



Notat: Usikkerhedsbestemmelser i en bedrifts N-niveau og N-udvaskning

04-08-2016

Philipp Trénel, ph.d., seniorkonsulent, specialist
phtr@teknologisk.dk, +45 72 20 33 92

Formål

- A) At estimere den samlede bestemmelsesusikkerhed af en marks hhv. bedrifts N-niveau ud fra en usikkerhed vedr. stikprøvetagning, en usikkerhed vedr. den kemiske analyse af N-indhold i stikprøven og usikkerheden vedr. bestemmelsen af prøvens rumvægt.
- B) At estimere usikkerheden i en marks hhv. bedrifts N-udvaskningsbestemmelse.

Overordnede konklusioner

- Usikkerheden i bestemmelsen af en marks **N-niveau** består af tre komponenter: usikkerhed vedr. stikprøvetagning i marken, usikkerheden vedr. N-bestemmelsen i ppm i laboratoriet og usikkerheden vedr. rumfangsbestemmelsen i laboratoriet.
- Usikkerheden i bestemmelsen af en marks N-niveau er afhængig af markens estimerede N-niveau, antal stikprøver taget i marken, markens areal, sampling-strategien (f.eks. transekt versus grid-sampling) og markens gennemsnitlige JBnr.
- Usikkerheden i bestemmelsen af en marks **N-udvaskning** inkluderer yderligere to komponenter: usikkerheden vedr. effekten af forholdet mellem nitrat og normaliseret udvaskning og usikkerheden vedr. effekten af afstrømning.
- Usikkerhederne for hver komponent er her estimeret ud fra tre datasæt leveret af SEGES, samt hentet fra publiceret information vedr. usikkerheder i N-udvaskning.
- Den samlede usikkerhed vedr. N-niveau og N-udvaskning er her estimeret vha. stokastisk simulering. Scenariet, der er simuleret her, er 16-stiks transekt-sampling i en 5 ha stor mark med en rumvægt på 1.4, varierende gennemsnitlige JBnr (fra 1 til 7), varierende N-niveau (10 til 150 kg N/ha) og varierende afstrømning (100 til 900 mm).
- De estimerede usikkerheder fremgår af excelarket "Tabel_udvaskning og Nmin usikkerheder.xlsx".

Metoder

- En bedrifts bestemmelsesusikkerhed, f.eks. af N-niveau eller N-udvaskning, er det vægtede kvadratiske gennemsnit af alle bedriftens markers bestemmelsesusikkerheder vægtet efter markens størrelse.

$$SD_{bedrift} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i SD_i^2}$$

hvor n er antal marker og w_i er den i 'te marks arealandel ud af bedriftens samlede markareal. En mark kan her forstås som et polygon af arbitrær størrelse, der udgår en delmængde af bedriftens samlede areal. Markernes arealer adderer op til bedriftens samlede areal.

- En marks samlede bestemmelsesusikkerhed af **N-niveauet** består af tre komponenter: 1) usikkerheden vedr. stikprøvetagning (samplingen) i marken, 2) usikkerheden vedr. stikprøvens Nmin (i ppm) bestemmelsen i laboratoriet og 3) usikkerheden vedr. bestemmelsen af stikprøvens jordrumfangsbestemmelse i laboratoriet.

Dette skyldes, at en stikprøves Nmin i kg/ha ($Nmin_s$) er bestemt som:

$$Nmin_s \text{ i kg pr. ha (0 – 100 cm) } = Nmin \text{ i ppm (0 – 100 cm) } * \text{volvgtb (0 – 100 cm)}$$

hvor volvgtb står for rumvægten. En marks Nmin ($Nmin_m$) er bestemt som gennemsnittet af markens stikprøvers bestemte Nmin.

Usikkerheden af hver af de tre komponenter er her empirisk estimeret på baggrund af data leveret af SEGES:

Komponent	Datasæt	Kommentar
1 - sampling	Mark41-0.xlsx og Mark49-0.xlsx	Trénel 2015
2 - Nmin ppm, lab.	hso20150410_Kontrolanalys er til beregning af analyseusikkerhed.txt.xlsx	Trénel 2015
3 – rumvægt, lab.	Landbrug - JordAnalyser - Totalt udtræk.xlsx	

Indledende analyser viste følgende:

i) Usikkerheden i den første komponent (samplingen) er en funktion af markens N-niveau, markens størrelse (areal), antal stikprøver taget i marken og den valgte samplingsstrategi (transsektssampling, gridsampling, tilfældig sampling) (modificeret fra Trénel 2015).

$$\log(SD(Nmin_m)) = \beta_0 + \beta_1 Nmin_m + \beta_2 \sqrt{\text{antal stik}} + \beta_3 \sqrt{\text{Areal}} + \beta_4 \text{strategi} + \beta_5 Nmin_m \times \sqrt{\text{Areal}} + \beta_6 \sqrt{\text{antal stik}} \times \sqrt{\text{Areal}} + \beta_7 \sqrt{\text{antal stik}} \times \text{strategi} + \beta_8 Nmin_m \times \sqrt{\text{Areal}} \times \sqrt{\text{antal stik}} + \text{mark } e, \text{ hvor } \text{mark} \sim N(0, \sigma^2_{\text{mark}}) \text{ og } e \sim N(0, \sigma^2).$$

ii) Usikkerheden i den anden komponent (Nmin ppm, laboratorie) er beregnet som:

$$Nmin_{ppm} = \beta_0 + \text{lokalitet} + \hat{a}r_l + e, \text{ hvor lokalitet} \sim N(0, \sigma^2_l), \hat{a}r_l \sim N(0, \sigma^2_{\hat{a}r}) \text{ og } e \sim N(0, \sigma^2_e).$$

$$SD(Nmin_{ppm}) = \sqrt{\sigma^2_{\hat{a}r} + \sigma^2_e}$$

iii) Endeligt, usikkerheden i den tredje komponent (rumvægt, laboratorie) viste sig at være en funktion af markens gennemsnitlige jordtype.

