



Bewaring aardappelen met koeling & ventileren

In opdracht van: Convenant Schoon & Zuinig – Werkgroep
Open teelten

J.A.L.M. Kamp (Wageningen UR – PPO-AGV)

M. Montsma (Wageningen UR, Food & Biobased Research),
Onderzoeker bewaarstechniek



Bewaring aardappelen met koeling & ventileren

In opdracht van: Convenant Schoon & Zuinig – Werkgroep Open teelten

J.A.L.M. Kamp (Wageningen UR – PPO-AGV)

M. Montsma (Wageningen UR, Food & Biobased Research), Onderzoeker
bewaartechniek

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 570

In opdracht van: Convenant Schoon & Zuinig – Werkgroep Open teelten

Dit rapport is mede gefinancierd door Agentschap NL in het kader van het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren

Projectnummer: 3250279200

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten**

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, Lelystad
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	GEKOZEN WERKWIJZE	7
3	RESULTATEN	9
3.1	Typering van de installaties.....	9
3.2	Energieverbruik	10
3.3	Discussie met de telers.....	11
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	13
	BIJLAGE 1: OVERZICHT VAN DE DEELNEMENDE TELERS.....	15
	BIJLAGE 2: VERSLAG BIJEENKOMSTEN KOELEN EN BEWAREN.....	17
	BIJLAGE 3: ARTIKEL IN NIEUWE OOGST	21

1 Inleiding

In 2010 heeft PPO-AGV in opdracht van Ministerie EL&I een studie uitgevoerd naar het energieverbruik in de naoogstfase voor de sectoren Akkerbouw, Vollegrondsgroenten en Fruitteelt (zie rapport Energiebesparing op het agrarisch bedrijf - Kansen voor verhoging energie-efficiency in de akkerbouw, vollegrondsgroenten en fruitteelt, Kamp e.a., 2010). De bewaring van producten vormt verreweg de grootste post van het energieverbruik in deze naoogstfase. In de akkerbouw zijn de gewassen aardappelen en uien verantwoordelijk voor een belangrijk deel van het energieverbruik op het primaire bedrijf.

In de discussie en aanbevelingen van het rapport is het volgende aangevoerd:

Wijziging van bewaargedrag van een ondernemer vereist wijziging van routines. Elke ondernemer is ervan overtuigd dat hij goed (misschien wel optimaal) bezig is. De praktijk (met name in de fruitteelt en bollenteelt) bevestigt het beeld dat er hele grote verschillen in energieverbruik zijn per ton product tussen ondernemingen. Deels is dit te verklaren door verschillende omstandigheden (omvang bewaring, duur opslag, mate van isolatie), maar de oorzaak ligt ook deels in verschillen in bewaargedrag. Daarnaast zijn er signalen dat verschillen in bewaarinstellingen en tussen bewaarcomputers leiden tot verschillend energieverbruik. Nader onderzoek op dit punt is gewenst. Vertaling van onderzoeksresultaten naar de praktijk kan heel goed plaatsvinden in de vorm van studiegroepen. Indien dit gecombineerd wordt met metingen op de individuele bedrijven, dan ontstaat een uitdagende basis voor discussie binnen de groep.

Toen zich in 2011 de kans voordeed, is in het kader van de subsidieregeling Praktijknetwerken (Dienst Regelingen) een praktijknetwerk gestart getiteld "Slim en kostenbewust bewaren". Dit praktijknetwerk richt zich op niet-gekoelde bewaring van aardappelen, waarbij telers zicht krijgen op het eigen energieverbruik t.o.v. collega's met vergelijkbare bewaarschuren.

In de praktijk blijkt dat nogal wat telers de bewaring ondersteunen met koelapparatuur. Dit betreft vooral pootaardappelen (verlenging kiemrust), de lange bewaring van tafelaardappelen en fritesaardappelen. Dit resulteert in een hoger energieverbruik, maar wel in een betere kwaliteit bij aflevering.

Aanvullend op het bestaande praktijknetwerk is er bij bewaarders behoefte aan meer inzicht in het energieverbruik van aardappelbewaring met een combinatie van ventilatie en koeling.

Als doel van het project is geformuleerd:

- Inventarisatie van energieverbruik in aardappelbewaarplaatsen met een combinatie van ventilatie en koeling,
- analyse van de verschillen en het doen van aanbevelingen ter verbetering van het energieverbruik.

Aldus wordt inzicht verkregen in het energieverbruik in dit segment van aardappelbewaring, waarin relatief veel energie wordt verbruikt. Tevens geeft het de ondernemers handvatten om bewuster om te gaan met energie bij de bewaring van aardappelen.

Het projectteam bestond uit:

- J. Kamp (PPO-AGV), projectleider (tevens betrokken bij eerdere studies en projectleider praktijknetwerk).
- D. van der Schans (PPO-AGV), bewaardeskundige.
- G. Meuffels (PPO-AGV), regionaal onderzoeker.
- M. Montsma (WUR-FBR), Onderzoeker bewaartechniek (akkerbouw-, fruit- en bollen).

