



Aardappelbewaring

Constructie en bewaarproces



Praktijkgids voor bewaring van consumptieaardappelen



Aardappelbewaring

Constructie en bewaarproces

Praktijkids

voor de bewaring van consumptieaardappelen

Inleiding

Aardappelbewaring vraagt kennis van zaken. Wie bij de oogst kiest voor inschuren en bewaren, moet weten waar hij aan begint. Aardappelen bewaren betekent immers de geogste kwaliteit zo lang mogelijk handhaven en de verliezen tot een minimum beperken. Dit vereist een zekere infrastructuur, maar vooral kennis van het bewaarproces.

Bovendien wordt het gedrag van een aardappel tijdens de bewaring door meerdere factoren beïnvloed. Het ras, de groeiomstandigheden op het veld, de teelttechniek, de gewasbescherming, de rijpheid bij oogst en de omstandigheden bij het rooien zijn mee bepalend. Alleen gezonde knollen zijn goed te bewaren. Hun verblijf op het veld verdient daarom alle aandacht.

Eens een gezond product is ingeschuurd, moet het meest optimale klimaat worden nagestreefd. Temperatuur, relatieve vochtigheid en CO₂-concentratie kunnen gestuurd worden met het oog op minimale gewichts- en kwaliteitsverliezen. Moderne aardappelloosden zijn hiertoe uitgerust met de meest recente ventilatietechnieken.

De belangrijkste doelstelling van deze brochure is de landbouwer te informeren op het vlak van aardappelbewaring. Wie van plan is te investeren in bewaring, vindt hier nuttige informatie met betrekking tot constructie, isolatie en ventilatie. Anderzijds komen ook knolkwaliteit, kiemremming, bewaarregime, kistenbewaring, mechanische koeling en bewaarziekten aan bod.

Bewaring vormt een cruciale schakel in de aardappelketen, want ze is mee bepalend voor de kwaliteit van het eindproduct. Aardappelbewaring verdient daarom alle aandacht!

Deze brochure is tot stand gekomen door de samenwerking tussen de technologische adviseerdienst AgriCONSTRUCT van het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek en het Interprovinciaal Proefcentrum voor de Aardappelteelt (PCA).

De auteurs,

Ilse Eeckhout (PCA)

Katrien Boussery (AgriCONSTRUCT)

Deze brochure werd samengesteld door:

AgriCONSTRUCT

Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap
Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek
Departement Mechanisatie, Arbeid, Gebouwen, Dierenwelzijn en Milieubeveiliging (DVL)
Technologische Adviseerdienst AgriCONSTRUCT
Burg. Van Gansberghelaan 115, 9820 Merelbeke, Tel. (09) 272 27 51, Fax. (09) 272 28 04
E-mail: agriconstruct@clo.fgov.be
Internet: <http://www.clo.fgov.be/agriconstruct>

PCA

Interprovinciaal Proefcentrum voor de Aardappelteelt vzw
Karreweg 6, 9770 Kruishoutem, Tel (09) 381 86 86, Fax (09) 381 86 99
Ieperseweg 87, 8800 Beitem, Tel (051) 26 14 00, Fax (051) 24 00 20
E-mail Kruishoutem: pca@proefcentrum-kruishoutem.be
E-mail Beitem: pca@west-vlaanderen.be
Internet: <http://www.proefcentrum-kruishoutem.be>

Met medewerking en steun van:

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Beheer en Kwaliteit Landbouwproductie, Afdeling Voorlichting
WTC III 12de verdieping
Simon Bolivarlaan 30
1000 Brussel



IWT-Vlaanderen—Instituut voor de Aanmoediging van Innovatie door Wetenschap
en Technologie in Vlaanderen
Vlaams Innovatienetwerk
Bischoffsheimlaan 25, 1000 Brussel



Leader+project 'Trends in Land- en Tuinbouw'
Medegefinancierd door de Europese Unie en de Administratie Land-
en Tuinbouw van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap



Lay-out

Ilse Eeckhout
Margot Cocquyt

Niets uit deze uitgave mag gekopieerd of vermenigvuldigd worden zonder voorafgaande toestemming van de auteurs. Deze brochure werd door AgriCONSTRUCT en PCA vzw met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid in deze brochure. De gebruiker van deze brochure ziet af van elke klacht tegen het Vlaams Gewest, PCA vzw of zijn werknemers van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze brochure beschikbaar gestelde informatie. In geen geval zal het Vlaams Gewest, PCA vzw of zijn werknemers aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze brochure beschikbaar gestelde informatie.

Inhoud

Inleiding.....	3	Opslagruimte	31
		Fundering	32
		Wandconstructie	32
Inhoud.....	5	Scheidingswanden	35
		Dak en dakconstructie	36
1 Kwaliteit.....	7	Plaatsing isolatie	36
Droge stof	7	Voorbeelden	37
Reducerende suikers	7	Vloeropbouw	38
Kieming	8		
Gewichtsverliezen	9	6 Isolatie.....	40
Gevolgen voor het bewaarklimaat	10	Isolatiewaarde materialen	40
		Condensvorming	45
2 Inschuren.....	11	Welke isolatie?	46
De stortbak	11		
Transportbanden	12	7 Ventilatie.....	48
Hallenvuller	13	Ventilatoren	48
Opbouw van de aardappelhoop	15	Drukkamer	49
Algemeen	15	Kanalen	50
		Langs- en dwarsventilatie	52
3 Kiemremming.....	16	Inlaat- en uitlaatluiken	53
CIPC	16	Menglucht	54
Residu	16	Automatisering	54
Poeder	17		
Vloeibaar	17	8 Kistenbewaring.....	55
Gas	18	Luchtverdeelsystemen	55
Schilbrand	19	Capaciteit	57
Poederschurft	19		
		9 Mechanische koeling.....	58
4 Bewaarproces.....	20	Ondersteunend	58
Wondheling	20	Volledig	58
Drogen	20		
Koelen	24	10 Bewaarziekten/gebreken.....	60
Op temperatuur houden	24	Schimmels en bacteriën	60
Condensatie	25	Andere gebreken	63
Opwarmen	25	Reinigen en ontsmetten van de bewaarloods	65
CO ₂	26		
Meten is weten	26	Bronnen.....	66
5 Constructie.....	28	Met dank aan:.....	66
Regelgeving	28		
Inplanting	30		
Ontwerp	30		

1 Kwaliteit

De aardappel is een levend organisme dat ook tijdens de bewaring verder ademt. Lage temperaturen kunnen die ademhaling vertragen en de knollen rustig houden. Dit voorkomt grote gewichtsverliezen én kieming. Echter, naarmate de bewaartemperatuur lager is, stijgt het gehalte aan reducerende suikers en vermindert de bakkwaliteit. Een goede bewaring veronderstelt dus heel wat kennis van zaken om de geogste kwaliteit te handhaven.

Droge stof

Een aardappel bestaat voor het grootste deel uit water. Slechts 20 à 25% van zijn gewicht bestaat uit droge stof. Voornamelijk zetmeel, maar ook suikers, vitaminen en mineralen maken deel uit van die droge stof. Hun gehalte varieert naargelang het ras, de teelttechniek, de groeiomstandigheden op het veld en de bewaring.

In de praktijk wordt het drogestofgehalte ingeschat door meting van het onderwatergewicht van 5 kg knollen. Het soortelijk gewicht is immers een maat voor het drogestofgehalte. De verwerkende industrie stelt specifieke eisen aan het onderwatergewicht van aardappelen. De frietindustrie vraagt gehalten tussen 360 en 420 g/5kg. Voor de productie van chips is minimum 400 g/5kg vereist. Aardappelen voor directe consumptie hebben ruimere normen. Hier is droge stof vooral bepalend voor het kooktype. Het drogestofgehalte is immers een maat voor meligheid. Vastkokende tafelaardappelen (340 à 370 g/5kg) hebben een laag drogestofgehalte (weinig zetmeel = vast in de kook). Bloemige aardappelen (380 à 420 g/5kg) bevatten meer droge stof (meer zetmeel = bloemig). Tijdens de bewaring varieert het drogestofgehalte weinig of niet.

Reducerende suikers



Het reservemateriaal van aardappelen bestaat hoofdzakelijk uit zetmeel. Daarnaast zijn de vrije moleculen glucose en fructose altijd in kleine hoeveelheden aanwezig. Deze reducerende suikers bepalen in sterke mate de kleur van gebakken frieten. Tijdens het bakken reageren deze suikers met vrije aminozuren tot een bruinzwarte stof met bittere smaak (Maillard-reactie). Frieten met té veel reducerende suikers bakken donkerbruin van kleur en smaken slecht.

Standaard baktest: 20 frietjes per staal

De chipsindustrie stelt de strengste eisen aan dit suikergehalte: maximum 0,20 à 0,30% op het vers gewicht. Voor de productie van friet moet het gehalte kleiner zijn dan 0,50%. Aan tafelaardappelen worden op het vlak

van reducerende suikers geen eisen gesteld. Nochtans kunnen kookaardappelen te zoet smaken bij een té hoog gehalte aan suikers. De verwerkende industrie zal een aardappelpartij niet beoordelen door bepaling van het suikergehalte. Wel worden gestandaardiseerde baktesten uitgevoerd op frietstaafjes en chipsschijfjes. Hun individuele bakkleur wordt vergeleken met een kleurenkaart, waarna een verrekening gebeurt tot één bakindex.

Het is dus van groot belang dat het gehalte reducerende suikers zo laag mogelijk is. Vooral het ras is bepalend, maar ook groei- en bewaaromstandigheden hebben een sterke invloed. Er moet gestreefd worden naar een regelmatige groei, geen overdreven loofontwikkeling en een natuurlijke afrijping van het loof. Knollen die onvoldoende afgerijpt zijn, geven na bakking bruine frieten. Door onregelmatige groei en doorwas, kunnen de suikers in de knol bovendien slecht verdeeld zitten. Bij frietbakking resulteert dit in heterogene frieten of suikertop (één uiteinde van de friet is bruin).

Koudeverzoeting

Naarmate de bewaartemperatuur lager is, stijgt het gehalte aan reducerende suikers. Deze koudeverzoeting, die absoluut moet worden voorkomen, is een 'antivries'-reactie van de aardappel. Naargelang de bestemming, heeft elke aardappelpartij een optimale bewaartemperatuur (zie tabel).

Ook temperatuurschommelingen zijn zeer nadelig voor het suikergehalte. Het komt er dus op aan de temperatuur gedurende de volledige bewaarperiode zo stabiel mogelijk te houden. Inkoelen en opwarmen moeten daarom zeer geleidelijk gebeuren.

Als de temperatuur tijdens de bewaring té laag geweest is en het gehalte aan reducerende suikers (koudesuikers) hierdoor gestegen is, kan dit gehalte door reconditionering weer verlaagd worden. Dit houdt in dat de temperatuur gedurende 2 à 3 weken op 15 à 18°C gehouden wordt, waarna de koudesuikers zich gedeeltelijk weer omzetten tot zetmeel. Het ander deel van de opgehoopte suikers wordt verbrand als gevolg van de intensievere ademhaling bij hogere temperatuur. Vanzelfsprekend zal ook de kieming dan op gang komen. Dergelijke gereconditioneerde aardappelen moeten dus zo snel mogelijk afgeleverd worden.

Ouderdomsverzoeting

Zelfs bij goede bewaartemperaturen kunnen aardappelen na verloop van 8 à 10 maanden reducerende suikers vrij maken. Het gaat dan om een proces dat op gang gebracht wordt voor de ontwikkeling van kiemen. Deze versuikering als gevolg van veroudering (ouderdomssuikers), gaat gepaard met onomkeerbare veranderingen in de knol. Deze processen zijn dus niet meer bij te sturen of om te keren door reconditionering.

Kieming

Kort na de oogst zijn aardappelen in kiemrust. Door de temperatuur tijdens de bewaring zo laag mogelijk te houden, wordt deze rustperiode zo lang mogelijk in stand gehouden. De lengte van die rustperiode hangt af van

Optimale bewaartemperatuur

Bestemming	T (°C)
Tafelaardappelen	4 à 6
Frietaardappelen	6 à 8
Chipsaardappelen	7 à 9

het ras, de groeiomstandigheden op het veld en de afrijping bij oogst. Ook de bewaartemperatuur en relatieve vochtigheid hebben een grote invloed. Om te voorkomen dat aardappelen te snel gaan kiemen, wordt bij het inschuren en/of na de wondheling een kiemremmingsmiddel toegediend (zie hoofdstuk: Kiemremming).

Gewichtsverliezen

Ademhaling

Omdat aardappelknollen levende organismen zijn, gaat hun ademhaling in de bewaring gewoon door. Bij dit proces worden, door opname van zuurstof, suikers omgezet in water en koolzuur. Hierbij wordt ademhalingswarmte vrijgesteld.

Aardappelen verademen het minst tussen 4 en 8°C. Hun ademhalingsintensiteit neemt sterk toe vanaf 15°C en bij temperaturen lager dan 4°C. Vooral in goed geïsoleerde bewaarloodsen (weinig natuurlijke trek = zuurstof) kan een verhoogde ademhaling leiden tot CO₂-ophoping en tot interne zwartverkleuring (zwarte harten). Een té hoog CO₂-gehalte geeft immers aanleiding tot kieming en vorming van reducerende suikers. De grens voor CO₂ ligt bij 1,5 a 2%.

Daarnaast wordt de ademhaling van knollen beïnvloed door: de schil met lenticellen, de rijpheid, de kiemrust, de fysiologische ouderdom, het ras en de knoltoestand. Beschadigde knollen steken veel energie in kurkvorming en verademen dus veel. Kieming doet de ademhaling minstens met de helft toenemen en onrijpe knollen verademen 3 à 4 keer zo veel als rijpe knollen.

Verdamping

De ademhalingsverliezen bij bewaartemperaturen tussen 4 en 8°C zijn betrekkelijk laag. Zetmeel wordt immers omgezet tot water dat in de knol blijft. Toch is ademhaling indirect een belangrijke bron van gewichtsverliezen tijdens de bewaring. De hoeveelheid warmte die vrijkomt bij het verademen moet namelijk worden afgevoerd om te voorkomen dat de temperatuur van de aardappelen stijgt met 0,25°C per dag. Afkoelen resulteert in verdamping van water en dus in gewichtsverliezen.

Het vochtverlies zal vooral afhangen van de mate waarin de omringende lucht water kan opnemen. Vochtige lucht in de bewaring kan niet veel water meer opnemen, dus zal er niet veel gewichtsverlies zijn. Ook hier speelt de conditie van de schil (wondheling) een belangrijke rol. Van kiemen is geweten dat ze zeer goed water doorlaten. Gekiemde partijen kennen al gauw een verdubbeling van het vochtverlies.

Gemiddeld (zonder kieming) bedragen de gewichtsverliezen 1 à 3% gedurende de eerste maand van bewaring en 0,5 à 0,7% voor elke daaropvolgende maand. In totaal kunnen ze dus oplopen tot 6 à 8%. In functie van de aardappelprijs kunnen gewichtsverliezen aanleiding geven tot grote economische verliezen. Bij rendementsberekening van lange bewaring moet hiermee zeker rekening gehouden worden.

Aandacht

Wanneer 500 000 kg aardappelen gedurende 8 maanden bewaard worden, kunnen naargelang het bewaarklimaat gewichtsverliezen optreden tot 6 à 8%. Dit betekent een verlies van 30 à 40 000 kg aardappelen. Bij een gemiddelde verkoopprijs van 7,5 euro per 100 kg, vertegenwoordigt dit verlies al snel 2 250 à 3 000 euro.

Financieel verlies (euro/100 kg) als gevolg van gewichtsverliezen

Aardappelprijs (euro/100 kg)	Gemiddeld gewichtsverlies in functie van de bewaarduur		
	3,7% (4 mnd)	5,0% (6 mnd)	6,0% (8 mnd)
5	0,19	0,25	0,30
7,5	0,28	0,38	0,45
10	0,37	0,50	0,60

Gevolgen voor het bewaarklimaat

Rekening houdend met de bovenstaande kwaliteitseisen, moeten het product en het bewaarproces nauwlettend in het oog gehouden worden. Het is daarom belangrijk:

- Te rooien op het ogenblik dat de knollen rijp zijn (afgerijpt gewas), om met een minimaal gehalte reducerende suikers aan de bewaring te beginnen.
- Te rooien bij voldoende hoge temperaturen, om met een minimaal gehalte aan reducerende suikers aan de bewaring te beginnen.
- Geleidelijk in te koelen tot de gewenste bewaartemperatuur (0,2 à 0,5°C per dag) om een snelle stijging van de reducerende suikers te voorkomen.
- De gewenste bewaartemperatuur te bepalen in functie van het ras, en de vermoedelijke uitschuurdatum (lagere bewaartemperatuur naarmate langer moet worden bewaard).
- De temperatuur in de bewaring te kunnen meten en regelen. De knoltemperatuur moet op elk moment gekend zijn. Schommelingen moeten worden vermeden, evenals temperatuursverschillen in de hoop.

2 Inschuren

Aardappelen moeten met de nodige voorzichtigheid worden geroid en ingeschuurd. Bij hevige stoten en blutsen treedt immers stootblauw op. Deze onderhuidse verkleuring kan voor de afnemer een reden zijn om partijen af te keuren. Aardappelen bestemd voor de verwerking tot friet en chips moeten met hun blauwindex onder de norm van 80 (soms 60) blijven. Tafelaardappelen mogen niet meer dan 40 (60) punten hebben op een schaal van 0 (geen stootblauw) tot 400 (volledig blauw). Diverse factoren hebben een invloed op blauwgevoeligheid. Naast het ras, het onderwatergewicht en de kaliuminhoud van de knol, is ook de knoltemperatuur bij oogst en inschuren belangrijk. De temperatuur dient bij manipulatie van de aardappelen minstens 12-14°C te zijn om schade te beperken. Hoe hoger de knoltemperatuur, hoe minder blauwgevoelig.

De stortbak

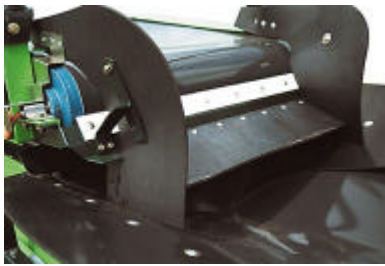
Bij veel stortbakken zijn, afhankelijk van het model, een aantal kritieke punten aanwezig. Vaak zijn deze punten niet te verwaarlozen en zijn verbeteringen noodzakelijk. Daarnaast is het gebruik en de instelling van de stortbak heel belangrijk. Hierna volgen een aantal aanbevelingen.

Zorg ervoor dat de stortbak voldoende gevuld is. De opvoeremat mag nooit zichtbaar worden. Hiervoor dient de snelheid van de opvoeremat aangepast te worden aan de laadsnelheid (afhankelijk van de manier van laden) en de capaciteit van de transportbanden. Debietsensoren kunnen de snelheid van de opvoeremat automatisch regelen.



Dikwijls is de kipper breder dan de opvoeremat. Het probleem dat hierdoor ontstaat, is dat de aardappelen op de (meestal) onbeklede zijflanken van de stortbak vallen. Soms is het mogelijk dat het midden van de stortbak zich sneller ledigt. Hierdoor kunnen de aardappelen die aan de zijkant liggen als stootblokken voor de vers gestorte aardappelen dienen. Zo wordt de hoeveelheid aardappelen die stootblauw oplopen beperkt. Om de kans op stootblauw te verkleinen kunnen de zijflanken ook met mousse (densiteit 15 tot 45 kg/m³) bekleed worden. Deze laatste oplossing geniet zelfs de voorkeur.

Een belangrijke overgang is deze van de opvoeremat naar de reinigingsrollen (spiraal, ster of glad). Soms maken de aardappelen hier een val van meer dan 40 cm. Een opvoeremat met een geknikte helling of een schuine afrolplaat bekleed met mousse kunnen dit euvel verhelpen.



De reinigingsrollen kunnen afhankelijk van de grondsoort aanladen met aarde. Het is zelfs mogelijk dat stenen tussen de rollen komen te zitten. Daarom is het aangewezen deze rollen regelmatig te reinigen om beschadiging door harde aarde en stenen te vermijden.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de eigenschappen van verschillende soorten reinigingsrollen.