$$\log(SD(\text{volvgtb})) = \beta_0 + \beta_1 \text{JBnr} + e, \text{ hvor } e \sim N(0, \sigma^2).$$

Usikkerheden for hver af de tre komponenters estimerede usikkerhed er bestemt vha. bootstrapping (N = 499).

Den samlede usikkerhed er derefter bestemt vha. stokastisk simulering (N = 499) under hensyntagen af usikkerhedsestimaternes bootstrapbestemte usikkerhed over et grid af fuldstændige paramenterkombinationer af følgende parametre: Nmin = 10, 11, ..., 150; JBnr = 1, 2, ..., 7; volvgtb = 1.4; Antal stik = 16; Areal = 5 ha; Strategi = transekt-sampling.

$$SD(Nmin_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{Nmin}_m - Nmin_{m,i})^2}{N}}$$

hvor $\bar{Nmin}_m - Nmin_{m,i}$ er forskellen fra den i 'te simulering til gennemsnittet over alle N simuleringer. En enkelt simulering N-niveau er fremkommet ved:

$$Nmin_{m,i} = p_i * v_i + e_i$$

$$p_i \sim N\left(\frac{Nmin_{kg}}{1.4}, (SD(Nmin_{ppm}) + a)^2\right), \quad a \sim N(0, SD(Nmin_{ppm})_{boot}^2)$$

$$v_i \sim N(\text{volvgtb}, (SD(\text{volvgtb}) + b)^2), \quad b \sim N(0, SD(\text{volvgtb})_{boot}^2)$$

$$e_i \sim N(0, (SD(Nmin_m) + c)^2), \quad c \sim N(0, SD(Nmin_m)_{boot}^2)$$

- En marks samlede bestemmelsesusikkerhed af **N-udvaskningen** inkluderer to yderlige komponenter: 4) usikkerheden vedr. effekten af forholdet mellem nitrat og normaliseret udvaskning (Finn 2016) og 5) usikkerheden vedr. effekten af afstrømning (Finn 2016, Kristensen et al. 2003), idet:

$$\text{N-udvaskning (kg N/ha)} = \frac{(Nmin \text{ (kg N/ha)}) * F * A * (\exp(-\delta_2 * A)) \text{ (mm)}}{100}$$

hvor (jf. Finn 2016) $\delta_2 = 0,000554$ og:

F = Forholdet mellem nitrat (kg N/ha) og normaliseret N-udvaskning (mg N/L). F = 0,32 på sandjord (JB1-4) og 0,16 på lerjord (>JB4) og A = Afstrømning (mm) for pågældende jordtype, afgrøde og klimaregion.

Usikkerheden vedr. 4) (F) er publiceret i Finn (2016) og vedr. 5) (δ_2) i Kristensen et al. (2003) og er følgende:

Parameter	Estimat	SD
F, JBnr 1-4	0.32	0.10
F, JBnr 5-7	0.16	0.05
δ_1	0.001502	0.000247
δ_2	0.000554	0.000090

Den samlede N-udvaskningsusikkerhed er på samme møde bestemt vha. simulering ($N = 499$). A er varieret fra 100 til 900 med intervalspring på 50. i står her for den i 'te simulering.

$$SD(Nudvaskning_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{N}udvaskning_m - Nudvaskning_{m,i})^2}{N}}$$

$$Nudvaskning_{m,i} = \frac{(p_i * v_i + e_i) * F(JBnr)_i * A * (\exp(-\delta_{2,i} * A))}{100}$$

$$p_i \sim N\left(\frac{Nmin_{kg}}{1.4}, (SD(Nmin_{ppm}) + a)^2\right), \quad a \sim N(0, SD(Nmin_{ppm})_{boot}^2)$$

$$v_i \sim N(volvgtb, (SD(volvgtb) + b)^2), \quad b \sim N(0, SD(volvgtb)_{boot}^2)$$

$$e_i \sim N(0, (SD(Nmin_m) + c)^2), \quad c \sim N(0, SD(Nmin_m)_{boot}^2)$$

$$F(JBnr)_i \sim N(0, SD(F(JBnr))^2)$$

$$\delta_{2,i} \sim N(0, SD(\delta_{2,i})^2)$$

- Alle analyser er gennemført i R (R Development Core Team 2016).

Resultater

- Resultater fremgår af excelarket "Tabel_udvaskning og Nmin usikkerheder.xlsx".

Referencer

Trénel, P. 2015. Optimeret NO₃⁻ bestemmelsesstrategi. Notat fra den 12-06-2015, AgroTech. <[pl_po_15_271_2515_Bilag1.pdf](#)>

Finn 2016. Sammenhængen mellem N-min og nitratudvaskning. <[Finns notat.pdf](#)>

Kristensen, K. et al. 2013. Genberegning af modellen N-LES. Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, Minitseriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Danmarks JordbrugsForskning. <[Genberegning af modellen NLES.pdf](#)>

R Development Core Team 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.