Verder hebben aan dit project meegewerkt:

- F. van de Geijn (WUR- FBR), onderzoeker en specialist koeltechniek.
- fa. Dijkma, Emmeloord (specialist / leverancier koeltechniek).

In dit rapport wordt verslag gedaan van de bevindingen met een 12-tal aardappelbewaarders, die de aardappelbewaring ondersteunen met koelapparatuur.

2 Gekozen werkwijze

Samenstelling deelnemers

Bij het zoeken naar deelnemers is conform projectaanvraag aangesloten bij het praktijknetwerk "Slim en kostenbewust bewaren". Binnen de groep van 46 deelnemers zijn 13 bewaarders met koelapparatuur geïdentificeerd. Bij een teler zijn 2 bewaarplaatsen gevolgd, van 1 teler bleek nauwelijks technische informatie voorhanden (viel in tweede instantie af), zodat totaal van 13 gekoelde bewaarplaatsen gegevens zijn verzameld. Zie bijlage 1 voor een overzicht van de deelnemende bewaarplaatsen.

Het was gelet op het moment van goedkeuring van het project (november 2012) niet mogelijk om voorafgaand aan het bewaar seizoen afspraken te maken over het exact meten van het energieverbruik. Daarom is (vooral achteraf) lopende de bewaarperiode getracht zoveel mogelijk informatie over de koelingsapparatuur en energieverbruik te verzamelen.

Inventarisatie bewaarplaatsen

Binnen de groep van deelnemers aan het eerder genoemde praktijknetwerk bewaring is geïnventariseerd wie geïnteresseerd is om te participeren in dit deelproject. Vervolgens is bij de deelnemers is in kaart gebracht:

- hoe de koelunit gedimensioneerd is (vermogen, type koelmiddel, wijze ontdooiing);
- het koelregiem (streef temperatuur, instellingen);
- hoe energieverbruik vastgesteld kan worden: het bleek niet meer mogelijk om bij alle telers de energiemeting zo in te richten (m.n. splitsen van energieverbruik naar cellen) dat het energie exact te meten is (daarom is vooral gekeken naar draaiuren).

De cijfers zijn geanalyseerd en besproken met de deelnemers (zie hierna). In hoofdstuk 3 zijn de resultaten weergegeven.

Delen van de ervaringen rondom koeling en koelapparatuur

Na afloop van het bewaar seizoen zijn op 2 en 4 juli 2013 een tweetal bijeenkomsten georganiseerd. Voor deze bijeenkomsten waren naast de deelnemers ook een aantal geïnteresseerden uit het praktijknetwerk Bewaring genodigd.

De eerste gericht op Zuid Nederland (Bladel). Hier waren 7 akkerbouwers, 1 leverancier van koel-/bewaarsystemen, een koelspecialist (Wageningen UR, FBR), 1 regiocoördinator van het praktijknetwerk en 2 projectmedewerkers aanwezig. De tweede bijeenkomst is gehouden te Rutten, waar 13 akkerbouwers, de koelspecialist (WUR-FBR), 2 vertegenwoordigers van leveranciers van koelsystemen (Dijksma), 1 regiocoördinator en 2 projectmedewerkers aanwezig.

Communicatie

In samenwerking met Nieuwe Oogst is een artikel over dit onderwerp verschenen in de Gewas bijlage van Nieuwe Oogst (2 november 2013).

3 Resultaten

3.1 Typering van de installaties

De gebruikte koelinstallaties zijn onderling verschillend. Er is geen standaard koelsysteem. De keuze van het koelsysteem hangt af te bewaren aardappel, bewaarduur en configuratie van de bewaarschuur.

Het type aardappel bepaalt de bewaarstrategie. Voor het bewaren van pootgoed is een andere strategie nodig dan voor het bewaren van fritesaardappelen. Daardoor is ook de configuratie van de schuur anders. Voor pootgoed wordt veelal kistenbewaring toegepast en voor frites bulkbewaring. In deze studie is het dan ook niet mogelijk alle telers met elkaar te vergelijken.

Doorgaans zijn de koelsystemen met deze omvang gebaseerd op directe expansie. Dergelijke systemen zijn of in 1 unit gemonteerd binnen de schuur of de compressor en condensor zijn buiten de schuur gemonteerd.

Voor grotere installaties worden ook wel pompsystemen geïnstalleerd en vanwege de uitfasering van HFK-koudemiddelen wordt de toepassing van natuurlijke koudemiddelen actueel. Echter voor koelinstallaties met een kleine koelcapaciteit is de investering in koelsystemen werkend met natuurlijke koudemiddel relatief hoog. Daarnaast is onbekend wat de invloed van koelen met natuurlijke koudemiddelen is op de productkwaliteit.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de deelnemende bewaarplaatsen die mechanische koeling toepassen.