Overzicht van de eigenschappen van verschillende soorten reinigingsrollen

	Homogeniteit sortering	Reiniging	Belasting op aardappelen
Spiraalrollen	+	+++	- (kleine kromtestraal)
Sterrollen	-	+	+++
Gladde rollen	++	++	+

--- Zeer slecht, -- slecht, - eerder slecht, + eerder goed, ++ goed, +++ zeer goed

Om de vulling van de afvoerband mooi te spreiden kan deze lichtjes naar achter hellend worden gemonteerd.

Vermijd dat op plaatsen waar aardappelen op de afvoerband vallen, een steun of rol van de band geplaatst is of beperk het aantal ondersteuning.

Transportbanden

De meeste beschadigingen bij het transporteren van aardappelen via transportbanden, worden opgelopen bij het vallen van de ene band op de andere. Om deze beschadigingen zoveel mogelijk te vermijden, kunnen volgende punten in acht worden genomen.



De valhoogtes worden best zo klein mogelijk gehouden. Dit geldt zowel bij de overgang van de ene naar de andere transportband als bij het verhandelen van aardappelen. De valhoogte wordt best zo klein mogelijk gehouden en mag maximaal 30 cm bedragen op voorwaarde dat geen steunrol op de plaats van de val aanwezig is. Hiervoor kunnen de bandhoogtes ingesteld worden of kunnen de

aardappelen geleid worden door rubbers bij het vallen, zodat de aardappelen eerst een stukje rollen vooraleer ze vallen.

Laat de aardappelen bij een haakse overgang op het midden van de transportband terecht komen. Dit is niet altijd evident en vraagt dikwijls een aantal aanpassingen, zeker bij het positioneren van de transportband onder de afvoerband. Laat in geen geval de aardappelen op de band vallen ter hoogte van de steunrollen van de transportbanden.



Bij de overgang van de ene naar de andere transportband mag de hoek tussen beide niet kleiner zijn dan 90° . Als dit wel het geval is ontstaan tegenstromen. Een hoek van 90° laat toe de aardappelen perfect op het midden van de transportband terecht te laten komen. De opstaande wanden van de tweede band worden dan best bekleed met mousse. Alternatief is het aankopen van een trogvormige band zodat de aardappelen niet in aanraking kunnen komen met de opstaande wanden. Een hoek van 0° is ideaal omdat de aardappelen dan geen richtingsverandering ondervinden.

Hallenvuller

De valhoogte vormt een belangrijk aandachtspunt bij de overgang van de transportband naar de hallenvuller omwille van de hoogte van de bak aan de voet van de hallenvuller. Daarnaast moet worden opgelet dat bij het draaien van de hallenvuller de aardappelen niet naast de opvoerband vallen. Om dit te vermijden kan aan het uiteinde van de transportband een rubberen trechter (valbreker) worden aangebracht. Zo komen de aardappelen steeds op de opvoerband van de hallenvuller terecht, onafhankelijk van de positie ervan.

Een rapport van CLO-DVL (B. Eloit & ir. T. Van Canneyt) leverde een overzicht op van hallenvullers die momenteel op de markt verkrijgbaar zijn.

De maximale capaciteit van de verschillende hallenvullers ligt tussen 60 en 120 ton aardappelen per uur, afhankelijk van de breedte, de vorm en de snelheid van de band. Bij een aantal modellen zijn de draagrollen op het einde van de band niet schuin, maar horizontaal tegenover elkaar geplaatst. Hierdoor kan de diameter van het keerpunt op het einde van de band verkleind worden, wat leidt tot een vermindering van de valhoogte. Om schade aan de aardappelen door wrijving te vermijden, zijn er ook uitvoeringen met meelopende zijwanden op de markt. Afhankelijk van de constructeur, varieert de hoogte van V- of chevronvormige noppen tussen 13 en 16 mm.

De aandrijving kan zowel op de onderste als op de bovenste rol worden geplaatst. Een andere mogelijkheid is de combinatie van een motor in het midden en op het einde van de band. Voor de aandrijving van de band zijn

er verschillende mogelijkheden: een elektrische motor met één- of tweetrapsregelaar, een elektrische motor met frequentieregelaar die een traploze sturing mogelijk maakt of een hydraulische motor. Naargelang het motortype schommelt de bandsnelheid tussen 0,05 en 1,6 m per seconde.



Hallenvuller met chevronvormige noppen

Hallenvullers zijn gemakkelijk in de hoogte verstelbaar en zijn meestal uitgerust met een knikkend bandeinde, waardoor de valhoogte van de aardappelen tot een minimum herleid kan worden. De minimale storthoogte ligt bij de verschillende types tussen 0,90 en 1,25 m. Maximaal kan 9,40 m hoog gestort worden. Sensoren bovenaan de band zorgen voor een automatische aanpassing van de storthoogte.

De maximale oversteek, bij een volledig uitgeschoven band, bedraagt 15 m. Bij de keuze van een hallenvuller moet ook rekening gehouden worden met de minimale oversteek. Deze bepaalt namelijk hoe lang er aardappelen gestort kunnen worden, zonder de hallenvuller te verplaatsen.

Op het gebied van het zwenkmechanisme kunnen de hallenvullers in 2 groepen onderverdeeld worden. Enerzijds zijn er machines waarbij het volledige onderstel meebeweegt. Het zwenken gebeurt eigenlijk op de 2 grootste wielen van de hallenvuller, waarvan er minstens één aangedreven is. Anderzijds zijn er toestellen die voorzien zijn van een rail waarover de zwenkinrichting heen en weer beweegt. Hierbij blijft het onderstel constant ter plaatse.

Bij een volledige uitgeschoven band, kan het maximale zwenkbereik 40 m bedragen. Wanneer de band ingeschoven wordt, terwijl de zwenkhoek constant blijft, zal het zwenkbereik uiteraard verkleinen. Om dit te vermijden passen een aantal types, naast de oversteek en storthoogte, ook het zwenkbereik automatisch aan. Door deze factoren aan elkaar te koppelen, kan een volautomatische terrasvulling gerealiseerd worden. Hierbij worden de aardappelen trapsgewijs gestort. Dit voorkomt dat de aardappelen met hoge snelheid van de hoop naar beneden rollen, wat tot schade kan leiden.

Voor het verplaatsen van de hallenvuller is er, meestal op de grootste wielen, aandrijving voorzien. Wanneer slechts één van de wielen aangedreven wordt, moet nog manueel of hydraulisch bijgestuurd worden aan de

voorwielen van de hallenvuller. Worden beide wielen echter onafhankelijk van elkaar aangedreven, kan er gemakkelijk gestuurd worden door het ene wiel sneller of trager te laten draaien ten opzichte van het andere.

Voor het transport over langere afstand, kan vooraan op de hallenvuller een trekhaak bevestigd worden. Op die manier zijn de voorwielen tijdens het transport van de grond gelicht. Technisch gesproken is het transport over de weg perfect mogelijk. De maximaal toegelaten breedte van 3 m wordt niet overschreden. Het grootste knelpunt is de lengte, die 12 m of meer kan bedragen.

De meeste constructeurs gebruiken voor de verschillende functies afzonderlijke elektromotoren. Enkel de hoogte wordt hydraulisch geregeld. Bij één constructeur wordt alles echter door een hydraulisch systeem gestuurd, dat aangedreven wordt door slechts één elektromotor. Deze machine heeft het voordeel dat ze ook door een tractor aangedreven kan worden.

Let bij de aankoop van een hallenvuller op het vermogen van de elektromotor. Een aantal constructeurs monteren hetzelfde type motor (identiek vermogen) op hallenvullers van sterk uiteenlopende capaciteit (van het enkele tot het dubbele). Kies voor een voldoende zware motor in verhouding tot de capaciteit van de hallenvuller. Dit geldt ook voor de andere onderdelen van de inschuurlijn.

De besturing van de meeste hallenvullers kan gekoppeld worden aan deze van de andere transportbanden, waardoor de inschuurlijn gemakkelijk te bedienen is.

De meeste hallenvullers kunnen met een koppelstuk aan de transportband ervoor gekoppeld worden, zodat het instortpunt zich bij het zwenken niet kan verplaatsen. De instorthoogte van de verschillende types ligt tussen 0,80 en 1,35 m.

Opbouw van de aardappelhoop

Probeer bij de opbouw van de hoop aan terrasvulling te doen (opbouw in etages) om te vermijden dat de aardappelen van de top van de hoop naar beneden rollen en zo hard in aanraking komen met de vloer. Deze aardappelen komen nadien onderaan de hoop te liggen wat de kans op beschadiging enkel maar doet toenemen.

Zorg er ook voor dat de hallenvuller niet te lang op dezelfde plaats blijft staan om te voorkomen dat grond zich gaat ophopen in de aardappelhoop. Dit plaatselijk tarraprobleem belemmert een goede luchtverdeling in de aardappelen.

Algemeen

Voorgaande richtlijnen hebben vooral te maken met positionering en gebruik van de verschillende onderdelen van de inschuurlijn. Algemeen dient voldoende aandacht worden besteed aan de afscherming van al de onderdelen van de installatie. Scherpe en harde kanten zijn uit den boze. Als afschermmateriaal kan rubber gebruikt worden of beter nog mousse met lage dichtheid, bekleed met een zeildoek (cf. valmatten in kipwagens).

3 Kiemremming

Bij aardappelpartijen die langer dan 2 maanden bewaard worden, verdient kiemremming alle aandacht. Aardappelen kiemen niet of nauwelijks bij temperaturen lager dan 3 à 4°C. Voor friet- en chipsaardappelen zijn dergelijke lage bewaartemperaturen met het oog op kiemremming niet aangewezen. Koude bewaring leidt immers tot ophoping van reducerende suikers, die de aardappelen ongeschikt maken voor verwerking tot friet of chips. Tafelaardappelen worden wél bewaard bij relatief lage temperaturen. Niettemin kunnen ook zij bij té lage waarden hun goede smaak verliezen door verzoeting.

Naast koude bewaring blijft chemische kiemremming voorlopig dus de enige manier om kieming tegen te gaan. In België is hiervoor maar één actieve stof erkend: chloorprofam (CIPC).

CIPC

CIPC remt de kern- en celdeling en verhindert op die manier de groei van de ogen. CIPC remt echter ook gedeeltelijk de verkurking en de vorming van wondperiderm. Wondheling verloopt dus iets moeilijker bij pas behandelde knollen.

Na toediening van het kiemremmingsmiddel, verspreidt de CIPC zich via dampwerking. Dit betekent niet dat het product heterogeen verdeeld mag worden. Op plaatsen waar er lokaal meer product wordt toegediend, zullen er op het einde van de bewaring ook meer residu's terug te vinden zijn. Waar er weinig of géén product terecht komt, zal de kieming moeilijk in de hand te houden zijn, ondanks de dampwerking van chloorprofam.

De werking van CIPC neemt sterk af bij té hoge bewaartemperaturen en bij sterke temperatuurschommelingen tijdens de bewaring. De wachttijd tussen toediening en consumptie bedraagt 14 dagen.

Residu

Voor eenmalige toepassing van poedervormige of vloeibare CIPC bij het inschuren, bedraagt de erkende dosis in België maximaal 20 mg actieve stof per kg aardappelen. Voor formuleringen die heet vernevelbaar zijn en gedurende het bewaar seizoen diverse keren worden toegediend, is een totale dosis van 36 mg actieve stof per kg aardappelen erkend (incl. de dosering bij inschuren met poeder of vloeibaar).

De residunorm bij het uitschuren bedraagt in België 5 mg actieve stof/kg aardappelen (5 ppm) en dit op gewassen, ongeschilde knollen. Deze norm geldt ook in de meeste andere Europese landen. In Frankrijk en Italië geldt een norm van 0,5 mg a.s. /kg (0,5 ppm) op geschilde knollen en in sommige Scandinavische landen mag er helemaal géén residu op de knollen terug te vinden zijn.

CIPC is in diverse formuleringen verkrijgbaar: als poeder (DP) en in 2 vloeibare vormen: emulgeerbaar concentraat (EC) om te spuiten en een heet vernevelbaar concentraat (HN) om te gassen.

Poeder



De meest bekende en oudste CIPC-formulering is de poedervorm, die eenmalig tijdens het inschuren toegediend wordt met een doseertoestel op de hallenvuller of de transportband.

Voor handelsproducten met 1% actieve stof bedraagt de erkende dosis 0,5 kg handelsproduct per ton aardappelen per trimester van gewenste bewaring, met een maximum van 2 kg/ton, eenmalig toe te dienen bij het inschuren. Voor handelsproducten met 1,35% actieve stof bedraagt de maximale dosering 1,5 kg/ton.

Voordelen van CIPC geformuleerd als poeder zijn: de lage investeringen in apparatuur en het minimale verlies aan product. Het poeder dat overbodig op de band valt, belandt toch in de aardappelen. Nadelen: stofvorming, gesjouw met zakken, soms moeilijke dosering/verdeling en kans op schilbrand.

Vloeibaar



De toediening van vloeibare formuleringen kan gebeuren met een pompsysteem of drukketel. Een set van 2 of 3 spuitdoppen wordt bevestigd op de hallenvuller of de transportband.

De erkende dosis bedraagt 22 ml handelsproduct (300 g actieve stof/l) per ton aardappelen per trimester van gewenste bewaring, met een maximum van 67 ml/ton eenmalig toe te dienen bij het inschuren.

Bij gebruik van het pompsysteem wordt het product verdund met water. De hoeveelheid water wordt berekend in functie van de inschuursnelheid (ton per uur) en het debiet van de doppen (ml/min). Meestal komt dit neer op 1 deel product en 2 à 3 delen water.

Andere apparaten voor toediening van vloeibare middelen werken met een 'spinning disc'. Hierbij druppelt vloeistof op een snel ronddraaiend schijfje. Als gevolg van middelpuntvliedende krachten vormen zich aan de

rand bijzonder kleine, gelijke druppeltjes die als een nevel op het product terecht komen. Dergelijke toepassingen maken het mogelijk handelsproducten onverdund toe te dienen.

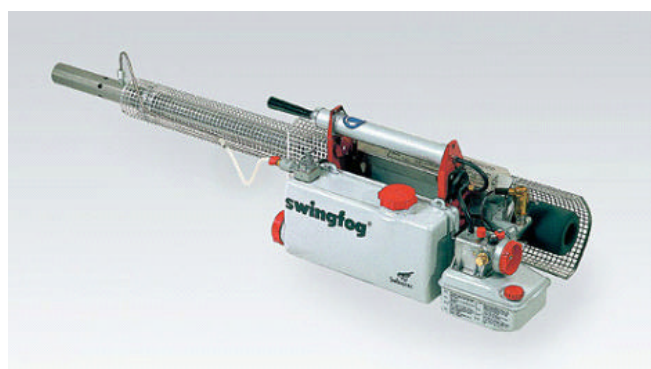
Voordelen van vloeibare kiemremming zijn: geen stof, geen gesjouw met zakken en een gemakkelijke dosering/verdeling. Nadelen: de investering en het onderhoud van het toestel, het belang van de afstelling (afwijking = grote dosisverschillen) en de transportband die vettig wordt. Bij té hoge werkdruk kan bovendien ook (irriterende) mistvorming optreden. De kans op schilbrand blijft bestaan.

Verhouding vloeibare kiemremmer/water

(voor een pompsysteem met doppen van het type 730023 en 3 bar)

Inschuursnelheid	Lange bewaring	Middellange bewaring	Korte bewaring
Traag (30 ton/h)	2 doppen: 1 / 3	2 doppen: 1 / 3,5	2 doppen: 1 / 4
Matig (40 ton/h)	2 doppen: 1 / 2	2 doppen: 1 / 2,5	2 doppen: 1 / 3
Snel (60 ton/h)	3 doppen: 1 / 2	3 doppen: 1 / 3	3 doppen: 1 / 4

Gas

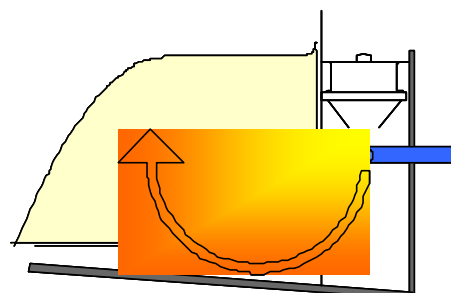


In tegenstelling tot de toediening van poedervormige en vloeibare kiemremmingsmiddelen, gebeurt het gassen of foggen nadat de aardappelen ingeschuurd zijn.

De eerste toediening gebeurt binnen de 2 à 3 weken na het inschuren. De aardappelen hebben dan een voldoende lange periode van wondheling achter de rug. Er moet alleszins tijdig met het foggen gestart worden, om de kieming vóór te blijven. De aardappelen moeten droog zijn en er mogen geen stortkegels aanwezig zijn. De knoltemperatuur moet bij voorkeur lager zijn dan 12°C voor een goede werking.

Bij het foggen wordt een vloeibare vorm (HN) van CIPC bij zeer hoge temperaturen verneveld. Deze fijne nevel wordt in het ventilatiesysteem gebracht, waarna het met de interne ventilatie door de aardappelhoop wordt verdeeld.

Het is van belang de nevel onder de ventilator in te brengen om geen afzetting van het middel op de ventilatiebladen te krijgen (zie figuur). Door op voorhand de interne ventilatie aan te zetten, is er al een interne luchtstroom op gang die het gas gemakkelijk



meeneemt. Na het foggen dient de loods gedurende 24 uren gesloten te blijven, zodat het gas zich goed kan afzetten op de knollen.

De erkende dosis varieert naargelang het handelsproduct. Voor vernevelbare formuleringen van 300 g actieve stof/l is een dosering erkend van 50 ml/ton per trimester van de gewenste bewaarduur met een maximum van 120 ml/ton (inclusief startgift bij inschuren). Voor formuleringen van 500 g a.s./l is een dosering erkend van 30 ml/ton per trimester van de gewenste bewaarduur met een maximum van 720 ml/ton (incl. startgift).

In de praktijk kan er als volgt worden gefractioneerd: een eerste toepassing van 25-30 ml/ton kort na de wondheling, gevolgd door bijkomende gasbeurten van 15 à 20 ml/ton om de 4 à 6 weken in functie van de kieming en de bewaarduur. Op verschillende bedrijven wordt ook gewerkt met een halve dosis poeder of vloeibaar middel bij inschuren, nadien aangevuld met vergassing. Om het juiste tijdstip voor een nieuwe gasbeurt te bepalen, is het goed een kuil van 40 cm diep te graven om de knollen te checken op witte puntjes (begin van kieming).

Nadelen van vergassen zijn: de kostprijs van het toestel of het loonwerk, de eisen aan de loods (goede ventilatie nodig, loods moet dicht zijn), interne kieming bij té laat toepassen, de moeilijkheidsgraad (zéér technische toepassing). Voordelen zijn: de homogene verdeling, de mogelijkheid om de dosering te sturen in functie van de bewaarduur, géén schilbrand (toepassing na wondheling), minder kans op residu's.

Schilbrand

Bij overdosering op niet velvaste of beschadigde vochtige knollen bestaat het gevaar dat na toepassing van poeder of vloeibare kiemremming er op de knollen blaasjes gevormd worden, vroeger ook wel poederbrand genoemd. De laatste jaren worden er steeds meer (dunschillige) rassen geteeld die bij normale dosering aangetast worden: Charlotte, Folva, Lady Claire, Marabel, Nicola, Santana, Victoria, ... Deze lijst is zeker niet compleet.

Om de kans op schilbrand te minimaliseren, dienen deze rassen vergast te worden ná de wondheling. Nog meer dan bij andere rassen geldt hier de regel: rooi velvaste aardappelen!

Poederschurft

Tegenwoordig wordt kiemremming ook in verband gebracht met poederschurft. Met name bij de rassen Asterix en Redstar is vastgesteld dat poederschurft kan uitbreiden na toepassing van poedervormige of vloeibare kiemremming, waarbij de symptomen pas na enkele maanden bewaring toenemen.

Ook de bewaarcondities zijn belangrijk: hoe warmer en vochtiger, des te meer symptomen er zichtbaar worden. Opnieuw speelt de schilafharding hier een rol. Bij niet velvaste knollen of bij partijen waar de wondheling nog moet plaats vinden én bij de aanwezigheid van poederschurft (soms moeilijk te onderscheiden van gewoon schurft) blijkt de aantasting uit te breiden. Er wordt dan ook geadviseerd om aardappelen afkomstig van percelen die in het verleden reeds problemen met poederschurft gaven, te vergassen na de wondheling.

