. 2018; HUSLAB perusverenkuva. 2018).

Hb (hemoglobiini)	Laboratoriopalvelut Movet (g/l)	ELTDK keskuslaboratorio (g/l)	HUSLAB (g/l)
Koira	141–201	140–203	
Kissa	109–157	80–150	
Suomenhevonen	118–159		
Lämminverinen hevonen	130–170	110–190	
Kylmäverinen hevonen		80–140	
Aikuinen, nainen			117–155
Aikuinen, mies			134–167

Preanalyttiset tekijät tulee ottaa huomioon näytteenotossa, kuten eläinten valmisteleminen näytteenottoon. Esimerkiksi mahdollinen paasto, syöminen ja lääkkeiden antaminen sekä eläimen aktiivisuus tulee mahdollisesti ottaa huomioon tutkimuksen mukaan. (Verinäytteenotto ja käsittely. 2014.)

2.3 Menetelmävertailu

Menetelmävertailuista löytyy useita artikkeleita, joiden tutkimuksia on suoritettu eri laboratorioissa, eri analysointilaitteilla sekä eri analyysiteillä. Vastaaviin vertailuihin tutustuminen auttaa hahmottamaan menetelmävertailun prosessia sekä omaa työtä ja sen suoritusta. Vertailuissa tulee ottaa huomioon kokonaisuus, kuten missä tutkimukset on tehty ja millä analysointilaitteilla, miten näytteet on käsitelty ennen analysointia (preanalytiikka), näytteiden mahdollinen kuljetus ja säilytys, tutkimuksen suoritus ja virhelähteet sekä kriittisyys.

Jensen ja Kjølgaard-Hansen (2006) ovat kirjoittaneet kansainväliseen eläinlääketieteen ja laboratoriolääketieteen Veterinary Clinical Pathology -lehteen artikkelin menetelmävertailusta laboratoriossa. Artikkelissä käsitellään menetelmävertailun peruskäsitteitä ja ehdottaa kvantitatiiviselle aineistolle hyödyllisiä käsittelytapoja. Artikkelissa annetaan myös esimerkki alaniiniaminotransferaasin menetelmävertailusta kahden kliinisen kemian analyysointilaitteen välillä. Tämä artikkeli on toiminut hyvänä esimerkkinä tälle opinnäytetyölle.

Myös Miler ym. (2009) kirjoittivat kahden kliinisen kemian Olympus-analysaattorin menetelmävertailusta artikkelin, jonka tarkoituksena on esitellä menetelmävertailutapa laboratorion kahden eri analysaattorin välillä. Vertailuun valitut kemian analyytit ajettiin kontrollien kanssa päivittäin, 60 päivän ajan. Kaikkien analyyttien systemaattinen virhe (bias) oli hyväksyttävyysskriteereissä. Vain matalan kontrollin tulokset ylittivät kriteerit alle 2 % tapauksista, eivätkä olleet kliinisesti merkitseviä. Korkean kontrollin arvot pysyivät tavoitteessa. Tutkimuksen keskeisin havainto oli, että yksinkertainen algoritmi voisi taata laitteiden vertailukelpoisuuden ja tulosten luotettavuuden.

Jain ym. (2009) havaitsivat verikaasuanalysaattorien menetelmävertailussa tilastollisesti merkitseviä eroja natriumin määrittelyissä. Heidän nollahypoteesinsa oli, ettei analysaattorien tulosten välillä ole merkitseviä eroja. Tutkimuksessa käytettiin valtimoverta verikaasuanalysaattorilla ja laskimoverta keskuslaboratorion analysaattorilla. Tilastollisesti merkitsevä ero ei kuitenkaan suoraan merkitse kliinisesti merkitsevää eroa. Heidän johtopäätöksensä tutkimuksen perusteella oli, että valtimoveren kaliumarvot ovat luotettavat verikaasuanalysaattorilla tehtynä, mutta natrium-arvojen erot analysaattoreiden välillä olivat merkitsevät. Tulee ottaa huomioon, etteivät tulokset ole suoraan verrannollisia muihin analysaattoreihin.

Laboratoriotoimintaa ohjaavat kansainväliset standardit ja suositukset. Standardi ISO 15189 käsittelee lääketieteellisten laboratorioden laatua ja pätevyyttä koskevia vaatimuksia. Standardin mukaan laboratorioilla on oltava määritettynä keinot menettelyjen, laitteiden ja menetelmien vertailuun. Laboratorion on dokumentoitava ja tallennettava vertailujen tuloksia ja tarvittaessa ryhdyttävä toimenpiteisiin tulosten niin vaatiessa. Ulkoinen- ja sisäinen laaduntarkkailu ovat tärkeässä osassa laadukasta laboratoriotoimintaa. (Suomen standardoimisliitto SFS. 2013: 39.)

Eläinlääketieteellisten laboratorioden toimintaa ei toistaiseksi ohjaa mikään standardi tai suositus ja niiden seuraaminen on laboratorioille pääsääntöisesti vapaaehtoista. Standardit ja suositukset ohjaavat kuitenkin laadukkaaseen laboratoriotoimintaan ja ovat hyödyllisiä ohjeistuksia myös eläinlääketieteelliselle laboratoriotoiminnalle. Verifiointilla tarkoitetaan todentamista eli varmistumista siitä, että kohde täyttää määritellyt vaatimukset (Suomen standardoimisliitto SFS. 2013: 10). Laboratorion tekemällä verifiointilla varmennetaan, että kohteen suorituskkyky vastaa tutkimusmenetelmän ilmoitettua suorituskkykyä. Yliopistollisessa eläinsairaalassa ei ole tehty verifiointia IDEXX-analysaattoreille ennen tätä opinnäytetyötä.

2.4 Kvantitatiivinen tutkimusprosessi

Opinnäytetyö suoritettiin kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä soveltaen. Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus edellyttää ilmiön tuntemista eli sitä mitkä tekijät siihen vaikuttavat. Tutkittavan ilmiön tekijät muutetaan muuttujiksi, joita käsitellään tilastollisin menetelmin. Ilmiöitä kuvataan numeerisesti ja tulokset tehdään tiukkojen sääntöjen mukaisesti. Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää riittävää määrää havaintoyksiköitä, jotta tulokset edustavat perusjoukkoa ja ovat luotettavia. Kvantitatiivinen tutkimus on kurinalaisempi kuin kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Tutkimusta voidaan ajatella prosessina, joka etenee vaihe vaiheelta, kuten kuviossa 1 on esitetty. (Kananen 2011: 15-22.)



Kuvio 1. Kvantitatiivisen tutkimusprosessin vaiheet.

Tilastotieteellisiä menetelmiä käytetään tutkimusten suunnitteluun ja toteutukseen, tilastotieteen kuvaamiseen ja analysointiin sekä johtopäätösten tekoon. Kuvailevassa tilastotieteessä tutkimuksen ilmiöstä kerätty tieto esitetään taulukoina, kuvioina ja tilastollisina tunnuslukuina. Tutkimuksen lopuksi arvioidaan muun muassa työn laadukkuutta, eettisyyttä ja reliabiliteettia eli luotettavuutta. (Holopainen – Pulkkinen 2014: 15–21.)

2.5 Tilastolliset menetelmät

Tämän menetelmävertailun jokaisen analyysin tuloksista tehtiin hajontakuviot, regressiosuora sekä Bland-Altman kuvaaja. Lisäksi arvioitiin tulosten korrelaatiota. Menetelmiin päädyttiin tiedonhaun ja aikaisempien vastaavien tutkimusten perusteella. Lisäksi

tarkasteltiin tulosten keskiarvoja, erotuksia, keskihajontaa ja korrelaatiokertoimen neliötä (R^2) eli selitysastetta. Nollahypoteesi tutkimukselle on, ettei laitteiden tuloksilla ole kliinisesti merkitsevää eroa. Nollahypoteesin hyväksyntää arvioidaan muun muassa tulosten 95 % luottamusvälin avulla. Vaihtoehtoinen hypoteesi on, että laitteiden tuloksilla on kliinisesti merkitsevää eroa. Nollahypoteesin hylkäämiseen eivät riitä pienet erot eli erojen on oltava niin suuria, ettei niitä voida tulkita sattumasta johtuviksi.

Tieteellisessä tutkimuksessa käytettävän otoksen tulee edustaa perusjoukkoa. Tämän tutkimuksen otannaksi valittiin 40 koiran verinäytteet. Lisäksi tutkittiin 10 hevosen ja 10 kissan verinäytteet. Hevosten ja kissojen tuloksia vertailtiin suuntaa-antavana, sillä otoskoko ($n=10$) kummallakin eläinlajilla on pieni tilastollisten analyysien tekemiseen. Näistä tuloksista mainitaan lyhyesti koirien tulosten ohella. Useat lähteet suosittelevat vähintään neljäkymmenen näytteen käyttämistä menetelmävertailuissa. Otoksen tulisi edustaa normaalia käytäntöä ja sisältää kattavasti tuloksia analyysoijan mittausrajoissa (Jensen – Kjelgaard 2006: 278). Otokseen vaikutti myös aikarajoitukset ja kustannukset.

Korrelaatiokertoimia käytetään kuvaamaan vertailtavien muuttujien välisen yhteyden voimakkuutta eli lineaarista riippuvuutta. Korrelaatiokertoimen arvo on -1 ja 1 välillä. Arvon ollessa 0 ei lineaarista riippuvuutta ole. Muuttujien välillä on voimakas positiivinen korrelaatio, jos arvo on lähellä +1 eli toisen muuttujan kasvaessa toinenkin kasvaa lähes yhtäläisesti. Voimakas korrelaatio ei kuitenkaan takaa syy-seuraussuhdetta. Korrelaatiokertoimen neliö (R^2) eli selitysaste kertoo kuinka suuren osan selittävä muuttuja (x) selittää selitettävän muuttujan (y) vaihtelusta. Selitysaste kuvaa mallin hyvyttä ja tulos annetaan usein prosentteina. Suuri selitysaste ei kuitenkaan takaa tarkkoja ennusteita. (Heikkilä 2014: 90–92.)

Merkitsevyystaso kertoo, kuinka suuri riski on sillä, että ero tai riippuvuus johtuu sattumasta. Tulos annetaan p-arvona, joka osoittaa kuinka suuri on väärän johtopäätöksen todennäköisyys, jos nollahypoteesi hylätään. Jos p-arvo on $<0,05$ puhutaan tuloksesta yleisesti tilastollisesti melkein merkitsevä, jos se on $<0,01$ tilastollisesti merkitsevä ja $<0,001$ tilastollisesti erittäin merkitsevä. (Heikkilä 2014: 184).

Tulosten lineaarista riippuvuutta voidaan kuvata regressiosuoran avulla. Regressiosuora esitetään hajontakuviassa, jonka x-akselilla on toisen analyysoijan tulokset ja y-akse-

lilla toisen. Hajontakuvio kertoo kahden muuttujan välisen riippuvuuden suunnasta, voimakkuudesta sekä muodosta. Poikkeavat arvot erottuvat selkeästi. Regressiosuoran yhtälö on:

$$y = a + bx$$

Yhtälössä y on selitettävän muuttujan arvo ja x on selittävän muuttujan arvo. Yhtälössä b on kulmakerroin eli regressiokerroin, joka ilmoittaa kuinka paljon y :n arvo keskimäärin muuttuu x :n muuttuessa yhden yksikön. Positiivinen regressiokerroin tarkoittaa nousevaa suoraa ja negatiivinen laskevaa suoraa. Regressiosuoran ollessa 0 ei muuttujien välillä ole lineaarista yhteyttä. Yhtälössä a on vakiotekijä, joka ilmoittaa missä kohden regressiosuora leikkaa y -akselin. (Heikkilä 2014: 92). Lisäksi kuvioihin on liitetty täydellistä riippuvuutta kuvaava suora $y=x$, joka muodostuisi tulosten ollessa täysin yhtäläiset.

Bland-Altman kuvaajalla verrataan kahden menetelmän tuloksia toisiinsa. Korrelaatio-kertoimilla tutkitaan kahden menetelmän yhteyttä, muttei niiden eroavaisuuksia. Bland-Altman kuvaajan avulla voidaan arvioida menetelmien vertailukelpoisuutta. Menetelmien erotukset ovat y -akselilla (Menetelmä A – Menetelmä B) ja x -akselilla menetelmien keskiarvot $((\text{Menetelmä A} + \text{Menetelmä B}) / 2)$. Kuvaajan avulla tarkastellaan tulosten systemaattista virhettä (harha, bias) sekä luottamusväliä, jolle 95 % tuloksista tulisi asettua. Luottamusvälin ulkopuolelle jäävät tulokset eivät välttämättä ole kliinisesti merkitseviä ja niitä arvioidaan erikseen huomioiden viitearvot. (Giavarina 2015).

Systemaattinen virhe johtuu menetelmien eroista eikä sen vaikutus vähene, vaikka otoskoko kasvatettaisiin. Otoksen avulla pyritään luomaan johtopäätöksiä perusjoukosta. Otoksen arvot ovat estimaatteja eli arvioita perusjoukon vastaavista arvoista. Näihin arvioihin liittyy aina epävarmuutta. Luottamusväli kertoo millä välillä perusjoukon arvot sijaitsevat tietyllä todennäköisyydellä. 95 % luottamusväli on tilastotieteessä yleisesti käytössä, mutta myös muita tarkkuuksia, kuten 90 % tai 98 % luottamusvälejä voidaan käyttää. (Heikkilä 2014: 104–105).

Menetelmävertailun luotettavuutta ja erilaisia virheitä arvioidaan monin eri keinoin. Tärkein edellytys tutkimuksen luotettavuudelle on, että se on tehty tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisesti. Myös luotettavuutta alentavat erilaiset virheet otetaan huomioon. Tutkimusaineistoon vaikuttavia virheitä voivat olla esimerkiksi käsittely-, mittaus- ja otan-

tavirheet. Otantatutkimukseen liittyy aina otannasta johtuvaa satunnaisvirhettä. Mittausvirheitä voi esiintyä esimerkiksi mittauksen epätarkkuuden tai mittaukseen vaikuttavien tekijöiden vaikutuksesta. (Heikkilä 2014: 176–178.)

Vertailun ohella tehdyistä analysaattorien toistomittauksista tarkastellaan suhteellista hajontaa (CV%), systemaattista virhettä (bias%) sekä kokonaisvirhettä. Tuloksia verrataan kansainvälisen järjestön ASVPC (American Society for Veterinary Clinical Pathology) suosituksiin. Toistomittauksilla saadaan tietoa analysaattorien tulosten toistettavuudesta ja täsmävytydestä. Kokonaisvirheen avulla voidaan arvioida tutkimuksen tietojen luotettavuutta, toimintakykyä ja menetelmien vertailukelpoisuutta. CV% lasketaan seuraavasti:

$$CV\% = \frac{\text{keskihajonta}}{\text{keskiarvo}} \times 100$$

Bias% (harha) eli systemaattinen virhe lasketaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\text{Bias}\% = \frac{\text{keskiarvo}_{\text{tavoite}} - \text{keskiarvo}_{\text{tulos}}}{\text{keskiarvo}_{\text{tavoite}}} \times 100$$

Kokonaisvirhe lasketaan seuraavasti:

$$\text{Kokonaisvirhe} = 2CV\% + \text{Bias}\%$$

Tulosten avulla laskettua kokonaisvirhettä verrataan analyttiseen kokonaisvirheeseen. Mikäli laskettu kokonaisvirhe on sama tai matalampi kuin analyttinen kokonaisvirhe, katsotaan analysaattorin olevan sopiva kyseisen analyytin mittaamiseen. Lisäksi tuloksia verrataan biologisen variaation huomioiviin tulosrajoihin, jotka on jaettu kolmeen kategoriaan: optimaalinen (optimal), toivottava (desirable) ja minimi (minimum). Rajat ovat tiukat useiden analysaattorien suorituskyyville, joten rajoja yksittäin ei suositella mittareiksi sille, onko analysaattorin suorituskyy analyytin mittaamiselle riittävä. (Harr – Flatland – Nabity – Freeman 2013; Nabity – Harr – Camus – Flatland – Vap 2017.)

2.6 Analysaattorit

Menetelmävertailussa käytetään kahta kliinisen kemian- sekä hematologian analysaattoria. Konelab 60i- ja Advia 2120 -analysaattorit ovat käytössä keskuslaboratoriossa. IDEXX Catalyst Dx- ja IDEXX Procyte Dx -analysaattorit ovat käytössä Yliopistollisen eläinsairaalan päivystyslaboratoriossa.

2.6.1 Konelab 60i

Konelab-analysaattorit ovat yleisesti käytössä olevia kliinisen kemian analysaattoreita. Tutkimuksesta riippuen näytteenä voidaan käyttää kokoverta, plasmaa, seerumia, virtsaa sekä likvoria. Analysaattorilla voidaan suorittaa yleisimpiä kliinisen kemian määrittäyksiä, kuten entsyymi- ja glukoosipitoisuuksia, rasva-arvoja ja elektrolyyttejä. Mittaus tapahtuu yksikanavaisella suodatinfotometrillä. Mittaukset tehdään kineettisesti tai päätepistemittauksella. Analysaattori esikäsittelee näytteen ennen mittausta, jonka jälkeen näytteestä mitataan absorbanssi. Mittausmenetelmät ovat fotometrisia. (Konelab Reference Manual. 2009.) Kolorimetrialla mitataan valon imeytymistä eli absorbanssia. Turbidometrialla mitataan sironneen valon lisäksi heijastuneen eli reflektoituneen ja absorboituneen valon määrää. Lisäksi analysaattorissa on ISE-yksikkö eli ioniselektiivinen elektrodi elektrolyyttien, kuten natriumin ja kaliumin mittaukseen. ISE-yksikön mittaukset perustuvat potentiometriaan eli jännite-eron mittaukseen. (Åkerman – Jokela 2010a: 54–58; Åkerman – Jokela 2010b: 62–65.)

2.6.2 Advia 2120i

Advia 2120i -analysaattori on automatisoitu kliinisen hematologian verenkuvaa analysaattori. Analysaattorilla voidaan tutkia kokoverestä täydellinen verenkuvaa, valkosolujen erittelylaskenta ja morfologia sekä retikulosyytit. Verenkuvatutkimukset kuuluvat yleisen terveystarkastuksen tutkimuksiin ja ovatkin yleisimpiä kliinisten laboratoriorien tutkimuksia. Advia 2120i -analysaattori on suunniteltu sekä ihmisten että eläinten näytteille. Mittaukset perustuvat virtaussytometriaan ja valon sirontaan, valkosolujen hajotukseen (lyysis), solujen peroksidaasiaktiivisuuteen ja kolorimetriaan (hemoglobiinin mittausta). Hemoglobiini voidaan mitata syanidivapaalla reagenssilla tai syanidia sisältävällä. Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratoriossa on käytössä syanidillinen reagenssi. Näyte kulkee aspiroinnista näytteenjakoventtiiliin, joka jakaa sen viiteen reaktiokammioon eri tutkimuksia varten. Analyysiin tarvittava näytemäärä on 175 µl ja näytteitä voidaan ajaa jopa 120 tunnissa, riippuen tutkimuksista. Advia 2120i -analysaattori suorittaa valkosolujen erittelylaskennan sekä ilmoittaa värjäytymättömien isojen solujen (LUC eli large unstained cells) määrän. LUC-solut ovat valkosoluja, jotka eivät värjydy peroksidaasimenetelmällä ja jäävät tunnistamatta. (Advia Operator's Guide. 2007.)

2.6.3 IDEXX Catalyst Dx

IDEXX Catalyst Dx on pöytämallinen nopea kemian analysaattori. Analysaattorilla voidaan mitata jopa 30 eri analyyyttiä, muun muassa yleisimpiä kemian tutkimuksia kuten C-reaktiivinen proteiini (CRP), glukoosi, alaniiniaminotransferaasi (ALAT) ja kolesterolit. Analysaattorille on myös saatavilla erilaisia valmiita tutkimuspaneeleja. Tutkimuksia voidaan tehdä myös yksittäin. Analysaattori käyttää niin sanottua Dry Slide -teknologiaa. Näyte kulkee analysaattorilla kerrosten läpi, joista ensimmäinen jakaa näytteen levyille tasaisesti ja toinen suodattaa näytteestä pois epäpuhtauksia ja mittausta häiritseviä tekijöitä. Tämä on tärkeässä osassa eläinten näytteissä, sillä IDEXX Laboratorioiden oman aineiston mukaan jopa 73 % eläinten näytteistä sisältää mittausta häiritseviä tekijöitä, kuten hemolyysiä tai lipemistä. Eläinten näytteitä on usein vaikeampi ottaa yhtä puhtaasti ja laadukkaasti kuin ihmisten näytteitä. Seuraava kerros on reagenssikerros, jossa reagenssi reagoi näytteen kanssa. Lopuksi indikaattorikerroksessa näytteen spektri analysoidaan ja tukikerros toimii optisena rajapintana. Analysaattori mittaa kerroksissa tapahtuvaa värireaktiota. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.)

2.6.4 IDEXX ProCyt Dx

IDEXX ProCyt Dx on hematologian pienikokoinen ja nopea analysaattori. Mittauksiin käytetään laser-virtausytometriä, optista fluoresenssia ja laminaarista virtausimpedanssi -teknologiaa. Laser-virtausytometrialla suoritetaan kaksi eri analyysiä: punasolujen analyysi (punasolut, retikulosyytit ja verihiutaleet) sekä valkosolujen erittely (analysoi ja tunnistaa veren eri valkosolut). Optisessa fluoresenssissa veren solut merkitään fluoresoivalla aineella ja niihin kohdistetaan lasersäteitä, joiden avulla saadaan mitattua solujen siroamaa valoa sekä virittyneen merkkiaineen tuottamaa valoa. Sen avulla lasketaan retikulosyyttejä, saadaan tarkkuutta valkosolujen erittelyyn sekä analysoidaan kissojen verihiutaleet. Laminaarisen virtausimpedanssin avulla lasketaan punasolujen ja verihiutaleiden määrää ja kokoa. SLS-mittausmenetelmä hemoglobiinille on nopea, eikä se käytä myrkyllisiä aineita. 30 µl näytemäärä riittää tutkimuksiin ja mittausaika on noin 2 minuuttia. Analysaattorilla voidaan mitata 26 eri hematologian parametria, joiden tulokset on validoitu yhdeksälle eri eläinlajille: koira, kissa, hevonen, nauta, fretti, kani, gerbiili, sika ja minisika. (IDEXX ProCyt Dx Operator's Guide. 2014.)

2.7 Kemian analytyt ja menetelmäperiaatteet

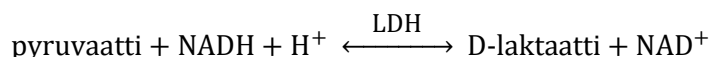
Tutkimukseen otettiin kahdeksan kemian analytyä, jotka valittiin IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin CHEM10-paneelin mukaan. Hevosten näytteille otettiin vertailuun mukaan lisäksi aspartaattiaminotransferaasi (ASAT), sillä hevosilla alaniiniaminotransferaasin (ALAT) määrittäminen ei ole hyödyllinen maksasairauksien diagnosoinnissa. Hevosten alaniiniaminotransferaasin aktiivisuus maksassa on luonnostaan alhainen. Aspartaattiaminotransferaasin määrittäminen voi auttaa maksasairauksien diagnosoinnissa.

Tässä opinnäytetyössä käytetään pääsääntöisesti laboratorionimikkeistön mukaisia lyhenteitä. Yhtenäinen laboratoriotutkimusnimikkeistö pyrkii yhdenmukaisuuteen ja se kattaa muun muassa kliinisen kemian, fysiologian, mikrobiologian ja genetiikan laboratoriotutkimuksia. Nimikkeistö on nykyisin käytössä kaikissa Suomen terveydenhuollon yksiköissä. (Laboratoriotutkimusnimikkeistö. 2017.) Eläinlääketieteellinen laboratoriotointi voi kuitenkin erota tältä osin, eikä Yliopistollisessa eläinsairaalassa ole käytössä yhtenäistä laboratoriotutkimusnimikkeistöä. Tulosten raportointi riippuu analysaattorista, jolla tutkimus tehdään. Tämän vuoksi työssä saattaa esiintyä muitakin lyhenteitä esimerkiksi analysaattorien reagenssien nimissä.

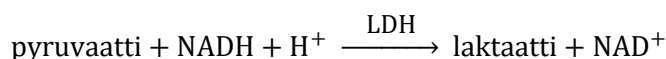
2.7.1 Alaniiniaminotransferaasi (ALAT)

Koirilla ja kissoilla alaniiniaminotransferaasi (ALAT) on maksaspesifinen entsyymi. Sitä esiintyy maksasolujen sytoplasmassa, josta se pääsee verenkiertoon soluvaurioiden myötä. Alaniiniaminotransferaasin pitoisuudet veressä kertovat ensisijaisesti maksasoluvauriosta tai -tulehduksesta. Märehtijöillä, hevosilla ja sioilla alaniiniaminotransferaasin määrittäminen ei ole hyödyllinen maksasairauksien diagnosoinnissa, sillä sen aktiivisuus maksassa on luonnostaan hyvin alhainen. Edes vakavissa maksasairauksissa ei havaita kuin pieniä pitoisuuksien kasvuja. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.)

Menetelmäperiaate on analysaattoreilla fotometrinen ja eroaa vain hieman reagenssien osalta. Alaniiniaminotransferaasi katalysoi aminoryhmän siirtymisen alaniinilta okso-glutaraatille, muodostaen glutamaattia ja pyruvaattia. Pyruvaatti pelkistetään laktaatiksi laktaattidehydrogenaasin (LDH) avulla. Samalla vastaava määrä NADH:ta hapettuu NAD:ksi. NADH:n määrän väheneminen on suoraan verrannollinen näytteen alaniiniaminotransferaasin pitoisuuteen. Absorbanssi mitataan 340 nm aallonpituudella. Konelab 60i -analysaattorin reaktioyhtälö on:



IDEXX Catalyst Dx -analysaattori käyttää reaktiossa alfa-ketoglutaraattia 2-oksoglutaraatin sijaan, muuten reaktioyhtälö on vastaava:

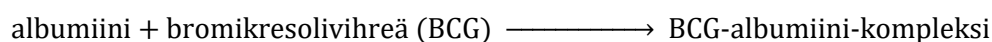


Alaniiniaminotransferaasin määrittämisen mittausepäätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on $\leq 5.0\%$ (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti ALAT. 2014.)

2.7.2 Albumiini (Alb)

Terveellä eläimellä suurin osa seerumin proteiineista on albumiinia. Albumiinia syntetisoi yksinomaan maksassa ja sillä on tärkeä merkitys erilaisten yhdisteiden kuljetuksessa elimistössä, sillä nämä yhdisteet kulkeutuvat albumiiniin sitoutuneina. Albumiinilla on myös tärkeä rooli nestetasapainon säätelyssä, sillä se ylläpitää plasman kolloidiosmoottista painetta. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.) Albumiinin määrittäminen käytetään maksan ja munuaisten tilan sekä nestetasapainon selvittämiseen. Kohonnut albumiinipitoisuus veressä viittaa kuivumistilaan. Albumiinin pitoisuuksien aleneminen veressä voi liittyä muun muassa verenvuotoon, maksavaurioon tai akuutteihin infektioihin. Voimakas näytteen hemolyysi voi aiheuttaa virheellisen korkeita tuloksia. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; HUSLAB albumiini. 2018.)

Albumiinin määrittäminen on analysaattoreilla fotometrinen ja siinä mitataan värireaktiota. Kun albumiini reagoi bromikresolivihreä (BCG) väriaineen kanssa tapahtuu värireaktio. Konelab 60i -analysaattori mittaa reaktion 600 nm aallonpituudella.

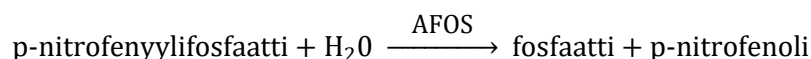


Albumiini määrityksen mittausepäätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on ≤ 2.5 % (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti albumiini. 2014.)

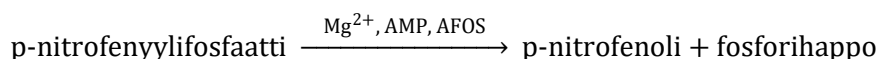
2.7.3 Alkalinen fosfataasi (AFOS)

Alkalinen fosfataasi on entsyymi, jota löytyy monista elimistön kudoksista, mutta erityisesti maksasta ja luuston osteoblasteista. Alkalisen fosfataasin määrittystä käytetään muun muassa maksan ja luuston sairauksien diagnostiikkaan. (Laboratoriokäsikirja 2014.) Nuorilla eläimillä suurempi osa alkalisesta fosfataasista on peräisin luustosta sen aktiivisen kehityksen myötä, kun taas aikuisilla eläimillä suurin osa pitoisuuksista tulee maksasta (Hendrix – Sirois 2007: 82). Entsyymiä esiintyy myös esimerkiksi ohutsuolen limakalvoilla, munuaisissa ja istukassa. Pitoisuuksien voimakas nousu todetaan usein myös sappitietukoksessa. (Laboratoriokäsikirja. 2014.) Testin herkkyys on huono hevosilla ja kissoilla. Koska näillä eläinlajeilla muun kuin maksaperäisen alkalisen fosfataasin puoliintumisaika on pidempi kuin maksaperäisen, voi pienikin pitoisuuksien nousu veressä viitata esimerkiksi sappitietukokseen. Hemolyyysi häiritsee määrittystä. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.)

Alkalisen fosfataasin mittausmenetelmä on analysaattoreilla fotometrinen. Konelab 60i -analysaattorilla alkalinen fosfataasi katalysoi p-nitrofenyylifosfaatin hydrolyysin. P-nitrofenolin muodostuminen emäksisessä liuoksessa mitataan 405 nm aallonpituudella.



IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla menetelmä eroaa reagenssien osalta sekä loppuliukoksen happamuudessa. Konelab 60i -analysaattorilla mittaus tehdään emäksisestä liuoksesta ja IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla happamasta liuoksesta.

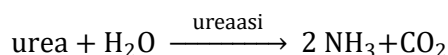


Alkalisen fosfataasin määrityksen mittausepäätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on ≤ 5.0 % (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti AFOS. 2014.)

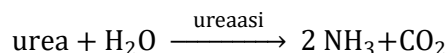
2.7.4 Urea (Urea)

Elimistön normaali proteiiniaineenvaihdunta tuottaa myrkyllistä ammoniakkia. Maksassa ammoniakki muuntuu ureaksi, joka suodattuu pois virtsaan munuaisten glomeruluksissa. Urean määrittystä käytetään munuaisten toiminnan arviointiin. Korkea ureapitoisuus veressä voi viitata esimerkiksi munuaissairauteen tai runsasproteiiniseen ruokavalioon sekä ruoansulatuskanavan verenvuotoon. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.)

Urean mittausmenetelmä on analysaattoreilla fotometrinen. Mittausmenetelmissä on eroa lopputuotteen osalta. Konelab 60i -analysaattorilla urea hydrolysoidaan veden ja ureaasin avulla ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi. Glutamaattidehydrogenaasin (GLDH) ja nikotiiniamidiadeniinidinukleotidin (NADH) avulla ammoniakki reagoi alfa-ketoglutaraatin kanssa muodostaen L-glutamaattia. 340 nm aallonpituudella absorbanssin väheneminen NADH:n pelkistytessä NAD:ksi on suoraan verrannollinen urean pitoisuuteen.



IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin menetelmän lopputuote on väriaine:



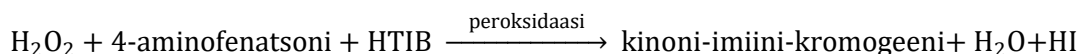
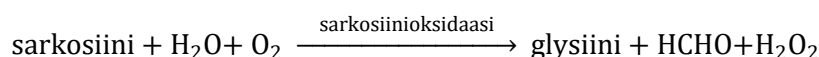
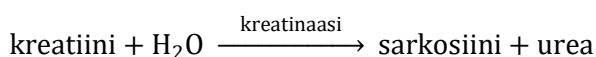
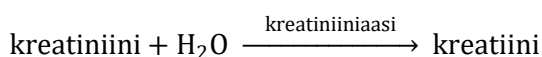
Ureamäärityksen mittausepätaarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on ≤ 6.0 % (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepätaarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti urea. 2014.)

2.7.5 Kreatiniini (Krea)

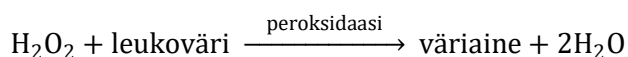
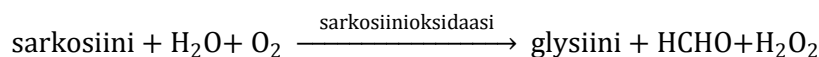
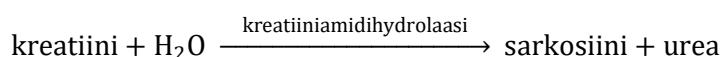
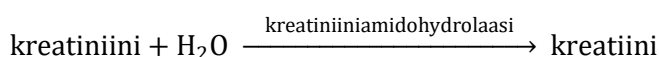
Kreatiniini on kreatiinin hajoamistuote lihasten aineenvaihdunnassa. Muodostuvan kreatiniinin määrä on riippuvainen lihasmassasta. Kreatiniini suodattuu munuaisten glomerulusten läpi virtsaan. Kreatiniinimäärittystä käytetään munuaisten toiminnan arviointiin. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.) Korkeita arvoja tavataan munuaisten

akuutissa ja kroonisessa vajaatoiminnassa. Matalat arvot voivat viitata esimerkiksi lihasatrofiaan tai hypertyreoosiin. Lihapitoinen ruoka voi nostaa kreatiniinin määrää veressä huomattavastikin. (HUSLAB kreatiniini. 2018.)

Kreatiniini mitataan analysaattoreilla fotometrisesti entsyymaattisella kolorimetrisellä määrittelyllä. Konelab 60i -analysaattorilla kreatiniinista saadaan sarkosiinia kreatiniiniasin ja kreatinaasin avulla. Sarkosiini muunnetaan glysiiniksi, formaldehydiksi ja vetyperoksidiksi hapen ja veden läsnä ollessa sarkosiinioksidaasin avulla. Vetyperoksidi reagoi 4-aminofenatsonin ja 2,4,6-trijodi-3-hydroksibentsoehapon (HTIB) kanssa muodostaen värillisen kinoni-imiini-kromogeeni-yhdisteen peroksidaasin katalysoimana. Värin vahvuus on suoraan verrannollinen kreatiniinin pitoisuuteen näytteessä ja se mitataan 540 nm aallonpituudella.



IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla reaktioyhtälö on hyvin vastaavanlainen:

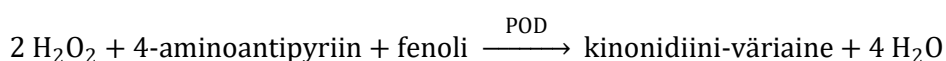
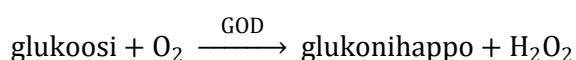


Kreatiniinimäärittelyn mittausepäätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on ≤ 4.5 % (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti kreatiniini. 2015.)

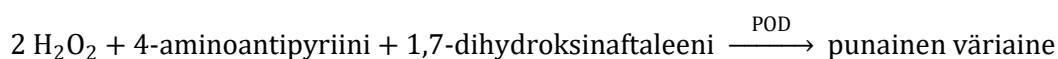
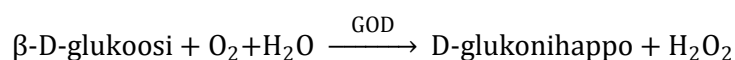
2.7.6 Glukoosi (Gluk)

Hiilihydraattien aineenvaihdunnan yleisin toimintahäiriö on veren korkea glukoosipitoisuus, joka johtuu diabetes mellituksesta. Elimistö säätelee glukoosipitoisuutta muun muassa insuliinin ja glukagonin avulla. Insuliini laskee pitoisuutta veressä ja glukagoni nostaa sitä. Veressä glukoosin määrä vaihtelee normaalisti vain vähän. (Laboratoriokäsikirja 2014.) On suositeltavaa ottaa paastonäyte, sillä syöminen vaikuttaa veren glukoosin määrään. Myös näytteen hemolyysi voi vaikuttaa tuloksiin. Plasma tai seerumi tulisi myös erotella punasoluista mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen, sillä punasolut käyttävät glukoosia energiaksi ja pitoisuus voi tällöin laskea, antaen väärän normaalin tai matalan tuloksen. (Hendrix – Sirois 2007: 96)

Mittausmenetelmä on analysaattoreilla fotometrinen. Konelab 60i -analysaattorilla on käytössä glukoosioksidaasi-peroksidaasimenetelmä. Glukoosi hapetetaan D-glukonaa-tiksi glukoosioksidaasin (GOD) avulla, jolloin muodostuu vastaavan konsentraation määrä vetyperoksidia. Peroksidaasin (POD) läsnä ollessa 4-aminoantipyriini ja fenoli pariutuvat vetyperoksidin avulla muodostaen punaista kinonidiini-väriainetta. Värin intensiteetti mitataan 510 nm aallonpituudella, joka on suoraan verrannollinen glukoosipitoisuuden näytteessä.



IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin reaktioyhtälö:



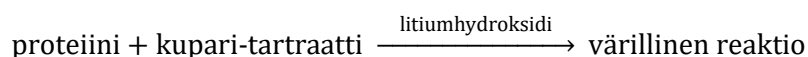
Glukoosimäärityksen mittausepätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on ≤ 5.0 % (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti glukoosi. 2016.)

2.7.7 Proteiini (Prot)

Seerumin proteiinimääritys on prealbumiinin, albumiinin ja globuliinien yhdistelmä. Terveillä eläimillä albumiini on veren tärkein proteiini. Globuliinien määrä saadaan vähentämällä albumiini kokonaisproteiinista. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017.) Seerumin proteiinimääritystä käytetään nestetasapainon, proteiiniaineenvaihdunnan ja paraproteinemioiden tutkimuksiin. Korkeat pitoisuudet voivat johtua muun muassa nestehukasta. Matalat proteiinipitoisuudet seerumissa voivat johtua verenvuodosta, vähäisestä proteiinien tuotannosta, vähäproteiinisesta ruokavaliosta tai imeytymishäiriöistä. Kokonaisproteiinin matala pitoisuus johtuu usein albumiinin määrän alentumisesta. (HUSLAB proteiini. 2018.)

Konelab 60i -analysaattorin menetelmä on fotometrinen ja siinä mitataan värireaktiota. Proteiini muodostaa värillisen kompleksin kupari-ionien kanssa emäksisessä liuoksessa. Kompleksi mitataan 540 nm aallonpituudella. Menetelmässä käytetään etyleenidiamiini-tetraetikkahappoa (EDTA) kelatoivana ja stabiloivana aineena kupari-ioneille.

Myös IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin menetelmä on fotometrinen ja mittaa värireaktiota. Reaktioyhtälö on:



Proteiinimäärityksen mittausepäätarkkuus Konelab 60i -analysaattorilla on $\leq 3.0\%$ (CV%). IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti proteiini. 2015.)

2.8 Hematologian analyytit ja menetelmäperiaatteet

Verenkuva on yksi käytetyimpiä laboratoriotutkimuksia, joka antaa yleiskuvan veren soluista sekä tietoa eri punasoluparametreista. Perusverenkuva (PVK) sisältää useita osatutkimuksia. Myös verihiutaleiden eli trombosyyttien määrä ilmoitetaan perusveren kuvan yhteydessä. Täydellinen verenkuva (TVK) sisältää myös valkosolujen eli leukosyyttien erittelylaskennan. Verenkuvatutkimuksesta on hyötyä monien eri sairauksien diagnosoinnissa. (Eskelinen 2016.) Tutkimukseen valittiin yleisimmät veren kuvan punasoluparametrit sekä valkosolujen erittely.

2.8.1 Punasolut (Eryt)

Punasolujen eli erytrosyyttien pääasiallinen tehtävä on kuljettaa elimistössä happea ja hiilidioksidia. Punasolut ovat nisäkkäillä tumattomia ja muodoltaan kaksoiskoveria. (Nienstedt – Hänninen – Arstila – Björkqvist 2009: 168–169.) Advia 2120i -analysaattorilla punasolut mitataan reagenssin avulla, joka sisältää natriumdodekyylisulfaattia (SDS) ja glutaraldehydiä. Nämä saavat aikaan punasolujen ja trombosyyttien pyöristymisen. Kun punasolut on pyöristetty, ne fiksoidaan sytokemiallisilla reaktioilla ja johdetaan mitauskammioon. Kammiossa soluihin kohdistetaan valo, jonka sirontaa mitataan. Punasolumäärityksen mittausepäätarkkuus Advia 2120i -analysaattorilla on ≤ 2.7 % (CV%). IDEXX Procyte Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (Advia Operator's Guide. 2007.)

Punasolut ja trombosyytit määritetään IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla käyttäen laser-virtaussytometriaa sekä mittaamalla valon sirontaa soluista. Laminaarisen virtausimpedanssin avulla määritetään punasolujen ja trombosyyttien kokoa ja määrää. Laimennettu näyte kohdistetaan tunnistusaukosta läpi, jonka elektronista signaalia jokainen solu häiritsee läpi kulkiessaan. Mitatun vastuksen avulla voidaan määrittää solujen koko ja tyyppi. (IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014.)

2.8.2 Hemoglobiini (Hb)

Noin kolmasosa punasolujen kokonaismassasta on hemoglobiinia, johon suurin osa hapesta sekä osa hiilidioksidista sitoutuu kuljetuksen ajaksi. Hemoglobiini on proteiini, joka koostuu neljästä peptidiketjusta ja neljästä hemiryhmästä. Hemien keskellä on rauta-atomit, joihin hemoglobiinin kuljettama happi kiinnittyy. (Nienstedt ym. 2009: 28, 169.)

Advia 2120i -analysaattorilla hemoglobiinin mittaus alkaa punasolujen hajotuksella (lyysis) hemoglobiinin vapauttamiseksi. Hemoglobiinin hemi-rauta hapetetaan ferro-ionista (Fe^{2+}) ferri-ioniin (Fe^{3+}) ja yhdistetään hemoglobiinireagenssin kalsiumsyanidiin. Näin muodostuu mitattava reaktiotuote. Reaktiotuotteen mittaaminen tapahtuu kolorimetrisesti aallonpituudella 565 nm tai 546 nm riippuen menetelmästä. Hemoglobiinimäärityksen mittausepäätarkkuus Advia 2120i -analysaattorilla on ≤ 0.8 % (CV%). IDEXX Procyte Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (Advia Operator's Guide. 2007.)

IDEXX Procyte Dx -analysaattori käyttää hemoglobiinin mittaamiseen SLS-hemoglobiinin menetelmää. Reagenssi hajottaa näytteen punasolut. Kemiallinen reaktio alkaa muuntamalla globiinin ja hapettamalla hemiryhmän. Seuraavaksi SLS:n (natriumlauryylisulfaatti) hydrofiiliset ryhmät sitoutuvat hemiryhmään ja muodostavat stabiilin ja värillisen kompleksin, joka voidaan mitata fotometrisesti. (IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014.)

2.8.3 Punasolujen keskitilavuus (MCV)

Punasolujen keskitilavuus (MCV eli mean cell volume) kertoo punasolun tilavuuden eli koon femtolitroina (fl). Parametri on hyödyllinen erityisesti anemialuokittelussa (Hendrix – Sirois 2007: 38).

Advia 2120i -analysaattori määrittää punasolujen keskitilavuuden virtaussytometrisesti. Analysaattorin antama punasolujen tilavuushistogrammi esittää punasolujakauman solutilavuutena. Punasolujen keskitilavuus on tämän histogrammin keskiarvo. Punasolujen keskitilavuusmäärityksen mittausepäätarkkuus Advia 2120i -analysaattorilla on ≤ 0.4 % (CV%). IDEXX Procyte Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (Advia Operator's Guide. 2007.)

IDEXX Procyte Dx -analysaattori laskee punasolujen keskitilavuuden laminaarisen virtausimpedanssin avulla. Laimennettu näyte ajetaan tunnistusaukosta, jonka elektronista signaalia jokainen solu häiritsee läpi kulkiessaan. Mitatun vastuksen avulla voidaan määrittää punasolujen koko. (IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014.)

2.8.4 Hematokriitti (Hkr)

Hematokriitti tarkoittaa punasolujen osuutta veren tilavuudesta. Hematokriitti kertoo veren hapenkuljetuskapasiteetista ja nestetasapainosta. Hematokriitti on laskennallinen parametri, jonka verenkuvanalysaattorit laskevat kertomalla punasolujen määrän niiden keskitilavuudella (MCV). (Matinlauri – Vilpo 2010: 249.)

2.8.5 Verihiutaleet (Trom)

Verihiutaleet eli trombosyytit ovat veren pieniä tumattomia solukappaleita. Niillä on tärkeä tehtävä veren hyytymisjärjestelmässä. Verihiutaleet takertuvat helposti toisiinsa (agregoituvat) sekä ympäristön rakenteisiin, kuten vaurioituneen verisuonen seinämiin. Verihiutaleiden vähäisyys eli trombosytopenia altistaa verenvuototapauksille. (Nienstedt ym. 2009: 175-176.)

Advia 2120i -analysaattorilla verihiutaleet mitataan kuten punasolut. Verihiutaleet pyöristetään, fiksoidaan ja ajetaan mittauskammioon, jossa niihin kohdistetaan valoa, jonka sirontaa mitataan. Menetelmällä erotetaan trombosyytit, suuret trombosyytit, punasolut, punasolufragmentit ja ”punasoluhaamut.” Trombosyyttimäärityksen mittausepäätarkkuus Advia 2120i -analysaattorilla on ≤ 2.7 % (CV%). IDEXX Procyte Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (Advia Operator's Guide. 2007.)

Procyte Dx -analysaattori mittaa verihiutaleiden määrää ja kokoa laser-virtaussytometrialla sekä käyttäen optista fluoresenssia kissojen verihiutaleiden määrittämiseen. Kissojen verihiutaleet voivat olla suurempia kuin niiden punasolut. Myös verihiutaleiden kasaantuminen kissoilla on yleistä. (Hendrix – Sirois 2007: 59.) Optisen fluoresenssin avulla saadaan tarkemmin eroteltua suuret verihiutaleet punasoluista. (IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014.)

2.8.6 Valkosolujen (Leuk) määrä ja erittely

Valkosoluihin eli leukosyytteihin kuuluvat granulosyytit, lymfosyytit ja monosyytit. Granulosyytit jaetaan edelleen neutrofiileihin, eosinofiileihin ja basofiileihin. Granulosyytit ja monosyytit syntyvät luuytimessä sekä myös lymfosyyttien alkumuodot, joiden lisääntyminen jatkuu imukudoksessa. Neutrofiilit ottavat sisäänsä eli fagosytoivat elimistölle vierasta materiaalia, kuten bakteereja. Eosinofiilit hävittävät loisia ja niiden määrä veressä nousee muun muassa allergisissa tiloissa. Basofiilien jyvät sisältävät hepariinia tai histamiinia ja ne säätelevät osaltaan immunitettiin ja tulehdusreaktioita. (Nienstedt ym. 2009: 173–175.)

Lymfosyytit eli imusolut ovat immuunipuolustuksen tärkeitä soluja. Lymfosyytit voidaan jakaa B- ja T-imusoluihin. B-imusolut aktivoituvat sopivan antigeenin kiinnittyessä niiden pinnan reseptoreihin. Tämä johtaa B-imusolujen lisääntymiseen ja erikoistumiseen

vasta-aineita tuottaviksi plasmasoluiksi. Samalla syntyy muistisoluja. T-imusolut kypsyvät kateenkorvassa, josta ne poistuvat verenkiertoon ja imunesteseen. Immuunireaktiossa T-imusolut erikoistuvat eri toimintoihin, kuten auttaja-T-soluiksi tai tappajasoluiksi. (Nienstedt ym. 2009: 251–253.)

Valkosolujen kokonaismäärän (Leuk) määrittämisen mittausepäätarkkuus Advia 2120i -analysaattorilla on $\leq 2.7\%$ (CV%). Mittausepäätarkkuudet ovat neutrofiileille $\leq 1.6\%$, lymfosyyteille $\leq 2.9\%$, monosyyteille $\leq 6.9\%$, eosinofiileille $\leq 8.8\%$ ja basofiileille $\leq 20.0\%$. (Advia Operator's Guide. 2007.) IDEXX Procyte Dx -analysaattorin mittausepäätarkkuutta ei ole ilmoitettu käyttöohjeissa. (Advia Operator's Guide. 2007.)

Advia 2120i -analysaattori määrittää valkosolujen kokonaismäärän näytteestä sekoittamalla kokoverinäytettä ja reagenssia, joka sisältää happoa ja tensidejä. Punasolut hemolysoituvat, jonka jälkeen valkosolut analysoidaan virtausytometrisesti käyttäen lasersädettä, jonka valon sirontaa mitataan. Valkosolujen erittelylaskentaan käytetään kahta eri menetelmää: basofiili/liuskaisuus- sekä peroksidaasimenetelmä. Basofiili/liuskaisuusmenetelmän sytokemialliset reaktiot koostuvat kahdesta osasta. Ensin punasolut ja verihiutaleet hajotetaan reagenssin avulla. Seuraavaksi kaikkien valkosolujen paitsi basofiilien sytoplasmat poistetaan korkeammassa lämpötilassa reagenssikammiossa. Valkosolut, joiden sytoplasmat on poistettu, voidaan jakaa yksitumaisiin- ja liuskatumaisiin perustuen niiden tumien kokoon ja rakenteeseen. Kokonaiset basofiilit saadaan erotettua muiden valkosolujen jäljelle jääneistä pienemmistä tumista. Reaktiokammioista solususpensio kulkee mittauskanavan läpi, jossa mitataan solujen valon sirontaa eri kulmissa. Valon sironta kertoo tumien koostumuksen eli muodon ja tiheyden. Optiset signaalit muutetaan sähköisiksi impulsseiksi fotodiodeilla. (Advia Operator's Guide. 2007.)

Peroksidaasimenetelmän sytokemialliset reaktiot voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensin punasolut hajotetaan reaktiokammion korkeassa lämpötilassa reagenssin avulla. Seuraavaksi valkosolut fiksoidaan samalla reagenssilla. Lopuksi valkosolut värjätään. Valkosolut tunnistetaan niiden koon ja peroksidaasireaktion intensiteetin mukaan. Neutrofiilit, eosinofiilit ja monosyytit värjäytyvät niiden peroksidaasiaktiivisuuden mukaan. Lymfosyytit, basofiilit ja isot värjäytymättömät solut (LUC) eivät sisällä peroksidaasia, joten ne eivät värjäydy. Reaktiokammioista valkosolut kulkevat suspensiossa mittauskanavan läpi, jossa mitataan valon absorbanssia ja sirontaa näytteestä. Saadut signaalit havaitaan ja vahvistetaan sähköisesti. (Advia Operator's Guide. 2007.)

IDEXX Procyte Dx -analysaattori erittelee valkosolut käyttäen laser-virtausytometriaa tunnistamaan neutrofiilit, lymfosyytit, monosyytit, eosinofiilit ja basofiilit. Näytesuspensio ajetaan hydrodynaamisesti kapean aukon läpi, johon kohdistetaan punainen lasersäde. Valon sironta soluista mitataan, jolloin saadaan tietoa niiden koosta, sisällöstä ja rakenteesta. Optisessa fluoresenssissa valkosolut merkitään fluoresoivalla aineella, joka sitoutuu solujen nukleiinihappoihin. Leimattuihin soluihin kohdistetaan punaista lasersädettä, jonka valon sirontaa ja virittyneen merkkiaineen lähettämää valoa mitataan. Fluoresenssiin käytetään vähintään 660 nm aallonpituutta ja sen avulla saadaan lisää tarkkuutta valkosolujen erittelyyn. (IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014.)

2.9 Viitearvot

Taulukossa 2 ja 3 on esitetty koirien viitearvot tämän tutkimuksen hematologian ja kemian analyysiteille. Advia 2120i- ja Konelab 60i -analysaattorin viitearvot ovat Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratorion määrittämät. IDEXX Procyte Dx- ja IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin viitearvot ovat IDEXX Laboratorioiden määrittämät.

Taulukko 2. Koirien viitearvot hematologian analyysiteille (Viitearvot. 2018).

Analyytti, koira	Yksikkö	Advia 2120i	IDEXX Procyte Dx
Eryt	$\times 10^{12}/l$	5.3–8.0	5.65–8.87
Hb	g/l	140–203	131–205
Hkr	%	38–57	37.3–61.7
MCV	fl	67–80	61.6–73.5
Trom	$\times 10^9/l$	102–395	148–484
Leuk	$\times 10^9/l$	5.4–17.4	5.05–16.76
Neut	$\times 10^9/l$	2.9–13.8	2.95–11.64
Lymf	$\times 10^9/l$	1.0–5.4	1.05–5.10
Mono	$\times 10^9/l$	0.1–1.1	0.16–1.12
Eos	$\times 10^9/l$	0.1–1.5	0.06–1.23
Baso	$\times 10^9/l$	0.0–0.1	0.00–0.10

Taulukko 3. Koirien viitearvot kemian analyyteille (Viitearvot. 2018).

Analyytti, koira	Yksikkö	Konelab 60i	IDEXX Catalyst Dx
ALAT	U/l	18–77	10–125
Alb	g/l	30–41	23–40
AFOS	U/l	<95	23–212
Urea	mmol/l	2.4–8.8	2.5–9.6
Krea	μmol/l	<116	44–159
Gluk	mmol/l	4.0–6.4	4.11–7.95
Prot	g/l	58–77	52–82

Taulukossa 4 on viitearvot kissojen ja hevosten hematologian analyyteille. Hevosten keskuslaboratorion viitearvot ovat lämminveristen hevosten (hevostyyppi). IDEXX Laboratorioiden viitearvoille ei ole määritetty hevostyyppiä.

Taulukko 4. Kissojen ja hevosten viitearvot hematologian analyyteille (Viitearvot. 2018).

Analyytti	Yksikkö	Advia 2120i Kissa	IDEXX Procyte Kissa	Advia 2120i Hevonen	IDEXX Procyte Hevonen
Eryt	$\times 10^{12}/l$	5.0–10.0	6.54–12.2	6.8–12.9	6.4–10.4
Hb	g/l	80–150	98–162	110–190	107–165
Hkr	%	24–45	30.3–52.3	32–53	30–47
MCV	fl	39–55	35.9–53.1	37–58	41.1–52.4
Trom	$\times 10^9/l$	80–760	151–600	100–350	100–250
Leuk	$\times 10^9/l$	4.0 –15.5	2.87–17.02	5.4–14.3	4.9–11.1
Neut	$\times 10^9/l$	1.1–10.3	1.48–10.29	1.19–11.44	2.5–6.9
Lymf	$\times 10^9/l$	1.3–7.5	0.92–6.88	0.92–9.72	1.5–5.1
Mono	$\times 10^9/l$	0.1–1.1	0.05–0.67	0–2	0.2–0.6
Eos	$\times 10^9/l$	0.1–1.4	0.17–1.57	0.05–1.43	0–0.8
Baso	$\times 10^9/l$	0–0.1	0.01–0.26	0–0.57	0–0.1

Taulukossa 5 on esitetty kissojen ja hevosten viitearvot kemian analyysiteille. Taulukossa on lisäksi aspartaattiaminotransferaasin (ASAT) viitearvot.

Taulukko 5. Kissojen ja hevosten viitearvot kemian analyysiteille (Viitearvot. 2018).

Analyytti	Yksikkö	Konelab 60i Kissa	IDEXX Catalyst Kissa	Konelab 60i Hevonen	IDEXX Catalyst Hevonen
ALAT	U/l	30–125	12–130	-	5–50
Alb	g/l	25–39	22–40	28–38	19–32
AFOS	U/l	< 93	14–111	<260	10–326
Urea	mmol/l	4.0–15.5	5.7–12.9	2.9–6.4	3.6–8.9
Krea	μmol/l	< 170	71–212	<170	71–194
Gluk	mmol/l	3.5–5.7	4.11–8.84	3.9–6.7	3.56–8.34
Prot	g/l	60–78	57–89	56–76	56–79
ASAT	U/l	-	-	<604	100–600

2.10 Mittausrajat

Kemian analyysittien mittausrajat IDEXX Catalyst Dx- ja Konelab 60i -analysaattoreille on esitetty taulukossa 6. Myös mahdolliset sekundaarilaimennusrajat on ilmoitettu.

Taulukko 6. Kemian analyysittien mittausrajat (IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017; Insertti AFOS. 2014; Insertti ALAT. 2014; Insertti albumiini. 2014; Insertti glukoosi. 2016; Insertti kreatiniini. 2015; Insertti proteiini. 2015; Insertti urea. 2014).

Analyytti	IDEXX Catalyst Dx	Konelab 60i
Alb	1–60 g/l	2–45 g/l, sek. laim. 2–135 g/l
AFOS	10–2000 U/l	20–1000 U/l, sek. laim. 20–10 000 U/l
ALAT	10–1000 U/l	5–250 U/l, sek. laim. 5–1500 U/l
Urea	0.6–46.4 mmol/l	1.5–20 mmol/l, sek. laim. 1.5–60 mmol/l
Krea	9–1202 μmol/l	10–2500 μmol/l, sek. laim. 10–10 000 μmol/l
Gluk	0.56–38.11 mmol/l	0.3–20 mmol/l, sek. laim. 0.3–60 mmol/l
Prot	5–120 g/l	3–100 g/l, sek. laim. 3–250 g/l

3 Tutkimuksen tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää ovatko Yliopistolliseen eläinsairaalaan hankittujen IDEXX Catalyst Dx- ja IDEXX Procyte Dx -analysaattorien sekä Eläinlääketieteellisen tiedekunnan keskuslaboratorion Konelab 60i- ja Advia 2120i -analysaattorien tulostasot yhtäläisiä. Päämääränä oli saada käsitystä tulostasojen yhtäläisyydestä ja vertailukelpoisuudesta sekä IDEXX-analysaattorien tulosten luotettavuudesta ja täsmävyyydestä. Menetelmävertailun tuloksia arvioitiin tilastollisin menetelmin painottaen tulosten kliinistä merkittävyyttä. Tutkimuksen nollahypoteesi oli, ettei analysaattorien tuloksilla ole kliinisesti merkitsevää eroa. Opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Ovatko IDEXX Catalyst Dx- ja Konelab 60i -analysaattorien sekä IDEXX Procyte Dx- ja Advia 2120i -analysaattorien tulokset vertailukelpoisia?
2. Onko IDEXX Catalyst Dx- ja Konelab 60i -analysaattorien sekä IDEXX Procyte Dx- ja Advia 2120i -analysaattorien tuloksissa kliinisesti merkitseviä eroja?

Tutkimuksen kohderyhmä on Helsingin Yliopiston Eläinlääketieteellinen tiedekunta ja Yliopistollisen eläinsairaalan henkilökunta. Hyödynsaajia voivat olla myös bioanalyttikko-opiskelijat, sillä laboratorioden analysaattorien menetelmävertailu on tärkeä tapa tutkia analytiikan laadukkuutta kaikessa laboratoriotoiminnassa.

4 Menetelmävertailun toteutus

Menetelmävertailun toiminnallinen osuus suoritettiin 10.7.–13.8.2018. Kemian analyttien tuloksia kerättiin seitsemältätoista päivältä ja hematologian analyttien tuloksia kahdeltatoista päivältä.

4.1 Aineiston keruu

Hematologian IDEXX Procyte Dx- ja Advia 2120i -analysaattoreilla näytemateriaalina toimi EDTA-kokoveri. Kemian IDEXX Catalyst Dx- ja Konelab 60i -analysaattorien näytemateriaalina oli seerumi. Vertailussa analysoitiin 40 koiran veri- ja seeruminäytteet. Lisäksi analysoitiin 10 hevosen ja 10 kissan näytteet. Koirat ovat Yliopistollisen pien-

eläinsairaalan yleisin potilaseläinlaji. Kaikki tulokset koottiin Excel-taulukoihin ja vastaukset tulostettiin tai niistä otettiin kuvat talteen. Näytteille annettiin tunnistenumerot, sillä potilastietojen kuten nimien käyttäminen tutkimuksessa on tietosuojan rikkomista. Näytteiden mittauspäivämäärät kirjattiin ylös sekä kaikki mahdolliset tutkimukseen vaikuttavat tekijät, kuten seerumin hemolyysi tai lipemia. Myös analysaattorien mahdolliset automaattilaimennokset, analysaattorien hälytykset sekä sivelyvalmisteiden tulokset kirjattiin ylös.

Seerumi eroteltiin heti näytteiden saavuttua laboratorioon ja näytteet säilytettiin jääkaapissa seuraavaan analysointiin asti. Näytteiden analysoinnit pyrittiin aloittamaan keskuslaboratorion analysaattoreilla enintään kahden tunnin sisällä näytteenotosta. Pääsääntöisesti verinäytteet tuodaan eläinsairaalaan keskuslaboratorioon melko nopeasti näytteenoton jälkeen. Veriputkiin ei välttämättä merkitä tarkkaa näytteenottoaikaa, eikä myöskään läheteiden teko aika tarkalleen täsmää näytteenoton ajankohdan kanssa. Tämän vuoksi ei voitu täysin varmistua näytteenoton ja analyysin välisestä ajasta. Vertailuun valittiin näytteitä, joiden tiedettiin olevan saman päivän aikana otettuja, eikä esimerkiksi keskuslaboratorion aukioloajan ulkopuolella otettuja näytteitä. Jos oli epäilystä, että näyte oli seisonut pidempään, ei sitä otettu vertailuun mukaan. Ensimmäiset analyysit tehtiin keskuslaboratorion analysaattoreilla normaalisti joko henkilökunnan tai itseni toimesta riippuen siitä, kuka työpisteellä työskenteli sillä hetkellä. Analysointi IDEXX-analysaattoreilla tehtiin enintään kahden tunnin kuluttua ensimmäisen analysaattorin analyysien jälkeen.

