



Optimale zuurtegraad geeft hogere opbrengst, betere bodemkwaliteit en minder uitspoeling.

De bodem-pH blijft één van de belangrijkste aandachtspunten van de Belgische land- en tuinbouwpercelen. De pH of zuurtegraad heeft een belangrijke invloed op de bodemvruchtbaarheid en bodemkwaliteit. Een gunstige pH bevordert de vrijstelling van nutriënten door mineralisatie van organische stof. Daarnaast bepaalt de zuurtegraad van de bodem ook de beschikbaarheid van voedingselementen in de bodem en de opneembaarheid ervan door de gewassen (Figuur 1).

Een niet-optimale pH resulteert in een minder efficiënte benutting van de (toegediende) voedingselementen. Bij een te lage pH dalen de beschikbaarheid en opname van stikstof, fosfor, kalium, magnesium en zwavel. Dit is beperkend voor de plantengroei en in het bijzonder voor de groei van de wortels en de jeugdgroei van de plant. Een aantal sporelementen is daarentegen zeer oplosbaar in zure bodem, in zoverre zelfs dat ze in schadelijke hoeveelheden voor de planten beschikbaar worden. Bijvoorbeeld het slecht groeien van bieten en gerst op een zure grond is een gevolg van hun gevoeligheid voor mangaanvergiftiging (Stenuit en Piot, 1960 en 1962).

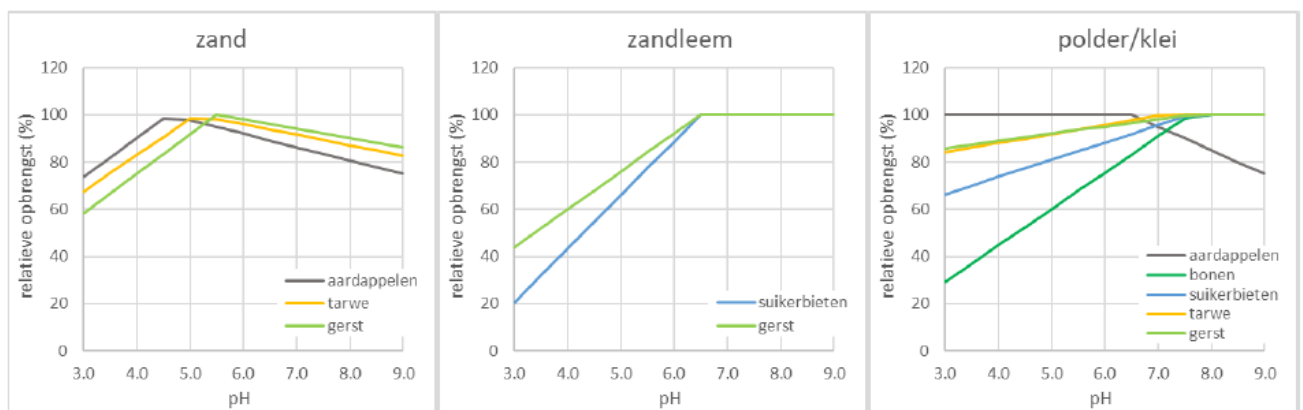


Figuur 1: Beschikbaarheid van de voedingselementen in functie van de pH (hier voor een zandgrond). Hoe breder de balk, hoe groter de beschikbaarheid bij de vermelde pH. (BAC, http://www.baconline.nl/downloads/folders/element_en.pdf).

Een optimale pH is niet alleen belangrijk voor de gewasgroei en nutriëntopname, maar ook voor de gevoeligheid voor en de ontwikkeling van ziekten. Zo zijn aardappelen bij een hogere pH gevoeliger voor schurft.

Zuurtegraad en opbrengst

De zuurtegraad (pH) van de bodem bepaalt welke voedingselementen beschikbaar zijn in de bodem en in welke mate ze kunnen worden opgenomen door de gewassen. Een niet-optimale bodem-pH zal dus tot een minder efficiënte benutting van de toegediende voedingsstoffen (bemesting) leiden. De optimale pH is afhankelijk van de grondsoort, het gehalte aan organische stof en de teelt. In Figuur 2 wordt voor de belangrijkste teelten in Vlaanderen voor verschillende textuurklassen de opbrengst weergegeven in functie van de pH. Zo is duidelijk zichtbaar dat de optimale pH sterk beïnvloed wordt door de grondsoort en dat sommige teelten veel gevoeliger zijn voor een niet optimale pH dan andere. De praktijk van het grondonderzoek leert ons overduidelijk dat op gronden met zowel een te lage pH (zure gronden) als een te hoge pH (overbekalking) een normale nutriëntenvoorziening en -opname uitgesloten is. Daardoor kan een ongunstige pH tot belangrijke opbrengst- en kwaliteitsverliezen leiden.