4 Bewaarproces

Om de kwaliteit van het ingeschuurd product zo goed mogelijk te behouden, dienen enkele belangrijke bewaarprincipes te worden nageleefd. Wondheling, drogen en koelen zijn de belangrijkste fasen in het bewaarproces.

Wondheling

Hoe voorzichtig men ook rooit en inschuurt, er zullen altijd aardappelknollen beschadigd worden. Zowel onzichtbaar kleine barstjes als grote snijwonden zijn ideale invalspoorten voor micro-organismen. Bovendien geven ze aanleiding tot gewichtsverliezen, als gevolg van een toenemende verdamping. Het is dus van groot belang dat wonden kunnen helen. Dit houdt in dat de beschadigde plek verkurkt.

Bij een temperatuur van 12 à 18°C en een relatieve luchtvochtigheid van 80 à 95% neemt wondheling 7 tot 14 dagen in beslag. Bij een knoltemperatuur van 20°C, duurt de wondhelingsperiode slechts 2 à 3 dagen. Opgelet echter met hoge temperaturen, aangezien dit gunstige voorwaarden zijn voor de ontwikkeling van schimmel- en bacterieziektes. Onder de 10°C vindt géén wondheling plaats.

Tijdens de heelperiode dient er in principe dus weinig geventileerd te worden. Twee à drie keer een kwartier per dag is genoeg om de temperatuur, het vochtgehalte en het CO₂ gehalte onder controle te houden. Let wel, dit geldt enkel als de aardappelen droog zijn en blijven. Is dit niet het geval, dan dient er eerst gedroogd te worden.

Drogen

Voor droog gerooide aardappelen is een specifieke droogperiode niet nodig. Er kan dan onmiddellijk met de wondheling worden gestart. Om de temperatuur op 12 °C te houden, zal er een paar keer per dag moeten worden geventileerd. Meteen hebben deze korte ventileerbeurten ook een drogend effect.

Als rotte aardappelen mee werden ingeschuurd, moet er wel zo snel mogelijk gedroogd worden. Warmte en vocht zijn immers ideale omstandigheden voor de ontwikkeling van bacteriën en schimmels. Van zodra de eerste aardappelen ingeschuurd zijn, moet met drogen worden gestart. Dit betekent dat er geventileerd moet worden met lucht die het vocht van de aardappelen kan opnemen en afvoeren. Niet in alle omstandigheden is lucht geschikt voor drogen. Daarom is het belangrijk te weten wat de temperatuur van de buitenlucht is in verhouding tot het product.

Dé basisregel voor drogen is: **buitenlucht die kouder is dan de aardappelen, is altijd drogend**. Koude lucht zal immers opwarmen als hij door aardappelen met een hogere temperatuur gestuurd wordt. Door die opwarming kan de lucht meer vocht opnemen. Het vocht dat zich op de aardappelen bevindt, zal dus afgevoerd worden. Hoe hoger de knoltemperatuur, hoe groter de kans dat buitenlucht kouder is. Dit betekent dat er gedurende een langere periode met koudere, drogende lucht geventileerd kan worden. Zorg evenwel dat de

aardappelen gedurende de eerste weken niet te snel afkoelen door intens ventileren. De producttemperatuur mag niet onder 12°C komen voor een voldoende wondheling.

Als de temperatuur van de buitenlucht dezelfde is als de temperatuur van de aardappelen, dan is die lucht drogend op voorwaarde dat het niet regent of mistig is.

Lucht die warmer is dan de aardappelen, is slechts in bepaalde gevallen drogend. Het al of niet drogend effect van deze lucht hangt af van de relatieve vochtigheid (RV) van de lucht. Hoe hoger de temperatuur van de buitenlucht ten opzichte van de knoltemperatuur, hoe lager de RV moet zijn om drogend te zijn. In onderstaande tabel is terug te vinden hoeveel de RV maximaal mag bedragen om drogend te zijn.

Maximaal toegestane relatieve vochtigheid van de buitenlucht voor het drogen van aardappelen

Aardappel-temperatuur in °C	Luchttemperatuur in °C																			% relatieve vochtigheid
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
3	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32	30	28	
4	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32	30	
5	+	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32	
6	+	+	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	51	47	45	42	40	37	35	
7	+	+	+	+	93	87	81	76	71	66	62	59	54	51	48	45	42	40	37	
8	+	+	+	+	+	93	87	81	76	72	67	62	59	54	51	48	45	42	40	
9	+	+	+	+	+	+	93	87	82	76	72	67	63	59	55	51	48	46	43	
10	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	76	72	67	63	59	55	52	49	46	
11	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	67	63	59	55	52	49	
12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	63	59	56	53	
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	64	60	56	
14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	64	60	
15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	82	77	72	68	64	
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	77	72	68	
17	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	77	73	
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	78	
19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	94	88	

+ betekent dat er geventileerd mag worden, ongeacht de relatieve vochtigheid van de buitenlucht

Wanneer er geen geschikte buitenlucht voorhanden is, kan er intern geventileerd worden. Bij intern ventileren wordt er géén vocht naar buiten afgevoerd, maar zal het aanwezige vocht verdeeld worden over de ganse partij. Op die manier zal ook de temperatuur in de hoop overall dezelfde worden.

Wanneer de knollen en de aanhangende grond op een diepte van 30 à 40 cm in de hoop droog aanvoelen, kan bij een gezonde partij met drogen worden gestopt. Verder ventileren om nog meer te drogen, heeft weinig zin aangezien hiermee vocht wordt onttrokken aan de gezonde aardappelen. Dit zorgt voor gewichtsverlies, slappe knollen en een grotere kans op drukplekken.

Rekenvoorbeeld

Wanneer de knoltemperatuur 14°C bedraagt, dan is buitenlucht van 14°C of lager, drogend. Is de temperatuur van de buitenlucht hoger bv. 17°C, dan is deze buitenlucht slechts drogend als zijn relatieve vochtigheid (RV) niet groter is dan 82% (af te leiden uit de tabel). Is de knoltemperatuur 11°C, dan moet voor buitenlucht van 17°C, de RV minder dan 67% bedragen om drogend te kunnen zijn (zie tabel).

Om zoveel mogelijk drogende ventilatie-uren te bekomen, mag de temperatuur van de aardappelen niet te snel zakken. Buitenlucht is immers zonder meer drogend als hij kouder is dan de aardappelen. Wanneer dus voortdurend met koude lucht geventileerd wordt, daalt de aardappeltemperatuur en blijven er nog weinig momenten over om met koude(re) buitenlucht te drogen.

Drogen met kachels

Als aardappelen erg laat en nat binnen komen, dan is het gebruik van kachels aan te raden. De inblaaslucht mag niet warmer zijn dan 18°C. Ziekten zouden zich kunnen ontwikkelen en de kiemrust zou kunnen doorbroken worden.

Bij het gebruik van kachels moet er voldoende aandacht zijn voor de bewaaratmosfeer. Bij het opwarmen van de lucht onttrekken de kachels immers zuurstof aan de lucht en wordt er CO₂ gevormd. Bij zuurstofgebrek kunnen er zwarte harten ontstaan en een teveel aan CO₂ is nadelig voor de bakkleur (> 0,5 %). Uiteraard kan er bij té koude buitenlucht ook gebruik gemaakt worden van menglucht.

Grond en rotte knollen

In het volgende rekenvoorbeeld is een berekening weergegeven van de hoeveelheid vocht die moet afgevoerd worden bij een nat gerooide partij van 500 ton (aardappelen 10°C, 10% grond en 5% rot). In totaal dient 35.000 liter water afgevoerd te worden. In standaard omstandigheden moet hiervoor gedurende 41 dagen (24u op 24u) geventileerd worden. Wanneer er echter van in het begin 's nachts bijverwarmd wordt (tot de aardappelen na 3 nachten een temperatuur bereiken van 13°C) dan moet er in totaal maar 9 dagen geventileerd worden om dezelfde hoeveelheid vocht weg te krijgen. Vooral koude lucht ('s nachts) die opgewarmd wordt, kan grote hoeveelheden vocht opnemen.

In het voorbeeld gaat het om een theoretische berekening met sterk vereenvoudigde en standaard omstandigheden. Niettemin blijkt dat bijverwarmen in bepaalde seizoenen zeker de moeite loont. Vooral bij rassen die gevoelig zijn voor bacterierot (vb. Agria, Victoria) is een snelle droging aangewezen.



Rekenvoorbeeld

Beginsituatie: 500 ton aardappelen (10°C, 100% RV ⇒ 9,48 g water/m³ lucht), 1% aanhangend vocht, 10% grond (20% vocht), 5% rot (80% vocht), ventilatiecapaciteit 100 m³/u/m³ aardappelen, buitenlucht overdag 12u (13°C, 80% R' ⇒ 9,15 g water/m³ lucht), buitenlucht 's nachts 12u (9°C, 100% RV ⇒ 8,89 g water/m³ lucht).

Af te voeren hoeveelheid vocht:

Grond: 500 ton x 10% x 20%	10 000	
Rotte knollen: 500 ton x 5% x 80%	20 000	
Aanhangend vocht: 500 ton x 1%	5 000	⇒ 35 000 liter water af te voeren

Uitgedrukt per m³ aardappelen (1 m³ = 650 kg)

Grond: 650 kg x 10% x 20%	13 000	
Rotte knollen: 650 kg x 5% x 80%	26 000	
Aanhangend vocht: 650 kg x 1%	6 500	⇒ 45 500 gram water per m ³ aardappelen

A. Drogen zonder bij te verwarmen

's nachts: (9,48-8,89) x 12u	7,08	
overdag: (9,48-9,15) x 12u	3,96	⇒ 11,04 g water per m ³ lucht per m ³ aardappelen
Ventilatiecapaciteit 100 m ³ /u		⇒ 1 104 g water per dag afgevoerd via ventilatie

⇒ **In totaal zijn (45 500 : 1 104) 41 dagen nodig om het aanwezige vocht af te voeren**(bij constant ventileren)

B. Drogen mét bijverwarming:(Hypothese: per nacht wordt 1°C opgewarmd tot 13°C =3 nachten

Nacht 1: van 10 naar 11°C (9,48-8,89) x 12u = 7,08 x 100 m³ lucht per u = 708 gram water afgevoerd
(vochtgehalte lucht van 11°C en 100% RV: 10,10 g/m³)

Dag 1: knoltemperatuur 11°C (10,10-9,15) x 12u = 11,40 x 100 m³ lucht per u = 1140 gram water afgevoerd

Nacht 2: van 11 naar 12°C (10,10-8,89) x 12u = 14,52 x 100 m³ lucht per u = 1452 gram water afgevoerd
(vochtgehalte lucht van 12°C en 100% RV: 10,76 g/m³)

Dag 2: knoltemperatuur 12°C (10,76-9,15) x 12u = 19,32 x 100 m³ lucht per u = 1932 gram water afgevoerd

Nacht 3: van 12 naar 13°C (10,76-8,89) x 12u = 22,44 x 100 m³ lucht per u = 2244 gram water afgevoerd
(vochtgehalte lucht van 13°C en 100% RV: 11,46 g/m³)

Dag 3: knoltemperatuur 13°C (11,46-9,15) x 12u = 27,72 x 100 m³ lucht per u = 2772 gram water afgevoerd

Totale afvoer gedurende de eerste 3 dagen en nachten per m³ aardappelen: 10 248 gram water

Resterende hoeveelheid af te voeren water (45 000-10 248) per m³ aardappelen: 35 252 gram water

Voortaan constante temperatuur van 13°C:

's nachts: (11,46-8,89) x 12u	30,84	
overdag: (11,46-9,15) x 12u	27,72	⇒ 58,56 g water per m ³ lucht per m ³ aardappelen
Ventilatiecapaciteit 100 m ³ /u		⇒ 5 856 g water per etmaal afgevoerd via ventilatie

Aantal dagen nodig om resterende hoeveelheid water af te voeren (35 252 : 5 856) = 6 dagen

⇒ **In totaal zijn 9 dagen (3+6) nodig om het aanwezige vocht af te voeren**(constant ventileren + bijverwarmen)

Koelen

Na de wondheling en het drogen kan gestart worden met het inkoelen van de aardappelen tot de gewenste bewaartemperatuur. Het inkoelen dient gepaard te gaan met zo weinig mogelijk gewichtsverliezen. Dit betekent dat het inkoeltraject met zo weinig mogelijk ventilatie-uren moet worden gerealiseerd.

Een eerste vereiste voor een beperkt aantal ventilatie-uren, is een voldoende capaciteit (100 m³/h per m³ aardappelen). Een lagere ventilatiecapaciteit leidt automatisch tot meer draaiuren en meer gewichtsverlies.

Bovendien is het van groot belang dat lucht gebruikt wordt met een voldoende koelend vermogen. Tegen de tijd dat buitenlucht de aardappelen bereikt, wordt hij via het ventilatiesysteem al 0,5 à 1°C opgewarmd. Om het aantal draaiuren te beperken zal de buitenlucht bij het inkoelen dus al 2°C kouder moeten zijn dan de aardappeltemperatuur. De temperatuur van de lucht die het kanaal binnen gaat mag uiteindelijk niet meer dan 2°C kouder zijn dan de aardappeltemperatuur.

Ventileer met vochtige lucht. De meest vochtige periodes doen zich voor 's nachts. Een efficiënte benutting van de meest geschikte buitenluchttemperatuur en vochtigheidsgraad lukt het best met een automatische ventilatiesturing.

Het temperatuurverschil in de hoop mag niet groter zijn dan 1 à 1,5°C. Temperatuurverschillen tussen de onderste en de bovenste aardappellagen kunnen aanleiding geven tot condens. Daarom moet er af en toe intern geventileerd worden (bv. 15 minuten per 3 uur).

Het inkoelen van de aardappelen dient geleidelijk te gebeuren: per dag mag de temperatuur van de aardappelen niet meer dan 0,3 à 0,5°C dalen. Alleszins moet worden voorkomen dat de temperatuur tussentijds weer gaat stijgen. Dergelijke schommelingen kunnen er toe leiden dat de kiemrust sneller doorbroken wordt. Vooral in het begin van de inkoelperiode wordt er nogal eens gebruik gemaakt van enkele zeer koude nachten. De bewaartemperatuur gaat dan snel naar beneden. Het gevaar bestaat dat de buitentemperatuur daarna langdurig hoog blijft, waardoor er niet meer kan geventileerd worden met lucht die kouder is dan de (koude) aardappelen. De producttemperatuur zal dan weer stijgen.

Op temperatuur houden

Eens de aardappelen op de gewenste bewaartemperatuur zitten, is het van belang die temperatuur te handhaven. Aardappelen zijn immers levende organen die blijven ademen en dus warmte produceren. Deze warmte moet door ventilatie voortdurend afgevoerd worden. Warmteafvoer betekent evenwel vochtverlies en vochtverlies betekent gewichtsverlies.

De beste methode om vochtverlies te beperken, is te streven naar een maximale interne weerstand tegen vochtverlies vanwege de aardappelen. Dit betekent dat de aardappelen voldoende rijp moeten zijn bij oogst, zo min mogelijk beschadigd worden, goed verkurkt zijn, een goede wondheling hebben en dat ze niet gaan kiemen tijdens de bewaring. Bovendien moet er liefst met vochtige lucht worden geventileerd.

Omdat afgevoerd vocht door de aardappel elke keer weer aangevuld wordt tot

Bewaartemperatuur (°C)

Bintje	7
Agria	6
Asterix	8
Cycloon	7
Lady Claire	6
Lady Olympia	7
Lady Rosetta	8
Saturna	8

er een evenwicht in de omringende lucht is, is het beter af en toe lang te ventileren dan dikwijls kort te ventileren. Door met hoge luchtsnelheid te ventileren kan het totaal aantal ventilatie-uren beperkt worden. Het vochtverlies wordt immers maar in beperkte mate nadelig beïnvloed door een hoge luchtsnelheid. Het is vooral het aantal ventilatie-uren dat negatief is voor vochtverlies.

De minimale bewaartemperatuur is afhankelijk van het ras en zijn bestemming (zie tabel). Té lage waarden zijn nefast voor de bakkleur en/of de smaak. Ook schommelende temperaturen zijn nadelig voor de kwaliteit.

Condensatie

Condensatie treedt op wanneer vocht uit de lucht neerslaat op een koud oppervlak. Bij een hoge luchtvochtigheid treedt er al bij zeer kleine temperatuursverschillen condensatie op. Ook bij een hoge luchtvochtigheid in de schuur en lage buitentemperaturen, is condensatie te verwachten. Condensatie op zich is geen probleem zolang er geen druppels op het product vallen. Op plaatsen waar de isolerende werking minimaal is, kan men de eerste condensatie verwachten. Bij een goede isolatie zal het langer duren vooraleer condens optreedt. Zodanig isoleren dat condensvorming nooit optreedt, is economisch niet verantwoord.

In veel bewaarplaatsen probeert men condensatie te beperken door boven de aardappelen een natuurlijke trek te creëren. Dit kan door een luik of deur gedeeltelijk open te zetten. De resultaten zijn echter sterk afhankelijk van de windsnelheid, de windrichting en de buitentemperatuur. Een drogend effect wordt vooral bereikt als de temperatuur van de aangetrokken lucht lager is als die van de aardappelen. In de meeste jaren is natuurlijke trek ter bestrijding van condens ontoereikend.

Condens kan ook beperkt worden door intern te ventileren. Hiermee wordt weliswaar geen vocht afgevoerd, maar enkel verplaatst. Bij zeer lage buitentemperaturen zal ook dit niet volstaan.

Circulatie- of anticondensventilatoren zorgen voor een goede circulatie boven de aardappelen, waardoor product- en plafondtemperatuur gelijk gebracht worden. Ze hangen aan het plafond en hebben een capaciteit van 6m³ lucht per ton product bij 40 Pascal tegendruk. Bij het gebruik van deze circulatieventilatoren zijn er vrijwel geen gewichtsverliezen aangezien er geen vocht wordt afgevoerd. Van zodra het buiten langdurig té koud blijft, zal vochtafvoer wel nodig zijn.

Tegenwoordig zijn anticondensventilatoren voorzien van een verwarmingselement. Door lucht iets op te warmen, kan hij immers meer vocht opnemen. De combinatie van circuleren en opwarmen heeft zijn nut al bewezen. Om 1m³ lucht 1°C op te warmen, is een vermogen nodig van 0,3 kcal/h of 0,35 Watt.

Opwarmen

Aardappelen die zeer blauwgevoelig zijn, kunnen kort voor het tijdstip van aflevering worden opgewarmd. Dit kan op natuurlijke wijze, maar ook met kachels. De meest geleidelijke opwarming, is die door de aardappelen zelf. Door hun ademhalingsproces produceren de knollen warmte. Indien deze warmte niet wordt afgevoerd, stijgt hun temperatuur met ongeveer 0,25°C per dag. Tijdens het voorjaar kan natuurlijk ook gebruik gemaakt worden van de warmere buitenlucht om de knoltemperatuur te laten stijgen. Let echter op het vochtgehalte van de buitenlucht om condens te vermijden.

Bij opwarming met kachels moet worden voorkomen dat de onderste lagen oververhitten. Regelmatig intern ventileren om een gelijkmatige temperatuur in de hoop te krijgen, is noodzakelijk.

CO₂

Normale buitenlucht bevat 0,03% CO₂. In goed gé'soleerde loodsen kan dit gehalte oplopen tot waarden die boven 0,5% stijgen. Vooral in periodes met een sterke ademhaling van de knollen, kunnen hoge waarden worden bereikt.

Om geen negatieve invloed op de bakkleur van de aardappelen te krijgen, mag het CO₂-gehalte in de bewaarloods niet hoger zijn dan 0,5%. Er moet er dus voldoende luchtverversing zijn, vooral in loodsen die goed afgesloten zijn en geen natuurlijke ventilatie hebben (bv. via slecht afgesloten onderdelen). Elke dag 10 minuten ventileren met externe lucht is aangewezen.