Vertailun otos pyrkii edustamaan eläinsairaalan normaalia arkea. Näytteitä kerättiin usealta päivältä eri ikäisistä ja -rotuisista koirista. Päivittäiset näytemäärät eivät ole keskuslaboratoriossa suuret. Koska IDEXX-analysaattorit ovat pääsääntöisesti päivystyskäytössä pyrittiin vertailuun valitsemaan myös poikkeavia, kuten korkeita ja matalia tuloksia. Pelkät normaalien viitearvojen sisällä olevat tulokset eivät anna hyödyllisintä kuvaa päivystyskäytössä olevien analysaattorien toiminnasta. Sairaiden potilaiden tutkimustulokset ovat usein korkeita tai matalia ja juuri näiden tulostasojen tuloksista halutaan saada tietoa. Myös seerumin määrä vaikutti näytteiden valintoihin. Erityisesti kissoilla verinäytteenotto voi olla haastavaa ja näytettä saadaan usein määrällisesti vähän. Vaikka seerumi riittäisi keskuslaboratorion kemian tutkimuksiin, voidaan potilaalle pyytää vielä jatkotutkimuksia, joihin jäljelle jäänyttä seerumia tarvitaan. Tämän kaltaisia näytteitä ei otettu vertailuun, jottei näytemateriaali loppuisi kesken. Kemian näytteistä pyrittiin myös valitsemaan ne, joista oli pyydetty tutkimaan samat analyytit kuin vertailuun oli valittu.

Ylimääräisistä tutkimuksista syntyy ylimääräisiä kustannuksia. Kemian analyytit sisältyivät yleiseen koirapaneeliin. Muutamista näytteistä ajettiin tarvittavat analyytit ylimääräisenä, jotta vertailutuloksia saatiin kerrytettyä nopeammin. EDTA-verinäytteet riittivät vertailuun paremmin, sillä näytteet tulivat 1 ml putkissa ja molemmat analysaattorit tarvitsivat analyysihin yhteensä vain 0.21 ml näytettä.

Vertailunäytteiden lisäksi tehtiin toistomittauksia kaikilla tutkimuksen analysaattoreilla. Advia 2120i- ja IDEXX Procyte Dx -analysaattorien toistomittaukset tehtiin potilasnäytteillä, jotka pyydettiin etukäteen suuremmissa 3 ml putkissa, jotta näytemäärä riittäisi mittauksiin. Sopivaa kontrollimateriaalia molemmille analysaattoreille ei ollut saatavilla, joten päädyttiin käyttämään potilasnäytteitä. Toistomittauksia ajettiin kolmella eri potilasnäytteellä, jokaista näytettä viisi kertaa peräkkäin kummallakin hematologian analysaattorilla. Toistomittauksien tulosten laskemiseen käytettiin keskiarvon tavoitteena Advia 2120i -analysaattorin tulosten keskiarvoa. Advia 2120i -analysaattorin systemaattista virhettä ja kokonaisvirhettä ei saatu laskettua, koska ei ole määriteltyä keskiarvon tavoitetta. Konelab 60i- ja IDEXX Catalyst Dx -analysaattoreilla toistomittaukset tehtiin korkean tason kaupallisella kontrollinäytteellä Abtrol, sillä toistomittauksiin tarvittavan seerumin määrä oli suuri verrattuna potilasnäytteiden seerumien määrään. Analyysejä tehtiin yhtenä päivänä kolme kertaa peräkkäin sekä yksittäiset analyysit viitenä eri päivänä molemmilla analysaattoreilla. Abtrol kontrollinäyte säilyy käyttökelpoisena tavallista näytettä pidempään. Keskiarvojen tavoitteet on ilmoitettu kontrollinäytteen pakkausselosteessa.

4.2 Aineiston tulkinta tilastollisin menetelmin

Tulosten kirjaus Excel-taulukoihin tarkistettiin valitsemalla koirien näytteistä ($n=40$) satunnaisesti 6 eri näytettä. Tämä kattaa 15 % näytteistä. Näytteet valittiin satunnaisnumero-generaattorin avulla. Varsinkin saman suuruusluokan arvojen kirjaaminen vierekkäisiin sarakkeisiin lisää virheen riskiä. Arvot voivat päätyä vahingossa viereiseen sarakkeeseen ja myös yksinkertaiset näppäilyvirheet ovat aina mahdollisia. Tilastollisia analyysijä tehtäessä ei tullut vastaan virheitä tai poikkeavuuksia aineistossa. Näytteiden tulokset kirjattiin Excel-taulukoihin aina samana tai seuraavana päivänä analyysistä. Jokaisesta tuloksesta tulostettiin myös raportti tai otettiin kuva, joka tallennettiin tutkimuksen kansioon.

Kun kaikki tulokset oli kirjattu Excel-taulukoihin, luotiin tarvittavat tilastolliset analyysit MedCalc-ohjelman (versio 18.9.1) avulla. MedCalc on helppokäyttöinen tilastollinen ohjelmisto, joka on luotu erityisesti biolääketieteelliseen tutkimukseen, menetelmävertailuihin sekä toimimaan laadunvalvontatyökaluna. Ohjelma on maksullinen, mutta sisältää ilmaisen kokeilujakson, jota hyödynnettiin aluksi. Tämän työn ja ohjelman testauksen myötä päädyttiin ostamaan ohjelman lisenssi keskuslaboratoriolle käytettäväksi. Ohjelmalla selvitettiin jokaiselle analyysille yleisimmät tilastolliset tunnusluvut ja korrelaatio sekä luotiin hajontakuvioregressiosuoralla ja Bland-Altman kuvaaja.

4.3 Laaduntarkkailu

Tutkimustulosten haluttiin edustavan normaaleja potilasnäytteitä, joten laaduntarkkailu suoritettiin normaaliin tapaan kaikille analysaattoreille. IDEXX-analysaattorien kontrolloinnista ja huollosta vastasi Yliopistollisen eläinsairaalan henkilökunta. Advia 2120i- ja Konelab 60i -analysaattoreista vastasi keskuslaboratorion henkilökunta. Keskuslaboratorion analysaattoreilla suoritettiin tarvittavat kalibroinnit sekä ajettiin kaupalliset standardikontrollit päivittäin. Kaikki vertailun analyysit suoritettiin samojen periaatteiden mukaisesti, ammattimaisesti ja laadukkaasti. Työskentelytapoihin, analyysien välisiin aikoihin ja näytteiden säilytykseen kiinnitettiin jatkuvasti huomiota. Työskentelystä pidettiin päiväkirjaa ja työ suoritettiin suunnitelman mukaisesti.

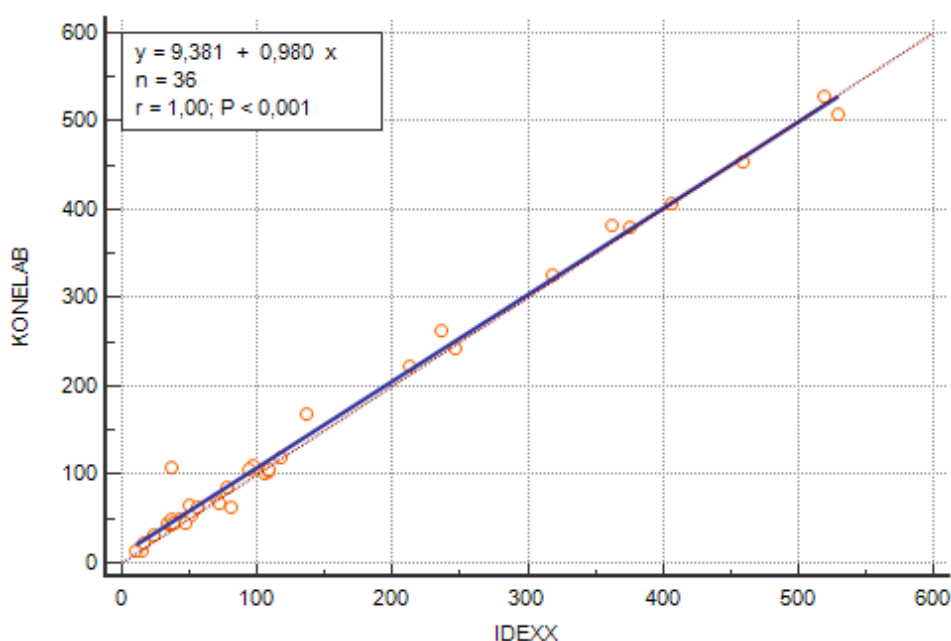
5 Tulokset

Kemian ja hematologian tulokset kirjattiin erillisiin Excel-taulukoihin eläinlajikohtaisesti. Koirien tuloksista luotiin kuvaajat MedCalc-ohjelmalla. Koirien kemian mittausten tulokset on esitetty liitteessä 1 ja hematologian mittausten tulokset liitteessä 2. Tilastollisista analyyseistä on jätetty pois yksittäisiä korkeita tai matalia tuloksia, joiden tulostasoilta ei ollut riittävästi mittauspisteitä, eikä siksi voitu tehdä päätelmiä tulosten tarkkuudesta kyseisillä tulostasoilla. Kaikki tutkimuksen tulokset on huomioitu ja käsitelty pohdinnassa. Tuloksien joukossa oli myös kliinisesti merkitseviä eroja, jotka on käsitelty erikseen, eivätkä esiinny tilastollisissa analyyseissä ja kuvaajissa. Kissojen ja hevosten tulokset on esitetty liitteessä 3.

5.1 Alaniiniaminotransferaasi (ALAT)

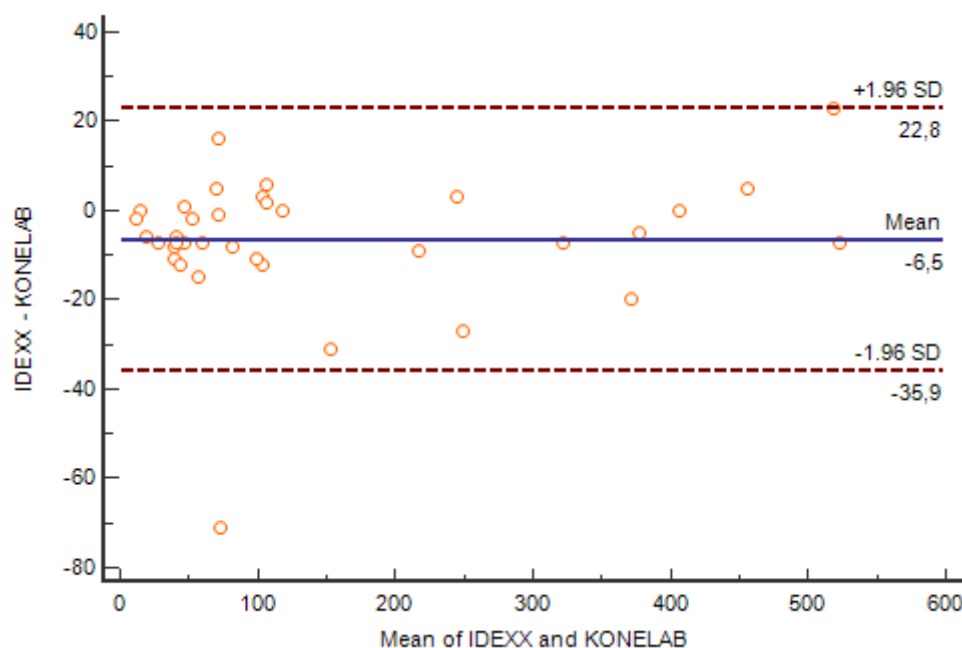
Koirien alaniiniaminotransferaasin mittausten tulokset vaihtelevat 11–530 U/l välillä. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tuloksia. IDEXX Laboratorioiden viitearvojen yläraja on korkeampi kuin keskuslaboratorion viitearvojen. Kissojen tulokset ovat väliltä 12–152 U/l. Tuloksista 9/10 on viitearvoissa ja yksi tulos oli yli viitearvojen. Viitearvojen alaraja on hieman matalampi IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla ja yläraja on lähes sama. Hevosten kaikki tulokset olivat matalia ja tuloksista 8/10 oli IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla <10 U/l.

Kuviossa 2 on esitetty koirien tulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö. Yksi korkean tason tulos sekä epätarkat tulokset on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Pisteet asettuvat hajontakuviassa erittäin lineaarisesti molemmiin puolin regressiosuoraa. Pisteitä on linjalla tasaisesti, joista suurin osa on oletetusti lähellä viitearvoja. Korrelaatiokerroin on tasan yksi ($r=1.00$) eli tulosten välillä on täydellinen positiivinen lineaarinen riippuvuus. Tulokset voidaan laskea tarkasti lineaarisesti toisen analysaattorin tulosten perusteella. Korrelaatiokerroimen selitysaste ($R^2=0.99$) ilmoittaa, että Konelab 60i -analysaattorin tulosten vaihtelusta voidaan selittää 99 % IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tulosten avulla. Regressiokerroin on 0.98 eli toisen analysaattorin tulos nousee 0.98 yksikköä toisen noustessa yhden yksikön eli lähes täysin saman arvoisesti.



Kuvio 2. Koirien alaniiniaminotransferaasin tulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Kuviossa 3 on esitetty Bland-Altman kuvaaja koirien alaniiniaminotransferaasin mittaustuloksista. Tulosten erotusten keskiarvo on -6.5 U/l. Tuloksia on erotuksen nollalinjan molemmin puolin, kuitenkin enemmän negatiivisen puolella. Hieman useampi tuloksista on korkeampi Konelab 60i -analysaattorilla. 34 pistettä 36:sta asettuu 95 % luottamusvälien sisään eli 94 % tuloksista. Erotusten hajontaa on suurin piirtein yhtä paljon matalissa ja korkeissa tuloksissa.

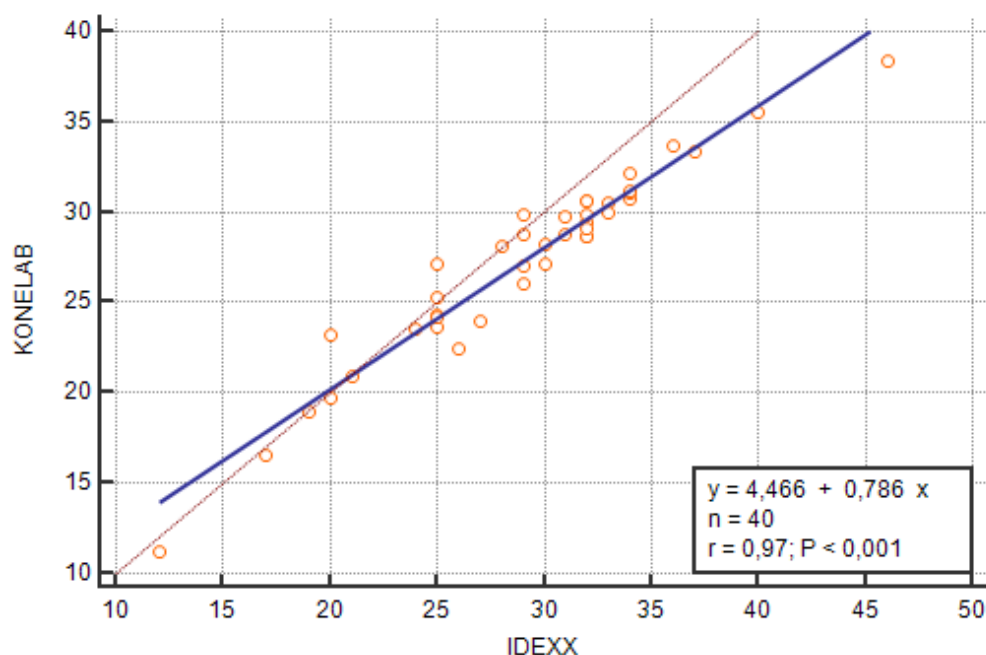


Kuvio 3. Bland-Altman kuvaaja koirien alaniiniaminotransferaasin mittaustuloksista.

5.2 Albumiini (Alb)

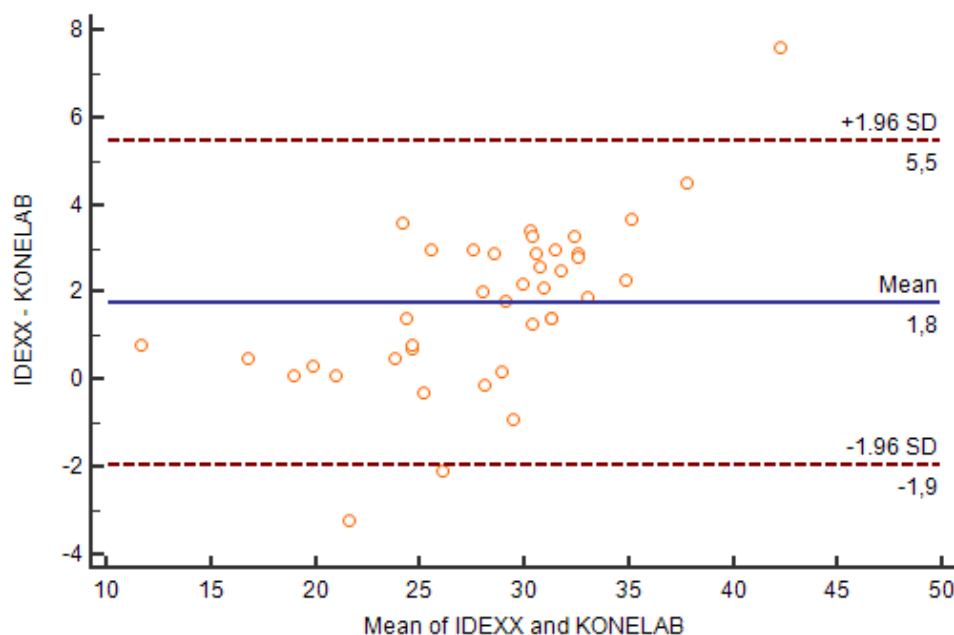
Koirien albumiinimittausten tulokset ovat väliltä 11.2–46 g/l. Matalin tulos on Konelab 60i- ja korkein IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin. IDEXX Catalyst Dx -analysaattori ilmoittaa tulokset ilman desimaaleja ja Konelab 60i -analysaattori yhden desimaalin tarkkuudella. IDEXX Laboratorioiden viitearvojen alaraja on hieman matalampi kuin keskuskulaboratorion ja yläraja on lähes sama. Kissojen tulokset ovat väliltä 23.8–36 g/l. Kaikki tulokset ovat viitearvoissa ja analysaattorien viitearvot ovat lähes samat. Hevosten tulokset ovat väliltä 26–36.6 g/l ja ne ovat viitearvoissa. Hevosilla keskuskulaboratorion viitearvot ovat hieman korkeammat kuin IDEXX Laboratorioiden.

Kuviossa 4 on esitetty koirien albumiinitulosten hajontakuvio ja regressiosuora. Korrelaatiokerroin ($r=0.97$) on korkea eli tulosten välillä on voimakas positiivinen lineaarinen riippuvuus. Pisteet sijoittuvat lähelle regressiosuoraa lineaarisesti. Täydellistä lineaarista riippuvuutta kuvaava suora $y=x$ ja regressiosuora leikkaavat toisensa tulosten ollessa hieman yli 20 g/l. Korkeammalla tulostasolla IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tulokset ovat hieman Konelab 60i -analysaattorin tuloksia korkeampia, mikä vetää regressiosuoraa kallelleen. Suunnilleen yli 30 g/l tulokset alkavat painua $y=x$ suoralta.



Kuvio 4. Koirien albumiinin mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Kuviossa 5 on esitetty Bland-Altman kuvaaja koirien albumiinin mittaustuloksista. Tulosten erotuksen keskiarvo on 1.8 g/l. 37 pistettä on 95 % luottamusvälien sisällä eli 92.5 % tuloksista. Kolme pistettä jää luottamusvälin ulkopuolelle. Mittauspisteet alkavat hajaantua nollalinjasta noin 25 g/l kohdalla ja tulosten erotukset kasvavat. Suurin osa pisteistä on nollan yläpuolella eli IDEXX Catalyst Dx -analysaattori on antanut korkeampia tuloksia.

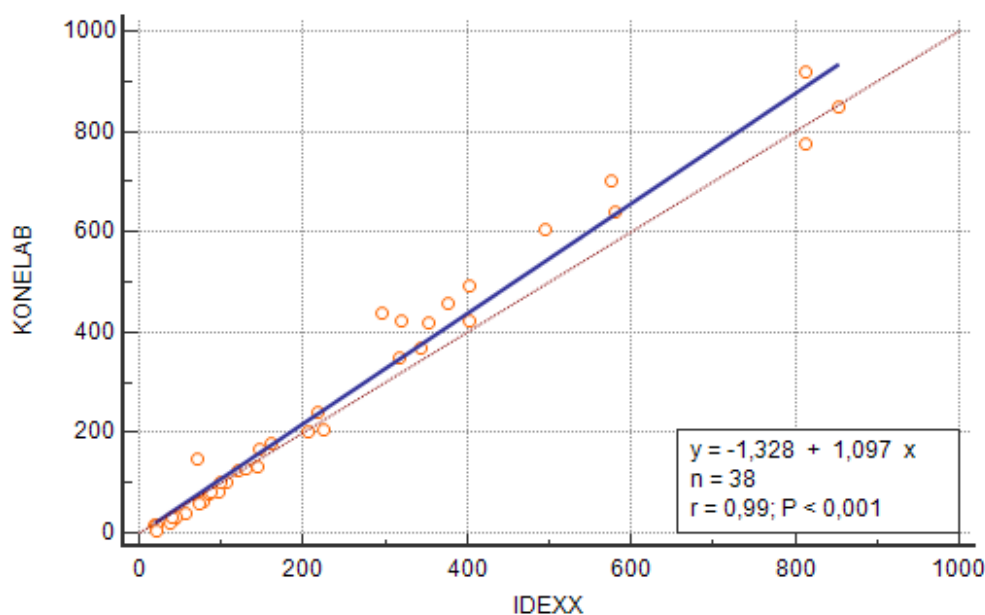


Kuvio 5. Bland-Altman kuvaaja koirien albumiinin mittaustuloksista.

5.3 Alkalinen fosfataasi (AFOS)

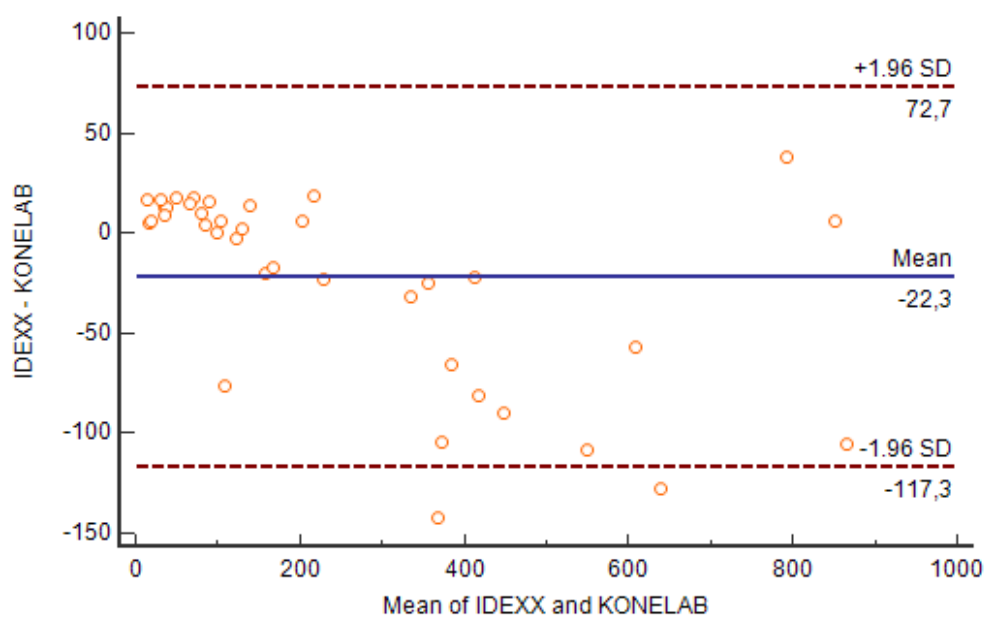
Koirien alkalisen fosfataasin mittaustulokset ovat väliltä 5–917 U/l. Matalin ja korkein tulos ovat Konelab 60i -analysaattorin tuloksia. Tilastollisista analyyseistä on jätetty pois kaksi epätarkkaa tulosta. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat huomattavasti korkeammat. Kissojen tulokset ovat väliltä 7–74 U/l. Kaikki tulokset ovat viitearvoissa. IDEXX Laboratorioiden viitearvojen yläraja on hieman korkeampi. Hevosten tulokset ovat väliltä 124–549 U/l. Tuloksista 4/10 on keskuslaboratorion viitearvoja korkeampia, joista vain yksi näyte ylittää myös IDEXX Laboratorioiden viitearvot, joiden yläraja on selvästi korkeampi, kuten koirillakin.

Koirien alkalisen fosfataasin mittaustulosten hajontakuviota, regressiosuoraa ja yhtälöä on esitetty kuviossa 6. Korrelaatiokerroin ($r=0.99$) on todella korkea, lähes täydellistä lineaarista riippuvuutta kuvaava. Pisteet asettuvat lähelle regressiosuoraa. Korkea selityssaste ($R^2=0.97$) tarkoittaa, että 97 % toisen analysaattorin tulosten vaihtelusta voidaan selittää toisen analysaattorin tuloksien avulla. Suora $y=x$ kulkee lähes linjassa regressiosuoran kanssa normaaliin viitearvojen kohdalla. Alle 200 U/l tulokset painuvat hieman regressiosuoran alapuolelle. Yli 200 U/l tuloksissa suorat alkavat erkaantua. Nämä korkeammat tulokset alkavat kohota $y=x$ suoralta eli Konelab 60i -analysaattori alkaa antaa IDEXX Catalyst Dx -analysaattoria korkeampia tuloksia.



Kuvio 6. Koirien alkalisen fosfataasin mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Kuviossa 7 on esitetty koirien tulosten Bland-Altman kuvaaja. Tulosten erotuksen keskiarvo on -22,3 U/l. Pisteet painuvat nollalinjan alapuolelle tulosten keskiarvon noustessa yli 200 U/l. Myös pisteiden hajonta suurenee. Suurin osa yli 200 U/l tuloksista on nollalinjan yläpuolella eli IDEXX Catalyst Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia. Kaksi pistettä on 95 % luottamusvälien ulkopuolella ja sisäpuolelle jää 95 % tuloksista.

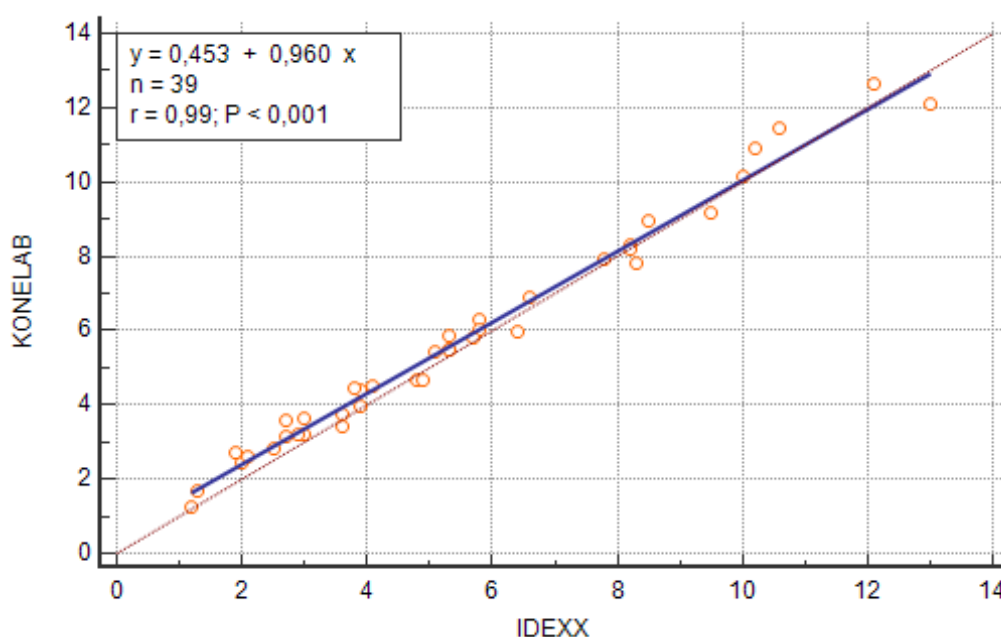


Kuvio 7. Bland-Altman kuvaaja koirien alkalisen fosfataasin (AFOS) mittaustuloksista.

5.4 Urea (Urea)

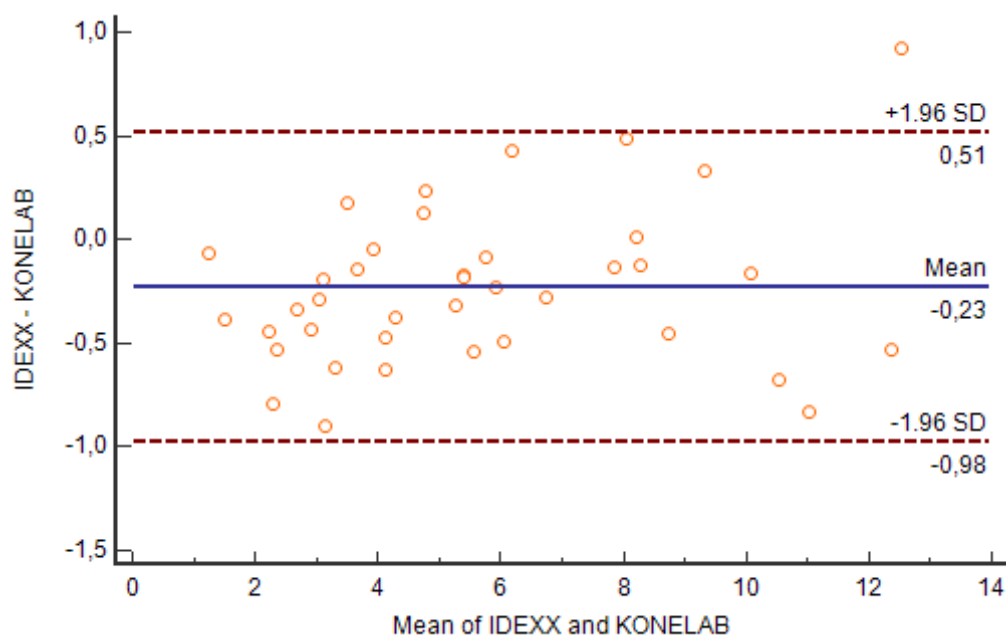
Ureamittausten tilastollisiin analyysihin valittujen koirien näytteiden tulokset ovat väliltä 1.2–13 mmol/l. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tuloksia. Yksi korkeamman tulostason tulos on jätetty pois tilastollisista analyysistä. Viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Konelab 60i -analysaattori antaa tulokset kahden desimaalin tarkkuudella ja IDEXX Catalyst Dx -analysaattori yhden desimaalin tarkkuudella. Kissojen tulokset ovat väliltä 7.06–21.6 mmol/l. Tuloksista 3/10 ylittää viitearvot ja muut tulokset ovat viitearvojen sisällä. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat kuin keskuslaboratorion. Hevosten tulokset ovat väliltä 1.4–9 mmol/l. Tuloksista 3/10 alittaa IDEXX Laboratorioiden viitearvot, joista yksi alittaa myös keskuslaboratorion viitearvot. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat.