Figuur 2: Optimale pH-opbrengstresponscurves voor de belangrijkste teelt(groep)en in Vlaanderen, per bodemtextuurklasse en bij een optimaal organische-stofgehalte (o.b.v. Dillen & Deckers, 2016; Decekr & Bries, 2013; Bries & Moermans, 2015; Boksm, 1967; Loman&Bakker, 1973; Tumusiime et al., 2010)

Naast het optreden van gebreks- of overmaatverschijnselen kunnen ook ongunstige mineralenverhoudingen in de gewassen optreden als gevolg van een ongunstige mineralenverhouding in de bodem. Deze kunnen een gevolg zijn van een niet evenwichtige bemesting of een niet optimale pH waardoor de opname van een aantal nutriënten moeilijker verloopt. Dit is vooral van belang bij voedergewassen omdat er zo een onevenwichtige mineralenvoorziening in het voederrantsoen van de dieren ontstaat. Zo kan bij rundvee een te geringe magnesiumopname als gevolg van een ongunstige K/Mg-verhouding van het gras leiden tot een daling van de melkproductie en in extreme situaties tot kopziekte met de dood als gevolg. Voor akkerbouwpercelen is een **K/Mg-verhouding** < 2,5 gunstig, een K/Mg-verhouding > 2,5 wordt als niet gunstig beoordeeld. Voor akkerbouwpercelen is de **Ca/Mg-verhouding** gunstig indien deze kleiner is dan 50.

Waarom verzuurt mijn bodem?

Verzuring van de bodem is een natuurlijk proces dat in onze streken versterkt wordt door invloeden zoals landgebruik, ploegdiepte, bemesting met zuurwerkende meststoffen, enz. De belangrijkste **natuurlijke processen** waardoor bodems verzuren zijn ademhaling en afbraak van organisch materiaal.

Ook de **gewasopname van nutriënten** heeft een invloed op de pH. Planten nemen enkel oplosbare vormen van nutriënten op. Omdat planten waterstofionen (H^+) uitscheiden via hun plantenwortels om K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} op te nemen, zal de wortelomgeving spontaan verzuren. Ook de opname van ammonium (NH_4^+) heeft een verzurende werking. Andersom, wanneer de plant NO_3^- opneemt, zal hij tegelijkertijd een H^+ opnemen en de bodem minder zuur maken (basisch maken). Doordat deze wisselwerking tussen opgeloste nutriënten een invloed heeft op de pH van de bodem zal ook uitspoeling (van nitraat) een invloed hebben op de zuurtegraad.

Het **gebruik van meststoffen** in de bodem kan ook een invloed hebben op de zuurtegraad. Zuurwerkende meststoffen verlagen de pH en basisch werkende meststoffen verhogen deze. De verzurende of basische werking van een meststof wordt uitgedrukt in basenequivalent: dit getal drukt uit hoeveel calciumoxide (CaO) als het ware toegediend of onttrokken wordt aan de bodem per 100 kg meststof. Een aantal frequent gebruikte N-houdende kunstmeststoffen hebben een verzurende werking op de bodem. Dit in tegenstelling tot verschillende organische meststoffen zoals stalmest of compost die naast hun positieve effect op opbouw van organisch materiaal ook de pH van de bodem zullen verhogen.

Een ander belangrijke antropogene factor die de verzuring beïnvloedt, is de **ploegdiepte**. Immers hoe dieper er geploegd wordt, hoe groter het volume grond dat moet ontzuurd worden.