bulk/kist	Ventilatie-systeem	aardappel	koudemiddel	compressor vermogen [kW]	#cellen	P_verd/cel [kW]	P_verd [W/t]
kist	zuig	poot	507a	30	1	-	57.7
kist	zuig	poot	-	40	2	27.8	62.6
kist	zuig	tafel	507a	78.5	1	-	67
kist	zuig	poot	-	-	2	-	-
kist	zuig	tafel	507a	-	-	-	-
kist	zuig	poot	507a	17	-	-	-
kist	zuig	poot	507a	120	-	-	-
kist	blaas	poot	507a	-	3	-	-
kist	zuig	poot	507a	-	1	28.7	28.7
bulk	rooster	frites	404a	-	2	-	-
bulk	rooster	frites	404a	-	-	-	-
bulk	kanaal o	frites	134a	60	1	3x20.9	62.7
bulk	kanaal b	tafel	-	100	2	38/63	76/84

De meeste bewaarschuren hebben een koelinstallatie met het koudemiddel R507a. Het verschil in compressorvermogen wordt veroorzaakt door de opslagcapaciteit en het aantal cellen dat gekoeld wordt met 1 koelinstallatie. Deze factoren maken een goed vergelijk tussen verschillende koelinstallaties lastig. Door het koelvermogen uit te drukken in koelvermogen per cel en koelvermogen per ton opgeslagen product is een beter vergelijk mogelijk. Op basis van de beschikbare data is voor kistenbewaring te zien dat bij 3 bewaarplaatsen gekoeld wordt met gemiddeld 62 Watt per ton, terwijl 1 teler koelt met 28.7 Watt per ton. Doorgaans wordt een minimum van 60 a 70 Watt per ton geadviseerd. 80 Watt per ton is een goede

richtlijn.

Belangrijk om te weten is dat de Europese wetgeving aangepast wordt omtrent het gebruik van HFK-koudemiddelen. Hieronder vallen onder andere de koudemiddelen R507a, R404a en R134a. De wetgeving zal zo worden aangepast dat deze koudemiddelen versneld worden uit gefaseerd. Veel mechanische koeling in aardappelbewaring is uitgerust met HFK-koudemiddelen. De versnelde uitfasering gaat gepaard met versnelde afschrijving op investeringen en relatief hogere investeringen in nieuwe koeltechniek.

3.2 Energieverbruik

Op de verschillende bedrijven is gepoogd het energieverbruik te monitoren. Niet op alle bedrijven is het mogelijk om het energieverbruik van alleen de koeling te registreren. Het totale energieverbruik van een bewaarplaats met mechanische koeling is opgebouwd uit ventilatie-energie en energie nodig voor de koelinstallatie (compressor, condensor, verdamper). De energie nodig voor de luikenbediening laten we hierbij buiten beschouwing. Dit geldt ook voor brandstof die nodig is voor verwarming met kachels, alleen elektrische energie is gemeten.

De koelunit wordt meestal gebruikt in combinatie met extern ventileren. Het gemeten kWh-verbruik is daarom in de meeste gevallen opgebouwd uit koel- en ventilatie-energie. Uiteraard is een laag energieverbruik interessant voor milieu en portemonnee, maar op voorwaarde dat de productkwaliteit niet in het geding komt. Productkwaliteit is in deze studie uitgedrukt in procenten gewichtsverlies.

In onderstaande tabel staat een overzicht van het energieverbruik en gewichtsverlies van de verschillende bewaarschuren met mechanische koeling. Het energieverbruik is uitgedrukt in kWh per ton per dag. Op deze manier kunnen bewaarschuren met verschillende opslagcapaciteit en bewaarduur met elkaar vergeleken worden. De lege velden in de tabel zijn ontbrekende gegevens.

bewaar-der	teelt-doel	T_pro-duct [gr C]	E-dec. [kWh/t/d]	E-januari [kWh/t/d]	E-totaal [kWh/t/d]	gewichts-verlies [%]	gewichts-verlies/dag [%/d]	tonnage [ton]	#kWh totaal	# kWh koeling	uren koeling	uren extern	uren intern	ventila-tietijd totaal [uren]
1	poot	3			0,125	3,67	0,017	520	14091	14091				0
2	poot	3		0,069	0,136	3,76	0,017	444	11713	7411				0
3	tafel	3,5		0,016	0,149	0,50	0,002	1125	41120	36791				0
4	poot	4		0,119	0,099	0,98	0,005	880	16943		1558			0
5	tafel	3,5	0,082	0,060	0,045	0,43	0,003	570	4215		198			0
6	poot	3,5			0,143	2,61	0,013	625	18996					0
7	poot	3,5			0,099	1,14	0,006	1000	21087	17689				0
8	poot	3,5				3,30	0,017	900						0
9	poot	3,5	0,035	0,081	0,089	4,81	0,022	1350	25458	19500	4u koelen 30min pauze			0
10	frites		0,057		0,044	4,91	0,029	2333	16296		59	400	594	994
11	frites		0,167		0,095			1900	26996		13	1016	1035	2051
12	frites		0,078	0,068	0,081	4,87	0,027	1000	17312	5450	290	555	360	915
13	tafel	7	0,112		0,057	0,82	0,007	500	3288	370	114	120	190	310
		landelijk gemiddelde =			0,073		0,0211							

Wanneer we bovenstaand energieverbruik vergelijken met het energieverbruik van een landelijk gemiddelde (het gemiddelde van een grotere groep telers vooral zonder koeling en verspreid over heel Nederland), dan is het totale energieverbruik iets hoger (gem. 0.097 kWh/t/d). Het landelijk gemiddelde energieverbruik is 0.073 kWh/t/d. 10 van de 13 bewaarlocaties met koeling zitten boven het gemiddelde. Voor enkele bewaarders is het verschil beperkt, waarschijnlijk beïnvloed door het koude voorjaar. Ten opzichte van het landelijk gemiddelde is er maximaal een verschil van factor 2, oftewel 2 keer zo veel energieverbruik.