Kuviossa 8 on esitetty koirien urean tulosten hajontakuvio ja regressiosuora. Korrelaatiokerroin ($r=0.99$) on todella korkea eli tulosten välillä on lähes täydellinen lineaarinen riippuvuus. Mittauspisteet asettuvat lineaarisesti regressiosuoran molemmiin puolin. Täydellistä lineaarista riippuvuutta kuvaava suora $y=x$ kulkee todella lähellä regressiosuoraa. Linja leikkaa x-akselin hyvin lähellä nollaa eli kohdassa $y=0.453$. Regressiokerroin ilmoittaa, että Konelab 60i -analysaattorin tulosten noustessa keskimäärin yhdellä yksiköllä, nousee IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tulos 0.96 yksikköä.



Kuvio 8. Koirien urean mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Kuviossa 9 on esitetty Bland-Altman kuvaaja koirien urean mittaustuloksista. Yksi tulos jää 95 % luottamusvälien ulkopuolelle. Loput tulokset eli 97 % tuloksista ovat luottamusvälien sisällä. Luottamusvälin ulkopuolelle jäävä tulos on otannan korkein. Erotusten keskiarvo on -0.23 mmol/l. Mittauspisteet jakautuvat erotusten keskiarvon molemmiin puolin eikä tulosten erotus näytä kasvavan korkeammissakaan tuloksissa.

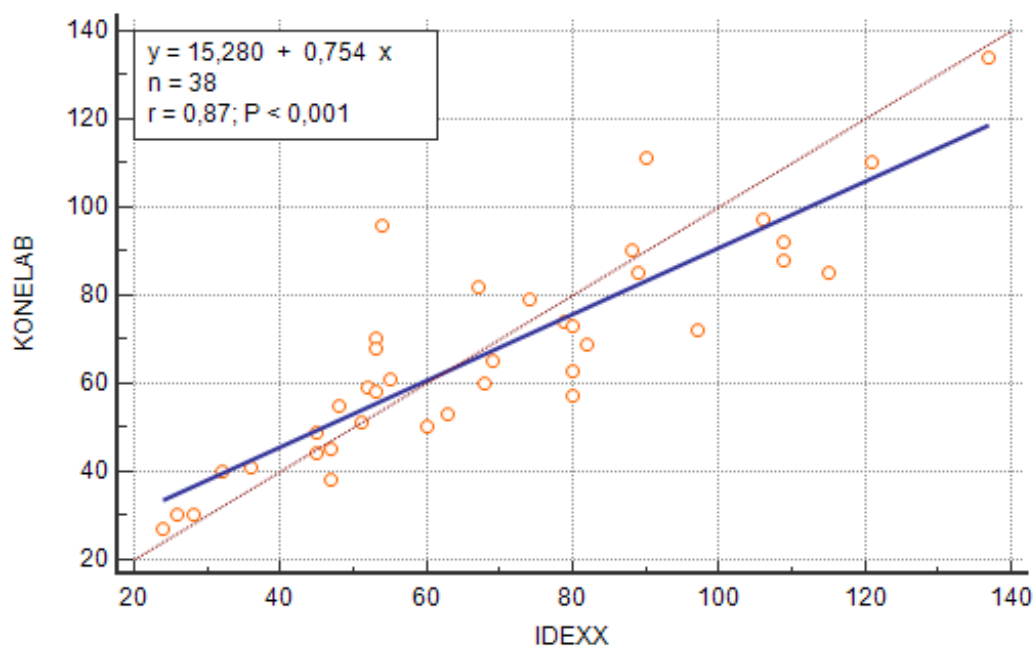


Kuvio 9. Bland-Altman kuvaaja koirien urean mittaustuloksista.

5.5 Kreatiniini (Krea)

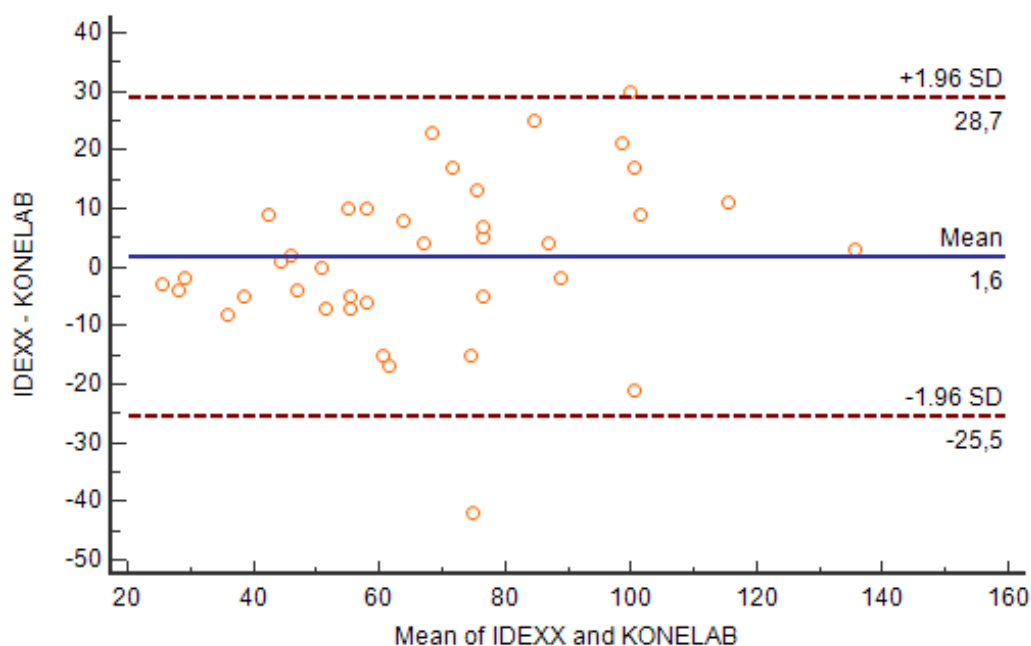
Koirien kreatiniinimittauksia saatiin vertailuun väliltä 24–137 $\mu\text{mol/l}$ sekä kaksi korkeamman tason tulosta, jotka jätettiin pois tilastollisista analyyseistä. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tuloksia. Kreatiniinin viitearvojen yläraja on korkeampi IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla. Kissojen tulokset ovat väliltä 61–285 $\mu\text{mol/l}$. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat. Puolet tuloksista ylittää keskuslaboratorion viitearvot ja näistä neljä tulosta ylittää myös IDEXX Laboratorioiden viitearvot. Hevosten tulokset ovat väliltä 62–209 $\mu\text{mol/l}$. Yksi tulos ylittää keskuslaboratorion viitearvot, muttei IDEXX Laboratorioiden, joiden yläraja on hieman korkeampi. Muut tulokset ovat viitearvoissa.

Koirien kreatiniinimittausten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 10. Mittauspisteet ovat enemmän hajallaan kuin muiden kemian analyyttien hajontakuvioissa. Mittauspisteitä on regressiosuoran molemmin puolin tasaisesti. Korrelaatiokerroin ($r=0.87$) on edelleen korkea ja se viittaa vahvaan lineaariseen yhteyteen. Selitysaste ($R^2=0.76$) ilmoittaa, että 76 % Konelab 60i -analysaattorin arvojen vaihtelusta voidaan selittää IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin arvojen vaihtelulla. Täydellisen lineaarisen riippuvuuden suora $y=x$ leikkaa regressiosuoran noin $60 \mu\text{mol/l}$ kohdalla.



Kuvio 10. Koirien kreatiniinin mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja koirien kreatiniinimittauksille on esitetty kuviossa 11. Tulosten erotusten keskiarvo on $1.6 \mu\text{mol/l}$. Kaksi mittauspistettä jää erotusten 95 % luottamusvälien ulkopuolelle ja sisäpuolelle jää 95 % tuloksista. Pisteet jakautuvat tasaisesti molemmin puolin keskilinjaa. Tulosten keskiarvon ollessa suurin piirtein $<60 \mu\text{mol/l}$ ovat mittauspisteet lähempänä yhtäläisiä tuloksia, jonka jälkeen hajontaa alkaa näkyä enemmän.



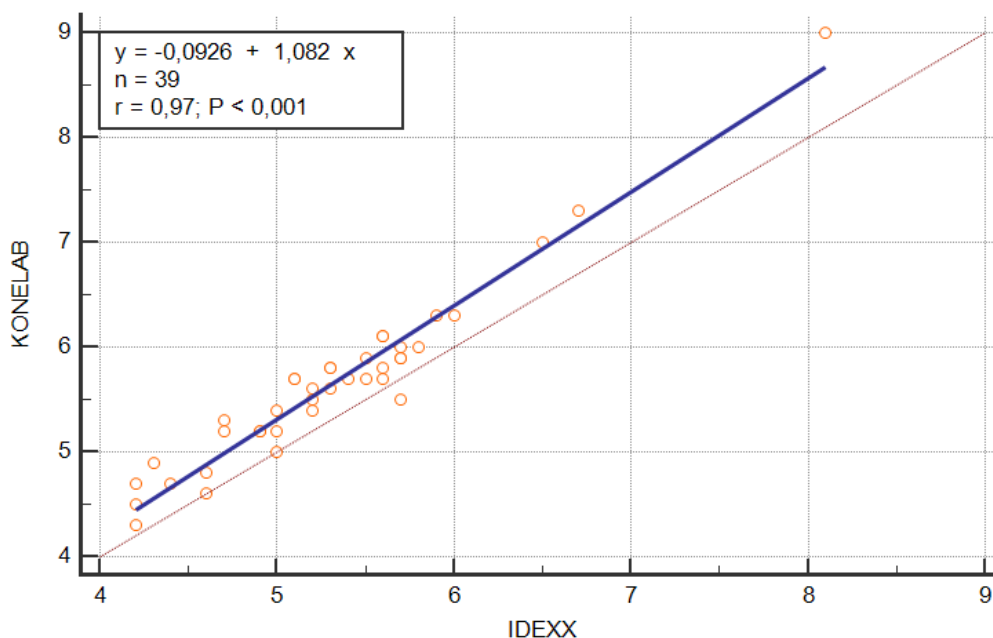
Kuvio 11. Bland-Altman kuvaaja koirien kreatiniinin mittaustuloksista.

5.6 Glukoosi (Gluk)

Tilastollisten analyysien koirien glukoosin tulokset ovat väliltä 4.2–9.0 mmol/l. Matalin tulos on IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin ja korkein Konelab 60i -analysaattorin. Yksi korkean tason tulos on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Analysaattorien viitearvojen alarajat ovat lähes samat, mutta IDEXX Laboratorioiden viitearvojen yläraja on hieman korkeampi. IDEXX Catalyst Dx -analysaattori antaa glukoosin mittaustulokset kahden desimaalin tarkkuudella ja Konelab 60i -analysaattori yhden desimaalin tarkkuudella. Kissojen glukoositulokset ovat väliltä 4.32–8.6 mmol/l. Viisi tulosta ylittää keskuslaboratorion viitearvot, mutta kaikki tulokset ovat IDEXX Laboratorioiden viitearvoissa, jotka ovat korkeammat. Hevosten tulokset ovat väliltä 5–8.7 mmol/l. Tuloksista kolme ylittää keskuslaboratorion viitearvot, mutta vain yksi IDEXX Laboratorioiden viitearvot, joiden yläraja on hieman korkeampi. Muut tulokset ovat viitearvoissa.

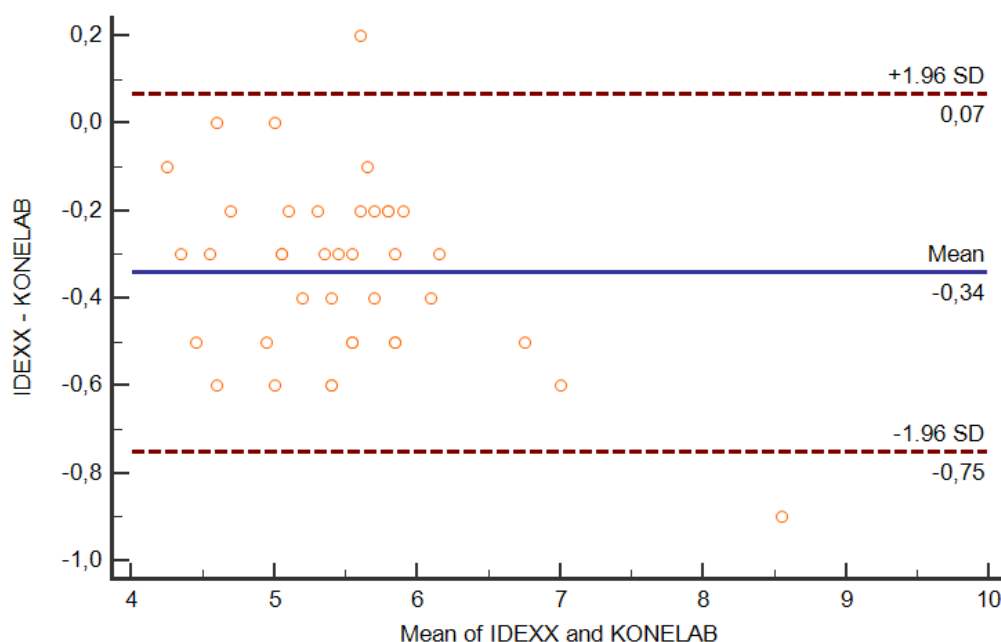
Kuviossa 12 on esitetty koirien glukoosin tulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö. Mittauspisteet asettuvat regressiosuoran molemmin puolin. Regressiosuora kulkee suoran $y=x$ yläpuolella eli analysaattorien tulostasojen välillä on selvä ero. Vain yhdessä tuloksessa IDEXX Catalyst Dx -analysaattori on antanut korkeamman tuloksen. Korre-

laatiokerroin ($r=0.97$) on korkea eli tulosten välillä on todella vahva lineaarinen riippuvuus. Korrelaatio on erittäin vahva, mutta tulostasot eroavat toisistaan, kuten hajontakuviosta nähdään. Vahva korrelaatio ei yksinään kerro menetelmien samankaltaisuudesta.



Kuvio 12. Koirien glukoosin mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja koirien glukoosin tuloksista on esitetty kuviossa 13. Kuvaajasta nähdään, että lähes kaikki mittauspisteet asettuvat erotuksen nolla alapuolelle. Tulokset ovat siis jatkuvasti suurempia Konelab 60i -analysaattorilla. Mittauspisteet asettuvat kuvaajalla eri tulostasoille melko samoin. Erotusten keskiarvo on -0.34 mmol/l ja 95 % luottamusväliin asettuu 97 % tuloksista.

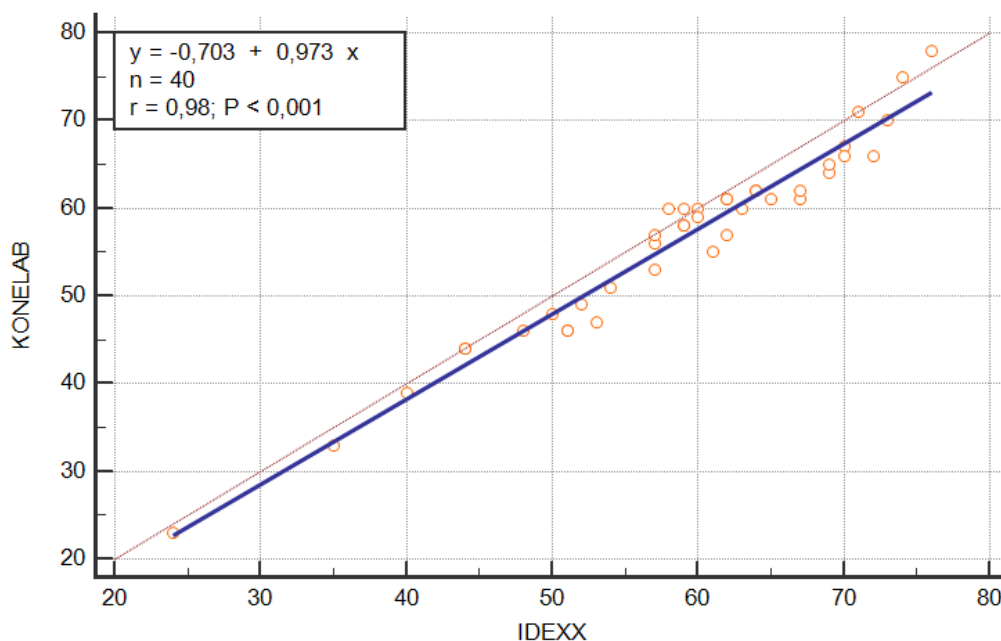


Kuvio 13. Bland-Altman kuvaaja koirien glukoosin mittaustuloksista.

5.7 Proteiini (Prot)

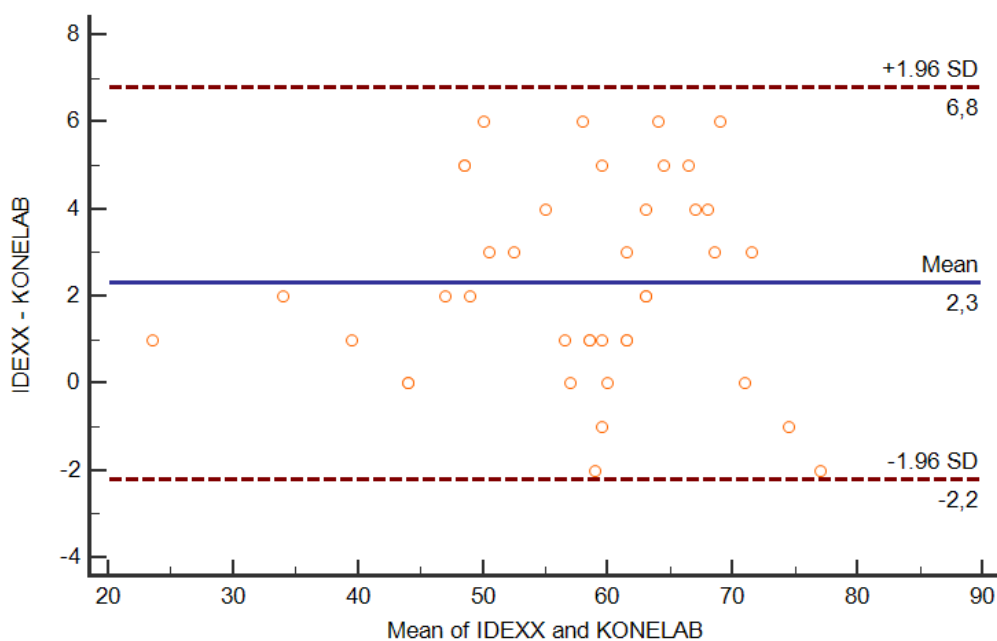
Koirien kokonaisproteiinin vertailuun saatiin tuloksia 23–78 g/l väliltä eli myös muutamia viitearvoja matalampia tuloksia, muttei korkeampia. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tuloksia. Analysaattorien viitearvot ovat lähes yhtäläiset. Kissojen tulokset ovat väliltä 55–79 g/l. Tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. IDEXX Laboratorioiden yläraja on hieman korkeampi. Hevosten tulokset ovat väliltä 57–83 g/l. Yksi tulos ylittää keskuslaboratorion viitearvot, muttei IDEXX Laboratorioiden viitearvoja. Muut tulokset ovat viitearvojen sisällä.

Koirien tulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 14. Korrelaatiokerroin ($r=0.98$) on korkea ja kertoo tulosten erittäin vahvasta lineaarisesta riippuvuudesta. Mittauspisteet sijoittuvat regressiosuoran molemmiin puoliin. Täydellistä lineaarista riippuvuutta kuvaava suora $y=x$ kulkee hieman regressiosuoran yläpuolella. Regressiokerroin on 0.97 eli toisen analysaattorin tulos nousee 0.97 yksikköä toisen noustessa yhden yksikön eli lähes saman arvoisesti.



Kuvio 14. Koirien proteiinin mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja proteiinin mittaustuloksista on esitetty kuviossa 15. Erotusten keskiarvo on 2,3 g/l. Suurempi osa tuloksista on korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analyysaattorilla. Mittauspisteet ovat melko hajallaan, mutta asettuvat kaikki 95 % luottamusvälien sisäpuolelle.

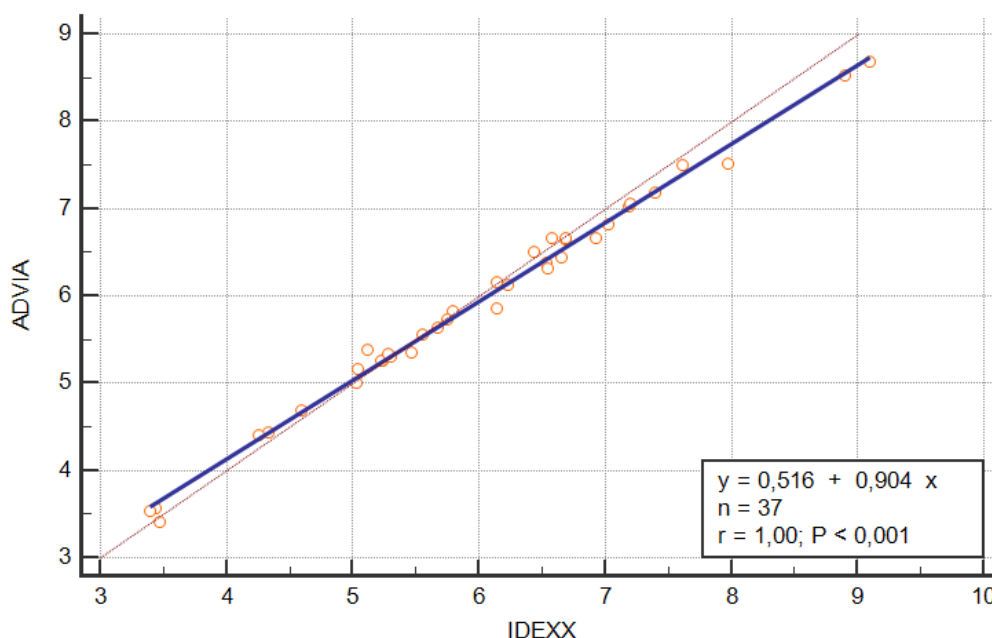


Kuvio 15. Bland-Altman kuvaaja koirien kokonaisproteiinin mittaustuloksista.

5.8 Punasolut (Eryt)

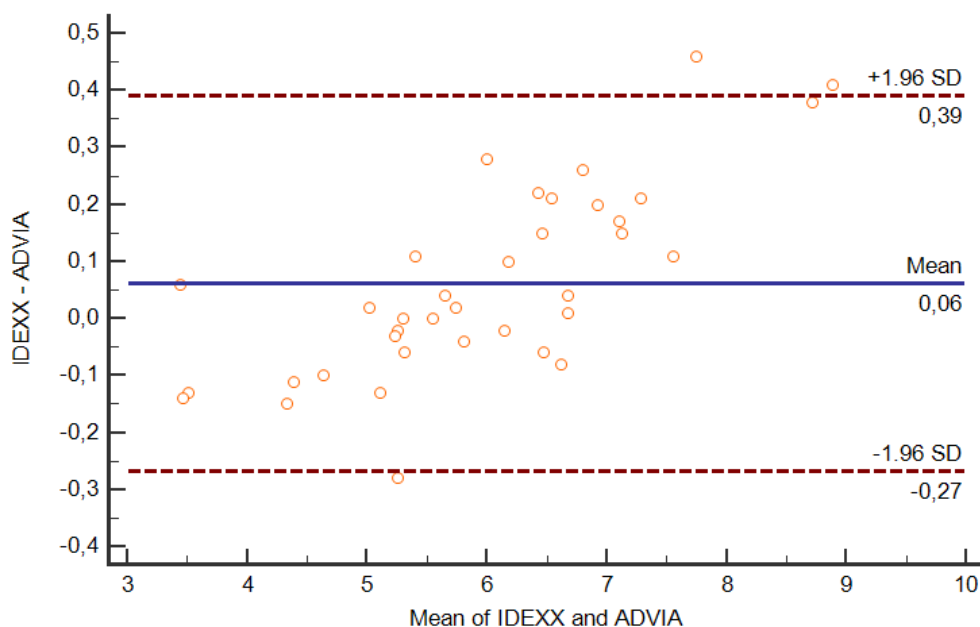
Koirien punasolujen kokonaismäärän tulokset ovat väliltä $3.39\text{--}9.09 \times 10^{12}/\text{l}$. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin tuloksia. Kaksi muista tuloksista eroavaa matalan tason ja yksi korkean tason tulos on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Punasolujen kokonaismäärän viitearvot ovat analyysaattoreilla lähes yhtäläiset. Kissojen punasolujen tulokset olivat väliltä $2.57\text{--}11.64 \times 10^{12}/\text{l}$. Tuloksia on viitearvojen puitteissa sekä muutama matalampi ja yksi korkeampi. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat. Hevosten tulokset ovat väliltä $5.34\text{--}11.23 \times 10^{12}/\text{l}$. Tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. Analyysaattorien viitearvot ovat lähes samat. Keskuslaboratoriolla on lisäksi muutamalle verenkuvaparametrille omat viitearvot kylmäverisille hevosille. Nämä viitearvot ovat punasolujen kokonaismäärällä matalammat.

Koirien punasolujen kokonaismäärän mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 16. Korrelaatiokerroin ($r=1.00$) kuvaa tulosten täydellistä lineaarista riippuvuutta. Mittauspisteet jakautuvat regressiosuoran molemmin puolin. Suora $y=x$ kulkee hyvin lähellä regressiosuoraa. Suorat leikkaavat toisensa noin $5.5 \times 10^{12}/\text{l}$ kohdalla.



Kuvio 16. Koirien punasolujen mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Koirien punasolujen tulosten Bland-Altman kuvaaja on esitetty kuviossa 17. Erotusten keskiarvo on $0.06 \times 10^{12}/l$. 92 % tuloksista jää 95 % luottamusvälien sisään. Mittauspisteet jakautuvat hieman nousevaan linjaan. Korkeammat noin $>6.7 \times 10^{12}/l$ tulokset ovat erotuksiltaan positiivisia eli IDEXX Procyte Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia.

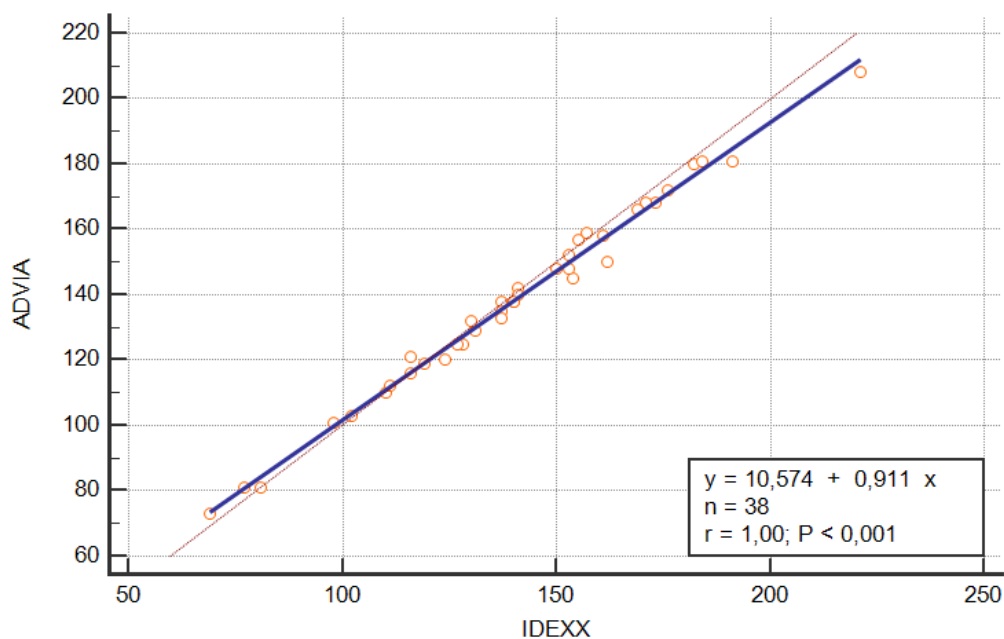


Kuvio 17. Bland-Altman kuvaaja koirien punasolujen mittaustuloksista.

5.9 Hemoglobiini (Hb)

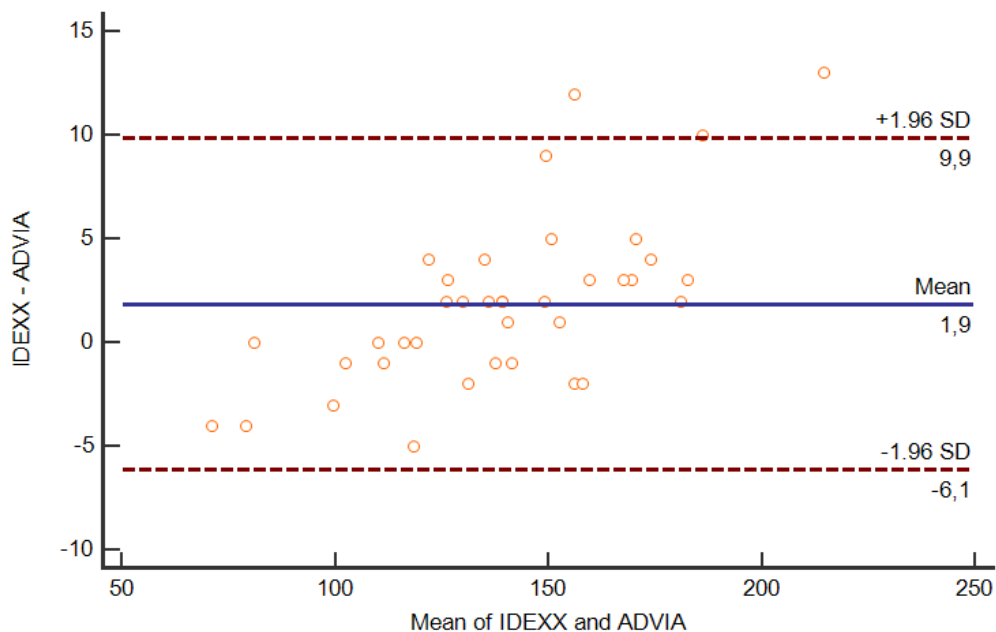
Koirien hemoglobiinitulokset ovat väliltä 69–221 g/l. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin tuloksia. Kaksi muista tuloksista eroavaa matalan tason tulosta on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Hemoglobiinin viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Kissojen tulokset ovat väliltä 47–160 g/l. Tuloksia on viitearvojen puitteissa sekä muutama matalampi ja yksi korkeampi tulos. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat. Hevosten tulokset ovat väliltä 80–160 g/l. Tuloksia on viitearvojen puitteissa sekä matalampia, muttei korkeampia. Keskuslaboratorion viitearvot ovat hieman korkeammat, erityisesti yläraja.

Koirien hemoglobiinin tulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 18. Korrelaatiokerroin ($r=1.00$) kuvaa tulosten täydellistä lineaarista riippuvuutta. Mittauspisteet asettuvat regressiosuoran molemmiin puoliin. Suora $y=x$ kulkee lähellä regressiosuoraa leikaten sen tulosten ollessa noin 110 g/l.