In de bodem zijn bufferprocessen aanwezig die de verzuring tegengaan. Percelen die goed voorzien zijn van organisch materiaal gaan ook een betere buffer hebben tegen verzuring. De buffercapaciteit van de bodem is echter te beperkt om de sterk toegenomen antropogene verzuring te kunnen bufferen. Om de pH op peil te houden moet dan ook, in functie van de bodem en de gewassen, regelmatig bekalkt worden.

Streefzone, toestand Vlaanderen

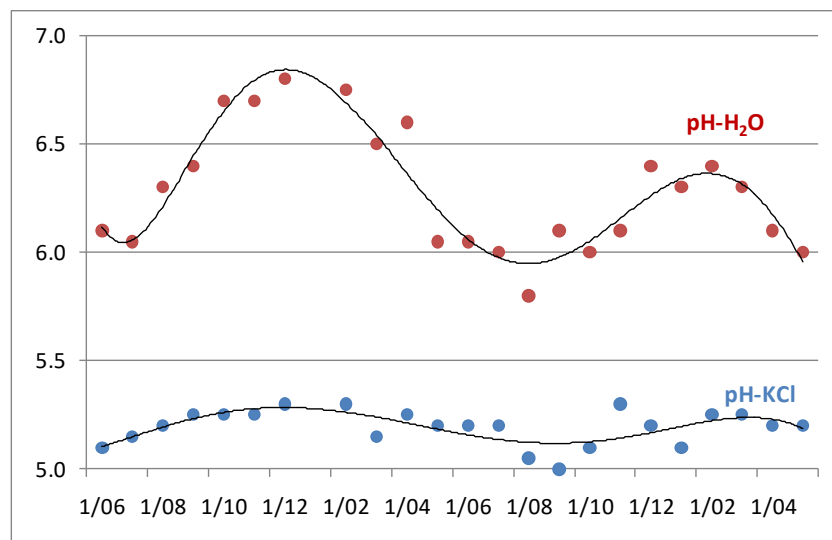
De optimale pH is afhankelijk van de teelt, de textuurklasse en het organische stofgehalte. Op basis van jarenlange proefveldgegevens werden daardoor streefzones vastgelegd. In Tabel 1 worden de beoordelingsklassen voor akkers, zoals gehanteerd in het bemestingsexpertsysteem BEMEX (BDB), weergegeven.

Tabel 1: Beoordeling van de pH-KCl voor bouwland, groentepercelen, moes- en siertuinen (0-23 cm) in functie van de textuurklasse (enkel geldig bij een normaal koolstofgehalte). Bron: BDB.

bodemvruchtbaarheids- klasse	pH-KCl			
	zand	zandleem	leem	polders
sterk zuur	< 4,0	< 4,5	< 5,0	< 5,5
laag	4,0 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 6,4
tamelijk laag	4,6 - 5,1	5,6 - 6,1	6,1 - 6,6	6,5 - 7,1
streefzone	5,2 - 5,6	6,2 - 6,6	6,7 - 7,3	7,2 - 7,7
tamelijk hoog	5,7 - 6,2	6,7 - 6,9	7,4 - 7,7	7,8 - 7,9
hoog	6,3 - 6,8	7,0 - 7,4	7,8 - 8,0	8,0 - 8,1
zeer hoog	> 6,8	> 7,4	> 8,0	> 8,1

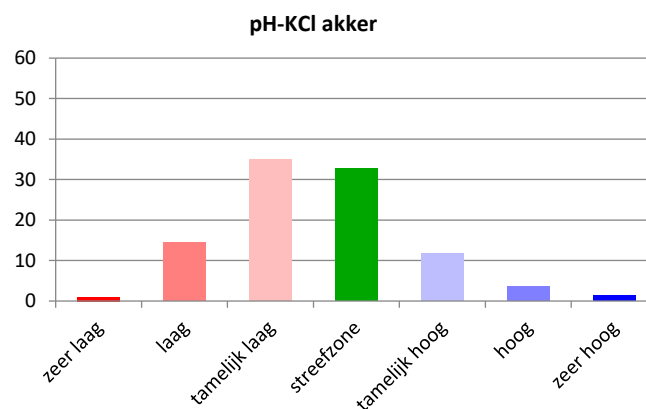
De zuurtegraad van de bodem kan gemeten worden als de pH-water, waarbij een bodemmonster in een waterige suspensie wordt gebracht, of als pH-KCl, waarbij een bodemmonster in een KCl-oplossing in suspensie wordt gebracht. Met de pH-water worden de vrije H^+ ionen gemeten, maar niet de H^+