De verwachting was dat het gewichtsverlies door een constante lage bewaar temperatuur in bewaarplaatsen met koeling lager is dan zonder koeling. Wanneer we dit vergelijken met de grotere groep telers (vooral zonder koeling en verspreid over heel Nederland), dan ligt het gewichtsverlies van 10 van de 13 deelnemers met koeling onder het gemiddelde. Het gemiddelde gewichtsverlies voor alle deelnemers is 0.0211% per dag. Het lijkt erop dat het gemiddelde gewichtsverlies voor pootgoed en tafelaardappelen lager is dan frites, chips en zetmeel aardappelen. Gewichtsverlies is voor pootgoed niet altijd het belangrijkste kwaliteitsaspect.

Opgemerkt dient te worden dat een vergelijking niet altijd terecht is, omdat verschillende bewaarstrategieën gehanteerd zijn en niet alle data even betrouwbaar zijn door beperkte meet- en registratiemogelijkheden.

Samengevat:

- het verkrijgen van goede cijfers over koeluren en koelacties van telers is moeizaam omdat het door telers moeilijk gemonitord wordt (of kan worden).
- In veel gevallen is het koelsysteem niet geïntegreerd in de software van de bewaarcomputer. Daarnaast is de regeling voor de koeling bestemd voor meerdere cellen tegelijk, waardoor de registratie niet naar 1 cel te herleiden is.
- Telers zijn nadrukkelijk niet bezig met het energieverbruik van deze units. Het is bijzaak en productkwaliteit is belangrijker.
- de situaties bij telers verschillen onderling sterk waardoor het trekken van goede conclusies lastig is. Dit wordt o.a. veroorzaakt door het feit dat telers met een koelinstallatie meerdere cellen bedienen, waarin vaker een wisselende hoeveelheid product wordt opgeslagen.

3.3 Discussie met de telers

In bijlage 2 is het verslag van bijeenkomsten met bewaarders weergegeven. Het thema van de bijeenkomsten was mechanische koeling in aardappelbewaring. Hieronder staat een opsomming van de belangrijkste discussiepunten:

- Uitfasering koelmiddelen: wat betekent dat voor mijn bedrijf? Welke koeltechniek is het alternatief en wat betekent dat voor mijn investering en wanneer is het nodig om daadwerkelijk te investeren ter vervanging van mijn huidige koelinstallatie?
Deze discussie leeft volop bij de telers en is uitgebreid bediscussieerd. Het beleid in deze is nog niet voor alle synthetische koudemiddelen helder. Wel is duidelijk dat de alternatieven voor deze relatief kleine installaties kostbaar zijn. De onzekerheden maken een goede bedrijfseconomische afweging lastig.
- Optimaal bewaarregiem: waarop moet ik letten om optimaal gebruik te maken van mechanische koeling en hoe kan ik mijn productkwaliteit zo hoog mogelijk houden?
In de bijeenkomsten zijn diverse handvatten bediscussieerd t.a.v. koeltemperaturen, snelheid van inkoelen, aantal koelacties in inkoelfase en in e fase daarna. De telers hebben uitgebreid stilgestaan bij het belang van het beperken van temperatuurwisselingen en een goede temperatuurverdeling in de partij. Ook de CO₂ problematiek is uitgebreid besproken.
- Koelstrategie: De koelinstallatie wordt afhankelijk van het type aardappelbewaring op verschillende manieren ingezet. Bij fritesaardappelen wordt veelal later in het seizoen de koeling ingeschakeld, waar bij pootgoed de koeling vanaf de eerste fase van de bewaring al wordt ingezet.
- Kwaliteitsverlies: Gewichtsverlies wordt geminimaliseerd door snel de gewenste producttemperatuur te bereiken, het temperatuurverschil binnen de bulk of stapeling zo klein mogelijk te houden en temperatuurschommelingen te voorkomen. In theorie is dit het beste te bereiken met mechanische koeling. Waarom wordt eerder met buitenlucht geventileerd/gekoeld, dan met mechanische koeling?

Voor een beeld van de oplossing(srichting) wordt verwezen naar bijlage 2.

4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de monitoring van energieverbruik en gewichtsverlies en de discussie met de bewaarders zelf zijn de volgende conclusies te trekken.