CO₂-metingen zijn mogelijk, maar de apparatuur is duur. Meestal wordt luchtverversing (elke dag 10 minuten) gewoon standaard mee geprogrammeerd in het ventilatieschema. Aangezien CO₂ zwaarder is dan lucht, bevinden de hoogste gehalten zich dicht bij de grond. Metingen worden dus het best onderaan de hoop uitgevoerd.

Metten is weten

De vermelde basisregels kunnen maar goed worden toegepast als de teler weet wat er gebeurt in zijn loods. Voor een bewaarplaats die met buitenlucht koelt, zijn minstens 4 meetwaarden nodig: 1. de temperatuur van de aardappelen, 2. de temperatuur van de buitenlucht, 3. de temperatuur van de ventilatielucht in het kanaal (achter de ventilator) en 4. de relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht.

Bovendien moet de gemiddelde aardappeltemperatuur gebaseerd zijn op voldoende metingen. In principe is één voeler per 100 ton aardappelen vereist. Deze moeten gelijkmatig worden verdeeld over de aardappelhoop. Metingen tot op 1 en 2 meter diepte in de aardappelen zijn nodig. Indien u als teler verdachte plekken in de hoop weet zitten, is het verstandig daar een voeler te plaatsen.



Temperatuurvoelers in de hoop

Omdat het heel wat tijd en energie vraagt om alle metingen op te volgen en handmatig te sturen, wordt de temperatuur tegenwoordig automatisch gestuurd. Diverse meetsondes staan met kabels in verbinding met de computer die alle meetwaarden verwerkt. De gemeten temperaturen worden constant vergeleken met vooraf ingestelde waarden. Op basis hiervan worden signalen gegenereerd die de ventilatoren of luiken automatisch in- en uitschakelen.

Afhankelijk van het systeem kunnen diverse ventilatieprogramma's gedefinieerd worden. Drogen, wondhelen, koelen en bewaren kunnen als aparte fasen in het bewaarproces worden beschouwd.

Met een verbinding naar de PC binnenshuis, kan de teler alle instellingen en waarden checken of aanpassen vanaf zijn computer.

Tip

Om een goed rendement van de ventilatie te bekomen, is het noodzakelijk dat de hoop bovenaan effen ligt. Lucht zoekt immers steeds de weg van de kleinste weerstand: oneffenheden zullen bijgevolg minder goed doorlucht zijn. Stortkegels moeten uiteraard worden vermeden.

5 Constructie

De grootte, het ontwerp en de constructie van de bewaarloods is afhankelijk van verschillende factoren. De belangrijkste factoren waar rekening mee moet gehouden worden zijn: de hoeveelheid te stockeren aardappelen, de wijze van stockeren (losgestort of in kisten) en het gewenste temperatuurregime. Deze factoren zijn immers bepalend voor: de afmetingen, de drukvastheid van de wanden, de isolatie van de wanden, de eventuele celindeling, de funderingen en het ventilatiesysteem.

Regelgeving

Vooraleer met het ontwerp te starten is het noodzakelijk om een overzicht van de gestelde eisen te kennen voor de bouw en het bouwperceel.

Milieu (VLAREM)

Opslag van aardappelen is niet milieuvergunningsplichtig, aangezien de aardappelen geen sappen verliezen en niet opgeslagen worden als groenvoeder. Het schillen van aardappelen op industriële wijze (ongeacht de hoeveelheid) is wel milieuvergunningsplichtig (klasse 2) evenals het behandelen, bewerken of verwerken van de aardappelen. Hierbij betreft het de toestellen die een fysieke wijziging aanbrengen aan het product (vanaf 5 kW: klasse 3, meer dan 10 kW: klasse 2 en bij meer dan 200 kW: klasse 1). Indien er bij de handelingen afvalwater geloosd wordt, dan is er een milieuvergunning nodig voor het lozen van het afvalwater. Voor de winning van grondwater tenslotte is er ook een milieuvergunning nodig (vanaf 0 m³/ jaar: klasse 3, vanaf 500 m³/ jaar: klasse 2).

Voor de bewaring van tafelaardappelen kan een koelinstallatie nodig zijn. Deze koelinstallatie moet vergund worden (vanaf 5 kW: klasse 3, en vanaf 200 kW: klasse 2).

Daarnaast kunnen vergunningsplichtige inrichtingen aanwezig zijn die onrechtstreeks te maken hebben met de bewaring van aardappelen:

- Transport van aardappelen: opstallen van meer dan 3 voertuigen en/ of aanhangwagens (klasse 3), mazoutopslag vanaf 100 l voor beroepsgebruik (klasse 3), één brandstofverdeelinstallatie (klasse 3), opslag van meer dan 200 l olie (klasse 3)
- Verwarming van een werkplaats: opslag van meer dan 100 l mazout (klasse 3), opslag van meer dan 100 l petroleum (klasse 3)
- Telen van aardappelen: opslag van fytoproducten (vanaf 200 kg: klasse 3), opslag van chemische meststoffen (meer dan 20 ton: klasse 3).

Bodem (VLAREBO)

De opslag van aardappelen is op zich niet bodemonderzoeksplichtig. Een aantal activiteiten die samenhangen met aardappelopslag en –behandeling, zijn dat wel.

Bijvoorbeeld:

- Een generator met een totaal elektrisch vermogen van meer dan 100 kW: er moet bij overdracht van het perceel een bodemonderzoek gebeuren.
- Een werkplaats voor het herstellen en/of onderhouden van motorvoertuigen: er moet 20-jaarlijks een bodemonderzoek gebeuren, het eerste ten laatste op 31/12/2003
- Opslag van meer dan 20 000 l stookolie: indien ondergronds, 20-jaarlijks bodemonderzoek; indien bovengronds, enkel bodemonderzoek bij overdracht
- Opslag van meer dan 1 000 kg fytoproducten: 10-jaarlijks bodemonderzoek, het eerste ten laatste op 31/12/2001.

Stedenbouw

Uiteraard heeft de landbouwer voor de bouw van een aardappelbewaarplaats een stedenbouwkundige vergunning nodig. Maar ook voor het storten van de voorliggende bedrijfsverharding, dient hij voorafgaand een dossier in te dienen. Dit laatste evenwel zonder verplichte medewerking van een architect.

Daar waar vroeger alle aanvraagdossiers voor advies naar AROHM (stedenbouw) moesten, kan vandaag de dag de gemeente in veel gevallen de stedenbouwkundige vergunning verlenen. Dit betekent voor de aanvrager een aanzienlijke tijdsbesparing.

Veiligheidscoördinator

Sinds mei 2001 is de wetgeving rond de aanstelling van een veiligheidscoördinator onverkort van toepassing, ook in de agrarische sector. Concreet betekent dit dat een veiligheidscoördinator verplicht moet worden aangesteld, wanneer twee of meer aannemers werken aan een bouw. De veiligheidscoördinator mag vrij gekozen worden voor zover hij aan de wettelijke bekwaamheidseisen voldoet. Dit kan een zelfstandig deskundige zijn, een coördinator verbonden aan een gespecialiseerd bureau, een architect of één van de betrokken aannemers.

Kwaliteitseisen

Ook met het oog op de toenemende aandacht voor voedselveiligheid en de invoering van kwaliteitssystemen worden afhankelijk van het soort erkenning of certificering en het daarbij horende lastenboek, bijkomende eisen gesteld. Voor de bewaarloods vinden we o.a. volgende voorwaarden:

- opslag van aardappelen gescheiden van andere producten;
- geen gewasbeschermingsmiddelen in de bewaarruimte;
- brandstoftank en vreemde stoffen op een voldoende grote afstand van het product;

- breukvrije lampen , plastic folie of afscherming van lampen tegen glasbreuk;
- geen kwikthermometers en/of glazen thermometers in of boven de aardappelen;
- geen direct daglicht in de bewaarplaats;
- bewaarruimte duidelijk afgescheiden van machineberging/werkplaats;
- geen houten wandafwerking of afscheiding (kans op splinters).

Inplanting

Eenzijds dient de constructie een functioneel en praktisch geheel te vormen voor een optimale bedrijfsvoering. De keuze van de zijwandhoogte, de dakhelling, de afwerking van de wanden, de isolatie en de inplanting van de loods zijn hierin zeer voornaam. Anderzijds dient de loods ook te beschikken over de nodige 'stedenbouwkundige kwaliteiten'. Zij dient met andere woorden zo goed mogelijk aan te sluiten op de bestaande bedrijfsgebouwen én zo goed mogelijk geïntegreerd te zijn in de omgeving.

In het geval van een bestaand bedrijf is een orthogonale inplanting van de nieuwbouw ten opzichte van de bestaande bedrijfsgebouwen het sterkst aan te bevelen. Een afdoende integratie bekommt men door een verantwoorde materiaalkeuze, eventueel in combinatie met erfbeplanting.

Ontwerp

Het ontwerp van de aardappelloods is afhankelijk van de hoeveelheid aardappelen en de ruimte nodig voor in/uitschuren, wassen, verpakken, Daarnaast bepaalt de eventuele gescheiden opslag van rassen of partijen de indeling in de loods of de plaatsing van scheidingswanden. En als laatste element is er natuurlijk de wijze van stockeren nl. losgestort of in kisten.

De zijwandhoogte van de bewaarloods bedraagt doorgaans 4,5 m tot 5 m. Bij bewaarloodsen korter dan 25 m wordt in het kader van de ventilatie doorgaans gekozen voor een langsopstelling van de verluchtingskanalen. Bij bewaarloodsen langer dan 25 m is het eerder aan te raden te kiezen voor een dwarsopstelling.

Tip

Voorzie bij losgestorte bewaring de mogelijkheid om eventueel een scheidingswand te plaatsen. In bepaalde jaren kan het nodig zijn minder goed bewaarbare partijen apart op te slaan.

Opslagruimte

In de eerste plaats moet de benodigde ruimte voor een gekende hoeveelheid aardappelen worden berekend. Het volume van een bepaalde hoeveelheid aardappelen kan bepaald worden door gebruik te maken van volgende formule:

$$V = \frac{M}{r_a}$$

Hierbij is

V = het volume van de aardappelen (m³)

M = het gewicht van de aardappelen (kg)

r_a = soortelijk gewicht (kg/m³) = 650 à 700 kg/m³ voor losgestorte aardappelen

Door de grote drukkrachten die optreden op de onderste aardappelen moet de storthoogte beperkt worden. Aangezien de drukkrachten de aardappelen kunnen beschadigen, wordt de storthoogte beperkt tot 3 of 4 m, afhankelijk van de kwaliteit van de aardappelen.

Met deze maximale storthoogte kan de nodige oppervlakte voor de aardappelen berekend worden.

$$A = \frac{M}{H \cdot r_a}$$

Waarbij

A = de benodigde oppervlakte (m²)

H = storthoogte (3 of 4 meter)

Bij een storthoogte van 3 meter betekent dit dat er 1950 (3x650) tot 2100 (3x700) kg per m² kan gestort worden. Bij een storthoogte van 4 meter is dit 2600 (4x650) tot 2800 (4x700) kg per m².

Voorbeeld

Een landbouwbedrijf met 20 ha bewaaraardappelen en een gemiddelde opbrengst van 44000 kg/ha kiest voor een storthoogte van 3 m. De benodigde netto-oppervlakte bedraagt:

$$A = \frac{44000 \text{ kg} \times 20 \text{ ha}}{3 \text{ m} \times 650 \text{ kg} / \text{m}^3} = 451 \text{ m}^2$$

Bij een storthoogte van 4 m bedraagt de oppervlakte 338 m².

Bij bewaring in kisten moet er gerekend worden met een gemiddelde capaciteit van 500 kg/m³ (afhankelijk van het soort kist). De opslagcapaciteit verhoogt door de kisten op elkaar te plaatsen (tot 5 kisten op elkaar) zodat tot 3100 kg/m² kan gestockeerd worden.

Fundering

Vooraleer te starten met de bouw van een loods moet de draagkracht van de ondergrond nagegaan worden. Om bouwschade te vermijden (o.a. zettingen van het gebouw) is het noodzakelijk een grondonderzoek uit te voeren. Dit kan gebeuren via grondsondering of grondboringen met staalname. Bij het uitvoeren van het grondonderzoek is het belangrijk na te gaan of de uitgevoerde sonderingen voldoende het bouwterrein bestrijken en dat de sonderingen voldoende diep zijn uitgevoerd. Daarnaast moet ook het grondwaterpeil worden vastgesteld, zodat de constructie hierop kan berekend worden. Eventuele bronbemaling mag geen stabiliteitsproblemen met zich mee brengen. Afhankelijk van de draagkracht van de ondergrond, de bovenbouw en de belasting kan de funderingstechniek gekozen worden, vb. funderingszolen, ter plaatse gestorte funderingszolen, paalfunderingen, ...

Wandconstructie

Wanden hebben een dubbele functie in bewaarloodsen. Enerzijds moet de wand bestand zijn tegen de zijwaartse drukkracht van de aardappelen en anderzijds moet de wand een voldoende isolerende werking hebben om de bewaartemperatuur in de loods op peil te houden.

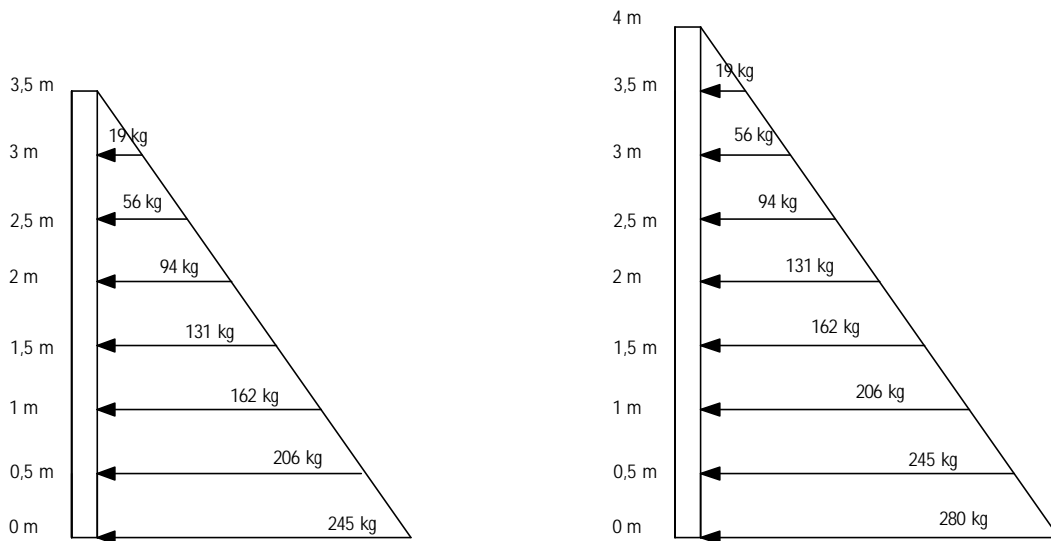
Drukvastheid van de wand

De zijwaartse drukkrachten die door aardappelen worden uitgeoefend, moeten door de wanden en de draagconstructie opgenomen worden. Hoe hoger gestockeerd wordt, hoe groter deze krachten worden tegen de zijwand. De spanten zijn dan ook een belangrijk onderdeel in de constructie voor het overbrengen van de krachten. Deze worden altijd uitgevoerd volgens sterkteberekeningen van een studiebureau.

De volgende formule wordt gehanteerd om de zijwaartse druk te bepalen per lopende meter:

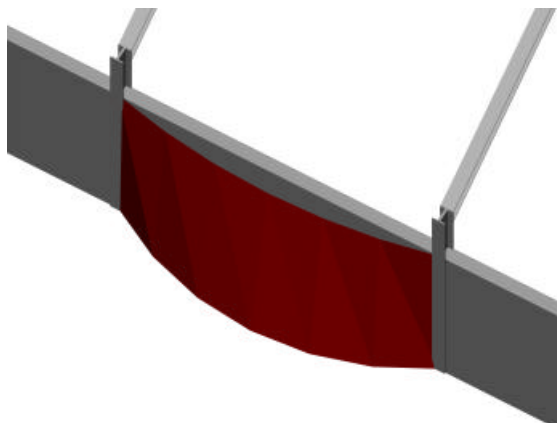
Druk per lopende meter = $75 \times h^2$ waarbij h de stockagehoogte in meter is.

Bij een stockagehoogte van 3,5 m wordt een zijwaartse druk verwacht van 900 kg per meter wandlengte. Indien 4 m hoog wordt gestapeld, loopt deze zijwaartse druk op tot 1200 kg per meter wandlengte.



Zijwaartse drukkrachten bij een stockagehoogte van 3,5 m en 4 m (bron: Cabaret, Filippo).

De materialen die kunnen ingezet worden voor aardappelbewaarloodsen moeten gekozen worden in functie van de optredende belasting. Bij dunne wandconstructies of bij slechte materiaalkeuze kan doorbuiging en scheurvorming optreden in de wandelementen.



Voorstelling van de doorbuiging van te dunne wandpanelen

Bij kistenbewaring kan de wandconstructie beperkt worden tot een afscheiding, aangezien er geen krachten worden uitgeoefend op de wanden.

Let op

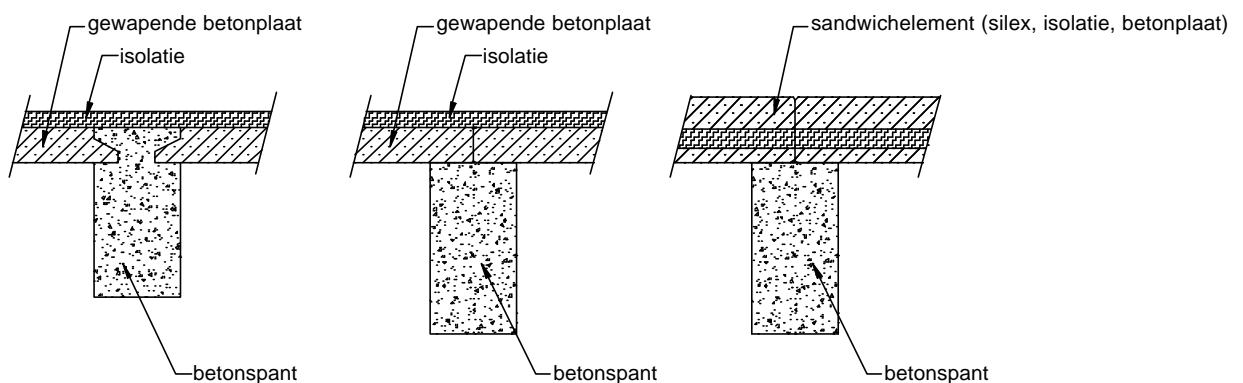
Een machineloods in gebruik nemen als aardappelloods is zeer gevaarlijk, aangezien de constructie van de machineloods niet berekend is op de stockage van aardappelen. Als gevolg hiervan kunnen wanden en spanten het begeven.

Wandopbouw

Voor losgestorte aardappelen wordt in België doorgaans skeletbouw toegepast, waarbij gebruik gemaakt wordt van stalen of betonnen portiekspanten (in mindere mate houten gelijmde gelamelleerde spanten). De afmetingen en doorsneden van de spanten worden bepaald door de storthoogte van de aardappelen, de hoeveelheid te plaatsen spanten en de overspanning die moet gehaald worden. Het is dan ook vanzelfsprekend dat bij grotere overspanningen de profielen zwaarder zullen zijn. Tussen de spanten worden drukvaste wandpanelen geplaatst of een drukvaste wandconstructie gebouwd. De spantafstand bedraagt doorgaans een 5-tal meter.

Theoretisch kunnen de wandelementen zowel tussen, voor als na de spanten worden geplaatst. In de praktijk moet een keuze gemaakt worden in functie van het soort materiaal en de drukvastheid van de wandelementen. Het vermijden van koudebruggen en het vermijden van dode hoeken is vaak het doorslaggevend argument om spanten aan de buitenzijde te plaatsen. Hierna worden een aantal voorbeelden weergegeven van wandconstructies met betonnen en stalen profielen.