ionen die gebonden zijn aan de klei- en humusdeeltjes. De pH-KCl maakt de H⁺ ionen die aan de klei- en humusdeeltjes gebonden zijn wel los, waardoor met deze methode een lagere pH wordt gemeten. Het verschil tussen beide methoden kan variëren van 0,3 tot 1,5 (gemiddeld 0,7). De pH-water is afhankelijk van het zoutgehalte van de bodem. Aangezien het zoutgehalte van de bodem fluctueert tijdens het jaar, zal de pH-water ook schommelen i.f.v. het tijdstip van de meting (zie Figuur 3). De pH-KCl wordt niet beïnvloed door het zoutgehalte en is dan ook stabiel gedurende het ganse jaar. Bovendien vormt de pH-KCl een betere basis voor het beoordelen van de zuurtegraad en het berekenen van bekalkingsadviezen.



Figuur 3: Seizoenschommeling van pH-water en pH-KCl van de bodem (op basis van de bekalkingsproeven uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België).

Dat de zuurtegraad een belangrijk aandachtspunt blijft voor de Vlaamse land- en tuinbouwers blijkt uit Figuur 4. In deze figuur wordt een overzicht gegeven van het aantal percelen waar in de periode 2015-2019 een bodemstaal werd genomen en de pH in kaart werd gebracht (door BDB).



Figuur 4: Procentuele verdeling van de akkerbouwstalen in 7 beoordelingsklassen voor de bodemvruchtbaarheidsparameter pH (geografisch niveau België) (databank BDB, 1/9/2015 - 31/8/2019).

We zien dat slechts 32.8% van de percelen in de streefzone zit. Net iets meer dan 50% van de percelen zit beneden de streefzone en hebben dus een pH die te laag is. Voor 16% van de percelen zit de pH laag waardoor zelfs met een bekalking het eerstvolgende teeltjaar niet het maximale opbrengstpotentieel zal gehaald worden. Aangezien een te hoge pH ook zorgt voor het niet

opneembaar zijn van een aantal voedingselementen is ook teveel bekalken geen goede praktijk: op de percelen die een pH hebben boven de streefzone is bekalken dan ook ten zeerste af te raden. Bij een te hoge pH kunnen problemen optreden met de opneembaarheid van bepaalde voedingselementen zoals magnesium, mangaan en boor.

Te lage pH, wat kost me dat

Een te lage pH kan verbeterd worden door te bekalken. Met behulp van de responscurves zoals getoond in Figuur 2 en de pH-toestand 2016-2019 kunnen de jaarlijkse opbrengstverliezen voor Vlaanderen (Onderzoek “Invloed van pH en bekalking op stikstofbemesting, -nitraatresidu en –uitspoeling”, uitgevoerd door Bodemkundige Dienst van België in opdracht van VLM (2019)) in kaart gebracht worden. Gemiddelde opbrengsten per teeltgroep worden hierbij uitgedrukt in € per hectare, gebaseerd op gemiddelde marktcijfers van de laatste jaren. De totale jaarlijkse opbrengstderving voor heel Vlaanderen bedraagt 107 miljoen €, hetzij gemiddeld 167 € per hectare. De grootste totale opbrengstderving wordt berekend voor maïs (de akkerbouwteelt met het grootste areaal), gevolgd door groenten (teelten met de hoogste marktprijzen). Voor weiland zijn de opbrengstdervingen zoals verwacht het laagst. Op deze manier wordt berekend dat, om alle percelen in Vlaanderen binnen de pH-streefzone te brengen, een éénmalige bekalkingshoeveelheid van gemiddelde 944 zbw nodig is hetzij 113 € per hectare. Aangezien de gemiddelde jaarlijkse opbrengstderving omwille van sub-optimale pH in Vlaanderen geschat wordt op 167 € per hectare, kan gesteld worden dat de éénmalige investering in een herstelbekalking in de meeste gevallen op 1 jaar tijd kan terugverdiend worden, met een gunstig effect op alle volgende jaren van de rotatie. Vervolgens zal, om de pH blijvend in orde te houden, elke vier jaar een onderhoudsbekalking uitgevoerd moeten worden die ongeveer 50 € per hectare kost. Belangrijk om weten is dat per cm dat men dieper ploegt, de bekalkingskost op de meeste bodems stijgt met 10 € per hectare, alleen al voor de hogere bekalkingsdosis die nodig is om het toegenomen bouwvoorvolume te ontzuren. Deze quick win maakt het meer dan de moeite waard om enerzijds de pH in orde te brengen en anderzijds grondig na te denken over de ploegdiepte. In meer dan 80 % van de weilandpercelen en in de meeste akkerpercelen (met uitzondering van de groenten, bloemkool en prei) bedragen de jaarlijkse verliezen minder dan 50 € per hectare. Toch zijn er, vooral in de zandgronden, nog een substantieel aantal akkerpercelen met verliezen van meer dan 300 € per hectare per jaar.