1. In de praktijk vindt nauwelijks registratie van het energieverbruik plaats. Bewaarders hebben hier geen zicht op en indien wel informatie beschikbaar is, wordt er niet op gestuurd. De registratie van het energieverbruik van mechanische koeling is vaak niet aanwezig. Indien er wel registratie is van koeluren of energieverbruik, wordt dit niet gerelateerd aan energieverbruik of kwaliteit. Met andere woorden: er is nog een slag te maken in zowel de optimalisatie van energieverbruik als de optimalisatie van kwaliteitsbehoud.
2. Er worden grote verschillen in energieverbruik geregistreerd, veroorzaakt door type bewaring, beperkte energie-registratiemogelijkheden en motivatie van de bewaarders.
3. Door deze studie zijn bewaarders meer gaan nadenken over het gebruik van hun installatie. Optimalisatie is gewenst, maar bewaarders hebben meer handreikingen nodig.
4. Bewaarverliezen zijn met koeling te beperken bij een goed bewaarregiem.
5. Er zijn veel uitdagingen t.a.v. het gebruik van natuurlijke koelmiddelen: hoe moet de ondernemer inspelen op de nieuwe eisen?

Aanbevelingen:

- Bewaarders moeten meer gestimuleerd worden om het energieverbruik in beeld te krijgen door kWh-registratie en draaiurenregistratie van ventilatoren en koelinstallatie.
- Bewaarders moeten beter op de hoogte gebracht worden van de technische mogelijkheden van mechanische koeling rondom optimaal gebruik en onderhoud. Er blijkt weinig kennis te zijn van de werking en waarop te letten.
- het is nodig een goed inzicht te krijgen in het gebruik van natuurlijke koudemiddelen op de investering, operationele kosten (onder andere energieverbruik) en bovenal de productkwaliteit.
- Er is betere inventarisatie nodig van energiekosten door koeling: wat levert het op t.o.v. een niet gekoelde bewaring (bijvoorbeeld voor fritesaardappelen en pootaardappelen).
- Daarnaast kan in praktijkexperimenten aangetoond worden wat het kwaliteitsvoordeel is door toepassing van mechanische koeling met de focus op minimalisatie van temperatuurverschillen en temperatuurschommelingen. Kwaliteitsbehoud met een acceptabele input van energie zal leiden tot een duurzame bewaring van aardappelen. Ter ondersteuning is het onderstaande theoretische rekenvoorbeeld weergegeven:

Verskil in vochtverlies tussen aardappelen gekoeld met buitenlucht of met mechanische koeling.

Uitgangspunten:

- Bewaring van pootaardappelen (exclusief drogen en inkoelen)
- In 1000 kisten met totaal gewicht 1400 ton
- De gewenste producttemperatuur is 3°C
- De relatieve luchtvochtigheid (RV) bij stilstand van ventilatie en koeling is rond de 90%.
- De gewenste koelcapaciteit van de koelinstallatie bij dergelijk opslagcapaciteit is 80kW.
- Er wordt 8 uur per dag gekoeld met een energieverbruik van 400 kWh per dag.
- De luchthoeveelheid van de verdampventilatoren is 80.000 m³/h.

Tijdens koelen is het verschil tussen inblaastemperatuur en producttemperatuur 2°C voor zowel mechanisch als met buitenlucht gekoelde aardappelen.

Als met buitenlucht wordt ingeblazen krijgen we een gemiddelde RV van de inblaaslucht van 85% bij een temperatuur van 1°C. Bij mechanische koeling is de lucht bij het verlaten van de koeler bijna 100%.

Lucht van 1°C en 85% RV kan ten opzicht van lucht van 1°C en 98% 0,6 gr/kg meer vocht opnemen. Bij een verplaatsing van 80.000 m³/h geeft dit een verschil van ongeveer 60 kg per uur. Bij 8 draaiuren is dit 480kg water per dag. Water is in dit geval gewichtsverlies van het product. Voor 100 dagen bewaring komt dit neer op 48 ton meer productverlies door buitenluchtventilatie. In theorie een extra vochtverlies van ruim 3%.

In geld uitgedrukt is het berekende productverlies € 14.400 bij een prijs van € 0,30 per kilo aardappelen. Het stroomverbruik van mechanische koeling geeft 400kWh x 100 dagen = 40.000 kWh en kost € 8000,- (bij een kWh-prijs van € 0,20).

Bovenstaande aanbevelingen vragen om een betere kennisopbouw en -overdracht, waarbij een aantal aspecten centraal staan:

1. Verbetering van de registratie (hierbij aparte stroommeter plaatsen en/of goede urenregistratie; voorbereidingen opstarten ruimschoots voor start van bewaarperiode);
2. door middel van bijeenkomsten, data inzichtelijk maken en bediscussiëren.
3. meer inzicht opbouwen in de voordelen en nadelen van mechanische koeling ten opzichte van buitenlucht koeling of de combinatie ervan. De huidige strategie is gebaseerd op 'we doen het altijd al zo', maar de sector moet toe naar een duidelijke optimalisatie om competitief te blijven bewaren. Inzicht kan verkregen worden door experimenteel onderzoek op te zetten, waarbij theoretische berekeningen ondersteund worden met harde kentallen. Dit kan de bewaarder overtuigen bij het voeren van de bewaarstrategie, maar ook in het investeringsbeleid voor de toekomst.