Kuvio 18. Koirien hemoglobiinin mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja koirien hemoglobiinin tuloksista on esitetty kuviossa 19. Erotusten keskiarvo on 1.9 g/l. Matalimmat tulokset ovat erotuksen nollalinjalla tai sen alapuolella ja korkeimmat yläpuolella. 92 % tuloksista on 95 % luottamusvälien sisäpuolella.

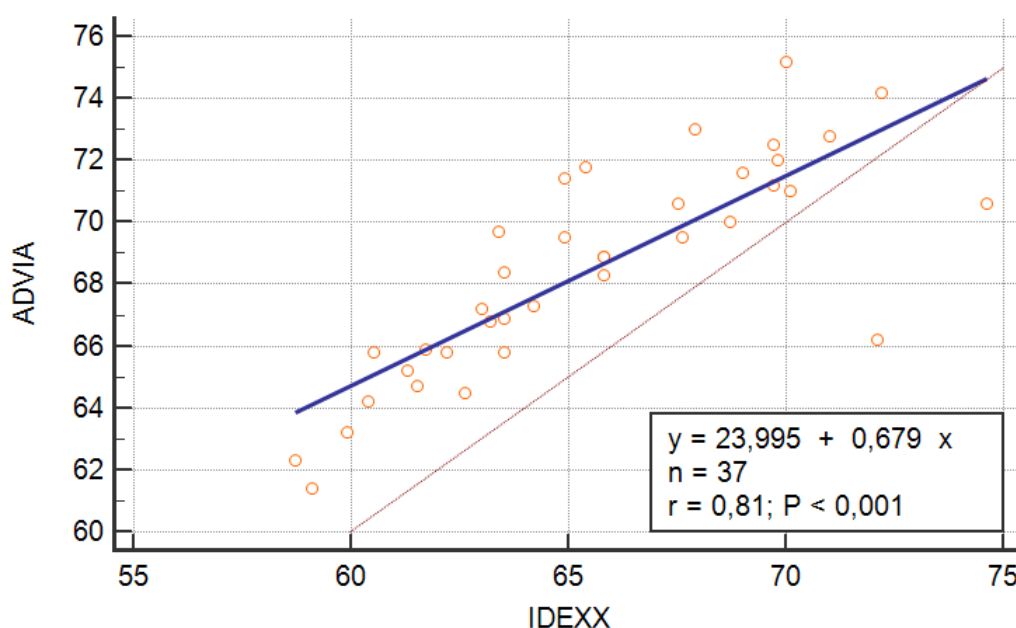


Kuvio 19. Bland-Altman kuvaaja koirien hemoglobiinin mittaustuloksista.

5.10 Punasolujen keskitilavuus (MCV)

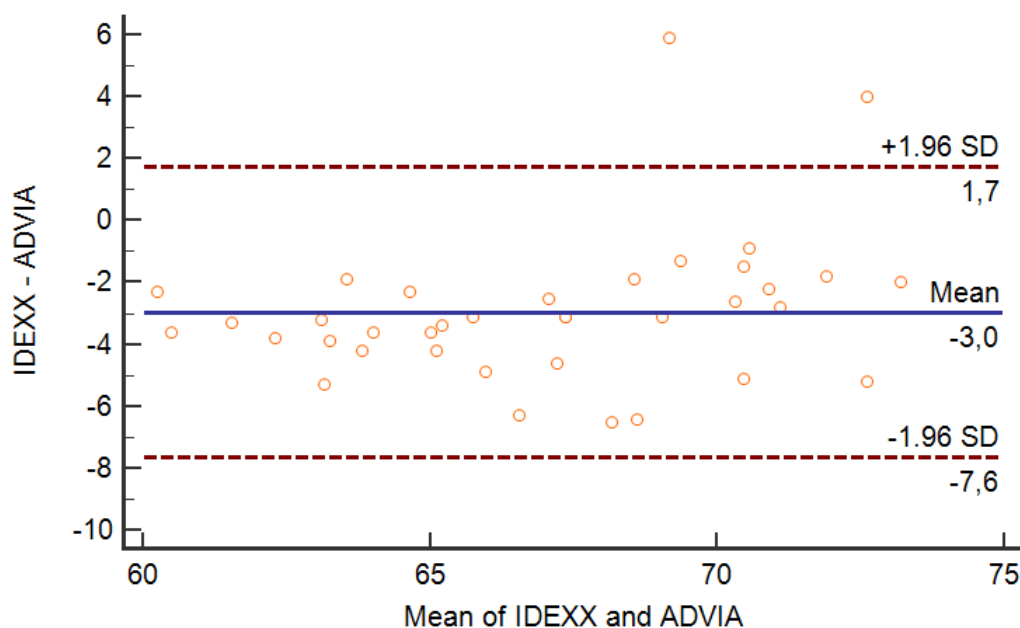
Koirien punasolujen keskitilavuuden (MCV) tulokset ovat väliltä 58.7–75.2 fl. Matalin tulos on IDEXX Procyte Dx -analysaattorin ja korkein Advia 2120i -analysaattorin. Yksi matalan tason tulos sekä kaksi viitearvojen ylittävää tulosta on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Keskuslaboratorion viitearvot ovat hieman korkeammat kuin IDEXX Laboratorioiden. Myös tulokset ovat korkeampia Advia 2120i -analysaattorilla. Kissojen tulokset ovat väliltä 40.4–55.6 fl ja hevosten väliltä 24.5–48.7 fl. Kaikki tulokset, paitsi yksi hevosten tulos, ovat viitearvojen puitteissa. Kissojen ja hevosten viitearvot ovat koirien viitearvoja matalammat. Analysaattorien viitearvot ovat melko yhtäläiset.

Punasolujen keskitilavuuden (MCV) koirien tulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 20. Lähes kaikki mittauspisteet asettuvat $y=x$ suoran yläpuolelle eli lähes kaikki tulokset ovat korkeampia Advia 2120i -analysaattorilla. Korrelaatiokerroin ($r=0.81$) kertoo vahvasta lineaarisesta riippuvuudesta. Regressiosuoralta eroavat pisteet kuvaajan oikeassa reunassa kääntävät regressiosuoraa hieman niiden suuntaan. Ilman näitä mittauspisteitä suora kulkisi enemmän linjassa $y=x$ suoran kanssa.



Kuvio 20. Koirien punasolujen keskitilavuuden (MCV) mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Koirien punasolujen keskitilavuuden (MCV) tulosten Bland-Altman kuvaaja on esitetty kuviossa 21. Kuvaajassa muista mittauspisteistä eroaa erityisesti kaksi mittausta. Samat mittaukset ovat hajontakuviassa (kuvio 20) eroavia pisteitä. Erotusten keskiarvo on -3.0 fl. Tasaisesti keskiarvon erotuksen linjalla olevat pisteet ovat kaikki nollalinjan alapuolella eli tulokset ovat korkeampia Advia 2120i -analysaattorilla. Kaksi mittauspistettä on erotuksen nollalinjan yläpuolella. 95 % luottamusvälien sisään jää 95 % tuloksista ja kaksi mittauspistettä jää luottamusvälin ylärajan yläpuolelle.



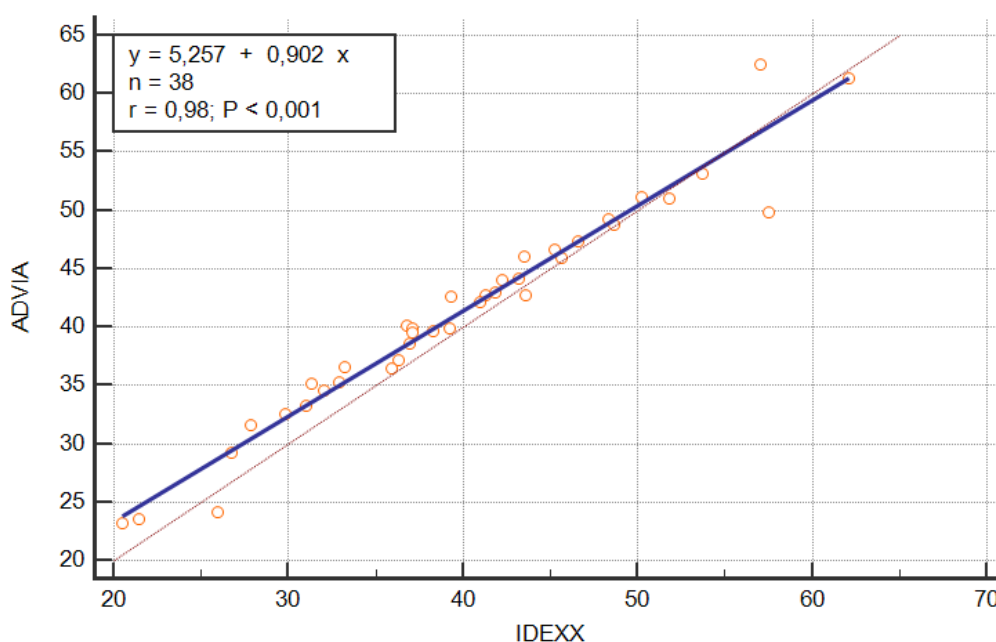
Kuvio 21. Bland-Altman kuvaaja koirien punasolujen keskitilavuuden mittaustuloksista.

5.11 Hematokriitti (Hkr)

Hematokriitti on laskennallinen parametri, jonka verenkuvaa-analysaattorit laskevat kertomalla punasolujen kokonaismäärän niiden keskitilavuudella (Matinlauri – Vilpo 2010: 249). Mikäli toisen tai molempien parametrien mittauksessa on eroja, näkyy se myös hematokriitin arvoissa. Koirien mittaustulokset ovat väliltä 20.5–62.5 %. Matalin tulos on IDEXX Procyte Dx -analysaattorilta ja korkein Advia 2120i -analysaattorilta. Kaksi muista tuloksista eroavaa matalan tason tulosta on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Hematokriitin viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Kissojen tulokset ovat väliltä 14.3–47 %. Tulokset ovat viitearvoissa lukuun ottamatta kahta tulosta, jotka ovat viitearvoja matalammat. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat. Hevosten

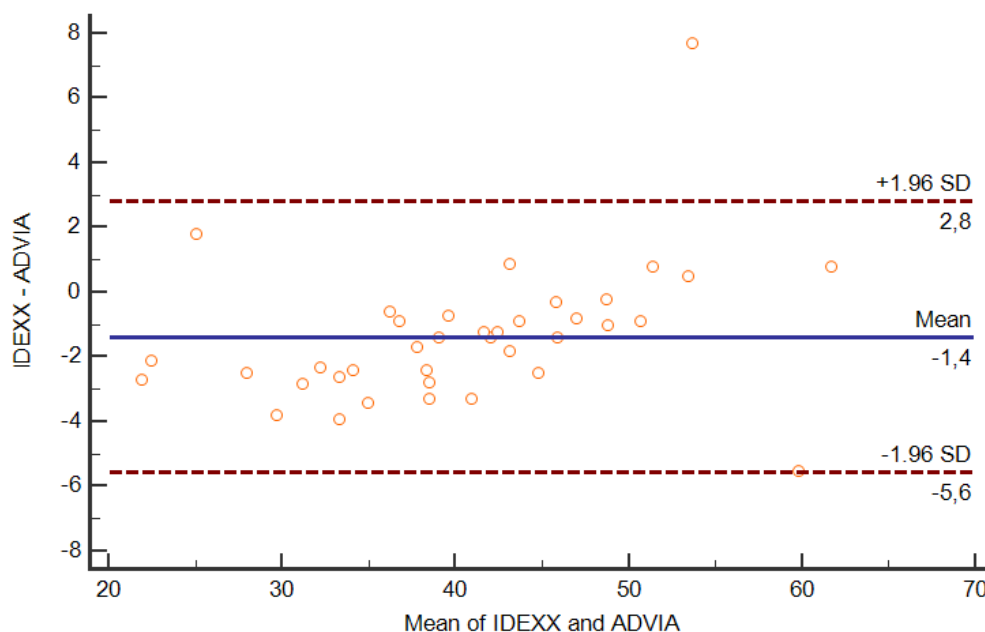
tulokset ovat väliltä 19.8–43.9 %. Tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. Advia 2120i -analysaattorin viitearvot ovat hieman korkeammat.

Koirien hematokriitin tulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 22. Korrelaatiokerroin ($r = 0.98$) on korkea ja kuvaa tulosten erittäin vahvaa lineaarista riippuvuutta. Pisteet sijoittuvat regressiosuoran molemmin puolin ja suora $y=x$ leikkaa regressiosuoran noin 55 % kohdalla. Selitysaste ($R^2=0.96$) ilmoittaa 96 % tulosten vaihtelusta olevan selitettävissä toisten tulosten vaihtelulla.



Kuvio 22. Koirien hematokriitin mittaustulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja koirien hematokriitin tuloksista on esitetty kuviossa 23. Erotusten keskiarvo on -1.4 %. 95 % luottamusvälin sisään jää 97 % tuloksista. Yksi mittauspiste jää huomattavasti luottamusvälin ylärajan yläpuolelle. Pisteet kulkevat pääsääntöisesti lähellä erotusten keskiarvon linjaa.

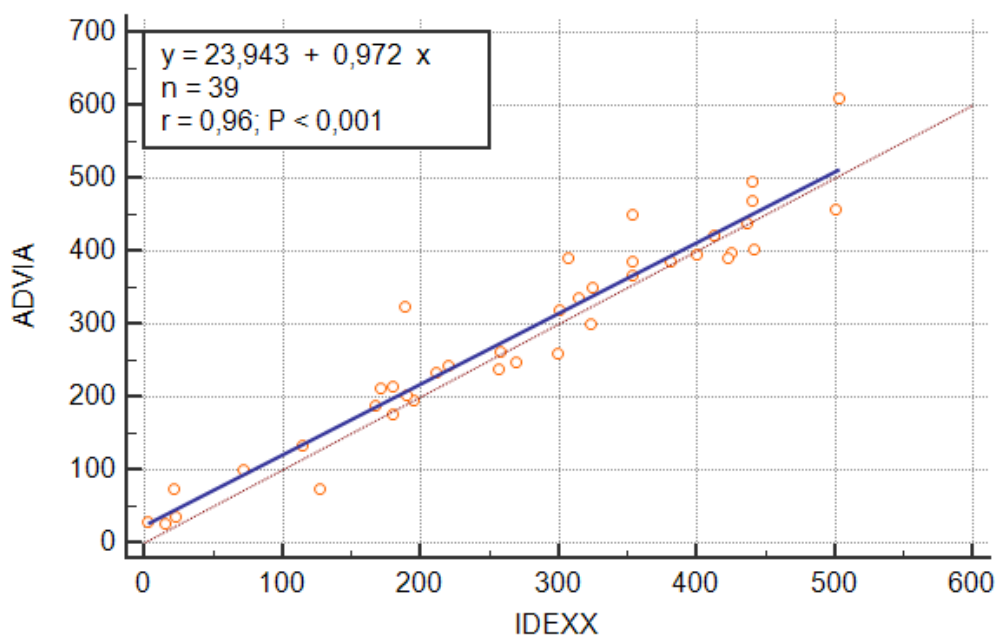


Kuvio 23. Bland-Altman kuvaaja koirien hematokriitin mittaustuloksista.

5.12 Verihiutaleet (Trom)

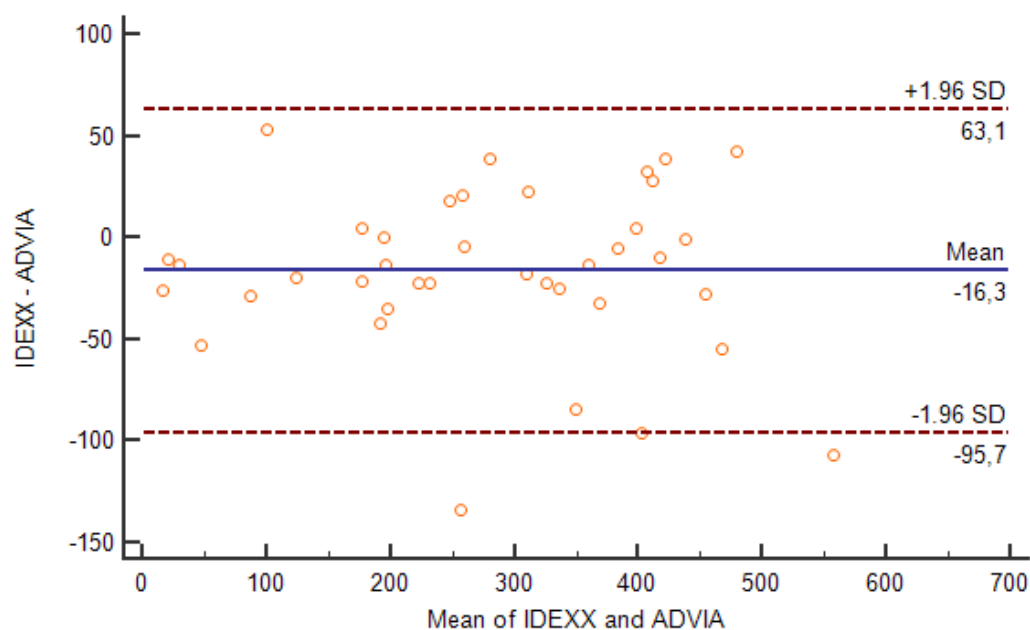
Koirien verihiutaleiden mittaustulokset ovat väliltä 3–610 $\times 10^9/l$. Matalin tulos on IDEXX Procyte Dx -analysaattorin ja korkein Advia 2120i -analysaattorin. Yksi muista tuloksista eroava korkean tason tulos on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat keskuslaboratorion viitearvoja korkeammat, erityisesti viitearvojen yläraja. Kissojen tulokset ovat väliltä 30–605 $\times 10^9/l$. Kissojen ja hevosten tulokset ovat viitearvoissa tai matalampia. Yksi kissojen ja yksi hevosten tulos ylittää IDEXX Laboratorioiden viitearvojen ylärajan, muttei keskuslaboratorion, jonka yläraja on korkeampi. Hevosten tulokset ovat väliltä 87–327 $\times 10^9/l$.

Verihiutaleiden eli trombosyyttien koirien mittaustuloksien hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 24. Korrelaatiokerroin ($r=0.96$) kuvaa erittäin vahvaa lineaarista riippuvuutta tulosten välillä. Pisteet asettuvat regressiosuoran molemmin puolin ja suora kulkee erittäin lähellä $y=x$ suoraa. Muutama mittauspiste erottuu erityisesti linjan yläpuolella eli Advia 2120i -analysaattori on niissä antanut korkeamman tuloksen. Regressiokerroin ilmoittaa, että toisen tuloksen noustessa yhdellä yksiköllä nousee toinen keskimäärin 0.97 yksikköä.



Kuvio 24. Koirien verihiutaleiden mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Koirien verihiutaleiden mittaustulosten Bland-Altman kuvaaja on esitetty kuviossa 25. Erotusten keskiarvo on $-16,3 \times 10^9/l$. Pisteitä on erotusten nollalinjan ylä- ja alapuolella vaihtelevasti. Kolme pistettä jää 95 % luottamusvälin ulkopuolelle ja sisäpuolelle jää 92 % tuloksista.

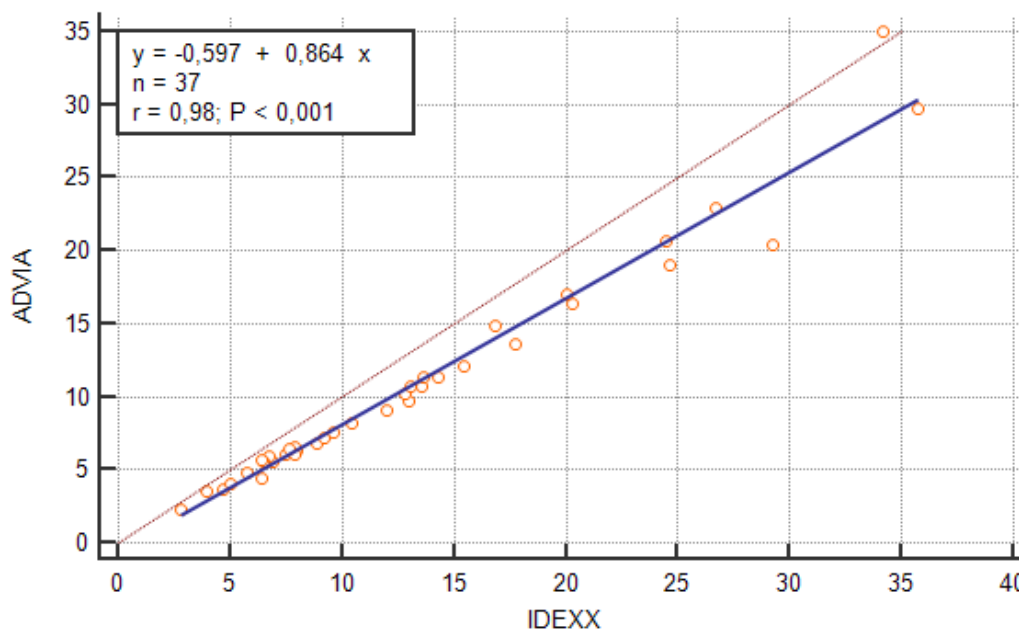


Kuvio 25. Bland-Altman kuvaaja koirien verihiutaleiden mittaustuloksista.

5.13 Valkosolut (Leuk)

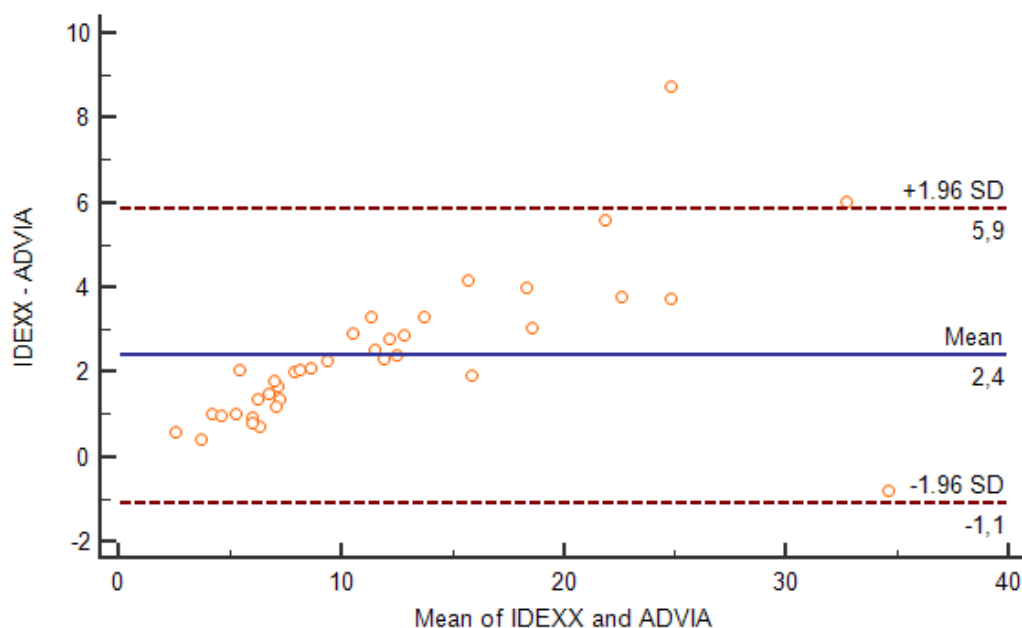
Koirien mittaustulokset ovat väliltä $2.25\text{--}35.72 \times 10^9/\text{l}$. Matalin tulos on IDEXX Procyte Dx -analysaattorin ja korkein Advia 2120i -analysaattorin. Valkosolujen kokonaismäärän viitearvot ovat analyysaattoreilla lähes yhtäläiset. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman matalammat. Kaksi korkean tason tulosta sekä näytteen 058 tulokset on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Näytteen 058 tuloksissa oli erittäin merkitsevä ero, joka olisi vääristänyt muiden tulosten tulkintaa. Kissojen tulokset ovat väliltä $1.95\text{--}40.46 \times 10^9/\text{l}$. Tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. Viitearvot ovat analyysaattoreilla lähes samat. Hevosten tulokset ovat väliltä $1.58\text{--}17.95 \times 10^9/\text{l}$. Keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on hieman korkeampi. Tuloksia on viitearvojen puitteissa sekä matalampia ja korkeampia.

Koirien valkosolujen kokonaismäärän tulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 26. Korrelaatiokerroin ($r=0.98$) on erittäin korkea ja kuvaa vahvaa lineaarista riippuvuutta tulosten välillä. Regressiosuora kulkee hieman $y=x$ suoran alapuolella. Kaikki kuvaajan pisteet lukuun ottamatta korkeinta tulosta ovat $y=x$ suoran alapuolella eli tulokset ovat systemaattisesti korkeampia IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla. Mittauspisteet asettuvat tasaisesti regressiosuoran molemmin puolin.



Kuvio 26. Koirien valkosolujen mittaustulosten hajontakuvi, regressiosuora ja -yhtälö.

Koirien valkosolujen kokonaismäärän Bland-Altman kuvaaja on esitetty kuviossa 27. Tulosten erotusten keskiarvo on $2.4 \times 10^9/l$. Kaikki mittauspisteet yhtä lukuun ottamatta ovat erotuksen nollalinjan yläpuolella eli tulokset ovat systemaattisesti korkeampia IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman matalammat kuin keskuslaboratorion. Kuvaajasta nähdään tulosten suhteellinen virhe eli virheen suuruus kasvaa suhteessa mittaustuloksiin. Pisteet asettuvat nousevaan linjaan eli mitä suurempi tulos sitä suurempi erotus numeerisesti. 95 % luottamusvälien sisäpuolelle jää 95 % tuloksista. Kaksi mittauspistettä ylittää luottamusvälin ylärajan.

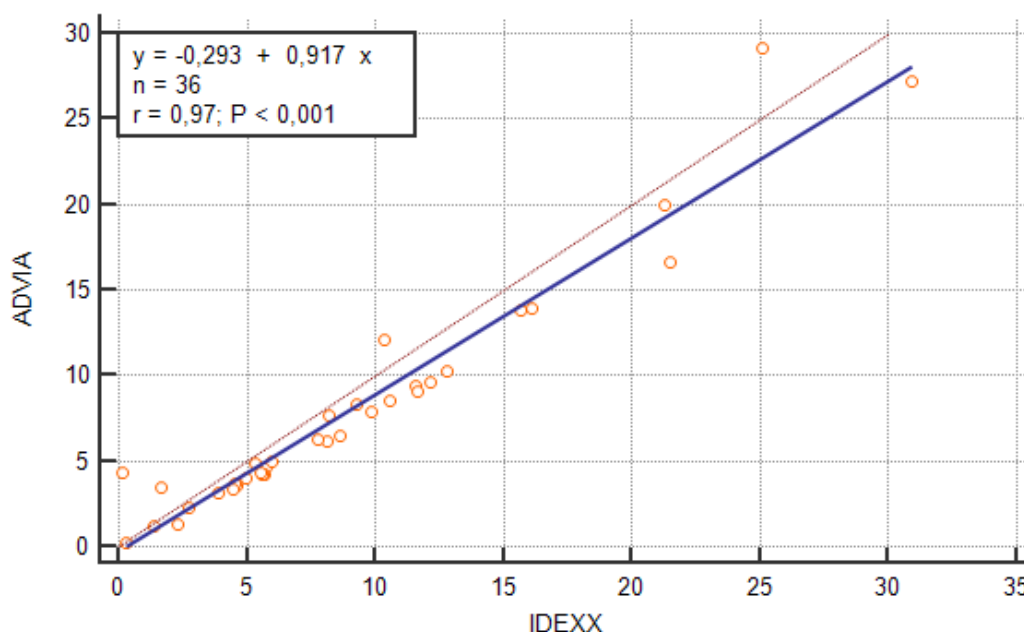


Kuvio 27. Bland-Altman kuvaaja koirien valkosolujen mittaustuloksista.

5.13.1 Neutrofiilit (Neut)

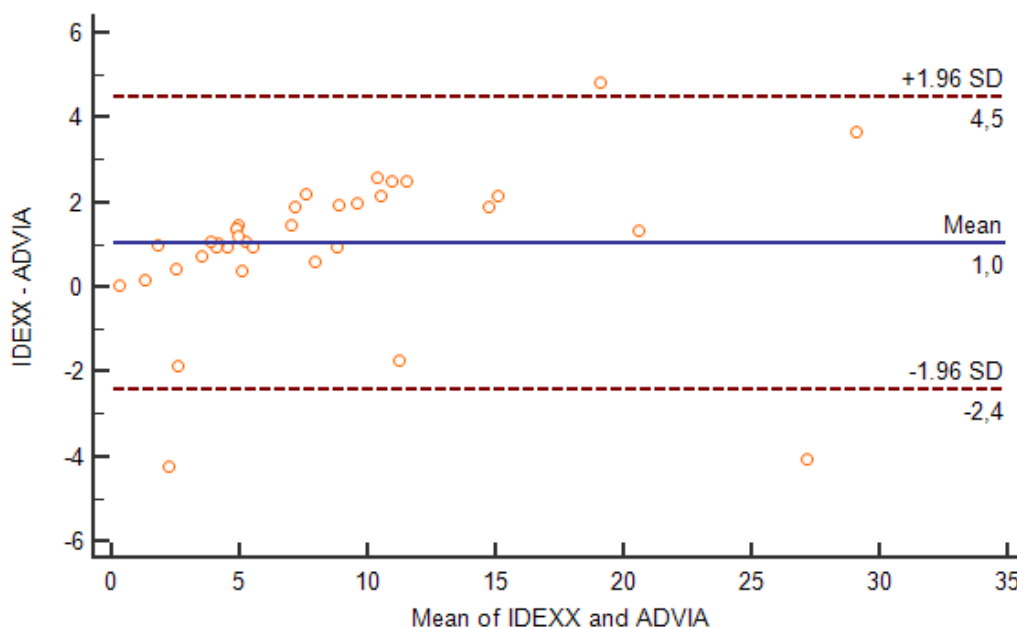
Koirien neutrofiilien tulokset ovat väliltä $0.14\text{--}30.89 \times 10^9/l$. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin. Neutrofiilien viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Tilastollisista analyyseistä on jätetty pois kaksi korkean tason tulosta sekä näytteiden 058 ja 009 tulokset, jotka ovat kliinisesti merkitseviä. Kissojen tulokset ovat väliltä $0.23\text{--}31.13 \times 10^9/l$. Kissojen näytteiden 031 ja 034 tulokset ovat kliinisesti merkitseviä. Kyseessä on saman potilaan näytteet eri näytteenotosta ja eri päiviltä. Kissojen ja hevosten tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. Hevosten tulokset ovat väliltä $0.81\text{--}15.77 \times 10^9/l$. Hevosilla keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on hieman korkeampi kaikilla valkosoluilla, kuten niiden kokonaismääränkin.