We duiden dit nog met een voorbeeld en nemen een hakselmaïspaneel op een zandleembodem met een C-gehalte van 1,4 % (streefzone) en een tamelijk lage pH-KCl van 5,8. Deze situatie komt overeen met de situatie in 40 % van de hakselmaïspaneel in de zandleemstreek. Het jaarlijkse opbrengstverlies omwille van de tamelijk lage pH wordt, op basis van de gewas-pH-responscurves, berekend op 96 € per hectare. Indien niet bekalkt wordt, zal de pH in de volgende jaren bovendien nog geleidelijk verder dalen door de natuurlijke en antropogene verzuring van de bodem, met als gevolg nog toenemende opbrengstverliezen (Figuur 5).

Als in deze percelen een normale ploegdiepte van 23 cm aangehouden wordt is er, om de pH in de streefzone te brengen, een éénmalige herstelbekalkingsdosis nodig van 1177 zbw/ha, wat overeenkomt met een éénmalige investering van 141 €/ha. Hierbij moet nog een onderhoudsbekalking van 400 zbw, hetzij 48 €/ha, geteld worden die daarna driejaarlijks moet herhaald worden om de pH binnen de streefzone te houden (Figuur 5).

Als deze percelen dieper geploegd worden, bv. tot 27 cm, stijgen de vereiste herstel- en onderhoudsbekalkingen om de pH van dit grotere bodemvolume binnen de streefzone te houden met 17 %. De éénmalige herstelbekalking bedraagt dan 1382 zbw/ha hetzij 166 €/ha (= meerkost van

25 €/ha) en de driejaarlijkse onderhoudsbekalkingen bedragen 470 zbw/ha hetzij 56 €/ha (meerkost 8 €/ha). In bovenstaand voorbeeld worden de opbrengstverliezen in kaart gebracht ten gevolge van een pH bedende de streefzone. Belangrijk om aan te halen is dat ook een te hoge pH zal zorgen voor opbrengstverliezen. Op regelmatige basis de zuurtegraad van het perceel meten en een bekalking uitvoeren wanneer het nodig is aan een correcte dosis blijft de belangrijkste boodschap.



Figuur 5: Berekende opbrengstverliezen en kosten voor herstel- en onderhoudsbekalking in een hakselmaïspaneel op een zandleembodem met een organische-koolstofgehalte in de streefzone (1,4 %) en een tamelijk lage pH (5,8)

Bekalkingsadviezen

Het bekalkingsadvies wordt uitgedrukt in zuurbindende waarde (zbw) per hectare. Wanneer de pH van het perceel lager is dan de streefzone wordt een **herstelbekalking** geadviseerd om de pH terug binnen de streefzone te krijgen. De bekalking moet dan zo snel mogelijk gegeven worden om de bodem te ontzuren en verder opbrengstverlies te vermijden. Als de pH binnen de streefzone valt, wordt een **onderhoudsbekalking** geadviseerd om de pH binnen de streefzone te houden gedurende de volgende 3 jaren. De onderhoudsbekalking moet de natuurlijke verzuring van de bodem en de verzuring door het gebruik van zuurwerkende meststoffen compenseren. Als de pH boven de streefzone valt, mag er **in geen geval bekalkt** worden. Omdat de optimale zuurtegraad niet enkel afhankelijk is van de grondsoort maar ook van het organische koolstofgehalte kan een gedetailleerde beoordeling van de zuurtegraad en bekalkingsadvies enkel gebeuren op basis van een perceelspecifiek bodemstaal. Het bekalkingsadvies dat via dit bodemstaal bekomen wordt en uitgedrukt is in zbw/ha dient de landbouwer zelf om te rekenen naar kg/ha van de kalksoort die gebruikt wordt. De inhoud van de kalksoort dient de landbouwer na te vragen bij de leverancier. We duiden met een voorbeeld.