Bijlage 1: Overzicht van de deelnemende telers

Bewaring	Regio	Grondsoort	Type bewaring	Specificatie	Teeltdoel
1	Veenkol.	zand	kist	zuig	poot
2	Veenkol.	zand	kist	zuig	poot
3	Flevoland	klei	kist	zuig	tafel
4	Veenkol.	zand	kist	zuig	poot
5	Flevoland	klei	kist	zuig	tafel
6	NNed	klei	kist	zuig	poot
7	NNed	klei	kist	zuig	poot
8	NNed	klei	kist	blaas	poot
9	NNed	klei	kist	zuig	poot
10	ZON	zand	bulk	rooster	frites
11	ZON	zand	bulk	rooster	frites
12	ZON	zand	bulk	kanaal o	frites
13	ZW	klei	bulk	kanaal b	tafel

*) bewaring 10 en 11 zijn onderdeel van 1 bedrijf

Bijlage 2: Verslag bijeenkomsten Koelen en bewaren

4 juli: aanwezig 13 akkerbouwers, 2 vertegenwoordigers Dijkma, 4 projectmedewerkers

2 juli (locatie Van Sambeek): 7 akkerbouwers, 1 vertegenwoordiger Tolsma, 4 projectmedewerkers

Beide avonden heeft Frank van der Geijn (WUR-FBR) een inleiding gehouden over koeltechniek. Deze presentatie is beschikbaar (bijgevoegd).

Op 2 juli heeft Tolsma input geleverd hoe zij met koeling omgaan. Op 4 juli heeft Dijkma een inleiding verzorgd over koeltechniek en –middelen en hoe hiermee om te gaan naar de toekomst.

Voor de omvang van de bewaarplaatsen bij de gemiddelde akkerbouwer blijkt het systeem van Directe Expansie (DX) economisch het meest interessant. Andere systemen hebben voor- en nadelen. Belangrijk is dat de alternatieven door DX vaak nogal wat duurder zijn in aanschaf en exploitatie.

Hoe gebruik je de koeling optimaal?

Diverse punten passeerden de revue:

- de afstelling van de apparatuur (werkdruk, mate van oververhitting) is werk van specialisten.
- De zuigleiding naar de compressor mag geen koelvloeistof bevatten, maar moet in dampfase zijn. Als de verdampers zijn warmte niet kwijt kan (bijv. in het ijs is gelopen) of de drukregulator staat te ver open, dan kan dit misgaan (geeft risico op schade aan de compressor). Dit is te zien aan de zuigleiding: als die te koud is (condens) dan is de temperatuur van het koelmiddel daar nog te laag en dus risico op aanzuigen van koelvloeistof.
- de werkdruk in het koelsysteem is afhankelijk van het koelmiddel en de temperatuur die je wilt bereiken boven het product: een richting is een temperatuurdifferentie van 3K (bijv. luchttemperatuur uit condensor = 0°C). Je wilt dit verschil eigenlijk zo klein mogelijk houden, maar dan moet de koeling vaker aanslaan. Een maatstaf of de differentie te klein is gekozen, is het oplopen van het aantal draaiuren in de winterperiode.
- Minder temperatuurverschil tussen omgeving en koeloppervlak leidt normaliter tot minder ijsvorming en dus minder vochtonttrekking aan het product.
- frequentie geregelde compressoren en condensoren maken het mogelijk om de druk in het systeem makkelijker te regelen. Door de frequentieregeling op compressoren kan een stabiele zuigdruk gerealiseerd worden (warmte afvoer uit de cel). De frequentieregeling op de compressoren zorgen voor een optimale warmte afgifte naar de omgeving toe ook bij wisselende buitentemperatuur. Een goed geregelde koelinstallatie heeft een juiste pers- en zuigdrukinstelling en een juiste afstelling van het expansieventiel, waarbij frequentieregeling kan ondersteunen. Deze elementen moeten met elkaar in balans zijn.
- de mate van oververhitting (°C boven de verdampingstemp) in een koelsysteem is normaliter 5-10K.
- Keuze installaties in de toekomst: het gaat naar natuurlijke koudemiddelen. Een installatie moet minstens 15-20 jaar meekunnen. Een installatie nu met 134a als koudemiddel kan volgens de huidige verwachtingen qua wetgeving mee tot 2025-2027 (ca. 13-14 jaar t.o.v. 2013). Het is daarom nu te overwegen om te kiezen voor een alternatief koudemiddel, zoals CO₂, NH₃, propaan of een combinatie ervan.
- Indicaties Tolsma: stel een DX installatie kost €100k, dan kost een Propaan-CO₂ unit ca. € 150k en een NH₃-CO₂ unit ca. € 180k.

Presentatie fa. Dijkma (specialist koeltechniek):

- Het gebruik van koudemiddelen zijn onderhevig aan EU-beleid. Middelen die een paar jaar geleden nog standaard in installaties zijn gebruikt, worden over een periode van 6-12 jaar definitief uitgebannen (zie hiervoor bijgevoegde presentatie). Er dreigt dus kapitaalvernietiging. De Nederlandse lobby heeft op dit punt onvoldoende gescoord.