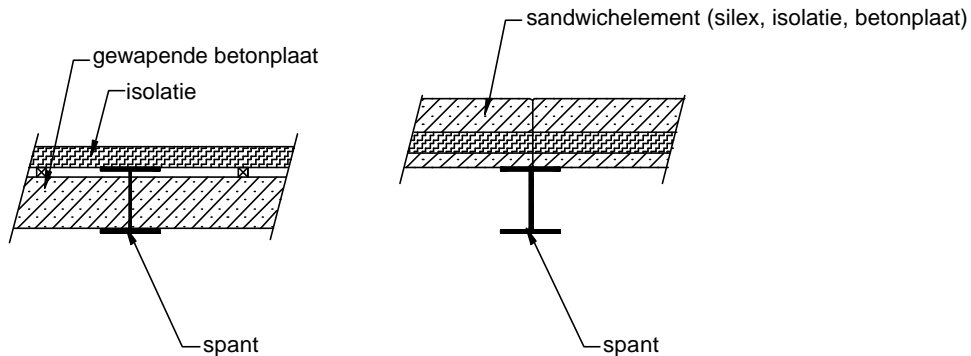
Betonnen draagstructuur: Het gebruik van betonspanten wordt doorgaans gecombineerd met een drukvaste betonwand of sandwichpanelen. De betonwanden worden gedeeltelijk of volledig aan de binnenzijde van de betonspanten geplaatst.



Horizontale snede van de drukvaste betonwand ten opzichte van de betonnen draagstructuur

Stalen spanten: Naargelang de grootte van de loods, de spantafstand, de storthoogte, e.d. wordt doorgaans gekozen voor IPE 240, 270, 300, 330 of eventueel HEA of HEB-profielen. Wanneer de spanten aan de buitenkant zichtbaar zijn, is het aan te raden te kiezen voor thermisch verzinkt staal zodat het staal niet gaat roesten onder invloed van de weersomstandigheden. Bij gebruik van stalen spanten kan voor de drukvaste wandconstructie gekozen worden uit verschillende materialen zoals metselwerk, betonpanelen, sandwichpanelen, ...





Horizontale snede van de drukkaste wand ten opzichte van de metaalspant

Let op

De klassieke grijze effen betonpanelen worden niet altijd aanvaard uit stedenbouwkundig opzicht. Men heeft onder andere de keuze tussen het uitzicht van rood metselwerk of het uitzicht van prefabbetonpanelen met silex steenslag. Voor de kopgevels kan er geopteerd worden voor metalen profielplaten.

Scheidingswanden



Bij het opslaan van verschillende partijen aardappelen of bij het hanteren van verschillende bewaarregimes in dezelfde loods, zijn er drukkaste scheidingswanden nodig. Bij nieuwbouw kan gekozen worden voor ingeklemde stalen profielen waartussen houten of betonnen wandelementen worden geplaatst. Er kan ook gekozen worden voor volledig verplaatsbare keerwanden, soms betonnen L- of T-elementen. De voeten kunnen wel voor hinder zorgen bij het vullen en leeghalen van de bewaarplaats.

Bij een verschillend bewaarregime of wanneer de scheidingswand een scheiding vormt tussen de bewaarruimte en bijvoorbeeld de machineberging, dient er gekozen te worden voor een geïsoleerde scheidingswand.

Dak en dakconstructie

De belangrijkste krachten die de dakconstructie ondervindt, zijn deze veroorzaakt door wind, sneeuw en regen. Ook bijkomende krachten door het materiaal dat opgehangen wordt aan spanten (bv condensventilatoren) moeten in rekening gebracht worden.

De dakconstructie moet de bewaarruimte beschermen tegen binnenkomende warmte en vochtwisseling vanuit de omgeving. Voor de dakbedekking worden materialen aanbevolen die een laag warmtestralingsgetal hebben en waterdicht zijn. Een laag warmtestralingsgetal is noodzakelijk om grote temperatuurschommelingen via het dak te voorkomen. Bij zonnestraling kan het dak tot zeer hoge temperaturen opwarmen. Een laag warmtestralingsgetal betekent dat het materiaal de zonnestraling reflecteert en niet opneemt.

Bij grote loodsen kan men eventueel beroep doen op plafondisolatie. Dit betekent dat er een vals plafond wordt voorzien, zodat de lucht tussen het plafond en het dak als buffer wordt ingezet.

In alle constructies is het noodzakelijk dat er tussen het isolatiemateriaal en de dakconstructie of de golfplaten voldoende ruimte blijft om natuurlijk ventilatie mogelijk te maken. Dit om condensatie tegen het dakoppervlak te vermijden.

Voor een gemakkelijke plaatsing van de luchtinlaten is wenselijk een dakhelling van minimaal 30% te nemen. De dakbedekking zelf wordt meestal uitgevoerd in vezelcement golfplaten.

Plaatsing isolatie

Bij de plaatsing van de isolatie is het belangrijk ervoor te zorgen dat er geen koudebruggen ontstaan. Een koudebrug is een zwakke schakel in de warmte-isolatie of anders gezegd een plaats waar de isolatiemantel wordt verbroken. Moeilijke punten zijn vooral de ontmoetingen tussen muur en vloer, dak en muur en de doorsteek van dragende structuurelementen, ramen, ventilatieopeningen, poorten en deuren.

De isolatie moet ononderbroken aan de wanden en het dak worden aangebracht. Dit betekent dat de isolatie doorlopend of aan de buitenzijde of aan de binnenzijde van de draagstructuur wordt geplaatst. Indien er rechtstreeks tegen de isolatie gestort wordt, moet deze tot op stapelhoogte voldoende weerstand bieden tegen de zijdelingse druk van de aardappelen. Bij dergelijke toepassing is het aangeraden een multiplexplaat (18 mm) tegen de isolatieplaten te plaatsen tot juist boven de stapelhoogte.



Om de koudebruggen te vermijden tussen de wand en de vloer is het noodzakelijk de isolatie in de wand minimaal 60 cm te laten doorlopen onder het maaiveld. Is het maaiveld lager gelegen dan de vloer in de bewaarloods dan moet zeker gecontroleerd worden of de warmteverliezen een minimale afstand van 50 cm moeten overbruggen via de grond.

Om de verbinding tussen isolatieplaten te verzekeren, zijn er heel wat technieken en afwerkmethodes voor isolatieplaten (sponning, messing en groef) op de markt. Het is af te raden om isolatiemateriaal met rechte kanten te gebruiken, aangezien de kans op isolatieverliezen via de naden veel te groot wordt. Omwille van de

koudebruggen, maar ook om arbeid uit te sparen, worden sandwichelementen gebruikt voor dak- en wandafwerkingen. Belangrijk is hierbij de verbindingen dak – wand te controleren op eventuele koudebruggen.

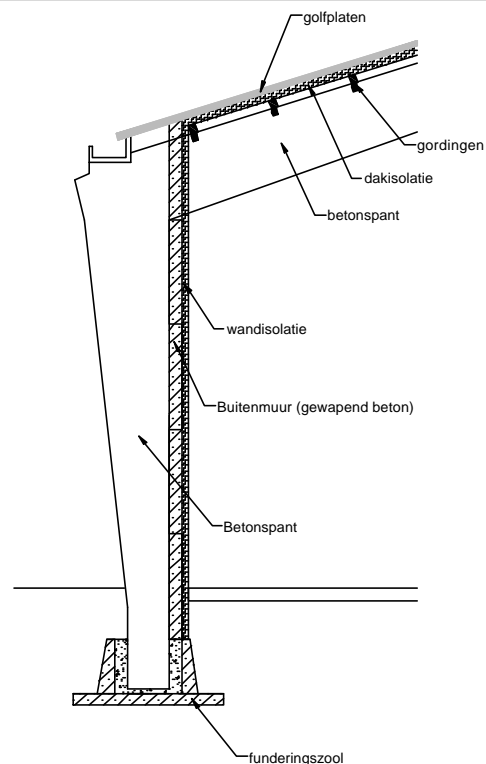
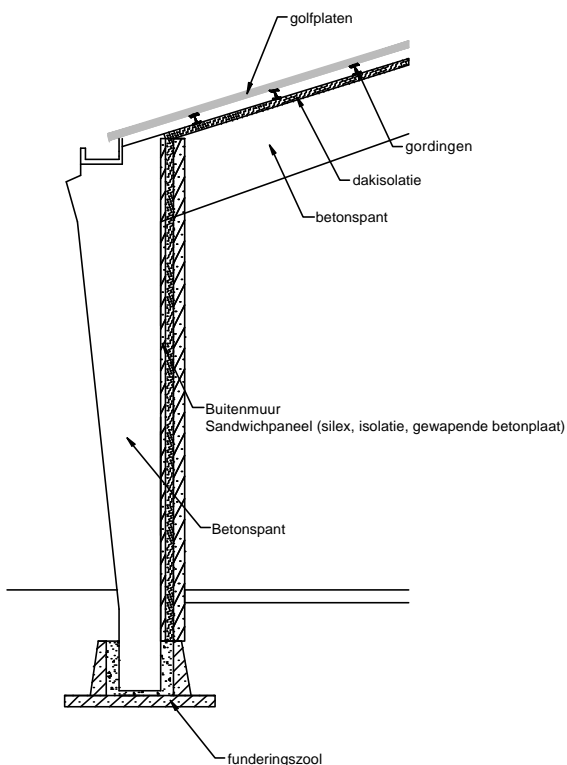
Aandacht

Zorg ervoor dat er bij het bevestigen van de isolatieplaten geen koude bruggen worden gecreëerd. De naden moeten goed worden afgewerkt en bij het inslaan van de nagels mag de isolatie niet beschadigd geraken.

Voor het afwerken van de naden tussen isolatieplaten is het onnodig plakband te gebruiken, aangezien de meeste plakband na enkele jaren toch terug loskomt.

Voorbeelden

In het eerste uitgetekende voorbeeld werd een gewapende betonwand geplaatst aan de binnenzijde van het betonspant. Een doorlopende drukvaste isolatieplaat werd aan de binnenkant hiervan bevestigd. Het is aangewezen een beschermlaag te voorzien op de binnenzijde van de isolatieplaat. De dakisolatie wordt in dit voorbeeld op de gordingen geplaatst, zodat de gordingen zichtbaar zijn in de bewaarloods. Dit is goedkoper dan de uitvoering waarbij isolatie met een steiger van binnenuit geplaatst wordt. Het voordeel van plaatsing op de gordingen, is dat de isolatie doorloopt en dat er geen koudebruggen ontstaan.



In het tweede voorbeeld werd een betonnen sandwichelement geplaatst aan de binnenzijde van het betonspant. Dit omvat zowel de drukvaste wand als de isolatie. De dakisolatie is onderaan de gordingen bevestigd. Dit zorgt voor mogelijke koudebruggen ter hoogte van de dakspanten, zodat de spanten daarna apart moeten worden geïsoleerd.

De dakisolatie kan ook volledig verlaagd worden aangebracht, zodat de spanten niet meer zichtbaar zijn. Deze constructie is niet zo eenvoudig bij betonspanten door de grotere dimensies van de spanten. Bij metaalspanten kan de dakhoogte beperkt blijven door de gordingen in de spanten te voorzien. De isolatie wordt dan volledig onder de spanten aangebracht.



Vloeropbouw

De keuze van de vloeropbouw is een rechtstreeks gevolg van het ventilatiesysteem. Als er geventileerd wordt met bovengrondse kanalen, dan bestaat de vloer uit een volledige betonplaat. Als er ondergronds geventileerd wordt, dan zitten er ondergronds sleuven of een volledige vloer met muurtjes en roosters.

Krachten op de vloer: voor aardappelen max. 4 m storthoogte komt dit op 26 kN/m², voor kistenbewaring komt dit op 36 kN/m² (stapel van 6 kisten met aardappelen). Natuurlijk mogen de lasten door vrachtwagens en machines niet vergeten worden. Voor de bepaling van de aslasten wordt vaak een beroep gedaan op de Nederlandse richtlijn HBRM 1993. Voor de berekeningen wordt dan gerekend met een wielprint van 30 cm breedte en een lengte van 40 cm. Naargelang de voertuigen die op de vloer terecht komen en de asafstand van de voertuigen, worden de te verwachten krachten ontleend uit de onderstaande tabel

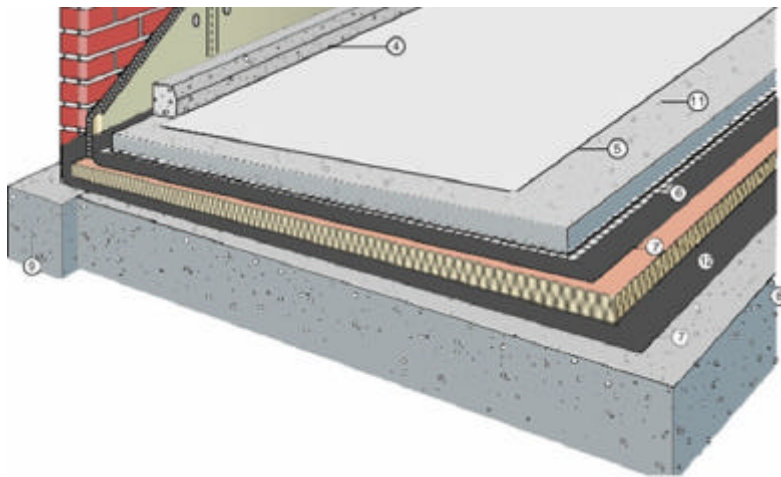
Aslast in functie van asafstand

Astype	Representatieve aslast (kN)	Asafstand (m)
Vrachtwagens (met spoorbreedte van 2 m)		
Enkel	115	n.v.t.
Tandem	2x90	1,2 – 2
	2x 115	> 2
Tripel	3x90	1,2
	2x90 + 1x115	1,20 en 2
	3 x 115	2
Trekkerbelasting (enkel landbouwverkeer en geen vrachtwagens)		
Enkel	25 (met spoorbreedte 1,5 m)	
Enkel	40 (met spoorbreedte 1,8 m)	

Indien een tandem-vrachtwagen in de bewaarloods komt met een asafstand van meer dan 2 meter dan mag verwacht worden dat het gewicht per as tot 115 kN (of 11,5 ton) kan oplopen.

Betonvloer

De betonverharding voor opslag van aardappelen bestaat uit een C25/30 of C 30/37, gewapend, 2a, S3, 20,28 of 32, cement LA. Enkel wanneer de bewaartemperatuur onder de 4°C moet worden gehouden, wordt de vloer ook geïsoleerd.



De mogelijke vloeropbouw van onder naar boven kan bestaan uit:

- betonvloer (8)
- Polyethyleenfolie (7)
- Vloerisolatie (12)
- Polyethyleenfolie (7)
- Betonnen afdeklaag (11) van minimaal 7 cm met een lichte wapening (6)
- Anti-stoflaag (5)

(Bron: Recticel)

Roostervloer

Er is op dit moment heel wat onduidelijkheid rond het begrip 'berijdbare' roostervloeren. Door het ontbreken van normeringen, wordt het begrip 'aslasten' op de roostervloer op verschillende manieren geïnterpreteerd. In veel gevallen worden de waarden uit voorgaande tabel toegepast, maar door het ontbreken van Belgische richtlijnen is er geen eenduidigheid.

Tip

Vraag de fabrikant van de roostervloeren duidelijk met welke lasten rekening werd gehouden voor de berekening van de ventilatieroosters.

6 Isolatie

Om temperatuurschommelingen te voorkomen, is het noodzakelijk voldoende aandacht te besteden aan de isolerende werking van de wanden en de constructie. In de eerste plaats moet de warmteoverdracht tussen de buitenomgeving en de binnenruimte beperkt worden. Bij een slechte isolatie zullen de aardappelknollen bij zeer koud weer te sterk afkoelen of in extreme gevallen kunnen de aardappelen tegen de wand bevroren. Op de tweede plaats dient ook de condensatie op de materialen voorkomen te worden tijdens perioden van lage buitentemperaturen. Condens is niet enkel nadelig voor de duurzaamheid van de bouwmaterialen, maar zeker en vast te weren bij de bewaring.

Isolatiewaarde materialen

Om een goed beeld te krijgen van de warmteverliezen en de mogelijke problemen, kan het interessant zijn om na te gaan hoe het gesteld is met de warmteweerstand van de materialen en de constructie. Door een kleine berekening uit te voeren, kan al vlug een beeld gevormd worden van de isolatiewaarde van het gebouw.

De warmteoverdracht verloopt van hoge naar lage temperatuur doorheen de bouwmaterialen. Afhankelijk van de temperatuur in en buiten de bewaarloods zal de warmteoverdracht van binnen naar buiten (koud weer) verlopen of van buiten naar binnen (warm weer). Hoe groter de warmteweerstand van de bouwmaterialen, hoe minder snel de warmteoverdracht zal plaats vinden en hoe kleiner de temperatuurschommelingen zullen zijn in de bewaarloods. De isolatiewaarde van de wand, de vloer of het dak wordt uitgedrukt in een k-waarde. Voor bewaarloodsen wordt geadviseerd om maximum 0,3 W/m²K als k-waarde toe te passen. Om de k-waarde van een wand te berekenen wordt eerst de totale thermische weerstand van de wand berekend. De totale thermische weerstand van de wand is afhankelijk van de opbouw en de gebruikte materialen (R) van de wand, alsook van de richting van de warmtestroom ten opzichte van de wand (r):

$$R_r = \frac{1}{k} = R + r$$

Met

R_r = Totale thermische weerstand (m².K/W)

R = warmteweerstand van de wand (afhankelijk van het materiaal) (m².K/W)

r = som van de warmteovergangswaarden, afhankelijk van de richting van de warmtestroom (m².K/W)

Warmteweerstand van de wand

De warmteweerstand van een materiaal is afhankelijk van de dikte alsook van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal. Vaak is de warmtegeleidingscoëfficiënt \mathbf{I} van de materialen gemakkelijker terug te vinden in tabellen. Met behulp van volgende formule kan de warmteweerstand van het materiaal worden bepaald:

$$R = \frac{d}{\mathbf{I}}$$

Met d = dikte van het materiaal (m)

\mathbf{I} = warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal (W/mK).

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de volumemassa en de warmtegeleidingscoëfficiënt van verschillende bouwmaterialen.

Met: \mathbf{I}_i : warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal in een binnenwand of een buitenwand wanneer deze beschermd wordt tegen vochtigheid

\mathbf{I}_e : warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal in een buitenwand dat niet beschermd is tegen regenvocht of condensatie

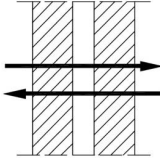
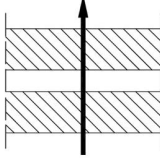
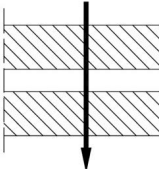
Volumemassa en warmtegeleidingscoëfficiënt van verschillende materialen

Materiaal	Volumemassa \bar{n} kg/m ³	Warmtegeleidingscoëfficiënt W/m.K	
		\dot{e}_i	\dot{e}_e
Metalen			
Lood	11340	-	35
Koper	8300 \bar{n} 8900	-	384
Staal	7800	-	45
Aluminium	2700	-	203
Natuursteen			
Harde natuursteen	2550	2,21	2,68
Metselwerk			
Licht metselwerk	700 \bar{n} 999	0,27	0,41
Halfzwaar metselwerk	1000 \bar{n} 1599	0,54	0,75
Zwaar metselwerk	1600 \bar{n} 2099	0,90	1,10
Metselwerk van zeer lichte betonblokken	\bar{n} 599	0,22	-

Metselwerk van lichte betonblokken	600 ñ 899	0,30	0,50
Metselwerk van middelzware betonblokken	900 ñ 1199	0,40	0,62
Metselwerk van halfzware betonblokken	1200 ñ 1499	0,60	0,90
	1500 ñ 1799	0,85	1,20
	1800 ñ	1,30	1,70
Steenachtige bouwdelen zonder voegen			
Zwaar normaal gewapend beton	2400	1,7	2,2
Zwaar normaal ongewapend beton	2200	1,3	1,7
Hout en houtderivaten			
Hard loofhout (eik, beuk)	600 ñ 800	0,17	0,19
Naaldhout (vuren, Europese grenen)	450 ñ 600	0,12	0,13
Triplex, multiplex	600	0,14	0,15
Platen van houtvezels, geagglomereerd met cement	400 – 600	0,12-0,16	-
Isolatiematerialen			
Kurk	ñ < 100	0,040	-
	ñ 100	0,045	-
Minerale wol		0,040	-
Geëxpandeerd polystyreen	ñ < 100	0,040	-
Polyurethaanschuim	ñ 30	0,028	-
Geëxtrudeerd polystyreen	ñ 30	0,035	-
Luchtlaag (dikte 1mm)		0,028	

De warmteweerstand van een enkelvoudige wand is dus eenvoudig te bepalen. Voor een samengestelde wand dient men de som te nemen van de warmteweerstanden van de verschillende materialen (R_i) en eventueel ook de aanwezige niet-verluchte luchtlagen (R_a) (zie tabellen).