Koirien neutrofiilien tulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 28. Korrelaatiokerroin ($r=0.97$) on erittäin korkea eli tulosten välillä on todella vahva lineaarinen riippuvuus. Regressiosuora kulkee hieman $y=x$ suoran alapuolella. Suora $y=x$ leikkaa y-akselin kohdassa nolla ja regressiosuora kohdassa $-0.29 \times 10^9/l$. Pisteistä suurin osa on regressiosuoran alapuolella eli IDEXX Procyte Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia. Valkosolujen kokonaismäärän tuloksissa näkyi sama ero, joten on odotettavaa, että valkosolujen erittelyissä huomataan samaa.



Kuvio 28. Koirien neutrofiilien mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja tuloksista on esitetty kuviossa 29. Tulosten erotusten keskiarvo on $1.0 \times 10^9/l$. Suurin osa mittauspisteistä on erotuksen nollalinjan yläpuolella. Kolme pistettä jää 95 % luottamusvälien ulkopuolelle eli luottamusvälin sisään jää 92 % tuloksista. Pisteet asettuvat kuvaajalla pääsääntöisesti nousevaan linjaan. Suuremmissa tuloksissa on enemmän hajontaa.

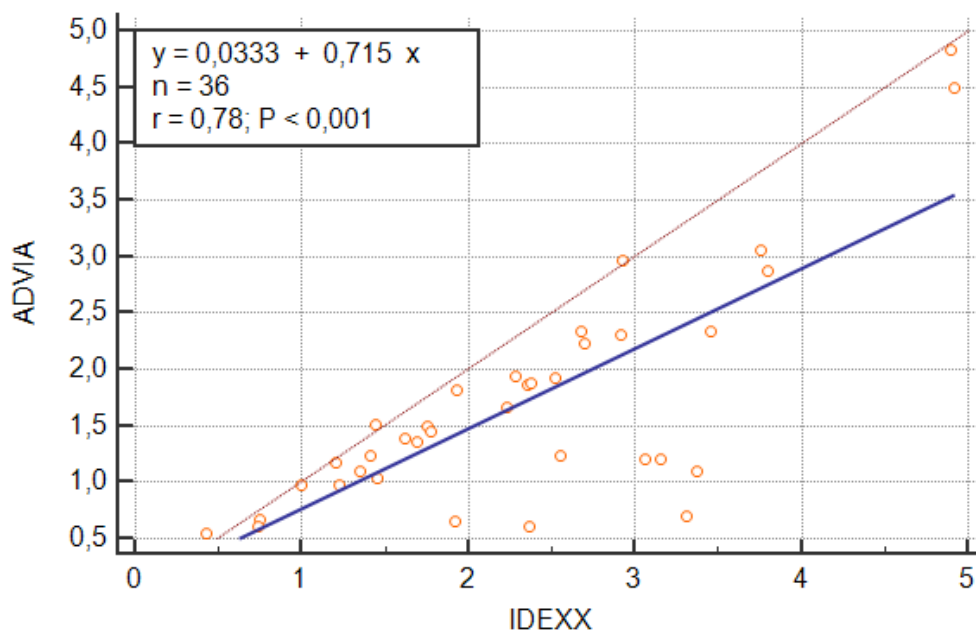


Kuvio 29. Bland-Altman kuvaaja koirien neutrofiilien mittaustuloksista.

5.13.2 Lymfosyytit (Lymf)

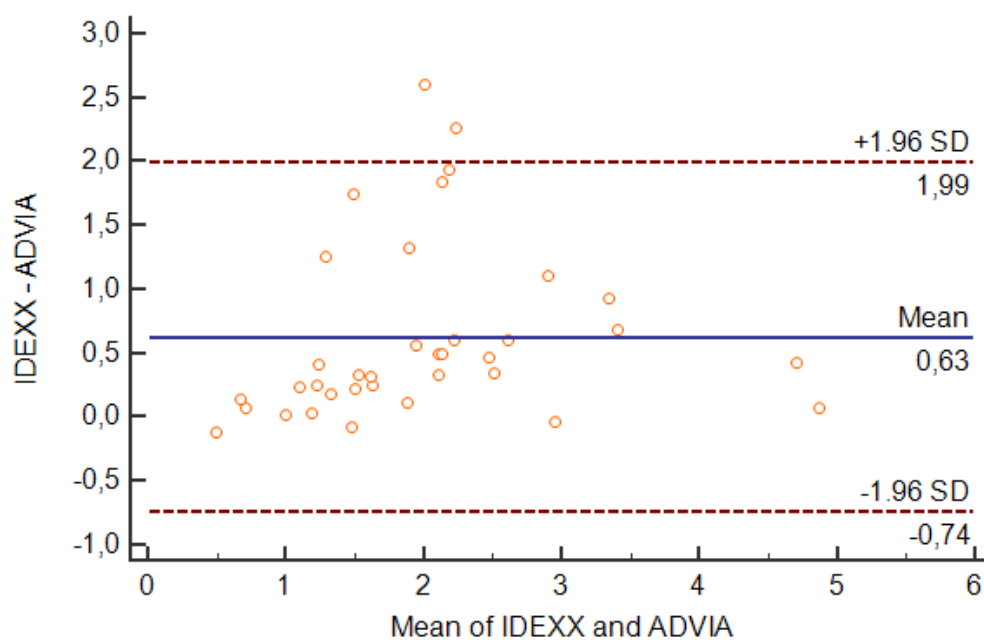
Koirien lymfosyyttien tulokset ovat väliltä $0.43\text{--}4.92 \times 10^9/\text{l}$. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin. Neljä näytettä on jätetty pois tilastollisista analyyseistä. Näiden näytteiden tuloksissa on huomattavia eroja ja ne vääristäisivät normaalien viitearvojen sisällä olevien tulosten tilastollista tulkintaa. Lymfosyyttien viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Kissojen tulokset ovat väliltä $0.25\text{--}16.97 \times 10^9/\text{l}$. Näytteen 034 tulokset erosivat huomattavasti toisistaan. Kissojen ja hevosten tulokset näytettä 034 lukuun ottamatta ovat viitearvoissa tai niitä matalampia. Hevosten tulokset ovat väliltä $0.37\text{--}4.51 \times 10^9/\text{l}$. Hevosten keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on korkeampi.

Koirien lymfosyyttien tulokset on esitetty hajontakuviassa, regressiosuorassa ja -yhtälössä kuviossa 30. Korrelaatiokerroin ($r = 0.78$) kuvaa tulosten välillä olevan melko vahva lineaarinen riippuvuus. Hajontakuviosta näkee, että mittauspisteet ovat pääsääntöisesti $y=x$ linjan alapuolella. Useita mittauspisteitä on regressiosuoran alapuolella eli IDEXX Procyte Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia.



Kuvio 30. Koirien lymfosyyttien mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja koirien lymfosyyttien mittaustuloksista on esitetty kuviossa 31. Erotusten keskiarvo on $0.63 \times 10^9/l$. Suurimmassa osassa tuloksista IDEXX Procyte Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia. 95 % luottamusvälien sisään asettuu 94 % tuloksista. Kaksi mittauspistettä jää luottamusvälin ylärajan yläpuolelle.

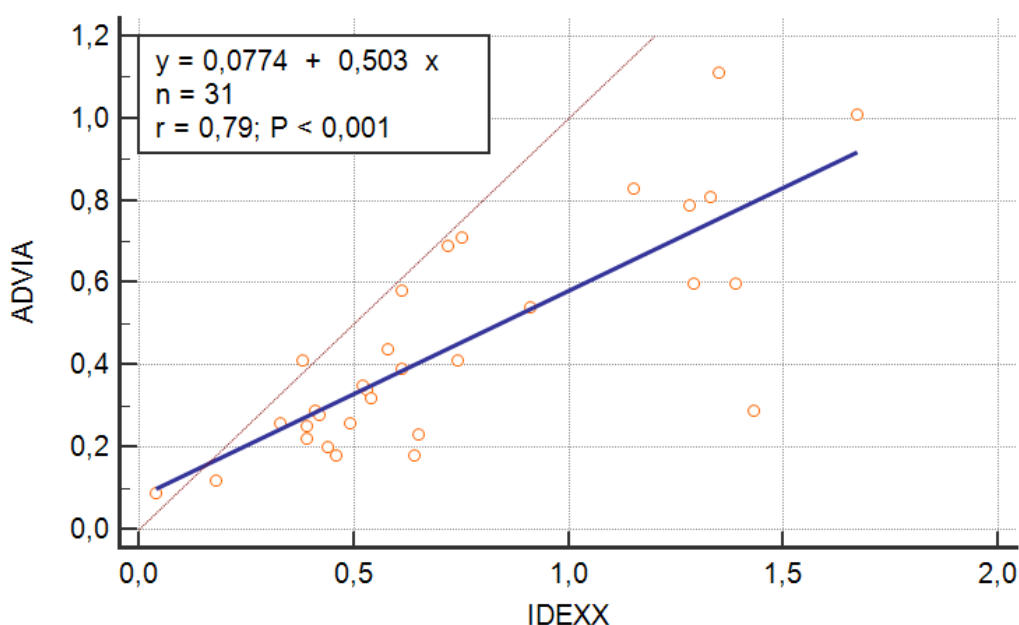


Kuvio 31. Bland-Altman kuvaaja koirien lymfosyyttien mittaustuloksista.

5.13.3 Monosyytit (Mono)

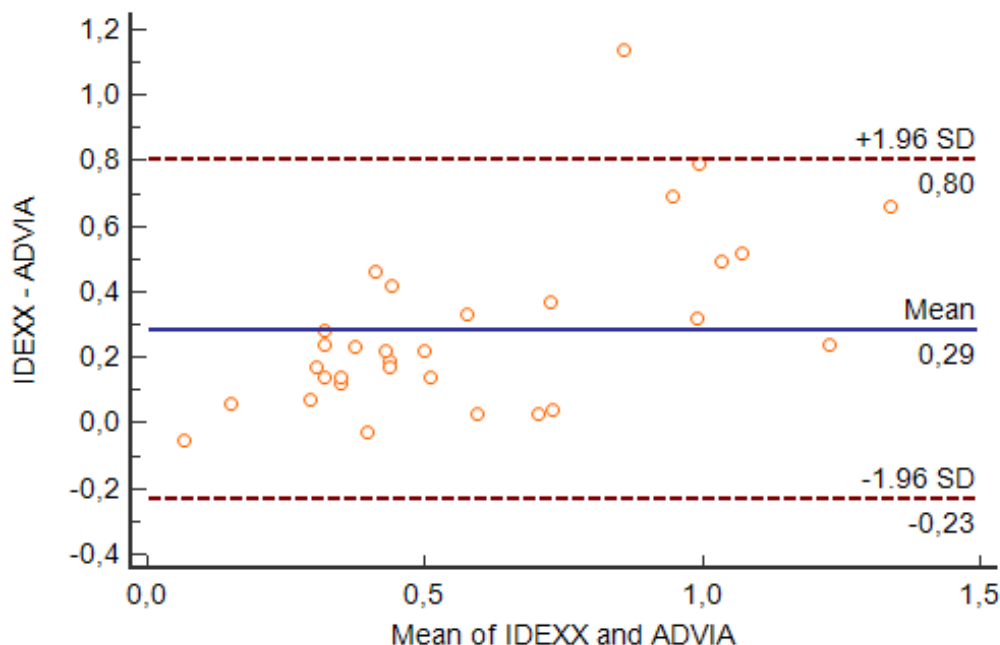
Monosyyttien tulokset ovat hyvin pienissä yksiköissä. Koirien tulokset ovat väliltä $0.04\text{--}1.67 \times 10^9/\text{l}$. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin. Tilastollisista analyyseistä jätettiin pois yhdeksän näytettä. Viitearvot ylittävät tulokset sekä tuloksiltaan huomattavasti eroavat näytteet tekisivät hajontakuviosta täysin epälineaarisen. Jättämällä korkeat tulokset pois saadaan selkeämpi kuva normaaliin viitearvojen tuloksista, joissa on kohtalaista yhtäläisyyttä. Monosyyttien viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Kissojen tulokset ovat väliltä $0.02\text{--}22.29 \times 10^9/\text{l}$. Näytteiden 031 ja 034 tulokset eroavat huomattavasti toisistaan. Kissojen ja hevosten tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia ja korkeampia. Hevosten tulokset ovat väliltä $0.1\text{--}1.28 \times 10^9/\text{l}$.

Koirien monosyyttien tulosten ($n=31$) hajontakuviota ja regressiosuora on esitetty kuviossa 32. Korrelaatiokerroin ($r=0.79$) kertoo melko vahvasta lineaarisesta riippuvuudesta. Pisteet sijoittuvat pääsääntöisesti $y=x$ suoran oikealle puolelle eli IDEXX Procyte Dx -analysaattori antaa korkeampia tuloksia. Pisteet asettuvat regressiosuoralla melko hajallaan, mutta on huomioitava mitta-asteikon pieni kokoluokka.



Kuvio 32. Koirien monosyyttien mittaustulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö.

Tulosten Bland-Altman kuvaajassa (kuvio 33) erotusten keskiarvo on $0.29 \times 10^9/l$. Pisteistä suurin osa on erotusten nollalinjan yläpuolella. 95 % luottamusvälien sisäpuolelle asettuu 97 % tuloksista. Yksi mittauspiste ylittää luottamusvälin ylärajan.

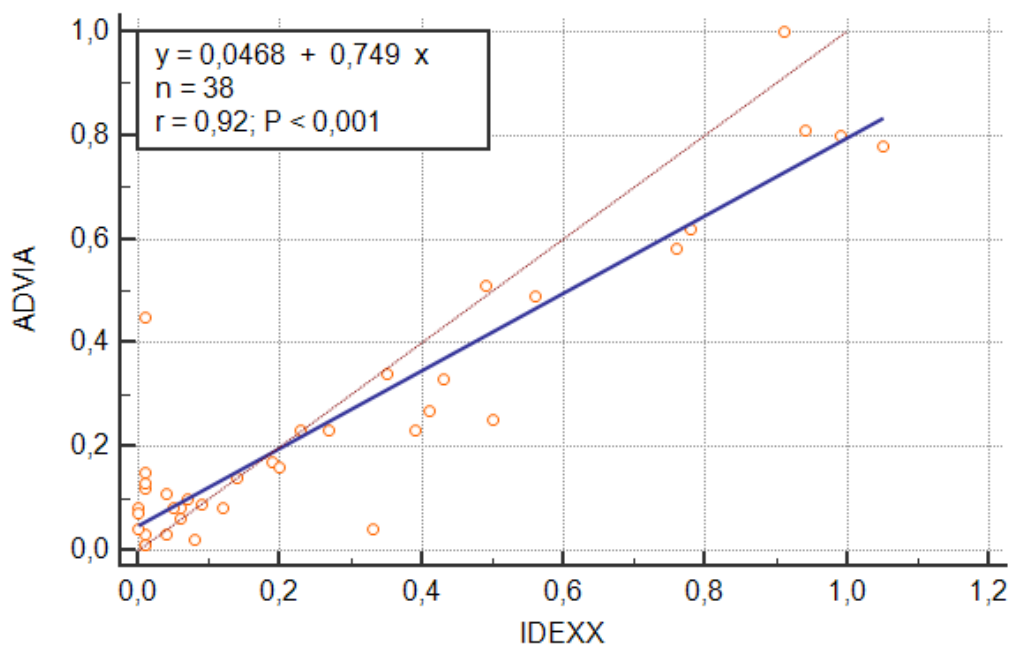


Kuvio 33. Bland-Altman kuvaaja koirien monosyyttien mittaustuloksista.

5.13.4 Eosinofiilit (Eos)

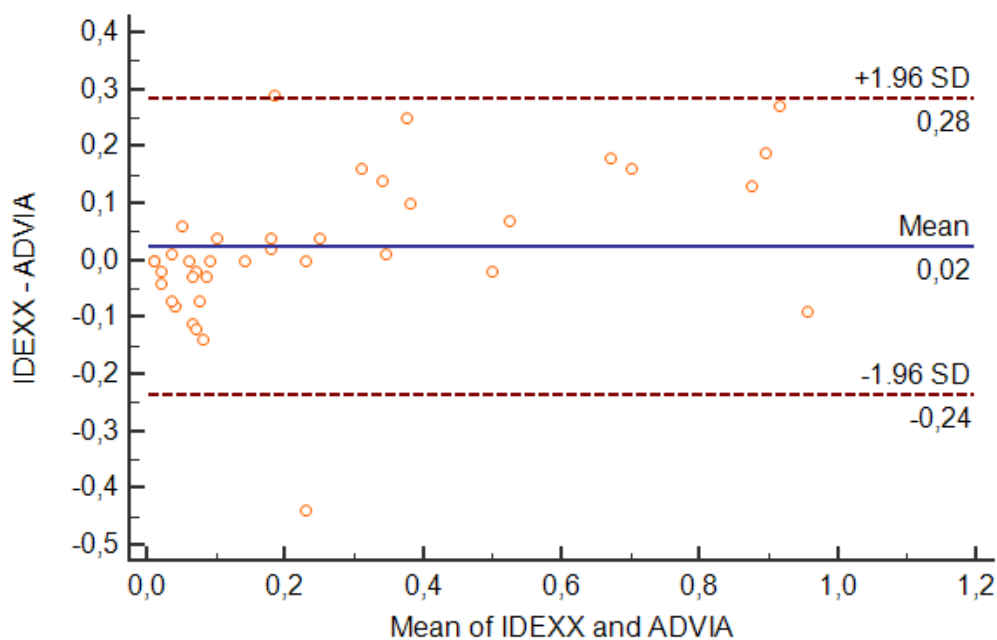
Koirien eosinofiilien tulokset ovat väliltä $0\text{--}1.05 \times 10^9/l$. Matalin ja korkein tulos ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorin. Eosinofiilien viitearvot ovat analysaattoreilla lähes yhtäläiset. Tilastollisista analyyseistä on jätetty pois kaksi korkean tason tulosta. Kissojen tulokset ovat väliltä $0\text{--}0.73 \times 10^9/l$. Kissojen ja hevosten tuloksia on viitearvoissa sekä niitä matalampia. Kissojen viitearvot ovat lähes yhtäläiset. Hevosten tulokset ovat väliltä $0\text{--}0.24 \times 10^9/l$. Keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on hieman korkeampi.

Koirien eosinofiilien tulosten hajontakuviota, regressiosuora ja -yhtälö on esitetty kuviossa 34. Korrelaatiokerroin ($r=0.92$) kuvaa todella vahvaa lineaarista riippuvuutta tulosten välillä. Regressiosuora ja $y=x$ suora leikkaavat toisensa noin $0.2 \times 10^9/l$ kohdalla. Kuviota tarkasteltaessa tulee huomioida, että tulokset ovat todella pienellä mittakaavalla.



Kuvio 34. Koirien eosinofiilien mittaustulosten hajontakuvio, regressiosuora ja -yhtälö.

Bland-Altman kuvaaja eosinofiilien tuloksista on esitetty kuviossa 35. Erotusten keskiarvo on $0,02 \times 10^9/l$. 95 % tuloksista asettuu 95 % luottamusvälien sisään. Yksi mittauspiste ylittää luottamusvälin ylärajan niukasti ja toinen piste alittaa alarajan reilusti.



Kuvio 35. Bland-Altman kuvaaja koirien eosinofiilien mittaustuloksista.

5.13.5 Basofiilit (Baso)

Basofiilien mittaustulokset ovat $0\text{--}0.24 \times 10^9/\text{l}$ väliltä. Yli $0.1 \times 10^9/\text{l}$ mittaustuloksia on kolme ja muut tulokset jäävät alle $0.07 \times 10^9/\text{l}$. Mittakaava on erittäin pieni eikä siksi tuloksista ole mielekäästä tehdä hajontakuviota tai Bland-Altman kuvaajaa. Tärkeintä on tarkastella, onko tuloksilla kliinisesti merkitsevää eroa. Kissojen tulokset ovat väliltä $0\text{--}0.26 \times 10^9/\text{l}$. Suurin ero on näytteen 034 tuloksissa. Kissojen viitearvojen yläraja on hieman korkeampi IDEXX Laboratorioilla. Hevosten tulokset ovat väliltä $0\text{--}0.13 \times 10^9/\text{l}$. Keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on hieman korkeampi.

5.14 Toistomittaukset

Kemian korkean tason kontrollin Abtrol toistomittausten tulokset on esitetty liitteessä 5. Hematologian analysaattorien toistomittaukset kolmella potilasnäytteellä on esitetty liitteessä 6. Taulukoissa on laskettu tuloksille keskiarvo, keskihajonta, suhteellinen hajonta (CV%), systemaattinen virhe (bias%) sekä kokonaisvirhe. Biologisen variaation huomioivat eritasoiset tulosrajat on esitetty liitteissä värikoodein.

Valkosolujen kokonaismäärän kokonaisvirheen tavoite oli 20 % ja matalin mitattu kokonaisvirhe oli 26.36 %. Neutrofiilien määrän kokonaisvirheen tavoite oli 15 % ja matalin tulos oli 26.95 %. Lymfosyyteillä tulos ylittyi niukasti eli tavoite oli 15 % ja matalin tulos oli 15.38 %. Monosyyttien tavoite oli 50–60 % ja matalin tulos oli 90.31 %.

6 Pohdinta

Tilastollisista analyyseistä jätettiin pois ne tulokset, jotka olivat epätarkassa muodossa (esimerkiksi $<4000 \text{ U/l}$) tai olivat yksittäisiä mittauspisteitä omilta tulostasoiltaan. Jotta tietyn suuruista tulostasoa voidaan luotettavasti arvioida, tarvitaan tarpeeksi monta mittauspistettä, varsinkin tehtäessä tilastollisia analyysejä. Yksittäinen todella korkea ja muista eroava arvo voi muokata kuvaajan suoraa niin, että se vääristää matalamman tulostason tulosten tulkintaa. Eroavat arvot ovat kuitenkin erittäin merkityksellisiä potilaan hoidon kannalta ja ne mainitaan pohdinnassa erikseen.

6.1 Kemian analytyttien tulosten tulkinta

IDEXX Catalyst Dx- ja Konelab 60i -analysaattorien kemian analytyttien kaikki tulokset ovat vertailukelpoisia. Vain albumiinitulokset näytteelle 926 ovat kliinisesti merkitseviä. Nollahypoteesi jää voimaan kaikilla analytyteillä ja korrelaatiot ovat oletetusti korkeita.

Alaniiniaminotransferaasin mittauksissa kumpikaan analysaattori ei antanut systemaattisesti korkeampia tai matalampia tuloksia. IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tulos näytteelle 940 oli 37 U/l ja Konelab 60i -analysaattorin 108 U/l. Matalampi tulos on molempien analysaattorien viitearvoissa, kun taas korkeampi tulos oli keskuslaboratorion eli Advia 2120i -analysaattorin viitearvoja korkeampi. Ulkoisia mittausta häiritseviä tekijöitä ei näytteessä ollut. Ainoastaan näytteen ureapitoisuus oli korkea, jonka ei kuitenkaan tiedetä vaikuttavan alaniiniaminotransferaasin mittaukseen. IDEXX Laboratorioiden viitearvojen yläraja on korkeampi kuin keskuslaboratorion ja siksi muutamissa näytteissä toisella analysaattorilla tulos tulkittaisiin viitearvojen sisällä olevaksi ja toisella viitearvoja korkeammaksi. Tuloksilla ei kuitenkaan ole kliinisesti merkitsevää eroa. Muissa tuloksissa, mukaan lukien tilastollisista analyyseistä pois jätetyt, ei ollut kliinisesti merkitsevää eroa. Tulokset ovat yhdensuuntaisia ja vertailukelpoisia.

Albumiinin mittauksissa suurempi osa tulosten erotuksista oli positiivisia eli IDEXX Catalyst Dx -analysaattori antaa hieman korkeampaa tulostasoa, erityisesti pitoisuuksien ollessa korkeampia. Näytteen 926 albumiinitulos oli IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla 46 g/l ja Konelab 60i -analysaattorilla 38.4 g/l. Ero on kliinisesti merkitsevä. Tulokset ovat viitearvojen rajalla eli matalamman tuloksen tulkittaisiin olevan viitearvoissa ja korkea viitearvojen yli. Näyte 926 on vertailun korkein ja ainoa tulos, joka ylittää viitearvot toisella analysaattorilla. Viitearvoja korkeampien tulosten vertailukelpoisuutta ei voida tässä vertailussa päätellä. Tutkimuksen viitearvoja matalammat ja viitearvoissa olevat albumiinitulokset ovat vertailukelpoisia, eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa.

Alkalisen fosfataasin menetelmäperiaatteissa ja viitearvoissa on analysaattoreilla eroa. Viitearvojen erojen vuoksi usean näytteen arvot voitaisiin tulkita toisella analysaattorilla normaaleiksi ja toisella korkeiksi tai mataliksi. Alkalinen fosfataasi on entsyymi, jonka arvojen tulkinnassa tulee huomioida, ettei esimerkiksi 100 U/l erotus ole vielä välttämättä kovin merkitsevä. Alkalisen fosfataasin pitoisuus voi nousta jopa moniin tuhansiin esimerkiksi sappitietukoksissa. Alkalisen fosfataasin tuloksista välillä 0–200 U/l suurin osa

oli korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla, jonka viitearvojen ylärajakin on korkeampi. Yli 300 U/l tuloksista taas 12/14 mittauspistettä antoi Konelab 60i -analysaattorilla korkeampia tuloksia. Alle 200 U/l tulokset ovat vertailukelpoisia. Yli 200 U/l tulosten erotukset alkavat kasvaa, mutta nämä korkeat tulokset ovat yli viitearvojen eikä erotuksilla ole kliinisesti merkitsevää eroa. Suurin erotus oli näytteen 901 tuloksissa eli 142 U/l. Tulokset ovat samansuuntaisia, mutta arvot eivät ole suoraan vertailukelpoisia.

Glukoosin mittaustulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että Konelab 60i -analysaattori antaa systemaattisesti hieman korkeampaa tulostasoa. Vain yksi tulos oli korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla. Bland-Altman kuvaajasta (kuvio 13) nähdään, että tulosten erotusten keskiarvo on -0.34 mmol/l. Tuloksista voitaisiin siis päätellä, että lisäämällä 0.34 mmol/l IDEXX Catalyst Dx -analysaattorin tuloksiin, saadaan Konelab 60i -analysaattorin odotettu tulos. Kaikki mittaustulokset ovat vertailukelpoisia eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa.

Urean ja kreatiniinin mittaustuloksilla ei ole kliinisesti merkitsevää eroa. Kumpikaan analysaattori ei anna systemaattisesti korkeampaa tai matalampaa tulostasoa. Urean viitearvot ovat analysaattoreilla hyvin lähellä toisiaan. Kreatiniinin viitearvojen yläraja on hieman korkeampi IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla. Kaikki vertailun urean ja kreatiniinin mittaustulokset ovat vertailukelpoisia.

6.2 Hematologian analyttien tulosten tulkinta

Hematologian analyttien valkosolujen kokonaismäärissä ja erittelyissä saadut eroavat tulokset ovat kliinisesti merkitseviä ja voivat johtaa potilaan hoitoa ja mahdollisen sairauden diagnosointia harhaan vaarantaen potilasturvallisuuden. Neljässä näytteessä neljästäkymmenestä (10 %) esiintyy huomattavia eroja valkosolujen erittelyssä. Muut IDEXX Procyte Dx- ja Advia 2120i -analysaattorien hematologian analyttien tulokset, joita ei erikseen pohdinnassa mainita, ovat vertailukelpoisia eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa.

Koirien punasolujen kokonaismäärän ja hemoglobiinin tuloksissa kumpikaan analysaattori ei antanut systemaattisesti korkeampia tai matalampia tuloksia. Keskuslaboratorion ja IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat lähes yhtäläiset. Kaikki tulokset ovat vertailukelpoisia eikä tuloksissa ole kliinisesti merkitseviä eroja.

Punasolujen keskitilavuuden (MCV) tuloksista 90 % on korkeampia Advia 2120i -analyysaattorilla. Keskuslaboratorion viitearvot ovat hieman korkeammat kuin IDEXX Laboratorioden. Muutama tulos jää viitearvojen rajalle eli tulos olisi toisella analyysaattorilla tulokittavissa viitearvojen sisään ja toisella viitearvoja korkeammaksi tai matalammaksi. Tulosten eroilla ei kuitenkaan ole kliinisesti merkitsevää eroa ja ne ovat vertailukelpoisia, mukaan lukien tilastollisista analyysistä pois jätetyt tulokset, joiden mittauspisteet osuivat myös hyvin regressiosuoralle.

Hematokriitin tuloksista 85 % on korkeampia Advia 2120i -analyysaattorilla. Keskuslaboratorion viitearvojen yläraja on hieman matalampi kuin IDEXX Laboratorioden. Hematokriitti on laskennallinen parametri, jonka verenkuvaa-analyysaattorit laskevat kertomalla punasolujen kokonaismäärän (Eryt) niiden keskitilavuudella (MCV). Punasolujen keskitilavuuden (MCV) tuloksista 90 % on korkeampia Advia 2120i -analyysaattorilla ja tämä heijastuu hematokriitin tuloksiin. Kaikki vertailun tulokset ovat vertailukelpoisia eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa.

Trombosyyttien viitearvot ovat IDEXX Procyte Dx -analyysaattorilla korkeammat kuin keskuslaboratorion viitearvot. Kumpikaan analyysaattori ei anna systemaattisesti korkeampia tai matalampia tuloksia. Melko suuret erot viitearvoissa voivat aiheuttaa vaihtelua tulosten tulkinnassa eli ovatko ne viitearvoissa vai matalampia tai korkeampia. Numeerisesti tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia, eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa.

Valkosolujen kokonaismäärän viitearvot ovat analyysaattoreilla lähes yhtäläiset. Tulosten erotusten suuruus kasvaa suhteessa mittaustuloksiin. Kaikki valkosolujen kokonaismäärän tulokset ovat yhtä lukuun ottamatta vertailukelpoisia eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa. Erittäin merkitsevä ero on näytteen 058 tuloksissa. IDEXX Procyte Dx -analyysaattori antoi valkosolujen kokonaismääräksi $0.02 \times 10^9/l$. Neutrofiilien osuus on 100 %. Advia 2120i -analyysaattorin valkosolujen kokonaismäärä on $39.04 \times 10^9/l$ eli reilusti viitearvojen yläpuolella. Neutrofiilien osuus on 84.3 %. Näytettä 058 oli erittäin pieni määrä, kuitenkin analyysaattorit eivät hälyttäneet riittämättömästä määrästä vaan antoivat tulokset normaalisti. IDEXX Procyte Dx -analyysaattori antoi hälytyksen valkosolujen epätasaisesta jakautumisesta. Näytteestä tehtiin sivelyvalmiste ja mikroskoopin avulla tarkasteltiin valkosolujen määrää sekä tehtiin erittely laskemalla 200 valkosolua. Tulokset olivat vastaavat Advia 2120i -analyysaattorin kanssa. Tulos on niin erikoinen, että tuloksen tulkitsijalla tulisi herätä epäily tulosten oikeellisuudesta. Tällöin näyte tulisi analysoida uudelleen, pyytää uusi näyte tai tarkistaa tulos sivelyvalmisteella. Koska IDEXX

Procyte Dx -analysaattori antoi valkosolujen erittelyssä näytteen neutrofiilien osuudeksi 100 %, näkyy virhe myös kaikkien valkosolujen erittelyjen tuloksissa.