- een teler die een lekvrije installatie heeft kan overwegen om vervanging zo lang mogelijk uit te stellen. In de praktijk blijkt dat gem. ca. 1,5% lekverlies voorkomt (laag door goed preventief onderhoud sinds invoering van STEK).
- Natuurlijke koudemiddelen zijn de toekomst: bijv. een propaan-CO₂ installatie (wel 30% duurder). Vooral bij grotere installaties gaat het richting Propaan – CO₂ of NH₃ – CO₂ (indirecte systemen).

2 juli: discussie tussen de telers

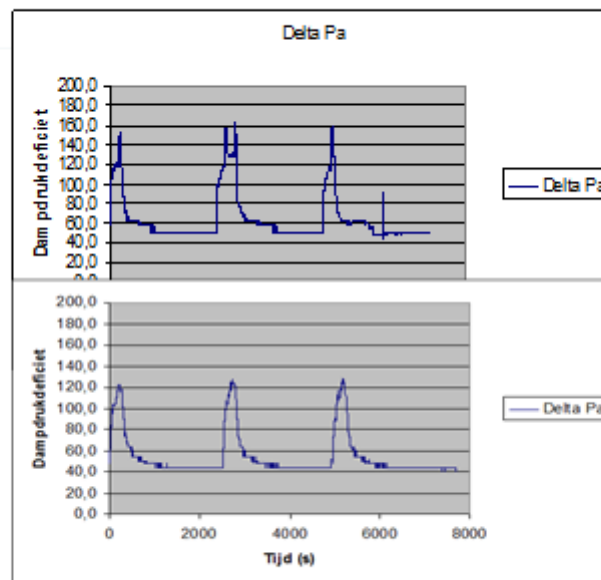
Tips voor het toetsen van de instellingen van de koelapparatuur.

- Controleer het temperatuurverloop in de verdamper. Aan de zijkant van de verdamper (soms afgeschermd) kun je zien dat de temp. bij een inlaat veel lager is – condens – bevroren dan richting de uitlaat van de verdamper (=zuigleiding compressor).
- controleer de koeluren: als de installatie (in de stabiele situatie qua producttemperatuur) meer uren draait dan 1,8-2,5 uur/dag, dan moet je afvragen of de instellingen van de koelinstallatie wel goed zijn.
- als de zuigleiding (uitlaat van de verdamper) nat wordt, dan kan er sprake zijn van teveel koudemiddel in de verdamper waardoor niet alle vloeistof in dampfase uit de koeler komt, maar ook nog in de zuigleiding aan het verdampen is waardoor deze kouder wordt.
- De oververhitting van de verdamper mag 4-10K zijn: check dit samen met de installateur op een moment dat de installatie actief is in een volle cel (dus niet in een lege cel: dit werkt niet).

Verder:

- een constante temperatuur in de bewaring leidt tot een minste gewichtsverlies: elke koelactie om de temperatuur terug te brengen leidt tot gewichtsverlies. Hoe groter de temperatuurschommeling hoe groter het gewichtsverlies.
- een optimaal ingestelde installatie leidt tot een lagere totaal dampdrukdeficiet (oppervlakte onder de lijn) en daarmee een lager gewichtsverlies.

Optimaal celklimaat



- kies een regiem waarbij bijv. eens per 3-6 uur een korte koelactie plaatsvindt en laat tegelijkertijd de ventilatoren van de bewaarplaats draaien met een korte nadraaitijd (totdat de lameltemp. van de verdamper gelijk is aan de ruimtetemperatuur).