Wanneer het bekalkingsadvies op basis van de bodemontleding 2000 zuurbindende waarde per hectare bedraagt en de landbouwer gaat een kalksoort gebruiken met een inhoud van 54 zbw dan dient hij van deze kalksoort 3704 kg/ha toe te dienen. Dit kan hij berekenen zoals hieronder weergegeven:

$$\frac{\text{bekalkingsadvies (zbw / ha)}}{\text{zbw gebruikte kalksoort}} \times 100 = \frac{2000}{54} \times 100 = 3704 \text{ kg kalk/ha}$$

Het calciumgehalte hangt nauw samen met de pH. Een lage pH is doorgaans gelinkt aan een laag calciumgehalte. Bekalking verhoogt de pH en het calciumgehalte. Bij een pH hoger dan de streefzone in combinatie met een laag calciumgehalte wordt een calciumtoediening (meststof met basenequivalent O) aangeraden, maar zonder de bedoeling om de pH te verhogen.

Bekalking, praktische tips

Vooraleer we een bekalking gaan uitvoeren zijn er enkele aandachtspunten die best in rekening worden gebracht om een zo optimaal mogelijk resultaat te bekomen:

- Voor welke teelt in de rotatie bekalken
- Tijdstip bekalken
- Keuze kalksoort en maximale dosis
- Combinatie met meststoffen (hetgeen best vermeden wordt)
- Extra N mineralisatie
- Overbekalking

Voor een eventuele bekalking bekijken we **voor welke teelt** deze best kan uitgevoerd worden. In de akkerbouw is het bij de bekalkingsadvisering uitermate belangrijk om rekening te houden met de verschillende teelten in de vruchtwisseling, zodat niet alleen gestreefd wordt naar een globale optimale pH voor de ganse rotatie, maar de bekalking per teelt kan aangepast worden, o.a. met het oog op voorkomen van (vooral grondgebonden) ziekten. Zo kan, tenzij bij een lage en extreem zure pH, de bekalking worden uitgesteld voor die teelten waar verse bekalking niet wenselijk is, zoals bv. aardappel omwille van schurft. Voor akkerbouwteelten kan een onderscheid gemaakt worden tussen kalkvrezende, kalkverdragende en kalkminnende gewassen. Aardappelen gedijen beter op gronden met een lagere pH. Ook sommige graangewassen, zoals haver, rogge, triticale, evenals maïs, rapen, aardbeien, frambozen en braambessen groeien best op bodems met een iets lagere pH. Suikerbieten, tarwe, gerst, raaigras, luzerne, klaver en groenten zoals prei, selder, bloemkool, bladgroenten, erwten, bonen en spinazie groeien dan weer beter bij een iets hogere pH.

Bij percelen met een pH lager dan de streefzone hebben de voorbije teelten opbrengstverliezen geleden. Het is dus belangrijk om deze percelen **zo snel mogelijk** te bekalken, d.w.z. zo mogelijk onmiddellijk na de vorige teelt (bv. op de graanstoppel), en de kalk goed in te werken om een maximaal effect te hebben voor de volgende teelt. De werkingstermijn van de toegediende kalk varieert tussen enkele maanden en enkele jaren afhankelijk van het soort kalk en de toedieningswijze. Voor een snelle werking gebruikt men het best een fijnere kalksoort. Ook het inwerken van de kalk zorgt voor een sneller resultaat door een maximaal contact tussen de (fijne) kalkdeeltjes en de bodemdeeltjes. Op akkerbouwpercelen biedt het bekalken op de graanstoppel heel wat voordelen. Doordat alle bewerkingen op de droge grond kunnen uitgevoerd worden, wordt bodemverdichting en structuurbederf vermeden. Bovendien heeft de bekalking op de stoppel het voordeel dat de bekalkte bodem de hele winter de tijd heeft om te ontzuren. Door het ontstoppelen en later het ploegen wordt de kalk ook zeer gelijkmatig over de bouwvoor vermengd. Bekalking voor de winter levert gemiddeld 30 % meeropbrengst op bij graangewassen ten opzichte van slechts 12 % bij bekalking na de winter. Voor bieten is het verschil nog groter; 48 % meeropbrengst bij bekalking voor de winter t.o.v. 9 % bekalking in het voorjaar.