Valkosolujen erittelyssä tuli vastaan näytteitä, joiden tuloksissa on kliinisesti erittäin merkitseviä eroja. Erittelyissä on huomioitava tulosten vaikutus toisiinsa. Jos esimerkiksi näytteen neutrofiilien osuus on erityisen korkea, on muiden valkosolujen osuus suhteessa matalampi. Kaikki tulokset vaikuttavat toisiinsa, koska kyseessä on valkosolujen kokonaismäärän erittely eri valkosolutyyppeihin. Eri valkosolujen määrien viitearvot ovat analysaattoreilla melko yhtäläiset. Neutrofiilien tulokset ovat systemaattisesti korkeammat IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla.

Näytteen 009 neutrofiilien tulos oli IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla $0.19 \times 10^9/l$ ja Advia 2120i -analysaattorilla $18.73 \times 10^9/l$. Näytteen valkosolujen kokonaismäärien erot eivät selitä tulosten eroa. Näytteestä tehtiin sivelyvalmiste ja se tarkastettiin mikroskoopissa. Tulokset vastasivat Advia 2120i -analysaattorin tuloksia. Sivelyvalmisteessa nähtiin jonkin verran hajonneita valkosoluja. Tulos on kliinisesti erittäin merkitsevä. IDEXX Procyte Dx -analysaattorin tuloksia tulkittaessa todettaisiin, että potilaan lymfositit ja monosyytit ovat huomattavan korkealla ja neutrofiilien määrä lähes olematon. Advia 2120i -analysaattorin tuloksen mukaan valkosoluista 91.6 % on neutrofiileja. Myös basofiilien määrässä on tulkinnallista eroa. IDEXX Procyte Dx -analysaattorin basofiilien tulos oli $0 \times 10^9/l$ ja Advia 2120i -analysaattorin $0.24 \times 10^9/l$, joka on yli viitearvojen.

Näytteen 029 valkosolujen kokonaismäärä oli erittäin korkea. Neutrofiilien ja lymfositien erittelyissä oli huomattavia eroja. Eosinofiilien ja basofiilien tulokset olivat lähes samanarvoisia. Näytteestä tehtiin sivelyvalmiste ja se tarkastettiin mikroskoopissa. Tulokset vastasivat Advia 2120i -analysaattorin tuloksia. IDEXX Procyte Dx -analysaattori hälytti valkosolujen epätasaisesta jakautumisesta sekä mahdollisista sauvatumaista neutrofiileista. Tuloksilla on kliinisesti merkitsevä ero.

Vastaava kliinisesti erittäin merkitsevä ero oli näytteen 054 tuloksissa. IDEXX Procyte Dx -analysaattori ilmoitti neutrofiilien määräksi $0.14 \times 10^9/l$ (2.2 %) ja Advia 2120i -analysaattori $4.35 \times 10^9/l$ (77.4 %). IDEXX Procyte Dx -analysaattorin tulos tulkittaisiin vaarallisen matalana ja se voisi vaikuttaa potilaan hoitopäätöksiin merkittävästi. Advia 2120i -analysaattorin tulos on viitearvoissa eli normaali. Myös neutrofiilien, lymfositien ja monosyyttien erittelyt olivat analysaattoreilla täysin eriävät.

Monosyyttien, eosinofiilien ja basofiilien tulokset ovat todella pienissä mittakaavoissa. Näytteen 056 tuloksissa on kliinisesti merkitsevä ero. IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla monosyyttejä oli $5.05 \times 10^9/l$ ja Advia 2120i -analysaattorilla $0.45 \times 10^9/l$. Toinen tulos on huomattavasti yli viitearvojen ja toinen viitearvojen sisällä. Näytteestä tehtiin sivelyvalmiste ja tulokset tarkastettiin. Tulokset olivat yhtäläiset Advia 2120i -analysaattorin tulosten kanssa. Muiden valkosolujen eroissa ei ole kliinisesti merkitsevää eroa. Näytteen 041 eosinofiilit ovat IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla $4.55 \times 10^9/l$ ja Advia 2120i -analysaattorilla $0.16 \times 10^9/l$. Toinen tulos ylittää viitearvot ja toinen on viitearvoissa. Myös monosyyttien tuloksissa on numeerisesti jonkin verran eroa, kuitenkin molemmat tulokset ovat viitearvoissa. Näytteestä ei tehty sivelyvalmistetta.

6.3 Kissojen ja hevosten tulosten tulkinta

Kaikkien kemian analyttien kissojen ja hevosten tulokset sekä hevosten hematologian tulokset ovat vertailukelpoisia eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa. Kahta näytettä lukuun ottamatta hematologian kissojen tulokset ovat myös vertailukelpoisia, eikä niillä ole kliinisesti merkitsevää eroa. Kissojen näytteiden 031 ja 034 tulokset ovat kliinisesti erittäin merkitseviä. Näytteet ovat samasta potilaasta, mutta eri näytteenotoista ja eri päiviltä. Näytteiden punasolujen tulokset ovat vertailukelpoisia, mutta valkosolujen kokonaismäärässä ja erittelyssä on kliinisesti merkitseviä eroja.

Kissojen alaniiniaminotransferaasin tuloksista 9/10 antoi korkeamman pitoisuuden Konelab 60i -analysaattorilla. Myös koirien näytteistä suurempi osa oli korkeampi Konelab 60i -analysaattorilla, muttei yhtä selkeästi. Kaikki kissojen albumiinitulokset olivat korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla, kuten suurin osa koirienkin näytteistä samalla tulostasolla. Hevosten tuloksissa oli suurempaa hajontaa ja tuloksista 9/10 oli korkeampia Konelab 60i -analysaattorilla, toisin kuin koirien ja kissojen näytteissä.

Kissojen alkalisen fosfataasin tuloksista 9/10 oli korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla, kuten koirienkin näytteissä samalla tulostasolla. Hevosten näytteissä Konelab 60i -analysaattori antoi korkeampia tuloksia, mutta näytteiden tulokset ovat korkeampia ja vastaavat koirien tuloksia kyseiseltä tulostasolta. Hevosten IDEXX Laboratorioiden viitearvojen yläraja on huomattavasti korkeampi kuin keskuslaboratorion.

Kissojen kreatiniinin mittauksissa kaikki tulokset olivat IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla korkeampia. Koirien mittaustuloksista korkein oli $137 U/l$, jonka suurin osa kissojen

ja hevosten tuloksista ylittää. Kissojen ja hevosten viitearvot ovat myös koirien viitearvoja korkeammat. Hevosten tulokset vastaavat koirien tuloksia.

Kissojen ja hevosten glukoosin mittaustulokset ovat melko vastaavia koirien tulosten kanssa. Kissoilla 8/10 ja hevosilla 9/10 tulosta on korkeampia Konelab 60i -analysaattorilla. Kaikkien kolmen lajin viitearvot ovat melko lähellä toisiaan sekä hieman korkeammat IDEXX-analysaattoreilla. Kissojen proteiinin mittaustulokset ovat samat tai korkeammat Konelab 60i -analysaattorilla. Koirilla on samankaltaisia tuloksia, mutta myös tuloksia, jotka ovat korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla samalla tulostasolla. Hevosten tulokset vastaavat koirien tuloksia. Aspartaattiaminotransferaasin tuloksista kaikki olivat korkeampia IDEXX Catalyst Dx -analysaattorilla. Tulokset korreloivat ja olivat vertailukelpoisia.

Kissojen punasolujen kokonaismäärän tuloksista 9/10 on korkeampia IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla. Kissojen ja hevosten tulosten erotukset kasvavat pääsääntöisesti saman tasoisesti kuin koirien tulosten erotukset. Viitearvot ovat kissoilla ja hevosilla hieman korkeammat kuin koirilla.

Kissojen ja hevosten hemoglobiinin ja verihiutaleiden mittaustulokset vastaavat koirien tuloksia erotuksiltaan eikä kumpikaan analysaattori anna korkeampaa tulostasoa. Kissojen verihiutaleiden tulosten suurin erotus on $101 \times 10^9/l$. Erolla ei kuitenkaan ole kliinistä merkitystä, sillä tulokset ovat molemmat viitearvojen sisällä.

Punasolujen keskitilavuuden tulokset kissoilla ja hevosilla ovat koirien tuloksia matalampia, kuten viitearvotkin. Hevosten tuloksista 9/10 on korkeampia Advia 2120i -analysaattorilla. Hematokriitin kissojen tuloksista 9/10 on korkeampia IDEXX Procyte Dx -analysaattorilla. Koirien tuloksista suurin osa samalta tulostasolta antaa korkeampia tuloksia Advia 2120i -analysaattorilla. IDEXX Laboratorioiden viitearvot ovat hieman korkeammat kuin keskuslaboratorion. Hevosten tulosten erotukset ovat samansuuntaisia koirien tulosten kanssa. 9/10 tulosta on korkeampia Advia 2120i -analysaattorilla.

Kissojen ja hevosten valkosolujen kokonaismäärän tulosten erotukset vastaavat koirien tuloksia. Tuloksissa näkyy suhteellinen virhe, kuten koirienkin tuloksissa. Valkosolujen erittelyssä kliinisesti merkitseviä eroja oli kissojen näytteillä 031 ja 034. Näytteen 031 neutrofiilien tulokset olivat analysaattoreilla lähes päinvastaiset. Molempien näytteiden valkosolujen kokonaismäärät olivat vertailukelpoiset. IDEXX Procyte Dx -analysaattori

antoi näytteille korkeat määrät monosyyttejä sekä näytteelle 034 korkeamman lymfosit- ja basofiilimäärän neutrofiilien sijaan. Advia 2120i -analysaattorin tulokset olivat pääsääntöisesti neutrofiilejä. Tulokset tarkastettiin sivelyvalmisteilla mikroskoopilla lasien 200 valkosolua. Tulokset täsmäsivät Advia 2120i -analysaattorin tulosten kanssa. Vastaavia valkosolujen erittelyn ongelmia oli koirien tuloksissa. Neutrofiilien, monosyyttien ja eosinofiilien muut tulokset kissoilla olivat vertailukelpoisia ja vastaavia koirien tulosten erotusten kanssa samalla tulostasolla. Hevosten kaikkien valkosolujen erittelytulokset olivat vertailukelpoisia.

6.4 Toistomittaukset

Kemian kaikkien analyttien, paitsi alkalisen fosfataasin, lasketut kokonaisvirheet alittivat analyttiset kokonaisvirheet eli analysaattorien voidaan katsoa olevan sopivia kyseisten analyttien mittaamiseen. Alkalisen fosfataasin kohdalla IDEXX Catalyst Dx -analysaattori ylitti rajan. Alkalisen fosfataasin menetelmäperiaatteissa on eroa, joten tulos oli odotettavissa.

Hematologian analyttien kokonaisvirheet saatiin laskettua vain IDEXX Procyte Dx -analysaattorille, jonka keskiarvon tavoite-arvona käytettiin Advia 2120i -analysaattorin tuloksien keskiarvoja. Advia 2120i -analysaattorille ei ollut keskiarvon tavoite-arvoa, joka tarvitaan systemaattisen- ja kokonaisvirheen arviointiin. Advia 2120i -analysaattorin suhteellisen hajonnan (CV%) tuloksista kaikki, lukuun ottamatta yhtä verihiutaleiden tulosta kolmesta, antoivat biologisen variaation raja-arvoista optimaaliset tulokset. Yksi verihiutaleiden tulos oli toivottavan raja-arvoissa. IDEXX Procyte Dx analysaattorilla hematologian analyttien kohdalla punasolujen eri analytit alittivat rajat, mutta valkosolujen kokonaismäärä, neutrofiilit, lymfositit ja monosyytit ylittivät rajat. Basofiileille ei ole ilmoitettu raja-arvoja. Valkosolujen tulokset erosivat analysaattorien välillä sen verran, että tuloksien rajat nousivat korkeiksi. Toistomittaukset voisi esimerkiksi uusida ja tarkistaa sopivalla kontrollinäytteellä.

6.5 Luotettavuus

Kun tutkimuskysymyksiin saadaan luotettavia vastauksia, voidaan tutkimusta pitää laadukkaana. Tutkijan tulee olla tietoinen velvoitteistaan sekä olla rehellinen ja puolueeton. Validiteetti eli pätevyys kuvaa onko tutkimuksessa mitattu asiaa, jota on ollut tarkoitus

mitata. Tavoitteet tutkimukselle, huolellinen suunnittelu sekä edustava otos auttavat etukäteen tutkimuksen pätevyyttä eli ehkäisee väärän asian tutkimista. Reliabiliteetti eli luotettavuus tarkoittaa tulosten tarkkuutta. Tutkimukselta vaaditaan toistettavuutta yhtäläisin tuloksin eikä tieteellisiä tuloksia voida yleistää niiden pätevyysalueen ulkopuolelle. Tutkimuksen suorittaminen vaatii kriittisyyttä, tarkkuutta, puolueettomuutta sekä käytettävien menetelmien hallintaa. Lisäksi tutkimuksen taloudellisuus ja tehokkuus on otettava huomioon. Sopiva määrä resursseja ja aikaa käytetään työhön suunnitelman mukaisesti. (Heikkilä 2014: 27–30.)

Tutkimuksen luotettavuuden edellytys on, että tutkimus on suoritettu tieteellisen tutkimuksen käytäntöjen ja kriteerien mukaisesti. Tutkimusaineistoon liittyvät mahdolliset virheet huomioidaan, kuten systemaattiset- ja satunnaisvirheet. Tämä tutkimuksen suoritus suunniteltiin etukäteen perehtyen vastaaviin tutkimuksiin ja aiheen teoriaan sekä tilastollisiin menetelmiin. Huolellisen suunnitelman avulla virheitä tuloksissa ja otannassa pysytään vähentämään ja tutkimuksen pätevyyttä parantamaan. Tulosten tarkkuudesta kertoo osaltaan korkea korrelaatio tulosten välillä.

6.6 Eettisyys

Tutkimuksen näytteinä käytettiin Yliopistollisen eläinsairaalan potilaista otettavien verinäytteiden ylijääviä osuuksia. Helsingin Yliopiston Viikin kampuksen tutkimustoiminnan eettinen toimikunta on päätöksessään 4/2014 lausunut, että ylijäävien eläinperäisten näytteiden käyttäminen tutkimustarkoituksiin on hyväksyttävää. Tuloksia raportoidessa huomioitiin, ettei kenenkään yksityisyyttä vaaranneta. Yksilöiden tietosuojaa ajatellen tuloksille annettiin uudet numerot eikä mitään potilastietoja julkaistu tutkimusraportissa. Myöskään mitään Yliopistollisen eläinsairaalan ja Eläinlääketieteellisen tiedekunnan vaihtolovelvollisuuden alaisia tietoja ei mainita opinnäytetyön raportissa tai seminaareissa.

Bioanalyttikon eettiset ohjeet ohjaavat bioanalytikoita ja laboratoriohoitajia harjoittamaan työtään eettisesti perustuen alan standardiin, lakiin terveydenhuollon ammattihenkilöistä sekä lakiin kansanterveystieteen muuttamisesta. Jo opiskeluvaiheessa on hyödyllistä alkaa rakentaa ammatti-identiteettiä ja ymmärtää terveydenhuollon alaan liittyvät eettiset periaatteet. Ohjeet käsittelevät muun muassa potilaiden oikeuksia, rehellisyyttä, vastuuta sekä salassapitovelvollisuuksia. (Bioanalyttikon eettiset ohjeet. 2017.) Myös tämä opinnäytetyö on tehty noudattaen bioanalyttikon eettisiä ohjeita, erityisesti huomioiden salassapitovelvollisuus ja menettelytavat laboratoriossa.

6.7 Kehittämisehdotukset

Vertailutuloksista saataisiin kattavammat, mikäli tuloksia olisi vertailukelpoinen määrä kaikilta eri tulotasoilta eli viitearvoissa olevien tulosten lisäksi matalampia ja korkeampia tuloksia. Tähän työhön ei saatu kerättyä tuloksia kaikilta tulotasoilta kaikille analyysiteille, sillä näytteet valittiin tietyn aikarajan puitteissa saatavuuden mukaan. Vertailutuloksista saatiin kuitenkin kattavasti hyödyllistä tietoa analyysiaattorien tulosten vertailukelpoisuudesta ja yhtäläisyydestä. Hematologian IDEXX Procyte Dx -analyysiaattorin valkosolujen erittelyn tuloksia täytyisi tutkia ja pohtia tarkemmin. 10 % koirien mittaustuloksista oli kliinisesti erittäin merkitseviä. Mistä syystä tulokset erosivat näin huomattavasti toisistaan? Advia 2120i -analyysiaattorin tulokset vastasivat sivelyvalmisteiden tuloksia, joten sen tulokset ovat tutkimuksen mukaan luotettavia. Mikäli haluttaisiin tarkempia ja luotettavampia tuloksia kissojen ja hevosten näytteistä, voitaisiin työtä jatkaa lisäämällä näytteiden määrää.

6.8 Pohdinta ja ammatillinen kasvu

Koko opinnäytetyön prosessi on kasvattanut osaamistani sen aihealueesta huomattavasti. Toiminta osana työyhteisöä, menetelmävertailun suunnittelu ja suorittaminen sekä teoriapohjaan perehtyminen ja raportin kirjoitus ovat opettaneet paljon. Perehdyin analyysiaattorien menetelmäperiaatteisiin syvällisesti sekä vertailuun valittujen analyysiteiden merkitykseen. Myös tilastollisiin menetelmiin täytyi perehtyä huolellisesti. Tutkimuksen suorittaminen eläinlääketieteellisessä laboratoriossa eläinpotilaiden näytteillä toi lisähaastetta työhön. Opinnäytetyön prosessin ohella tehdyn työharjoittelun kautta sain pohjan eläinlääketieteellisessä laboratoriossa työskentelyyn sekä opin sen eroavaisuuksista humanilääketieteellisiin laboratorioihin.

Tästä opinnäytetyöstä tuli erittäin laaja, erityisesti yhdelle tekijälle. Jälkeenpäin ajateltuna aihe olisi voitu rajata kattamaan esimerkiksi vain kemian tai hematologian osuudet. Halutessa myös kissojen ja hevosten tulokset olisi voitu jättää raportista pois. Toisaalta jokainen analyysi käsiteltiin saman kaavan mukaan ja näytteitä analysoitaessa oli helppo lisätä kaikki tutkimukset samalle analyysille. Opinnäytetyön ohjaajien apu ja tuki auttoivat työn toteutuksessa. Erityinen kiitos avusta työelämän ohjaajalle Thomas Grönthalille.

Lähteet

Advia Operator's Guide. 2007. Käyttöohje. Siemens Medical Solutions Diagnostics.

Allerdet-Servent, Jérôme – Lebsir, Melissa – Dubroca, Christian – Fabrigoule, Martine – Jordana, Sylvie – Signouret, Thomas – Castanier, Matthias – Thomas, Guillemette – Soundaravelou, Rettinavelou – Lepidi, Anne – Delapierre, Laurence – Penaranda, Guillaume – Halfon, Philippe – Seghobyan, Jean-Marie 2017. Point-of-Care Versus Central Laboratory Measurements of Hemoglobin, Hematocrit, Glucose, Bicarbonate and Electrolytes: A Prospective Observational Study in Critically Ill Patients. PLOS ONE 12 (1). Saatavilla myös sähköisesti <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0169593>>. Luettu 20.2.2018.

Bioanalyytikon eettiset ohjeet. 2017. Suomen Bioanalytikkoliitto ry. Verkkodokumentti. <https://www.bioanalytikkoliitto.fi/@Bin/659271/Eettiset+periaatteet_FI_print_2017.pdf>. Luettu 14.10.2018.

Eskelinen, Seija 2016. Perusverenkuva. Laboratoriotutkimusten tulkinta. Duodecim Terveyskirjasto.

Giavarina, Davide 2015. Understanding Bland Altman analysis. Biochemia Medica 25 (2). 141–151. Saatavilla myös sähköisesti <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4470095/>>. Luettu 6.9.2018.

Harr, Kendal – Flatland, Bente – Nabity, Mary – Freeman, Kathleen 2013. ASVCP Guidelines: Allowable Total Error. 2013. Version 1.0. Worksheet.

Heikkilä, Tarja 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. uudistettu painos. Helsinki. Edita Publishing Oy.

Hendrix, Charles M. – Sirois, Margi 2010. Laboratory procedures for Veterinary Technicians. Missouri. Mosby Elsevier.

Holopainen, Martti – Pulkkinen, Pekka 2014. Tilastolliset menetelmät. 5.-9. painos. Helsinki. Sanoma Pro.

HUSLAB albumiini. 2018. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/4586.html>>. Luettu 12.10.2018.

HUSLAB kreatiniini. 2018. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/4600.html>>. Luettu 12.10.2018.

HUSLAB perusverenkuva. 2018. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/2475.html>>. Luettu 12.10.2018.

HUSLAB proteiini. 2018. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/2516.html>>. Luettu 12.10.2018.

IDEXX Catalyst Dx Operator's Guide. 2017. Käyttöohje. IDEXX Laboratoriot.

IDEXX Procyte Dx Operator's Guide. 2014. Käyttöohje. IDEXX Laboratoriot.

Insertti AFOS. 2014. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti ALAT. 2014. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti albumiini. 2014. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti glukoosi. 2016. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti kreatiniini. 2015. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti proteiini. 2015. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Insertti urea. 2014. Pakkausseloste. Thermo Fisher Scientific.

Jain, Anunaya – Subhan, Imron – Joshi, Mahesh 2009. Comparison of the point-of-care blood gas analyzer versus the laboratory auto-analyzer for the measurement of electrolytes. *International Journal of Emergency Medicine* 2 (2). 117–120. Saatavilla myös sähköisesti <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2700230/>>. Luettu 21.2.2018.

Jensen, Asger Lundorff – Kjelgaard-Hansen, Mads 2006. Method comparison in the clinical laboratory. *Veterinary Clinical Pathology* 35 (3). 276–286.

Kananen, Jorma 2011. Kvantti: Kvantitatiivisen opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja.

Kliiniset laboratoriot. 2017. Eläinlääketieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. Verkkodokumentti. <<https://www.helsinki.fi/fi/elainlaaketieteellinen-tiedekunta/tiedekunta/kliinisen-hevos-ja-pienelainlaaketieteen-osasto/kliiniset-laboratoriot>>. Luettu 21.2.2018.

Konelab Reference Manual. 2009. Käyttöohje. Thermo Fisher.

Laboratoriokäsikirja. Laboratoriopalvelut Movet. Verkkodokumentti. <<https://www.movet.fi/tutkimukset/pvk-perusverenkuva-b/?cat=10>>. Luettu 9.3.2018.

Laboratoriokäsikirja. 2014. Eläinlaboratorio Vetlab. Verkkodokumentti. <http://www.vetlab.fi/SIRA_Files/downloads/laboratoriokasikirja/Laboratoriokasikirja_2014.pdf>. Luettu 12.10.2018.

Laboratoriotutkimusnimikkeistö. 2017. Ohjeistus. Kuntaliitto. Verkkodokumentti. <<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Laboratoriotutkimusnimikkeist%C3%B6-ohjeistus.pdf>>. Luettu 5.9.2018.

Matinlauri, Irma – Vilpo, Juhani 2010. Hematopoieesi ja sen tutkiminen. Teoksessa Niemelä, Onni – Pulkki, Kari (toim.): Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. Helsinki. Kandidaattikustannus Oy. 247–254.

Miler, Marijana – Šimundić, Ana-Maria – Štefanović, Mario – Ferenec-Ružić, Dragica – Kvaternik, Marina – Topić, Elizabeta – Vrkić, Nada 2009. A model for results comparison on two different biochemistry analyzers in laboratory accredited according to the ISO 15189. *Biochemia Medica* 19 (3). 287–293. Saatavilla myös sähköisesti <<http://www.biochemia-medica.com/content/model-results-comparison-two-different-biochemistry-analyzers-laboratory-accredited-accordin>>. Luettu 25.2.2018.

Nabity, Mary – Harr, Kendal, Camus, Melinda – Flatland, Bente – Vap, Linda 2017. ASVCP Guidelines: Allowable Total Error Hematology. Version 1.0. Worksheet.

Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Eyrik 2009. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki. WSOY.

Nokelainen, Satu 2012. Vieritestaus. PowerPoint -esitys. HUSLAB. <https://helda.helsinki.fi/dikk/bitstream/handle/2455/139581/Vieritestaus_l%C3%A4%C3%A4kis_20131121.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 20.2.2018.

Suomen standardoimisliitto SFS. 2013. SFS-EN ISO 15189. Lääketieteelliset laboratoriot. Laatu ja pätevyyttä koskevat vaatimukset.

Sinervo, Tuija 2013. Akkreditoinnin näkökulma vieritesteihin. *Moodi* 4. 128–129.

Sirkkola, Heikki – Tauriainen, Susanna (toim.) 2010. Eläinten lääkintä ja hoito -käsikirja eläintenhoitajille. Helsinki: Opetushallitus.

Verinäytteenotto ja käsittely. 2014. IDEXX Laboratories Oy Vetlab. Verkkodokumentti. <<http://www.vetlab.fi/?id=39D8C438-29ED43EE9817-372E8544C6D5>>. Luettu 9.3.2018.

Vieritestaus terveydenhuollossa. 2009. *Moodi* 6. 275–276.

Viitearvot. 2018. Excel-taulukko. Keskuslaboratorio. Helsingin yliopisto. Eläinlääketieteellinen tiedekunta.

Åkerman, Kari – Jokela, Hannu 2010a. Fotometria. Teoksessa Niemelä, Onni – Pulkki, Kari (toim.): Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. Helsinki. Kandidaattikustannus Oy. 54–58.

Åkerman, Kari – Jokela, Hannu 2010b. Potentiometria. Teoksessa Niemelä, Onni – Pulkki, Kari (toim.): Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. Helsinki. Kandidaattikustannus Oy. 62–65

Menetelmävertailun kemian analyyttien tulokset koirille

IDEXX Catalyst Dx			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS
901	Koira	12.7.2018	5,50	53	5,8	24	12	407	296
905	Koira	12.7.2018	5,28	48	2,7	53	24	459	320
911	Koira	13.7.2018	5,62	51	8,3	72	33	105	79
910	Koira	13.7.2018	5,85	47	4,8	50	25	52	19
909	Koira	13.7.2018	5,54	97	3,6	67	30	35	58
908	Koira	13.7.2018	5,19	80	3,9	74	34	43	217
918	Koira	16.7.2018	5,68	74	8,2	64	32	50	73
919	Koira	16.7.2018	5,03	89	8,2	60	31	34	42
920	Koira	16.7.2018	4,55	137	7,8	62	34	118	21
917	Koira	16.7.2018	5,34	88	5,8	59	34	56	45
922	Koira	17.7.2018	4,16	79	3,9	60	32	915	581
923	Koira	18.7.2018	5,12	24	1,3	35	17	14	120
924	Koira	18.7.2018	6,02	68	3,0	58	25	37	97
925	Koira	18.7.2018	4,35	45	2,0	44	20	38	106
926	Koira	18.7.2018	4,58	90	10,0	76	46	24	38
927	Koira	19.7.2018	5,80	121	2,5	59	32	38	40
928	Koira	20.7.2018	4,34	52	6,60	57	29	80	147
929	Koira	20.7.2018	6,68	53	12,10	57	28	71	496

930	Koira	20.7.2018	4,69	67	5,3	52	25	47	99
931	Koira	20.7.2018	5,60	55	4,1	67	32	>4000	404
932	Koira	23.7.2018	5,17	47	5,70	59	29	318	376
933	Koira	23.7.2018	4,17	69	5,3	54	29	375	86
934	Koira	23.7.2018	5,70	28	2,1	62	27	11	226
935	Koira	23.7.2018	5,60	109	6,4	63	31	97	206
936	Koira	24.7.2018	4,97	82	3,00	61	32	94	575
937	Koira	24.7.2018	4,94	60	5,3	71	37	236	>2000
938	Koira	24.7.2018	6,49	32	8,5	51	25	109	812
939	Koira	25.7.2018	4,70	106	5,1	64	34	213	130
940	Koira	25.7.2018	4,95	327	25,3	57	29	37	145
941	Koira	25.7.2018	5,58	257	10,6	51	25	16	87
942	Koira	25.7.2018	5,41	80	4,9	65	32	530	402
944	Koira	25.7.2018	5,08	26	3,8	40	19	>1000	352
945	Koira	25.7.2018	5,20	115	3,6	69	33	108	22
947	Koira	26.7.2018	8,07	54	13,0	48	21	246	70
948	Koira	26.7.2018	5,73	63	9,5	73	40	137	>2000
950	Koira	26.7.2018	4,94	109	2,70	70	32	>1000	318
952	Koira	26.7.2018	4,18	45	2,9	70	26	362	812
953	Koira	7.8.2018	16,07	53	10,2	69	36	78	344
954	Koira	8.8.2018	5,33	36	1,2	44	20	72	160
957	Koira	10.8.2018	5,66	80	1,9	62	30	520	854

Konelab 60i			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS
901	Koira	12.7.2018	5,9	70	6,3	23	11,2	407	438
905	Koira	12.7.2018	5,8	55	3,6	47	23,5	454	424
911	Koira	13.7.2018	5,7	51	7,8	66	30,5	102	61
910	Koira	13.7.2018	6,3	45	4,7	48	27,1	54	14
909	Koira	13.7.2018	5,7	72	3,4	61	28,2	43	40
908	Koira	13.7.2018	5,4	57	4,0	75	30,7	50	240
918	Koira	16.7.2018	5,9	79	8,3	62	30,6	65	58
919	Koira	16.7.2018	5,2	85	8,2	60	28,8	45	29
920	Koira	16.7.2018	4,8	134	7,9	61	31,1	118	15
917	Koira	16.7.2018	5,6	90	6,0	60	32,1	63	32
922	Koira	17.7.2018	4,3	74	4,4	59	28,6	1080	638
923	Koira	18.7.2018	5,7	27	1,7	33	16,5	14	123
924	Koira	18.7.2018	6,3	60	3,6	60	23,6	49	81
925	Koira	18.7.2018	4,7	49	2,4	44	19,7	44	100
926	Koira	18.7.2018	4,6	111	10,2	78	38,4	31	21
927	Koira	19.7.2018	6,0	110	2,8	58	30,6	45	31
928	Koira	20.7.2018	4,9	59	6,9	56	27,0	64	167
929	Koira	20.7.2018	7,3	68	12,6	53	28,1	72	604
930	Koira	20.7.2018	5,3	82	5,5	49	25,3	46	99
931	Koira	20.7.2018	5,8	61	4,5	62	28,7	4847	494