Warmteweerstanden R_a van niet verluchte luchtlagen ($m^2.K/W$)

Dikte van de luchtlaag	Verticale luchtlagen	Horizontale luchtlagen	Horizontale luchtlagen
			
1 mm	0,035	0,035	0,035
5 mm	0,11	0,11	0,11
10 mm	0,15	0,13	0,15
20 mm	0,17	0,14	0,20
50 mm	0,17	0,14	0,21

Bovenstaande cijfers duiden aan dat een spouw een goede isolator is. Vanaf een spouw van 2 cm neemt de isolatiewaarde nog nauwelijks toe.

Warmteovergangsweerstanden

Er is een warmteovergang van de binnenlucht naar de muur, het dak en de vloer. Daarnaast is er een tweede warmteoverdracht van de muur en het dak naar de buitenlucht en omgekeerd. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de meest voorkomende r-waarden.

r-waarden

Richting van de warmtestroom t.o.v. de wand	r : som van de warmteovergangsweerstanden ($m^2.K/W$)
Verticale buitenwand	0,17
Verticale binnenwand of scheidingswand in de loods	0,25
Dakconstructie	0,25
Vloer	0,21

Bepaling van de k-waarde

Voor iedere soort wand, vloer of dak kan dus een k-waarde bepaald worden.

k-waarden

Wand	k-waarde
Enkelvoudige buitenwand	$k = \frac{1}{R + 0,17}$
Samengestelde buitenwand (zonder spouw)	$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + 0,17}$
Samengestelde buitenwand met spouw	$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_a + 0,17}$
Enkelvoudige binnenwand	$k = \frac{1}{R + 0,25}$
Samengesteld dak (met spouw)	$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_a + 0,25}$
Samengestelde vloeropbouw	$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + 0,21}$

Voorbeeld

In dit voorbeeld gaan we na welk verschil in k-waarde een betonnen muur heeft ten opzichte van een geïsoleerde betonnen muur (sandwichpaneel). De betonnen muur heeft een dikte van 20 cm; het sandwichpaneel bestaat uit 3 materialen nl. 6 cm silexbeton, 8 cm PUR-isolatie en 14 cm gewapend beton.

Betonmuur met dikte 20 cm	Sandwichelement met dikte 28 cm
$R = \frac{d}{I} = \frac{0,2}{2,2} = 0,091 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{\text{silex}} = \frac{d}{I} = \frac{0,06}{2,2} = 0,027 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{\text{isolatie}} = \frac{d}{I} = \frac{0,08}{0,028} = 2,86 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{\text{beton}} = \frac{d}{I} = \frac{0,14}{1,7} = 0,082 \text{ m}^2\text{K/W}$
$k = \frac{1}{R + 0,17}$	$k = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + 0,17}$
k = 3,83 W/m ² K	k = 0,32 W/m ² K

Naast de isolatiewaarde biedt een goed geïsoleerde wand ook minder grote verschillen in oppervlaktetemperaturen van de materialen. Dit heeft uiteraard belang bij de temperatuur ter hoogte van de aardappelen. De aardappelen die in direct contact komen met de buitenmuur worden hierdoor beïnvloed. Een minder goed geïsoleerde wand geeft een grotere variatie in de producttemperatuur en levert meer kans op condensvorming op het wandoppervlak. Condensvocht op de aardappelen is slecht voor de bewaring.

Condensvorming

Om zoveel mogelijk gewichtsverliezen te beperken, heerst er in een bewaarplaats een hoge relatieve vochtigheid. Voor een goede bewaring moet worden vermeden dat condenswater van de wand- en de dakoppervlakken op de aardappelen valt. Om dit te voorkomen moet de isolatie een grote warmteweerstand hebben zodat bij lage buitentemperaturen geen oppervlaktecondensatie optreedt. Wanneer de binnenlucht afkoelt wordt op een gegeven moment de dauwpunttemperatuur bereikt. Bij deze temperatuur treedt oppervlaktecondensatie op. De oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde van de wanden en het dak moet hoger zijn dan het dauwpunt van de binnenlucht. Om deze oppervlaktetemperatuur aan de wandbinnenzijde boven het dauwpunt te houden moet er dus voldoende geïsoleerd worden. De maximale waarde kan berekend worden met de volgende formule:

$$k \leq \frac{1}{R_i} \left(\frac{T_i - T_s}{T_i - T_o} \right)$$

Waarbij:

R_i = overgangswaarde binnenzijde (vb. 0,13 m²K/W)

T_i = temperatuur in de bewaarloods (°C)

T_o = temperatuur buiten de bewaarloods (°C)

T_s = dauwpunttemperatuur van de binnenlucht (°C)

Dauwpunt (°C) in functie van T en RV

	Relatieve vochtigheid(%)			
	80%	85%	90%	95%
4	0,9	1,7	2,5	3,3
6	2,8	3,7	4,5	5,25
8	4,75	5,6	6,45	7,25
10	6,7	7,6	8,4	9,2

Voorbeeld

Voor een aardappelbewaarplaats waar een bewaartemperatuur van 4°C moet worden nagestreefd, berekenen we de benodigde k-waarde van de wanden en daken. In dit voorbeeld wordt verondersteld dat de buitentemperatuur in de winter daalt tot -10°C. Uit bovenstaande tabel kunnen we de dauwpunttemperatuur voor de binnenlucht (4°C) afleiden bij een relatieve vochtigheid van 95%, nl. 3,3 °C.

$$k \leq \frac{1}{0,13} \left(\frac{4 - 3,3}{4 - (-10)} \right) = \frac{1}{0,13} \left(\frac{0,7}{14} \right) = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Voor deze loods zou een maximale k-waarde van 0,38 W/m²K voor de wanden en het dak noodzakelijk zijn om de oppervlaktecondensatie te vermijden. Indien echter de buitentemperatuur daalt tot -12 °C zal er oppervlaktecondensatie optreden aan de binnenzijde.

Tip

Voor bewaarloodsen wordt een maximum k-waarde van 0,3 W/m².K per wand geadviseerd.

Welke isolatie?

De bewaarloods isoleren is nodig om de koude buiten te houden, maar ook om de warmte in het voorjaar en in de zomer buiten te houden. Het volgende lijstje geeft een belangrijk overzicht van de eisen op het vlak van isolatie:

- duurzaam: het materiaal mag niet kromtrekken, niet doorzakken of krimpen zodat er geen naden en kieren kunnen ontstaan
- bestand tegen vocht: indien de isolatie vocht opneemt, daalt de isolatiewaarde van het materiaal sterk
- bestand tegen condens: het condensatievocht in de isolatie kan vermeden worden door bijvoorbeeld een dampremmende aluminiumfolie aan te brengen aan de 'warme' zijde van de isolatie
- bij voorkeur niet brandbaar
- gemakkelijk aan te brengen.

Uit het ruime aanbod van isolatiematerialen worden de volgende het meest toegepast in bewaarloodsen:

Geëxpandeerde polystyreenplaten (EPS): soms ook piepschuim genoemd. Het is een synthetisch schuim dat zowel als dak- en als wandisolatie gebruikt wordt.

Polyurethaanplaten (PUR): een synthetisch schuim met een cellenstructuur van het gesloten type. Het wordt geproduceerd door de vermenging van twee harsen waarvan de reactie een derde stabiel hars creëert.

Geëxtrudeerde polystyreenplaten (XPS): een kunststofschuim met een gesloten cellenstructuur. Het wordt gefabriceerd door de vermenging van een polystyreen polymeer met een drijfgas onder druk waarna het geëxtrudeerd wordt.

Tip: Minimale dikte isolatie

De benodigde dikte van de isolatiematerialen is afhankelijk van de eigenschappen van het isolatiemateriaal. Hoe lager de **λ**-waarde van het isolatiemateriaal, hoe minder de dikte van de isolatie hoeft te zijn om de k-waarde van max. 0,3 te halen.

Isolatie	EPS	PUR	XPS
Minimale dikte (cm)	12	8	10

Algemeen kan gesteld worden, dat hoe hoger de isolatiewaarde van de wand (lage k-waarde), hoe koeler de bewaarplaats is en hoe kleiner de kans op condensatie is.

Karakteristieken van isolatiematerialen

Karakteristieken	EPS	PUR	XPS
Volumemassa	Minimaal 20 kg/m ³	30 kg/m ³	30 à 40 kg/m ³
<i>λ</i> -waarde	0,035 à 0,045 W/mK	0,023 – 0,028 W/mK	0,028 – 0,04 W/mK
Temperatuurgevoeligheid Brandbaarheid	Heel gevoelig voor hoge temperaturen (> 70°C), bij voorkeur vlamdovend EPS kiezen	Niet blootstellen aan hoge temperaturen (> 100°C), brandbaar	Niet al te hoge brandweerstand
Druksterkte	0,11 à 0,25 N/mm ²	0,12 N/mm ²	> 0,3 N/mm ²
Kleur	wit	geel	verschillende kleuren
Plaatsing aluminiumfolie	aan beide zijden	Aan beide zijden	Geen aluminiumbekleding nodig
Vervorming	Zeer krimpgevoelig (laat eerst een aantal maanden liggen alvorens aan te brengen)	Neiging tot kromtrekken (aluminiumfolie beperkt het kromtrekken)	Maatstabiel en weinig krimpvervorming

Aandacht

PUR-isolatie kan ook ter plaatse gespoten worden. Er zijn echter een aantal belangrijke nadelen:

- de isolatie kleeft aan de golfplaten, wat grote moeilijkheden oplevert bij de afbraak of het vervangen van het dakoppervlak;
- de isolatie wordt vochtig en vermindert in isolatiewaarde;
- Condensvorming (vb. op de onderliggende metalen spanten) in de isolatie, door een gebrek aan een dampscherm.

Wanneer kan het dan wel toegepast worden:

- voor het isoleren met een zeer kleine dikte
- voor het isoleren van daken met een zeer ingewikkelde dakstructuur, omdat een ander manier van isoleren onhaalbaar is.

7 Ventilatie

Een goede bewaring vereist een optimale beheersing van het bewaarklimaat. Met een aangepaste ventilatie kunnen in elke fase van de bewaring de meest ideale luchtcondities worden gecreëerd. Ventilatie maakt het mogelijk de knollen te drogen, te koelen en op temperatuur te houden. Zo wordt de ontwikkeling van ziekten tegengegaan, kieming onderdrukt en kwaliteit gehandhaafd.

Ventilatoren

Voor de bewaring van aardappelen is een capaciteit van 100 m³ lucht per uur per m³ aardappelen aangewezen. Als aanwezige tegendruk wordt meestal 150 Pascal gehanteerd. Deze druk bestaat enerzijds uit een statische en anderzijds uit een dynamische component.

Dynamische druk

De dynamische druk neemt toe naarmate de lichtsnelheid groter wordt. Dit is het geval wanneer een zeker luchtdebiet in een té klein kanaal moet gerealiseerd worden. Om die reden wordt bij een vereist debiet tussen 15 000 en 30 000 m³/u meestal gerekend met een lichtsnelheid van 6 m/s aan de ingang van het kanaal. De resulterende kanaaldoorsnede is dan groot genoeg om weinig dynamische tegendruk te creëren (10 Pascal).

Statische druk

Statische tegendruk ontstaat als gevolg van de weerstand die lucht ondervindt door wrijving in de kanalen, door turbulentie in hoeken (verandering van richting) en bij de doortocht door de aardappelen. Aangezien de kanalen rechtlijnig zijn en de lichtsnelheid niet hoger dan 6 m/s is, valt de weerstand in de kanalen nog mee (50 Pa). Bij doortocht door de aardappelen wordt, bij een debiet van 100 m³ lucht per uur, rekening gehouden met een weerstand van ongeveer 15 Pascal per meter. Voor een storthoogte van 3,5 m betekent dit een statische druk van 50 Pascal. Bij veel grond in de partij en bij kieming loopt deze waarde natuurlijk op. De totale statische druk kan dus oplopen van 100 tot 150 Pascal.

Totale tegendruk

De totale tegendruk (dynamisch + statisch) kan uiteindelijk 150 a 200 Pascal bedragen. Naarmate de ventilatielucht verder in het kanaal komt neemt de totale druk af. Voor een gelijke luchtstroom in de aardappelen over de hele lengte van het kanaal, is het daarom aangewezen gelijke-druk-kanalen aan te leggen. Door een verminderende doorsnede van de kanalen blijft de druk dan gelijk.

Karakteristieken

Elke ventilator heeft zijn karakteristieke curve met tegendruk in functie van het te leveren debiet. Hieruit blijkt of een ventilator geschikt is om aan de gestelde eisen te voldoen. Meestal wordt gekozen voor ventilatoren van 2 à 2,5 kW (bv. 2,2 kW; debiet: 27 540 m³/u bij 150 Pa).

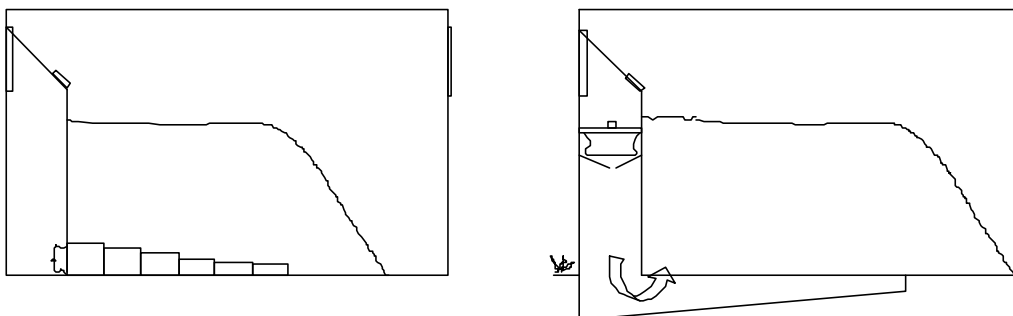
Voorbeeld

Een bewaarplaats met een stockeerruimte van 20 m x 15 m en een stapelhoogte van 3,5 m bevat $20 \times 15 \times 3,5 = 1050 \text{ m}^3$ aardappelen. Als de luchtstroom 100 m³ per uur per m³ aardappelen moet bedragen, dan is in de gegeven loods een luchtstroom van 105.000 m³ per uur nodig. De keuze van het type ventilator volgt door de benodigde ventilatorcapaciteit die bij 150 Pa moet geleverd worden, te delen door het aantal ventilatoren (1 per 3 m). De ventilatoren zullen dus elk een capaciteit van $105.000/5 = 21.000 \text{ m}^3$ lucht per uur moeten hebben bij 150 Pa tegendruk.

Ventilatoren zijn altijd een bron van lawaai. Naargelang het te leveren debiet en de tegendruk, wordt geluid geproduceerd. Een indicatie hiervan wordt weergegeven in decibels (dB). Voor een debiet van 10 000 m³/u en een totale druk van 200 Pa, situeert het geluid zich op een niveau rond de 100 dB. Tegenwoordig zijn geluidsarmere ventilatoren op de markt. Deze hebben een lager toerental per minuut.

Drukkamer

Om een goede luchtverdeling te verkrijgen, moet elk kanaal even goed van lucht voorzien worden. Per ventilator kan een schouw gemaakt worden waarlangs buitenlucht aangezogen wordt. Deze schouwen moeten ook in verbinding staan met de ruimte boven de aardappelen om met interne lucht of met menglucht te kunnen ventileren. Ventilatoren kunnen ook vóór de ingang van het kanaal geplaatst worden. Dit verhoogt het rendement met 15%.



Vanaf een bewaarcapaciteit van 500 ton is het beter te kiezen voor een drukkamer. Deze gang van 1,20 a 1,50 m breed maakt het mogelijk dat de diverse ventilatoren een zekere gelijkmatige druk opbouwen vooraleer de lucht in de kanalen gaat. Hierdoor is het aantal ventilatoren nu onafhankelijk van het aantal kanalen. Bovendien laat een drukkamer toe het luchtdebiet aan te passen door één of meerdere ventilatoren uit te schakelen. Bij thermovergeving van kiemremmingsmiddelen (foggen) is het aangewezen te ventileren op halve capaciteit.

Terugslagkleppen onder de niet gebruikte ventilatoren zijn nodig om te voorkomen dat lucht langs daar ontsnapt waardoor te weinig druk in de drukkamer kan worden opgebouwd.

De ventilatoren met terugslagkleppen hangen op een hoogte van ongeveer 2,5 m, dit is 1,5 à 2 m boven de roostervloer.

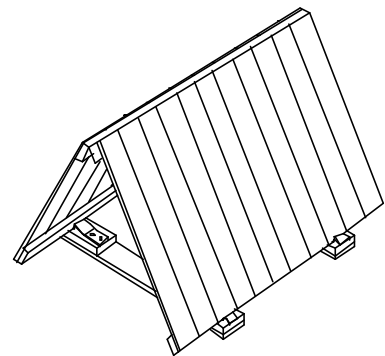
Kanalen

Een goed ventilatiesysteem moet een gelijkmatige luchtverdeling kunnen garanderen. Lucht zoekt immers altijd de weg van de kleinste weerstand. Stortkegels of plaatsen waar de lucht niet bij kan, blijven op een hogere temperatuur. Dit leidt tot temperatuursverschillen in de partij, die condensatie op de koudere aardappelen kunnen veroorzaken.

Bovendien mag het systeem geen belemmering vormen bij het in- en uitschuren. Meestal worden een aantal kanalen ondergronds of bovengronds aangesloten op een centrale drukgang of op afzonderlijke luchtkokers. Deze staan zowel met de buitenlucht als met de lucht boven de aardappelen in verbinding.

Bovengrondse kanalen

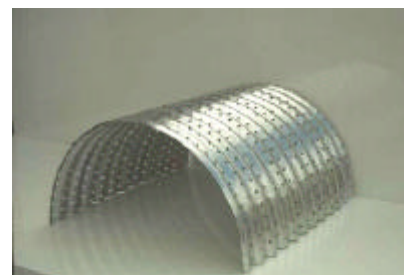
Bovengrondse kanalen worden gemaakt van hout of plaatstaal. In aanschaf zijn bovengrondse kanalen goedkoper dan ondergrondse, maar ze vragen meer onderhoud en arbeid. Bij het in- en uitschuren moeten ze worden opgebouwd en afgebroken met meer kans op beschadiging. Ze betekenen een klein verlies aan opslagruimte en er zijn meer draaiuren nodig als gevolg van de kleinere uitreedopeningen. Anderzijds bieden bovengrondse kanalen het voordeel dat de bewaarplaats ook nog voor andere doeleinden kan gebruikt worden (bv. opslag van graan). De vloer bestaat immers uit een vlakke beton.



Houten driehoekskanalen

De onderlinge afstand tussen bovengrondse kanalen moet - hart op hart - beperkt blijven tot de hoogte van de aardappelhoop. De kanalen moeten altijd lopen van groot naar klein om de juiste druk te kunnen behouden. De afmetingen van de kanalen moeten bovendien aangepast zijn aan de capaciteit van de ventilator.

Naargelang de uitvoering (constructeur) kunnen perforaties aan de zijkant of over het volledige oppervlak aanwezig zijn. Afhankelijk van het vereiste luchtdebiet per kanaal, kunnen de begin- en de einddoorsnede berekend worden.



Gegalvaniseerde halfronde kanalen

Uitgaande van een luchtdebiet van 100 m³/u per m³ aardappelen, kan de ventilatorcapaciteit Q per kanaal als volgt berekend worden:

$$Q \text{ (m}^3\text{/u)} = L \text{ (m)} \times l \text{ (m)} \times h \text{ (m)} \times 100 \text{ (m}^3\text{/u.m}^3\text{)}$$

met Q = ventilatorcapaciteit per kanaal, L = kanaallengte, l = geventileerde breedte per kanaal, h = stapelhoogte

De doorsnede (S) van de kanaalingang waar de luchtsnelheid 6 m/s bedraagt, is dan:

$$S \text{ (m}^2\text{)} = Q / (6 \times 3600).$$

Voor driehoekige kanalen geldt: doorsnede (S) = (breedte basis x hoogte)/2. Voor halfronde kanalen geldt: doorsnede (S) = (π x diameter²)/8.