Ook kan de bekalking, afhankelijk van de teeltrotatie of van de zwaarte van de nodige bekalking, al dan niet in fracties worden ingepland voor en na het ploegen.

Bij de keuze van de **kalksoort** moet ook rekening gehouden worden met het magnesium- of calciumgehalte van de bodem. Op percelen met een eerder hoger magnesiumgehalte maar met een calciumgehalte lager dan de streefzone heeft een kalk met een laag magnesiumgehalte de voorkeur zodat de bodem extra wordt verrijkt met calcium en niet met magnesium. Door een kalksoort te kiezen waarvan de Ca/Mg-verhouding aansluit bij de noden van de bodem, kan het calcium- of magnesiumgehalte op een economisch voordelige manier op peil gebracht worden. Bijvoorbeeld voor een intensieve fruitaanplanting met appels is het gebruik van magnesiumrijke kalk af te raden, omwille van de antagonistische werking van magnesium ten opzichte van calcium. Bij de appelteelt wordt er alles aan gedaan om de opname van calcium te optimaliseren. Gebruik van magnesiumhoudende kalk bij appel verhoogt de kans op het optreden van kurkstip, wat veroorzaakt wordt door een te laag calciumgehalte van de vrucht.

Kalk mag ook **nooit gemengd** worden met meststoffen die fosfaten of sulfaten bevatten. Je mag dus geen kalk toedienen op een perceel waar recent drijfmest werd uitgereden of sulfaathoudende meststoffen (patentkali, kaliumsulfaat, magnesiumsulfaat, kieseriet, enz.) werden toegediend. Fosfaat en sulfaat zullen zich namelijk binden aan de kalkdeeltjes waardoor ze niet kunnen worden opgenomen door het gewas. Ook ammoniumhoudende meststoffen worden best niet gemengd met kalk omdat dan een deel van de stikstof verloren gaat via vervluchtiging. Tussen het bekalken en bemesten wordt minstens een periode van 4 weken gerespecteerd, maar beter is te bekalken vóór de winter zodat kalk lang kan inwerken (zie hierboven).

Bekalken heeft wel een tijdelijk effect op de **mineralisatie**. Bekalking stimuleert het bodemleven en bijgevolg ook de stikstofmineralisatie. Een deel van deze extra stikstof komt vrij tijdens het najaar en de winter. Om deze reden is het ten zeerste aan te bevelen om na bekalking een winterteelt of groenbedekker te zaaien om de extra vrijgekomen stikstof vast te leggen. Door te zorgen voor een optimale pH worden de voedingselementen nadien beter benut door de volggewassen. Het eerste jaar na bekalking is er wat extra stikstofvrijstelling waarmee rekening dient gehouden te worden, de volgende jaren zal er een betere stikstofopname door de gewassen zijn door een meer optimale zuurtegraad van de bodem met betere opbrengsten tot gevolg.

Tenslotte moet ook een **te hoge pH** vermeden worden, omdat ook hierdoor gebreksverschijnselen kunnen optreden. Indien de pH boven de streefzone valt, mag er dus in geen geval bekalkt worden.

Besluit

Een optimale zuurtegraad draagt bij aan een goede bodemkwaliteit. Uit analyse van data blijkt duidelijk dat er nog heel wat percelen in Vlaanderen zijn waar de pH beneden de streefzone zit en een bekalking aangewezen is. Een optimale pH zorgt voor een betere opname van de voedingselementen (waaronder stikstof) en bijgevolg voor een hogere opbrengst. Door het positief effect op de opneembaarheid en beschikbaarheid van nutriënten in de bodem zorgt een pH binnen de streefzone ook voor een hogere efficiëntie van de toegediende meststoffen. Samengevat, een optimale pH geeft hogere opbrengsten en minder nutriënten die achterblijven voor uitspoeling.