932	Koira	23.7.2018	5,6	38	5,8	58	29,9	325	457
933	Koira	23.7.2018	4,7	65	5,8	51	28,8	380	76
934	Koira	23.7.2018	6,0	30	2,6	57	24,0	13	207
935	Koira	23.7.2018	6,1	92	6,0	60	29,7	109	200
936	Koira	24.7.2018	5,4	69	3,2	55	29,4	105	703
937	Koira	24.7.2018	5,2	50	5,5	71	33,3	263	3781
938	Koira	24.7.2018	7,0	40	9,0	46	24,3	103	917
939	Koira	25.7.2018	5,2	97	5,4	62	31,2	222	128
940	Koira	25.7.2018	5,0	306	24,3	57	26	108	131
941	Koira	25.7.2018	6,1	235	11,4	46	24,2	22	83
942	Koira	25.7.2018	5,7	73	4,7	61	29,9	507	424
944	Koira	25.7.2018	5,7	30	4,4	39	18,9	1903	418
945	Koira	25.7.2018	5,5	85	3,7	64	30,0	106	5
947	Koira	26.7.2018	9,0	96	12,1	46	20,9	243	146
948	Koira	26.7.2018	5,9	53	9,2	70	35,5	168	4002
950	Koira	26.7.2018	5,2	88	3,1	67	29,1	1240	350
952	Koira	26.7.2018	4,5	44	3,2	66	22,4	382	774
953	Koira	7.8.2018	16,6	58	10,9	65	33,7	86	369
954	Koira	8.8.2018	5,8	41	1,3	44	23,2	67	177
957	Koira	10.8.2018	5,5	63	2,7	61	27,1	527	848

Menetelmävertailun hematologian analyttien tulokset koirille

IDEXX Procyte Dx			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
001	Koira	10.7.2018	6,14	43,6	154	71,0	6,93	4,97	1,35	0,41	0,19	0,01	195
003	Koira	11.7.2018	5,03	36,3	128	72,2	3,94	1,36	1,93	0,58	0,04	0,03	324
004	Koira	11.7.2018	5,67	36,8	140	64,9	10,46	8,63	0,75	0,72	0,35	0,01	440
005	Koira	11.7.2018	6,53	41,3	153	63,2	6,70	5,29	0,74	0,65	0,01	0,01	15
009	Koira	12.7.2018	5,11	31,3	116	61,3	29,20	0,19	15,98	13,02	0,01	0,00	114
008	Koira	12.7.2018	5,46	35,9	127	65,8	20,32	12,79	3,75	1,35	2,42	0,01	300
011	Koira	12.7.2018	6,69	46,6	161	69,7	7,96	4,63	2,68	0,44	0,20	0,01	258
012	Koira	13.7.2018	5,79	39,3	137	67,9	7,48	4,55	1,75	0,39	0,78	0,01	756
013	Koira	13.7.2018	5,24	33,2	124	63,4	26,66	21,28	3,15	1,28	0,94	0,01	190
015	Koira	13.7.2018	6,23	41,0	137	65,8	35,72	30,89	3,06	1,67	0,06	0,04	500
014	Koira	13.7.2018	7,61	48,3	173	63,5	5,76	3,87	1,41	0,39	0,09	0,00	354
016	Koira	13.7.2018	7,39	51,8	176	70,1	7,91	5,72	1,62	0,53	0,01	0,03	425
017	Koira	16.7.2018	7,02	43,2	150	61,5	6,50	1,62	3,37	1,39	0,12	0,00	314
019	Koira	16.7.2018	6,93	45,6	162	65,8	8,86	5,69	2,35	0,38	0,43	0,01	269
026	Koira	16.7.2018	6,68	41,8	141	62,6	4,70	2,71	1,20	0,46	0,33	0,00	353
029	Koira	17.7.2018	3,44	21,4	77	62,2	98,60	61,43	26,01	10,57	0,49	0,10	307
030	Koira	17.7.2018	6,44	43,5	155	67,5	13,56	9,83	2,70	0,52	0,50	0,01	167
032	Koira	18.7.2018	9,09	53,7	191	59,1	7,85	5,58	1,69	0,33	0,23	0,02	299
035	Koira	18.7.2018	4,33	26,7	98	61,7	20,08	16,12	2,52	1,15	0,27	0,02	400

036	Koira	18.7.2018	5,55	38,3	141	69,0	2,83	0,32	2,38	0,04	0,08	0,01	23
038	Koira	18.7.2018	5,22	32,9	119	63,0	13,66	11,60	1,22	0,75	0,07	0,02	211
039	Koira	18.7.2018	7,19	48,6	171	67,6	14,28	12,17	1,45	0,61	0,04	0,01	220
040	Koira	19.7.2018	6,58	45,2	153	68,7	7,64	5,94	1,00	0,54	0,14	0,02	412
041	Koira	19.7.2018	12,58	57,0	169	45,3	67,44	57,17	3,80	1,85	4,55	0,07	441
042	Koira	19.7.2018	5,30	37,1	131	70,0	15,41	11,66	1,44	1,29	0,99	0,03	437
043	Koira	19.7.2018	4,59	29,8	110	64,9	12,97	10,53	1,92	0,49	0,01	0,02	180
044	Koira	19.7.2018	6,14	37,1	137	60,4	9,16	5,57	2,28	0,74	0,56	0,01	423
045	Koira	19.7.2018	7,20	50,2	182	69,7	9,63	5,53	2,91	0,42	0,76	0,01	257
046	Koira	19.7.2018	6,65	42,2	157	63,5	12,00	8,10	2,23	0,61	1,05	0,01	381
048	Koira	19.7.2018	7,97	57,5	184	72,1	24,62	21,49	1,77	1,33	0,00	0,03	323
049	Koira	20.7.2018	3,39	20,5	69	60,5	12,81	9,28	2,55	0,91	0,06	0,01	21
050	Koira	20.7.2018	0,85	6,9	20	81,2	6,42	2,32	3,45	0,64	0,01	0,00	503
052	Koira	23.7.2018	5,28	31,0	111	58,7	16,83	8,22	4,90	3,27	0,41	0,03	353
053	Koira	23.7.2018	5,75	36,9	130	64,2	24,49	15,67	4,92	3,49	0,39	0,02	127
054	Koira	23.7.2018	4,25	27,8	102	65,4	6,41	0,14	3,31	2,96	0,00	0,00	440
055	Koira	23.7.2018	5,04	32,0	116	63,5	5,05	4,42	0,43	0,18	0,01	0,01	3
056	Koira	23.7.2018	8,90	62,1	221	69,8	17,75	10,33	2,36	5,05	0,01	0,00	72
057	Koira	23.7.2018	6,54	39,2	140	59,9	13,04	7,76	2,93	1,43	0,91	0,01	171
058	Koira	24.7.2018	1,04	8,6	24	82,7	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	189
059	Koira	25.7.2018	3,47	25,9	81	74,6	34,20	25,10	7,26	1,77	0,05	0,02	180

Advia 2120i			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/μl
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
001	Koira	10.7.2018	5,86	42,7	145	72,8	5,57	4,00	1,10	0,29	0,17	0,01	195
003	Koira	11.7.2018	5,01	37,2	125	74,2	3,52	1,20	1,82	0,44	0,03	0,02	349
004	Koira	11.7.2018	5,63	40,1	138	71,4	8,20	6,45	0,67	0,69	0,34	0,01	495
005	Koira	11.7.2018	6,38	42,7	148	66,8	5,98	4,88	0,60	0,23	0,03	0,01	26
009	Koira	12.7.2018	5,39	35,2	121	65,2	20,44	18,73	0,38	0,89	0,12	0,24	134
008	Koira	12.7.2018	5,35	36,5	125	68,3	16,32	10,27	3,06	1,11	1,79	0,04	318
011	Koira	12.7.2018	6,65	47,4	158	71,2	6,31	3,59	2,33	0,20	0,16	0,02	262
012	Koira	13.7.2018	5,83	42,6	138	73,0	5,99	3,62	1,50	0,22	0,62	0,01	738
013	Koira	13.7.2018	5,26	36,6	120	69,7	22,94	19,93	1,21	0,79	0,81	0,02	203
015	Koira	13.7.2018	6,13	42,2	135	68,9	29,68	27,22	1,21	1,01	0,08	0,06	458
014	Koira	13.7.2018	7,50	49,3	168	65,8	4,75	3,14	1,23	0,25	0,09	0,01	450
016	Koira	13.7.2018	7,18	51,0	172	71,0	6,56	4,64	1,39	0,34	0,13	0,03	397
017	Koira	16.7.2018	6,82	44,1	148	64,7	5,57	3,46	1,10	0,60	0,08	0,05	336
019	Koira	16.7.2018	6,67	45,9	150	68,9	6,85	4,22	1,86	0,41	0,33	0,01	248
026	Koira	16.7.2018	6,67	43,0	142	64,5	3,68	2,27	1,17	0,18	0,04	0,01	385
029	Koira	17.7.2018	3,57	23,5	81	65,8	75,62	70,55	2,56	1,53	0,51	0,20	391
030	Koira	17.7.2018	6,50	46,0	157	70,6	10,76	7,90	2,23	0,35	0,25	0,02	188
032	Koira	18.7.2018	8,68	53,2	181	61,4	6,07	4,19	1,36	0,26	0,23	0,02	260
035	Koira	18.7.2018	4,44	29,2	101	65,9	17,02	13,97	1,92	0,83	0,23	0,01	395
036	Koira	18.7.2018	5,55	39,7	140	71,6	2,25	0,26	1,88	0,09	0,02	0,00	36

038	Koira	18.7.2018	5,25	35,3	119	67,2	11,27	9,43	0,98	0,71	0,10	0,01	233
039	Koira	18.7.2018	7,02	48,8	168	69,5	11,39	9,65	1,03	0,58	0,11	0,01	242
040	Koira	19.7.2018	6,66	46,6	152	70,0	6,45	4,99	0,98	0,32	0,14	0,01	422
041	Koira	19.7.2018	12,45	62,5	166	50,2	59,75	50,76	2,87	5,45	0,16	0,13	402
042	Koira	19.7.2018	5,30	39,9	129	75,2	12,09	9,06	1,51	0,60	0,80	0,03	438
043	Koira	19.7.2018	4,69	32,6	110	69,5	9,64	8,55	0,66	0,26	0,15	0,01	175
044	Koira	19.7.2018	6,16	39,5	133	64,2	7,12	4,21	1,94	0,41	0,49	0,01	390
045	Koira	19.7.2018	7,05	51,1	180	72,5	7,54	4,31	2,31	0,28	0,58	0,03	239
046	Koira	19.7.2018	6,44	44,0	159	68,4	9,09	6,19	1,66	0,39	0,78	0,05	386
048	Koira	19.7.2018	7,51	49,8	181	66,2	19,04	16,65	1,45	0,81	0,08	0,02	300
049	Koira	20.7.2018	3,53	23,2	73	65,8	10,26	8,31	1,23	0,54	0,06	0,03	74
050	Koira	20.7.2018	0,98	7,6	22	77,8	4,36	1,31	2,34	0,18	0,01	0,01	610
052	Koira	23.7.2018	5,34	33,3	112	62,3	14,90	7,63	4,83	1,80	0,27	0,03	366
053	Koira	23.7.2018	5,73	38,6	132	67,3	20,69	13,79	4,49	1,33	0,23	0,04	74
054	Koira	23.7.2018	4,40	31,6	103	71,8	5,61	4,35	0,70	0,40	0,04	0,01	468
055	Koira	23.7.2018	5,17	34,6	116	66,9	4,08	3,36	0,55	0,12	0,01	0	29
056	Koira	23.7.2018	8,52	61,3	208	72,0	13,56	12,06	0,61	0,35	0,45	0,05	101
057	Koira	23.7.2018	6,32	39,9	138	63,2	10,74	6,31	2,96	0,29	1,00	0,05	213
058	Koira	24.7.2018	2,03	14,3	45	70,3	39,04	32,92	2,60	3,19	0,07	0,04	323
059	Koira	25.7.2018	3,41	24,1	81	70,6	35,00	29,14	2,76	2,65	0,08	0,07	215

Menetelmävertailun kissojen ja hevosten tulokset

IDEXX Catalyst Dx			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS
900	Kissa	11.7.2018	4,86	164	11,8	68	32	90	26
921	Kissa	17.7.2018	5,14	163	10,7	72	31	18	17
943	Kissa	25.7.2018	6,70	163	7,3	72	34	15	47
946	Kissa	25.7.2018	7,42	65	7,6	66	28	39	63
949	Kissa	26.7.2018	5,16	275	12,7	69	34	64	18
951	Kissa	26.7.2018	5,41	285	15,8	78	32	71	68
955	Kissa	8.8.2018	8,41	204	10,6	75	34	81	33
956	Kissa	8.8.2018	4,32	167	7,5	61	32	152	35
958	Kissa	13.8.2018	8,34	240	20,6	70	36	29	37
959	Kissa	13.8.2018	5,70	234	21,6	55	26	12	19

Konelab 60i			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS
900	Kissa	11.7.2018	5,0	142	12,30	68	28,3	105	15
921	Kissa	17.7.2018	5,4	135	10,89	75	28,0	41	7
943	Kissa	25.7.2018	6,5	131	7,65	72	29,6	30	35
946	Kissa	25.7.2018	7,8	61	8,11	67	26,4	40	74
949	Kissa	26.7.2018	5,4	270	12,85	69	31,8	76	8
951	Kissa	26.7.2018	5,7	261	15,7	79	27,5	80	55
955	Kissa	8.8.2018	8,6	174	9,98	79	31,8	94	20
956	Kissa	8.8.2018	4,6	151	7,06	64	31,9	151	30
958	Kissa	13.8.2018	8,2	222	19,62	72	31,4	46	28
959	Kissa	13.8.2018	5,8	211	19,86	56	23,8	28	7

IDEXX Procyte Dx			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
006	Kissa	11.7.2018	6,11	24,7	82	40,4	2,63	1,79	0,60	0,09	0,13	0,02	164
010	Kissa	11.7.2018	10,39	45,8	153	44,1	8,02	6,60	1,11	0,11	0,17	0,03	452
018	Kissa	16.7.2018	2,57	14,3	47	55,6	5,16	1,39	3,49	0,19	0,05	0,04	30
028	Kissa	17.7.2018	7,43	35,0	121	47,1	9,84	5,40	3,49	0,25	0,67	0,03	605
031	Kissa	17.7.2018	5,78	31,1	94	53,8	17,28	0,28	2,28	14,57	0,08	0,07	215
034	Kissa	18.7.2018	5,85	29,4	95	50,3	40,46	0,23	16,97	22,29	0,71	0,26	216
037	Kissa	18.7.2018	8,51	35,7	118	42,0	3,54	3,04	0,31	0,17	0,02	0,00	274
047	Kissa	19.7.2018	6,76	31,7	103	46,9	19,84	17,01	1,26	1,45	0,10	0,02	319
051	Kissa	23.7.2018	9,20	39,8	135	43,3	5,37	2,74	1,72	0,07	0,73	0,11	119
060	Kissa	25.7.2018	11,64	47,0	160	40,4	12,13	8,89	2,37	0,23	0,57	0,07	500

Advia 2120i			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
006	Kissa	11.7.2018	5,86	24,1	82	41,2	1,95	1,39	0,29	0,05	0,21	0	167
010	Kissa	11.7.2018	9,76	42,8	149	43,9	6,50	5,48	0,70	0,16	0,15	0,00	394
018	Kissa	16.7.2018	2,79	14,9	50	53,4	4,27	0,67	3,39	0,02	0,18	0,01	46
028	Kissa	17.7.2018	7,13	34,6	121	48,5	7,66	4,61	2,48	0,26	0,30	0,01	582
031	Kissa	17.7.2018	5,76	28,9	95	50,2	13,70	12,21	0,62	0,37	0,18	0,03	219
034	Kissa	18.7.2018	5,80	28,8	96	49,6	33,03	31,13	0,81	0,40	0,00	0,02	184
037	Kissa	18.7.2018	7,87	33,0	115	41,9	2,88	2,48	0,25	0,11	0,03	0,00	231
047	Kissa	19.7.2018	6,58	31,6	104	48,1	16,24	14,45	0,81	0,85	0,06	0,01	314
051	Kissa	23.7.2018	9,14	39,4	136	43,1	4,39	2,15	1,46	0,09	0,69	0,00	184
060	Kissa	25.7.2018	11,08	45,4	157	41,0	9,70	7,43	1,55	0,30	0,39	0,02	399

IDEXX Catalyst Dx			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS	ASAT
902	Hevonen	12.7.2018	5,2	137	5,0	57	26	<10	135	473
903	Hevonen	12.7.2018	7,6	155	2,8	60	29	29	376	860
904	Hevonen	12.7.2018	5,0	111	6,2	72	32	<10	199	748
906	Hevonen	13.7.2018	6,1	62	3,8	60	26	61	237	943
907	Hevonen	13.7.2018	5,3	138	3,6	60	26	<10	124	325
912	Hevonen	16.7.2018	6,0	93	4,9	65	30	<10	210	431
913	Hevonen	16.7.2018	5,0	188	8,5	61	29	<10	128	421
914	Hevonen	16.7.2018	8,4	76	3,4	59	30	<10	158	366
915	Hevonen	16.7.2018	5,5	139	3,8	59	28	<10	219	458
916	Hevonen	16.7.2018	7,0	69	1,4	76	30	<10	200	403

Konelab 60i			mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l	U/l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS	ASAT
902	Hevonen	12.7.2018	5,4	135	5,8	59	30,1	12	158	463
903	Hevonen	12.7.2018	7,9	119	3,6	61	33,2	32	549	804
904	Hevonen	12.7.2018	5,2	100	6,4	69	35,0	21	221	633
906	Hevonen	13.7.2018	6,2	71	4,0	58	31,6	62	319	929
907	Hevonen	13.7.2018	5,5	138	4,2	58	33,3	9	144	324
912	Hevonen	16.7.2018	6,2	89	5,4	68	35,2	17	262	391
913	Hevonen	16.7.2018	5,1	209	9,0	63	32,8	9	144	391
914	Hevonen	16.7.2018	8,7	90	3,9	59	36,6	19	186	345
915	Hevonen	16.7.2018	5,6	134	4,6	60	32,8	18	284	437
916	Hevonen	16.7.2018	6,8	67	1,9	83	29,4	8	227	398

IDEXX Procyte Dx			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
002	Hevonen	11.7.2018	7,16	25,7	105	35,9	4,69	1,13	2,63	0,72	0,20	0,01	110
007	Hevonen	11.7.2018	10,14	40,9	150	40,3	17,95	15,77	1,39	0,75	0,00	0,04	96
020	Hevonen	16.7.2018	7,63	35,0	135	45,9	10,03	8,57	0,88	0,33	0,17	0,08	93
021	Hevonen	16.7.2018	6,76	28,3	110	41,9	2,22	1,17	0,75	0,29	0,00	0,01	124
022	Hevonen	16.7.2018	5,95	24,8	101	41,7	5,16	3,30	1,43	0,30	0,12	0,01	120
023	Hevonen	16.7.2018	11,07	41,6	157	37,6	10,48	7,66	1,51	1,28	0,00	0,03	172
024	Hevonen	16.7.2018	9,53	33,8	134	35,5	11,77	8,73	2,42	0,58	0,00	0,04	161
025	Hevonen	16.7.2018	7,16	26,0	104	36,3	11,04	5,88	4,34	0,55	0,24	0,03	121
027	Hevonen	17.7.2018	5,34	20,7	85	38,8	5,54	3,78	1,57	0,17	0,02	0,00	104
033	Hevonen	18.7.2018	6,12	19,8	80	32,4	12,22	6,71	4,51	0,95	0,04	0,01	327

Advia 2120i			10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Nro	Eläinlaji	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
002	Hevonen	11.7.2018	7,24	28,2	105	39,0	3,86	1,07	2,04	0,48	0,19	0,02	107
007	Hevonen	11.7.2018	9,58	39,9	143	41,6	15,90	14,85	0,37	0,55	0,03	0,07	87
020	Hevonen	16.7.2018	7,50	36,5	134	48,7	7,84	6,72	0,61	0,25	0,19	0,05	96
021	Hevonen	16.7.2018	6,90	32,1	115	46,5	1,58	0,81	0,53	0,15	0,05	0,01	115
022	Hevonen	16.7.2018	5,99	27,6	105	46,1	4,00	2,62	1,01	0,19	0,15	0,02	156
023	Hevonen	16.7.2018	11,23	43,9	160	39,1	8,77	6,74	0,85	0,89	0,14	0,13	170
024	Hevonen	16.7.2018	9,57	37,0	135	38,7	9,22	7,21	1,56	0,36	0,06	0,02	156
025	Hevonen	16.7.2018	7,53	30,0	110	39,8	8,41	4,81	3,00	0,28	0,24	0,02	161
027	Hevonen	17.7.2018	5,61	24,9	89	44,3	4,55	3,24	1,16	0,10	0,02	0,01	120
033	Hevonen	18.7.2018	6,71	24,5	89	24,5	9,27	5,32	2,96	0,67	0,04	0,06	323

Kemian toistomittaukset

IDEXX Catalyst Dx		mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l
Näyte	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS
Abtrol 1	10.7.2018	14.7	377	14.9	47	29	113	147
Abtrol 2	10.7.2018	14.9	376	15.6	46	29	115	151
Abtrol 3	10.7.2018	14.5	376	15.6	47	30	114	153
Abtrol	16.7.2018	15.0	382	15.5	46	29	114	141
Abtrol	17.7.2018	15.0	375	15.1	46	30	113	151
Abtrol	18.7.2018	14.8	367	15.5	46	30	110	149
Abtrol	19.7.2018	15.0	377	15.1	46	30	108	154
Abtrol	20.7.2018	14.5	388	15.6	47	30	113	157
Keskiarvo		14.8	377.3	15.4	46.4	29.6	112.5	150.4
Keskihajonta		0.20	5.99	0.28	0.52	0.52	2.33	4.87
CV%		1.38	1.59	1.84	1.12	1.75	2.07	3.24
Bias%		3.33	8.66	2.78	-0.78	3.17	3.85	31.65
Kokonaisvirhe%		6.09	11.84	6.46	3.02	6.67	7.99	38.13

Biologisen variaation mukaiset raja-arvot:

Vihreä = optimi (optimal) Oranssi = toivottava (desirable) Punainen = minimi (minimally acceptable) Lila = yli minimirajan Musta = ei tiedossa

Konelab 60i		mmol/l	μmol/l	mmol/l	g/l	g/l	U/l	U/l	U/l
Näyte	Päivämäärä	Gluk	Krea	Urea	Prot	Alb	ALAT	AFOS	ASAT
Abtrol 1	10.7.2018	15.5	438	15.71	46	31.1	116	249	184
Abtrol 2	10.7.2018	15.5	438	16.23	45	30.9	116	251	185
Abtrol 3	10.7.2018	15.4	438	15.30	45	31.1	116	250	187
Abtrol	16.7.2018	15.7	446	15.61	48	31.1	115	237	182
Abtrol	17.7.2018	15.5	422	15.47	47	31.3	117	238	196
Abtrol	18.7.2018	15.6	431	15.35	48	31.5	114	245	189
Abtrol	19.7.2018	15.6	426	15.2	47	31.5	113	241	195
Abtrol	20.7.2018	15.8	431	15.59	47	31.5	112	246	195
Keskiarvo		15.6	433.8	15.6	46.6	31.3	114.9	244.6	189.1
Keskihajonta		0.13	7.72	0.32	1.19	0.23	1.73	5.42	5.54
CV%		0.82	1.78	2.07	2.55	0.75	1.50	2.22	2.93
Bias%		-1.83	-5.02	1.52	-1.37	-2.12	1.81	-11.20	-2.79
Kokonaisvirhe%		3.47	8.58	5.66	6.47	3.62	4.81	15.64	8.65

Biologisen variaation mukaiset raja-arvot:

Vihreä = optimi (optimal) Oranssi = toivottava (desirable) Punainen = minimi (minimally acceptable) Lila = yli minimirajan Musta = ei tiedossa

Hematologian toistomittaukset

IDEXX Procyte Dx		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708M1	17.8.2018	6.66	42.6	152	64.0	12.50	9.48	1.93	0.71	0.36	0.02	214
1708M2	17.8.2018	6.64	42.4	151	63.9	11.85	8.89	1.90	0.69	0.36	0.01	216
1708M3	17.8.2018	6.65	42.3	152	63.6	12.21	9.24	1.91	0.69	0.35	0.02	213
1708M4	17.8.2018	6.65	42.3	153	63.6	12.32	9.36	1.89	0.70	0.36	0.00	203
1708M5	17.8.2018	6.64	42.2	152	63.6	12.40	9.33	2.00	0.67	0.38	0.02	206
Keskiarvo		6.65	42.4	152	63.7	12.26	9.26	1.93	0.69	0.36	0.01	210
Keskihajonta		0.01	0.15	0.71	0.19	0.25	0.22	0.04	0.01	0.01	0.01	5.59
CV%		0.13	0.36	0.47	0.31	2.05	2.42	2.28	2.14	3.03	63.89	2.66
Bias%		-3.84	2.40	-2.98	5.93	-23.82	-24.26	-10.82	-86.02	-19.87	30.00	-5.84
Kokonaisvirhe%		4.09	3.11	3.91	6.54	27.91	29.10	15.38	90.31	25.92	157.78	11.15

Biologisen variaation mukaiset raja-arvot:

Vihreä = optimi (optimal) Oranssi = toivottava (desirable) Punainen = minimi (minimally acceptable) Lila = yli minimirajan Musta = ei tiedossa

IDEXX Procyte Dx		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708H1	17.8.2018	7.67	50.8	184	66.2	7.63	3.56	2.78	0.37	0.92	0.00	177
1708H2	17.8.2018	7.63	50.6	183	66.3	7.70	3.67	2.79	0.34	0.90	0.00	180
1708H3	17.8.2018	7.74	51.0	184	65.9	7.73	3.60	2.81	0.32	0.99	0.01	175
1708H4	17.8.2018	7.73	50.8	183	65.7	7.95	3.73	2.83	0.36	1.02	0.01	183
1708H5	17.8.2018	7.64	50.2	183	65.7	7.77	3.68	2.72	0.37	1.00	0.00	163
Keskiarvo		7.68	50.7	183	66.0	7.76	3.65	2.79	0.35	0.97	0.00	176
Keskihajonta		0.05	0.30	0.55	0.28	0.12	0.07	0.04	0.02	0.05	0.01	7.67
CV%		0.66	0.60	0.30	0.42	1.55	1.85	1.49	6.16	5.46	136.93	4.37
Bias%		-4.38	0.16	-3.85	4.35	-24.18	-25.71	-16.18	-158.82	-24.16	81.82	0.23
Kokonaisvirhe%		5.69	1.35	4.45	5.20	27.27	29.41	19.17	171.14	35.08	355.68	8.96

Biologisen variaation mukaiset raja-arvot:

Vihreä = optimi (optimal) Oranssi = toivottava (desirable) Punainen = minimi (minimally acceptable) Lila = yli minimirajan Musta = ei tiedossa

IDEXX Procyte Dx		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708N1	17.8.2018	7.27	46.9	171	64.5	9.35	5.70	2.20	0.42	1.02	0.01	215
1708N2	17.8.2018	7.06	45.4	165	64.3	9.61	5.96	2.15	0.45	1.04	0.01	206
1708N3	17.8.2018	7.10	45.5	166	64.1	9.29	5.66	2.16	0.44	1.01	0.02	201
1708N4	17.8.2018	7.07	45.2	166	63.9	9.04	5.51	2.09	0.41	1.01	0.02	198
1708N5	17.8.2018	7.05	45.1	166	64.0	9.39	5.78	2.15	0.45	1.00	0.01	206
Keskiarvo		7.11	45.6	167	64.2	9.34	5.72	2.15	0.43	1.02	0.01	205
Keskihajonta		0.09	0.73	2.39	0.24	0.20	0.17	0.04	0.02	0.02	0.01	6.46
CV%		1.29	1.61	1.43	0.38	2.19	2.89	1.83	4.19	1.49	39.12	3.15
Bias%		-1.31	3.14	-1.58	4.38	-21.98	-21.18	-14.24	-87.07	-27.64	12.50	-2.09
Kokonaisvirhe%		3.88	6.35	4.45	5.13	26.36	26.95	17.90	95.44	30.62	90.75	8.38

Biologisen variaation mukaiset raja-arvot:

Vihreä = optimi (optimal) Oranssi = toivottava (desirable) Punainen = minimi (minimally acceptable) Lila = yli minimirajan Musta = ei tiedossa

Advia 2120i		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708M1	17.8.2018	6,28	43	146	68,4	9,85	7,42	1,72	0,35	0,33	0,03	202
1708M2	17.8.2018	6,42	43,8	147	68,2	9,75	7,31	1,71	0,36	0,34	0,02	204
1708M3	17.8.2018	6,43	43,6	147	67,8	9,92	7,43	1,76	0,38	0,32	0,01	195
1708M4	17.8.2018	6,48	43,6	150	67,3	10,03	7,53	1,78	0,42	0,26	0,02	206
1708M5	17.8.2018	6,40	43,0	148	67,1	9,94	7,57	1,72	0,35	0,26	0,02	187
Keskiarvo		6,40	43,4	148	67,8	9,90	7,45	1,74	0,37	0,30	0,02	199
Keskihajonta		0,07	0,37	1,52	0,56	0,10	0,10	0,03	0,03	0,04	0,01	7,79
CV%		1,16	0,86	1,03	0,83	1,06	1,37	1,75	7,93	12,91	35,36	3,92

Advia 2120i		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708H1	17.8.2018	7,64	53,2	182	69,6	6,48	3,02	2,5	0,14	0,8	0,02	190
1708H2	17.8.2018	7,34	50,7	175	69,1	6,09	2,82	2,35	0,13	0,75	0,02	175
1708H3	17.8.2018	7,29	50,2	176	68,9	6,35	2,97	2,41	0,15	0,78	0,02	176
1708H4	17.8.2018	7,20	49,4	174	68,6	6,06	2,79	2,35	0,13	0,75	0,03	167
1708H5	17.8.2018	7,33	50,3	176	68,6	6,25	2,91	2,38	0,13	0,81	0,02	172
Keskiarvo		7,36	50,8	177	69,0	6,25	2,90	2,40	0,14	0,78	0,02	176
Keskihajonta		0,17	1,44	3,13	0,42	0,18	0,10	0,06	0,01	0,03	0,00	8,57
CV%		2,26	2,84	1,77	0,60	2,82	3,35	2,59	6,58	3,57	20,33	4,87

Advia 2120i		10 ¹² /l	%	g/l	fl	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	10 ⁹ /l	K/ μ l
Näyte	Päivämäärä	Eryt	Hkr	Hb	MCV	Leuk	Neut	Lymf	Mono	Eos	Baso	Trom
1708N1	17.8.2018	7,05	47,6	164	67,5	7,63	4,71	1,9	0,21	0,78	0,02	194
1708N2	17.8.2018	6,99	47,2	162	67,5	7,85	4,88	1,88	0,26	0,82	0,02	198
1708N3	17.8.2018	6,86	46,1	162	67,2	7,31	4,50	1,79	0,21	0,78	0,01	203
1708N4	17.8.2018	6,93	46,3	164	66,8	7,56	4,74	1,82	0,23	0,75	0,02	201
1708N5	17.8.2018	7,26	48,3	169	66,5	7,92	4,78	2,02	0,25	0,85	0,01	209
Keskiarvo		7,02	47,1	164	67,1	7,65	4,72	1,88	0,23	0,80	0,02	201
Keskihajonta		0,15	0,91	2,86	0,44	0,24	0,14	0,09	0,02	0,04	0,01	5,61
CV%		2,17	1,94	1,74	0,66	3,18	2,96	4,73	9,83	4,91	34,23	2,79