Om de statische druk over de hele lengte van het kanaal gelijk te houden, wordt gebruik gemaakt van gelijgedrukkanalen. Deze veranderen zowel in hoogte als in breedte.

In de tabel zijn de aanbevolen verhoudingen weergegeven tussen de begin- en de einddoorsnede van gelijgedrukkanalen voor verschillende kanaallengtes.

Verhouding tussen in- en uitlaat van gelijgedrukkanalen

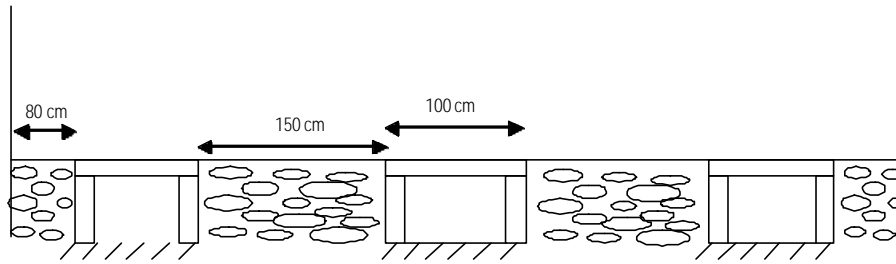
Kanaallengte (m)	Verhouding begin- / einddoorsnede
5	4:1
10	7:1
15	10:1
20	13:1

Voorbeeld

De loods van 20 m x 15 m had een ventilatorcapaciteit nodig van 21.000 m³/u (zie vorig rekenvoorbeeld). Met een luchtsnelheid (inlaat) van 6 m/s is de begindoorsnede van het kanaal te berekenen: $S = 21000 / (3600 \times 6) = 0,97 \text{ m}^2$. Met de verhouding begin-/einddoorsnede (13:1) is de einddoorsnede van het kanaal te berekenen: $S = 0,97 / 13 = 0,07 \text{ m}^2$. Als de begindoorsnede van het kanaal 0,97 m² moet zijn, zal het driehoekig kanaal 1,6 m breed en 1,2 m hoog moeten zijn, want $(1,6 \times 1,2) / 2 = 0,96 \text{ m}^2$. Voor het halfronde kanaal zal een diameter van 1,6 m en een hoogte van 0,8 m nodig zijn, want $(3,1415 \times 1,6^2) / 8 = 1,00 \text{ m}^2$.

Ondergrondse kanalen

Ondergrondse kanalen vormen geen belemmering bij het in- en uitschuren van de aardappelen. Hun onderlinge afstand - hart op hart - bedraagt bij voorkeur 2,5 m. Indien de luchtsnelheid kleiner blijft dan 6 m/s kunnen kanalen met gelijke doorsnede aangelegd worden. Deze hebben een minimale diepte van 60 cm. Indien geopteerd wordt voor gelijgedrukkanalen, dan moet de begindoorsnede ongeveer even hoog als breed zijn (1 m of meer). Op het einde van het kanaal moet nog een minimale diepte van 15 cm worden nagestreefd. De wanden van het kanaal moeten glad zijn voor een minimale weerstand. De afdekking van de kanalen gebeurt met betonnen roosters (100 x 100 x 16,5 cm). In het verleden werden ook houten balken gebruikt, maar met het oog op voedselveiligheid, is hout in de toekomst te vermijden. De luchtspleten in de betonnen roosters zijn meestal 15 of 20 mm breed.

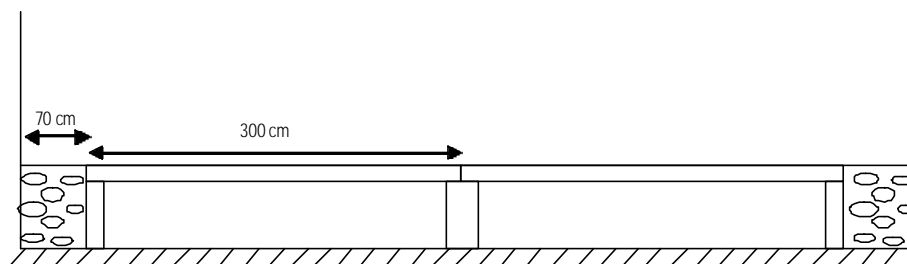


Volledige roostervloer

Bij een volledige roostervloer sluiten de kanalen direct op elkaar aan. Eerst wordt een betonplaat gegoten en licht gepolijst (voor minder weerstand en gemakkelijke reiniging). Daarna worden muurtjes gemetst of prefab betonelementen geplaatst. Hierop komen de betonroosters (bv. 300 x 100 x 20 cm). Om de kanalen droog te reinigen worden op regelmatige afstand roosters weggenomen en wordt het vuil (grond, aardappelstukjes) bijgetrokken en uitgeschept. Dit betekent dat enkele roosters uitneembaar moeten blijven, terwijl de rest in specie geplaatst wordt. Langs de zijwanden wordt over een afstand van 60 cm geen roosters gelegd.

Het systeem met volledige roostervloer geeft de meest ideale luchtverdeling. De loods is volledig onderkelderd en afgedekt met roosterplaten die voor 7 à 10 % uit luchtspleten bestaan. De spleetopeningen moeten zo gekozen zijn dat de som van alle openingen 2,5 à 3 keer groter is dan de inlaat. Bij losgestorte aardappelen is immers tweederde van de vloeroppervlakte bedekt met aardappelen.

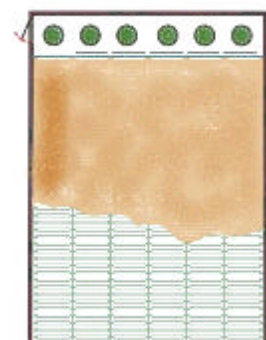
Een grotere luchtinlaat is mogelijk, dus mogen de kanalen (de kelder) minder diep zijn om een zelfde luchtsnelheid te creëren (6 m/s). De diepte van het kanaal kan in principe constant blijven over de hele lengte. In dit geval is het evenwel aangewezen de uitlaatopeningen in de betonroosters te vernauwen van zodra de kanaallengte meer dan 10 m bedraagt. Een goed alternatief is een kelder met variërende diepte. Bovendien is een traag oplopende ondergrond gemakkelijk met het oog op de reiniging van de loods met water.



Langs- en dwarsventilatie

Langsventilatie

Bij langsventilatie liggen de kanalen in de richting waarin de loods gevuld en uitgeschuud is dit in de lengterichting van de loods. Dit betekent dat de drukkamer op de gevel zit beperkt is. Anderzijds zijn kanalen die opgesteld staan in de lengterichting vrij lang. Een van 25 à 27 m mag niet overschreden worden om een voldoende luchtverdeling te kunnen



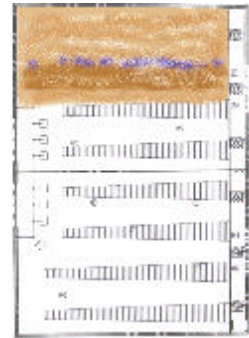
Langsventilatie

Eens de aardappelen worden uitgeschuurd, moet een deel van de kanalen worden afgesloten om verliezen te vermijden. Alle ventilatoren moeten echter in werking blijven.

Dwarsventilatie

Bij dwarsventilatie liggen de kanalen dwars op de richting waarin de loods wordt gevuld, betekent dat de drukkamer in veel gevallen op de langste muur zit. Meerdere kanalen ; aardappelen van voldoende lucht te voorzien. De kanaallengte blijft beperkt tot de breedte van de loods.

Het voordeel van dwarsventilatie is de goede doorluchting als gevolg van kortere kanalen om ventilatoren uit te schakelen ter hoogte van de uitgeschuurde aardappelen. Een drukzijde van de loods betekent wel meer plaatsverlies dan op de topgevel.



Dwarsventilatie

Inlaat- en uitlaatluiken

Om de juiste hoeveelheid buitenlucht te kunnen aanzuigen, moeten in de constructie voldoende inlaatopeningen worden voorzien. Voor afvoer van interne lucht moeten ook uitlaatluiken aanwezig zijn.

Bij de inlaat wordt een luchtsnelheid van 5 à 6 m/s nagestreefd. Deze snelheid neemt af naarmate de lucht doorheen de ventilatoren, de kanalen en de aardappelen gaat. Bij de uitlaat bedraagt de snelheid gemiddeld nog 3 à 4 m/s. Dit betekent dat de uitlaatopening 1,5 keer groter moet zijn dan de inlaatopening om een goede luchtstroom te garanderen.

De grootte van de openingen wordt als volgt berekend:

$$\text{Doorsnede in m}^2 (S) = \text{ventilatorcapaciteit in m}^3/\text{u} / (3600 \times \text{luchtsnelheid in m/s})$$

Voorbeeld

De nagestreefde capaciteit is 100 m³ lucht per uur per m³ aardappelen. Voor 100 m³ aardappelen is per uur dus 10.000 m³ lucht nodig. De luchtsnelheid bedraagt 6 m/s bij de inlaat en 4 m/s bij de uitlaat. Dit betekent dat de inlaat per 100 m³ aardappelen 0,46 m² en de uitlaat 0,69 m² moet zijn.

Zowel de inlaat- als de uitlaatopeningen moeten met geïsoleerde luiken af te sluiten zijn. Deze luiken kunnen deel uitmaken van de automatisering en dus gekoppeld worden aan de regeling van de ventilatoren.

De in- en uitlaatluiken worden best zo ver mogelijk uit elkaar geplaatst, dus liefst niet in dezelfde gevel. Bij langsv ventilatie zijn beide topgevels ideaal voor respectievelijk in- en uitlaat. Bij dwarsventilatie kunnen tegenover elkaar liggende wanden dienen voor in- en uitlaat. De uitlaat kan echter ook op de twee topgevels zitten.

Bij constructies met een oversteek, zitten de luiken beschermd voor weer en wind. Als de luiken zichtbaar in de gevel worden aangebracht, zijn jaloeziroosters noodzakelijk voor bescherming tegen regen en licht.

Opgelet, het gebruik van jaloeziroosters betekent een verlies van 30%. De openingen met jaloeziroosters moeten dus bij voorbaat 30% groter gemaakt worden.

Menglucht

Omdat buitenlucht soms te koud is om mee te ventileren, worden de drukkamer en de inlaatluiken zo opgebouwd dat een mengeling van buitenlucht en binnenlucht kan gemaakt worden.

Door automatische regeling van de luiken wordt de verhouding buitenlucht/interne lucht zo aangepast dat het onmogelijk is te ventileren met lucht die kouder is dan de ingestelde minimale ventileertemperatuur. Daartoe hangt een temperatuursonde bij de ingang van kanaal. Met intervallen van enkele seconden wordt er gemeten of de menglucht die in het kanaal gaat de juiste temperatuur heeft. Als de menglucht nog te koud is, gaan de inlaatluiken iets verder dicht. Het aandeel interne lucht vergroot dan. Met deze manier van werken ontstaan er per dag meer geschikte momenten om te ventileren. Dit laat toe te kiezen voor de periodes waarin de luchtvochtigheid op zijn hoogst is ('s nachts). Weinig temperatuurschommelingen en een hoge relatieve vochtigheid zijn immers belangrijke factoren om kwaliteit te handhaven en gewichtsverliezen te beperken.



Automatisering

In geval van computersturing, worden alle gemeten waarden (producttemperatuur, buitentemperatuur, relatieve vochtigheid, ...) vergeleken met ingestelde streefwaarden en randvoorwaarden. Op grond hiervan worden elektronische signalen gegenereerd die de aangesloten apparatuur aan- of uit schakelen ongeacht het uur van de dag. Het is zelfs mogelijk verschillende programma's te definiëren voor de verschillende fasen van de bewaring (drogen, wondhelen, inkoelen, op temperatuur houden, opwarmen voor aflevering).

Ventileren kan ook om andere redenen dan temperatuurregeling nodig zijn. Bijvoorbeeld om aardappelen te drogen of om lokale rottingshaarden aan te pakken. Dergelijke dingen signaleert een automatisch systeem niet. Dus ook bij hypermoderne automatische klimaatregeling hangt het succes van de bewaring in hoge mate af van de waakzaamheid en de deskundigheid van de teler.



8 Kistenbewaring

De laatste jaren is er een toenemende belangstelling voor kistenbewaring van aardappelen. De voordelen zijn duidelijk: Partijen kunnen gescheiden worden opgeslagen (traceerbaarheid!). De kans op drukplekken is kleiner vanwege de kleinere storthoogte. En kleinere partijen kunnen afzonderlijk opgewarmd of verhandeld worden. Vooral voor de pootgoed- en tafelaardappelsector zijn deze voordelen interessant.

Het nadeel van kistenbewaring is de extra investering in kisten, een heftruck en een kistenvuller. Bovendien vertraagt de inschuursnelheid t.o.v. losse bewaring. Anderzijds wordt aan de constructie minder eisen gesteld. De wanden hoeven niet drukvast te zijn.

Luchtverdeelssystemen

Naar analogie met losse bewaring, moet het ventilatiesysteem van kisten er op voorzien zijn, lucht intern te laten circuleren om een té groot temperatuurverschil tussen de bovenste en de onderste kisten te voorkomen (stapelings tot 6 kisten hoog). Normaal wordt een ventilatiecapaciteit van 50 tot 60 m³/uur per ton voorzien.

Bij kistenbewaring zijn drie luchtverdeelssystemen mogelijk: het doorstroomsysteem, het langsstroomsysteem en zuigventilatie.

Doorstroomsysteem

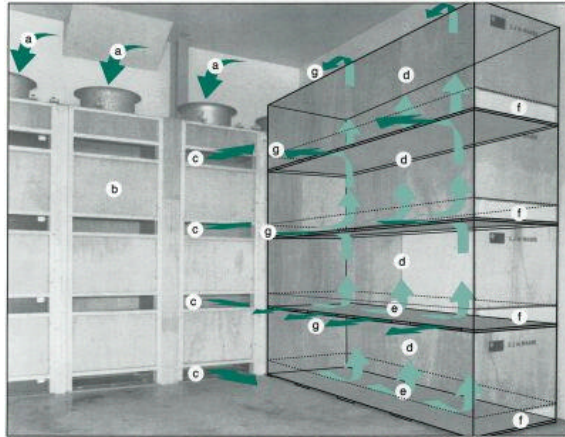
Toen kistenbewaring in de jaren '90 zijn intrede deed, werd het doorstroomsysteem aangeraden. Bij dit systeem worden de kisten tegen een droogwand geplaatst. Deze wand is de voorzijde van de drukkamer waarin luchtinlaatluiken zitten en ventilatoren opgesteld staan. De wand waar de kisten tegen staan, heeft rechthoekige luchtspleten die aansluiten op de palletopeningen van de kisten. De grootte van de luchtspleten in de wand is berekend in functie van het ventilatiedebiet (100 m³ lucht per m³ aardappelen), zodat een maximale luchtsnelheid van 4 à 5 m/s wordt gerealiseerd.



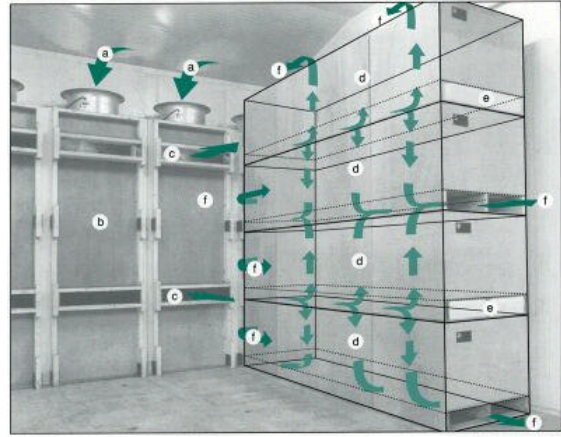
De kistenrijen (tot 10 kisten lang) worden met een tussenafstand van 10 à 15 cm van elkaar geplaatst. De kisten staan allemaal met hun palletopeningen achter elkaar en vormen op die manier een bovengronds ventilatiekanaal. De palletopening van de laatste kist in de rij wordt afgesloten om de lucht niet te laten ontsnappen. Op die manier wordt de lucht geforceerd in de kisten door te dringen.

Er kan gekozen worden voor kisten met een gesloten bodemplaat aan de onderzijde van de pallet. Dit betekent dat lucht verplicht langs de onderkant van de kist binnenkomt en door de kist omhoog gaat. Door een dikteverschil tussen de onderplanken en de bodemplaat, is er een luchtuitleet aan de zijkant van elke kist.

Hierlangs en langs de bovenkant van de stapel kisten verlaat de lucht het systeem. Dit systeem noemt men **éénlaagsbeluchting** en leidt tot een optimale verdeling van de lucht doorheen de kisten.



Éénlaagsbeluchting: gesloten palletbodem



Tweelaagsbeluchting: open palletbodem

In het geval van **tweelaagsbeluchting** hebben de paletten van de kisten een open onderkant. Deze onderkant sluit volledig aan op de bovenkant van de onderstaande kist. Hierdoor kan geen lucht langs de zijkant ontsnappen. Bij stapeling van een even aantal kisten op elkaar voor de droogwand, wordt de lucht per twee lagen kisten ingeblazen. Via de pallets van elke even kistenlaag wordt de lucht steeds verdeeld over 2 kistenlagen. Dus de 1e + 2e kistlaag, de 3e + 4e kistlaag en eventueel de 5e + 6e kistlaag. De lucht ontsnapt via de pallets van de oneven kistlagen en aan de bovenzijde. Voor een goede luchtverdeling worden voorzetstukken toegepast.

Deze dubbele beluchting heeft als gevolg dat slechts een vijftal kisten achter elkaar mogen geplaatst worden. Bij éénlaagsbeluchting kunnen tot tien kisten achter elkaar gezet worden.

Langsstromsysteem

Het langsstromsysteem of ruimteventilatie is de laatste jaren populair geworden (vooral in combinatie met mechanische koeling). De bouwkosten liggen lager, de opslagcapaciteit is groter en het systeem vraagt geen speciale kisten.

Met behulp van verticale buizen wordt ventilatielucht over de kisten heen gestuurd (65m^3 lucht/ m^3 aardappelen). De kisten moeten daartoe langs alle kanten open zijn. Ook de palletbodem moet open zijn om een optimale luchtverdeling te bekomen. In tegenstelling tot het doorstromsysteem kunnen lange rijen kisten neergezet worden (max 25 m). Tussen de rijen moet 10 à 15 cm ruimte gelaten worden en de stapelhoogte moet beperkt blijven tot 5 à 6 kisten om een té grote verticale gradiënt te voorkomen. Boven de kisten moet 1 à 1,5 m vrije ruimte overblijven en langs de muren moet 60 à 80 cm vrijgehouden worden. Meteen kan deze ruimte ook benut worden voor regelmatige controle van het product.



Zuigventilatie

Zuigventilatie is een voorbeeld van horizontale ventilatie. De ventilatoren zuigen de ventilatielucht immers horizontaal af. Daartoe worden de ventilatoren opgesteld voor een roosterwand van horizontale planken met 3 cm tussenruimte. De lucht wordt vervolgens uit de kisten gezogen. Daarom moeten de aanzuigspelen van de voorste kisten afgedekt worden met een zeil.



Omdat horizontale ventilatie een zwakker rendement heeft dan verticale ventilatie moet de ventilatorcapaciteit in functie van het volume aardappelen goed berekend worden.

Capaciteit

Om een goede luchtverdeling te garanderen en voldoende droogcapaciteit te hebben, is een aangepast debiet nodig. Voor langsstroomventilatie met buitenlucht wordt meestal een luchtvolume van $65 \text{ m}^3/\text{u}$ per m^3 aardappelen voorzien. Voor systemen met een droogwand en voor systemen met een zuigwand is 100 m^3 per m^3 aardappelen nodig.

Na het drogen moet er zo snel mogelijk worden ingekoeld. In vergelijking met losse opslag gebeurt dit trager, aangezien de luchtstroom in eerste instantie in de vrije ruimtes tussen de kisten passeert.

9 Mechanische koeling

Ondersteunend

Een ventilatiesysteem met buitenlucht kan te allen tijde aangevuld worden met een koelinstallatie. Vooral in het voorjaar kan buitenlucht onvoldoende zijn om de temperatuur van consumptieaardappelen laag te houden. Met mechanische koeling kunnen de knollen nog even rustig gehouden worden. Daardoor blijft de kwaliteit langer gehandhaafd en blijven bewaarverliezen beperkt. Zo kan het bewaar seizoen nog even verlengd worden.

De enige vereiste is een koelcapaciteit in overeenstemming met de doelstelling: de goede kwaliteit van aardappelen zo lang mogelijk handhaven met een minimale kost. Een capaciteit van 50 Watt per ton ter ondersteuning van ventilatie met buitenlucht kan al volstaan.

Volledig

Volledige mechanische koeling laat toe het ingeschuurde product na de oogst sneller in te koelen tot de gewenste bewaar temperatuur. Dit is mogelijk omdat mechanische koelsystemen volledig onafhankelijk van de heersende buitentemperatuur werkt. Snelle inkoeling is nodig voor pootgoed en voor tafelaardappelen die bij relatief hoge temperaturen worden gerooid. De ademhaling van de knollen is dan zeer intensief en leidt tot



gewichtsverliezen, kieming en een groter risico op de ontwikkeling van zilverscurft.

De aardappelen worden gekoeld met lucht die altijd weer opnieuw afgekoeld wordt en door de hoop gestuurd wordt. Alleen om CO₂-ophoping te voorkomen, wordt af en toe lucht ververst. Aangezien de gekoelde lucht kouder is dan de aardappelen, wordt warmte onttrokken aan de aardappelen. Zo koelen de aardappelen af en warmt de doorgaande lucht op. Deze warme lucht passeert vervolgens langs de koelinstallatie waarvan de temperatuur lager is dan de vereiste bewaar temperatuur. Koude lucht verlaat de koeler en de cyclus kan herbeginnen.

In het koelsysteem circuleert een koelvloeistof die achtereenvolgens enkele veranderingen ondergaat: verdamping, compressie, condensatie en expansie.

Verdamping vindt plaats in de verdamper, die dient als luchtkoeler. De koelvloeistof neemt er de warmte op uit de lucht, waarna ze overgaat in damp. In de compressor wordt de druk en de temperatuur van de dampvormige koelstof opgedreven. De compressor pompt de damp vervolgens naar de condensor waar water of lucht met normale (omgevings)temperatuur vloeit. Aangezien de temperatuur en het kookpunt van de koelstof op dat ogenblik hoger is dan de omgevingstemperatuur, condenseert de koelstof en warmteoverdracht vindt plaats naar de omgeving (lucht of water). De koelvloeistof bevindt zich nog altijd onder hoge druk. In een expansievat wordt de druk stilaan verminderd. Bij deze drukdaling ontstaat een kleine hoeveelheid koeldamp,

waardoor de temperatuur van resterende vloeistof daalt. Een mengeling van koelvloeistof en –damp stroomt vervolgens naar de verdamper.

Snelle inkoeling geeft geen problemen op voorwaarde dat de knollen gezond binnenkomen (plaag, Erwinia,...) en voldoende droog zijn, zonder aanhangende grond. Mechanische gekoelde lucht garandeert immers de stelselmatige afvoer van vocht, maar dit proces verloopt veel trager dan bij drogen door ventilatie. De luchtdebieten van de verdampers (30 à 40 m³/u per m³ gestockeerde aardappelen) zijn over het algemeen minder hoog dan deze van ventilatiesystemen.

De afkoelingscapaciteit moet groot genoeg zijn om alle geproduceerde warmte af te voeren: ademhaling, verdamping, overdracht door wanden en dak, het openstaan van de poorten tijdens het inschuren en de warmte geproduceerd door motoren. Er wordt minimum een capaciteit van 60 à 70 (80) Watt per ton aangeraden met een geïntegreerde en snelle ontdooiing, bij voorkeur op basis van hete gassen om de warmteproductie en het elektriciteitsverbruik te beperken.

Over het algemeen verloopt de temperatuursdaling continu, zonder trappen om de wondheling zo gunstig mogelijk te laten verlopen. Bij tafelaardappelen is het de bedoeling zo vlug mogelijk een bewaartemperatuur te bereiken van 4 à 5 °C om de ontwikkeling van zilverschurft tegen te gaan.

10 Bewaarziekten/gebreken

Meerdere schimmels en bacteriën kunnen de oorzaak zijn van aftakelende knollen in de bewaring. De mate waarin ze optreden hangt af van de toestand van de knollen bij het inschuren en van de klimaatcondities tijdens de bewaring.

Schimmels en bacteriën

Droogrot (Fusarium sp.)

Droogrot kan veroorzaakt worden door diverse *Fusarium*-soorten. Ze komen bijna allemaal voor in de grond, maar hebben een invalspoort nodig om te kunnen binnendringen in de knol. Door verwonding bij oogst en inschuren ontstaan dergelijke invalspoorten. De aantasting uit zich in droge, ingezonken plekken op de knol. Kenmerkend is de aanwezigheid van concentrische rimpels, schimmelkussentjes en/of schimmelpluis in de holten die ontstaan. Uiteindelijk kan de hele knol mummificeren, maar droogrot kan ook overgaan in natrot door secundaire aantastingen.

Een belangrijke factor voor het voorkomen van *Fusarium*, is het gebruik van gezond pootgoed. *Fusarium*zieke partijen mogen alleszins niet worden gesneden en rotte knollen moeten worden uitgesorteerd. Bij oogst en inschuren moeten zoveel mogelijk verwondingen voorkomen worden. Voldoende velvastheid en aangepaste rijpsnelheden en valhoogtes zijn een must. Daarna moet een goede, maar snelle wondheling volgen om eventuele infecties tegen te gaan. Door een goed bewaarklimaat met lage temperaturen worden besmettingen tijdelijk stilgelegd.



Droogrot veroorzaakt door *Fusarium*

Gangreen en duimrot (Phoma sp.)



De veroorzakers van gangreen en duimrot behoren tot de *Phoma*-soorten. *Phoma*-rot is op het eerste zicht moeilijk te onderscheiden van *Fusarium*. In tegenstelling tot *Fusarium*, infecteert deze schimmel echter bij lagere temperaturen.

Gangreen uit zich in een donkergekleurd rot met evenwijdige plooiën op de inzinkende schil. In het aangetaste weefsel komen holten voor die met schimmelpluis zijn bedekt. Duimrot geeft plaatselijke rotte plekken alsof de schil er met de duim werd ingedrukt.

Duimrot

De schimmel overleeft in de grond en op de knollen. Wondjes voorkomen is dus de boodschap! Vooral oogsten of sorteren bij lage temperaturen (< 8°C) kan problemen geven. Alleszins moet er uitgegaan worden van gezond pootgoed en een goede bedrijfshygiëne.

Aardappelziekte (Phytophthora infestans)



Knol met roestbruine stipjes van plaag

De aardappelziekte veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora infestans* kan veel schade veroorzaken op het veld, maar kan ook in de bewaring verder uitbreiden. Aangetaste knollen vertonen eerst onderhuidse blauwachtige vlekken die later verkleuren naar roestbruin weefsel. De schimmel kan op aangetaste knollen sporuleren en op die manier gezonde knollen in de bewaring infecteren. Bovendien ontstaat vaak secundair nat- of droogrot dat eveneens gezonde knollen kan besmetten.

Het komt er op aan de ziekte zo veel mogelijk op het veld te voorkomen/bestrijden. Een ruime rotatie, gezond pootgoed, het opruimen van primaire bronnen (afvalhopen, zieke poters) en een verzorgde gewasbescherming zijn onderdeel van een goede beheersstrategie.

Zilverschorft (Helminthosporium solani)

De knolsymptomen van zilverschorft zijn sprekend. Als gevolg van een luchtlaagje tussen de buitenste cellagen van de schil, vertonen aangetaste knollen (uitwendig) zilverachtige vlekken. De vlekken zijn eerst talrijk, klein en rond. Later kunnen ze de volledige schil bedekken, wat leidt tot verschrompeling van de knol ten koste van de kiemkracht. In de vlekken kunnen zwarte puntjes onderscheiden worden. Het zijn de sporendragers met sporen.

Tijdens de bewaring kan de ziekte sterk uitbreiden. Vooral in warme en vochtige omstandigheden worden de vlekken goed zichtbaar. Dit is het geval wanneer aardappelen worden uitgeschuurd, gewassen en verpakt. Het temperatuurverschil (condens) en het waswater zorgen voor een explosie van de ziekte. Voor tafelaardappelen zijn knollen met zilverschorft ongewenst.

Gezond pootgoed gebruiken is een eerste vereiste om aantasting te voorkomen. Pootgoedbehandeling is mogelijk, evenals een behandeling bij het inschuren. Let ook op de hygiëne in de bewaarloods. Sporen van zilverschorft kunnen immers massaal overleven in het stof. Ook een droge, koele bewaring kan helpen.



Zilverschorft

Zwarte spikkel

Zwarte spikkel (Colletotrichum coccodes)

Zwarte spikkel is moeilijk te onderscheiden van zilverschurft. Op de knol komen grauwe plekken voor met zwarte stipjes erin. In de bewaring breidt de ziekte zich vooral uit onder vochtige, warme omstandigheden. Naar analogie met zilverschurft vormt dit voor tafelaardappelen een probleem.

Gezond pootgoed en een droge, koele bewaring zijn de vereisten voor een goede beheersstrategie.

Natrot (Erwinia sp.)

Aardappelen aangetast door natrot, zijn gekenmerkt door een slijmerig, stinkend, nat rot. De oorzaak kan te wijten zijn aan diverse *Erwinia*-bacteriën. Er is *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* die meekomt met het pootgoed en de veroorzaker is van zwartbenigheid. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* komt in alle gronden en op alle aardappelen voor. Deze bacterie kan alleen aardappelen aantasten die in natte, zuurstofarme omstandigheden verkeren. Dit kan zijn op het veld (in natte plekken, overstroomde gebieden) of in de bewaring (natte, rottende knollen als gevolg van andere ziekten). De uitbreiding van het rot gaat snel. Door versmering gaan de huidmondjes open, waardoor weer nieuwe bacteriën gezonde knollen kunnen binnendringen.



Natrot (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)

Een goede ontwatering van het perceel voorkomt veel natrotproblemen. Daarnaast moeten de knollen droog in de bewaring gebracht worden en droog gehouden worden. Natgeregende knollen vormen een risico. Partijen met natrot zijn slecht bewaarbaar en moeten zo snel mogelijk worden afgezet.

Poederschurft (Spongospora subterranea)

Aantastingen met poederschurft op het veld komen vooral voor in natte jaren en bij beregening. Tegenwoordig wordt poederschurft echter ook in verband gebracht met kiemremming. Met name bij de rassen Asterix en Redstar is vastgesteld dat poederschurft kan uitbreiden na toepassing van poedervormige of vloeibare kiemremming, waarbij de symptomen pas na enkele maanden bewaring toenemen.

De bewaarcondities zijn belangrijk: hoe warmer en vochtiger, des te meer symptomen zichtbaar worden. Opnieuw speelt de schilafharding een rol. Bij niet-velvast knollen of bij partijen waar de wondheling nog moet plaats vinden én bij de aanwezigheid van poederschurft (soms moeilijk te onderscheiden van gewoon schurft) blijkt de aantasting uit breiden. Er wordt dan ook geadviseerd om aardappelen afkomstig van percelen die in het verleden reeds problemen met poederschurft gaven, te vergassen na de wondheling.

Andere gebreken

Stootblauw



Stootblauw

Stootblauw is een verkleuring van het aardappelweefsel als gevolg van stoten en blutsen. Door beschadiging van cellen reageert zuurstof met o.a. tyrosine, wat aanleiding geeft tot een blauwe kleurstof, melanine. De verkleuring treedt op na 24 à 48 uren en bevindt zich vlak onder de schil. Uitwendig is de verkleuring meestal niet zichtbaar.

De blauwgevoeligheid is sterk rasgebonden. Binnen eenzelfde ras neemt de blauwgevoeligheid toe naarmate het drogestofgehalte hoger is.

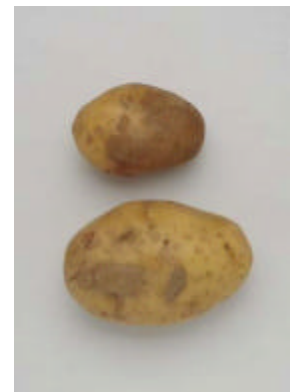
Maatregelen die het drogestofgehalte beïnvloeden, hebben dus een effect op de blauwgevoeligheid. Bovendien heeft ook de celspanning een invloed. Zowel een grote celspanning (nat najaar) als een kleine celspanning (veel vochtverlies in de bewaring, drukplekken) kunnen oorzaak zijn van blauwverkleuring. Naarmate de knoltemperatuur hoger is, neemt de blauwgevoeligheid af. Rooien bij grondtemperaturen van meer dan 8°C is om die reden aangewezen, evenals het opwarmen van de partij bij het uitschuren.

Schilbrand

Bij niet-velvaste of beschadigde vochtige knollen kunnen, na toepassing van poedervormige of vloeibare kiemremmingsmiddelen, blaasjes gevormd worden. Dit verschijnsel noemt poederbrand of schilbrand.

De laatste jaren worden er steeds meer (dunschillige) rassen geteeld die bij normale dosering van de genoemde kiemremmingsmiddelen aangetast worden. Het zijn Charlotte, Folva, Lady Claire, Marabel, Nicola, Santana, Victoria, ... (Deze lijst is zeker niet compleet).

Om de kans op schilbrand te minimaliseren, dienen deze rassen vergast te worden, ná de wondheling. Nog meer dan bij andere rassen geldt hier de regel: rooi velvaste aardappelen!



Schilbrand

Inwendige kieming



Inwendige kieming

Wanneer een (te) lage dosis kiemremmingsmiddel wordt toegediend, worden de ontwikkelende kiemen slechts gedeeltelijk geremd. Dit kan leiden tot zijscheuten die onder druk van naburige knollen door de schil van buiten naar binnen dringen. Hoge bewaartemperaturen bevorderen inwendige kieming.

Inwendige kieming kan worden voorkomen door kiemremmingsmiddelen tijdig en in de juiste dosering toe te dienen. Lage bewaartemperaturen (< 8°C) moeten worden nagestreefd.

Glazigheid

Glazige aardappelen of drijvers zijn een gevolg van doorwas. Doorwas treedt op als de temperatuur in de aardappelrug té hoog oploopt en de kiemrust van de knollen wordt doorbroken. Wanneer de groei zich weer herneemt (na regen), lopen de ogen uit en worden aan de stolonen nieuwe knollen gevormd. De groei van de eerste generatie knollen stagneert, terwijl de secundaire knollen zich verder ontwikkelen met voedingsstoffen

van de plant. Wanneer er geen voedselaanvoer meer mogelijk is (bv. na loofdoding van de plant), ontwikkelt de secundaire knol zich ten kost van de primaire knol. Het zetmeelgehalte van de primaire knol daalt hierdoor aanzienlijk, waardoor de knollen moeilijk bewaarbaar worden. Ook de secundaire knollen zijn moeilijk bewaarbaar. Zij zijn meestal nog jong, niet rijp en niet velvast.

Knollen met een onvoldoende drogestofgehalte (= onvoldoende onderwatergewicht) drijven boven in een zoutbad met dichtheid 1,06. Op die manier kan de graad van doorwas gemeten worden. Partijen met meer dan 10% glazigheid kunnen niet bewaard worden. Partijen met minder drijvers moeten droog en koel bewaard worden om hun ademhaling stil te leggen.



Waterzakken

Zwarte harten

Zwarte harten zijn het gevolg van zuurstofgebrek in de knol. De cellen in het centrum van de knol sterven af met vorming van een blauwzwarte kleurstof. Zuurstofgebrek treedt op wanneer de knollen een sterke ademhaling hebben en niet genoeg voorzien worden van verse lucht. Bij hoge (> 35°C) en bij zeer lage temperaturen (< 4°C) is dit het geval. Bij het opwarmen van de aardappelen met kachels gebeuren soms fouten. Ook aardappelen die afgedekt worden met plastic, kunnen een tekort aan zuurstof en dus zwarte harten krijgen.



Zwarte harten

Drukplekken



Drukplekken

Drukplekken ontstaan wanneer de knollen veel vocht verliezen en onder druk van de bovenliggende knollen deuken gaan vertonen. De kans op drukplekken neemt toe naarmate de bewaarduur langer wordt. Vooral onderaan in de hoop zijn de druk en de ademhaling het grootst. De onderste knollen zijn immers het meest onderhevig aan uitdroging door ventilatie. Ter voorkoming van drukplekken mag er dus niet meer geventileerd worden dan strikt noodzakelijk. Ventileren met vochtige lucht en een matige storthoogte zijn aan te bevelen.

Reinigen en ontsmetten van de bewaarloods

Omdat bacteriën en schimmels gedurende meerdere maanden/jaren overleven in stof, is het aangewezen de loods en het inschuurmateriaal elk jaar te reinigen en eventueel zelfs te ontsmetten. Als er zich in het verleden problemen met bewaarziekten voordeden, is ontsmetten zelfs aanbevolen. Een ontsmetting zal echter pas zijn volle nut bewijzen op propere en droge oppervlaktes. Reinig daarom eerst muren, vloeren, kanalen en materiaal met voldoende water (vb. onder hoge druk).

Bleekwater (2,5 l handelsproduct in 100 l water) is zeer effectief en goedkoop, maar corrosief (voor muren, vloeren en kisten geen probleem). Daarnaast zijn een aantal specifieke middelen in de handel: Menno ter Forte, Horti-Desin, ...

Let op:

- Lees het etiket en kijk of er een voldoende bacterie- en schimmeldodende werking is
- Respecteer de erkende dosis om residuen te voorkomen
- Draag handschoenen, laarzen, beschermende kledij en een masker
- Respecteer de voorgeschreven maatregelen ter bescherming van het milieu

Bronnen

- P. Lebrun, 'Beperking van beschadigingen bij het rooien en inschuren', Landbouwleven, 17 september 1999
- B. Eloot & T. Van Canneyt, 'Rapport: Hallenvullers', 2003, Merelbeke
- Genootschap Landbouwtechniek, De bouw van aardappelbewaarplaatsen, 1986, Brussel
- P.S. Hak, J.H.W. Van Der Schild & G.J.C. Verdijck, Bewaren van aardappelen, 1998, Wageningen
- A. Rastovski, A. van Es et al, Storage of potatoes, 1987, Wageningen.
- N. Scherrens, Focus op aardappelen, Landbouw & Techniek, 25 augustus 2000.
- P. Cabaret & H. Philippo, Bâtiments de stockage pommes de terre, 2003, Chambre d'agriculture nord
- B. Vanruten, Isoleren van aardappelbewaarplaatsen, Agriconstruct jg 6, nr 1 p. 15-18
- K. Boussery, Thermisch isolerende eigenschappen van bouwmaterialen, Agriconstruct jg 6, nr 1, p. 3-6
- M. Martin & J.M. Gravouelle, Stockage et conservation de la pomme de terre, 2001, ITCF-ITPT
- I. Eeckhout & K. Demeulemeester, Nieuwsbrief PCA, diverse jaargangen
- F. Aerts, PCA-cursus Bewaring van consumptieaardappelen, 1994
- J. Van Bellegem, PCA-cursus Pootgoed, 1994
- A. Mulder & L.J. Turkensteen, Aardappelziektenboek, 2002
- S.Vandeburie, A. Calus, M. Demeulemeester, 'Koudebewaring van aardappelen als alternatief voor chemische kiemremming', 2003, Beitem
- www.agrovent.nl
- www.tolsma.nl
- www.agratechniek.nl

Met dank aan:

Stijn Windey, Dirk Coucke, Kürt Demeulemeester, Marc Goeminne, Tom Van Canneyt, Suzy van Gansbeke en Pascal Braekman, dankzij hun inbreng en waardevolle tips is deze brochure een goed naslagwerk geworden voor elke aardappelteler.