4 Juli: Discussie tussen de telers

- De temperatuurspreiding binnen een partij aardappelen mag niet te groot zijn. In de praktijk wordt een temperatuurverschil binnen de partij van 0,35 -0,5°C wenselijk geacht, maar tot 1,5°C geaccepteerd.
- Hoe kun je het best kiezen qua energieverbruik en gewichtsverlies? Stel dat er sprake is van koude buitenlucht waarmee je snel de temperatuur terug kunt koelen. Voordeel is dat je daarna langer met weinig vochtverlies intern kunt koelen/ventileren. Dijkma biedt aan om hier een keer aan te rekenen (Mollier diagram). Een temperatuurstijging van de lucht met 1°C leidt tot een RV verlaging van 8%: dus vochtverlies van het product. Hiermee is te rekenen.
- Bij koelen met buitenlucht: mik op ca. 2.5-3°C lagere buitentemperatuur t.o.v. de hoop.
- De telers zijn verontwaardigd over de wijze waarop met de belangen van kleine bewaarplaatsen met lichte installaties (en weinig koelmiddel) is omgegaan. Het EU-beleid is te sterk geënt op de grote installaties. Een krachtiger lobby voor de belangen van kleine bewaarsystemen wordt belangrijk gevonden.
- Ontwerp van een installatie: een vuistregel is dat per kist 80W aan koelenergie nodig is. Bij een cel van 700-800 kisten (1000ton) volstaat een installatie van 60kW.
- De ervaring van een aantal telers (pootgoed): vocht en aardappelen leidt altijd tot kieming. Door temperatuurverschillen klein te houden en ventilatie moet dit worden voorkomen.
- De warmteproductie van een partij varieert bij verschillende temperaturen (bijv. bij 2°C: 15W/ton, 5°C: 18W/ton, bij 15°C: 29 W/ton). Dit pleit dus voor een constante lage temperatuur.
- Een geschikt regiem voor bewaring is bijv. om met de koeler de ruimtetemperatuur te reguleren binnen een marge van bijv. max. 0,5°C (liever 0,1) en een temperatuurverschil tussen ruimte boven partij en in partij van 0,7-1,0°C. Tevens over een etmaal ongeveer 1 uur te circuleren door bijv. eens per 6 uur 15 minuten de ventilatoren laten draaien, zodat de temperatuur binnen de partij geëgaliseerd wordt.
- CO₂ is zelden een probleem bij lage temperaturen. De cellen zijn voldoende lek dat er voldoende verversing optreedt bij de hiervoor genoemde draaitijd van 1 uur/etmaal. Opm: bij Van Hoven is er jarenlang een probleem geweest met bakkwaliteit als gevolg van CO₂ (zij hebben een CO₂meter geplaatst en zuigen CO₂ af). VRAAG: geldt dit advies dus ook bij fritesaardappelen waarbij het product op een hogere temp (6-8°C) wordt bewaard? Een CO₂ gehalte tot 2000ppm (0,2%) is normaliter geen probleem (normale buitenlucht bevat 0,03% CO₂). In goed geïsoleerde loodsen kan dit gehalte oplopen tot waarden die boven 0,5% stijgen).
- Bij uitschuren uit een koude koelcel blijkt dat de aardappelen veel vocht aantrekken (condens). De ervaring is dat dit product actief geventileerd moet worden om deze droog te houden. Er zijn diverse ervaringen dat het risico op alsnog zilverschuif groot is als er niet direct gedroogd wordt.
- In hoeverre is actieve ventilatie nodig naast de ventilatoren bij de verdamper? Uit de discussie bleek dat het merendeel van de telers de gewone ventilatie gebruik om de temp. binnen de partij gelijk te krijgen en te houden. Een enkeling plaatst de kisten iets uit elkaar en laat de kou tussen de kisten in zakken en in de kisten diffunderen. Dit bleek afdoende te werken bij aardappelen die koud werden bewaard. Wel werden er door de aanwezigen vraagtekens gezet of dit systeem in alle gevallen wel leidt tot voldoende verversing van lucht en warmteafvoer binnen de kist.

Tot slot

Op beide locaties zijn de installatie door de deelnemers bekeken en bediscussieerd. Bij Van Sambeek kwam naar voren dat de verdeling van de koude lucht door de bewaring problemen heeft gegeven (leidde tot temperatuurverschillen binnen de partij). Dit is opgelost, maar het aantal en de positionering van de verdamper is zeker een punt van aandacht.

Bij bedrijf Blok kwam het contrast mooi naar voren tussen de producten. Hij bewaart ook witlofpennen op -1°C en vernevelt vocht in de bewaring. Het effect is een laag ijs op de bovenste kisten (zie foto). Omdat ijs poreus is, leidt dit niet tot verstikking van het product.



Bijlage 3: Artikel in Nieuwe Oogst



De lagere bewaarverliezen van pootgoed in vergelijking met fritesaardappelen komt vooral door de lagere bewaartemperatuur. Het pootgoed komt daardoor mooi uit de bewaring.

Foto: Nieuwe Oogst

'Beperken

THEMA

Bij de bewaring van aardappelen krijgt energiebesparing steeds meer aandacht. Het gewichtsverlies moeten akkerbouwers daarbij zeker niet uit het oog verliezen. Gewichtsverlies weegt economisch gezien vier keer zo zwaar als het stroomverbruik.

Dat blijkt uit cijfers van het praktijknetwerk 'Slim en kostenbesparend bewaren'. Uit de analyse blijkt dat de bewaarverliezen bij aardappelen gemiddeld zo'n 3 procent zijn. Per ton product is dat een verlies van 30 kilo. Bij een prijs van 20 cent per kilo een bedrag van 6 euro. Omdat boven in de partij is gemeten, zal in werkelijkheid het bewaarverlies groter zijn.

Het gros van de bewaarplaatsen laat een verbruik zien van 0,06 tot 0,1 kilowattuur per ton per dag. Bij een stroomprijs van 10 cent per kilowattuur is dat gedurende het bewaarstizoen zo'n 1,50 euro per ton product. Een kwart van de economische waarde van het bewaarverlies.

'Als het gaat om het economische rendement, moeten akkerbouwers bij de bewaring van aardappelen de prioriteit bij gewichtsverlies leggen', zegt projectleider Jan Kamp van PPO. 'Dit soort cijfers heeft de ogen van de akkerbouwers geopend.'

Bij fritesaardappelen zijn de bewaarverlie-

Praktijknetwerk 'Slim en kostenbesparend bewaren' opent ogen akkerbouwers

gewichtsverlies heeft bij bewaring prioriteit'

zen met gemiddeld 3,5 à 4 procent het hoogst. 'Dat komt vooral omdat die aardappelen niet kouder dan 7 graden Celsius worden bewaard. Dit om binnen de grenzen van de gewenste bak-index te blijven', geeft Kamp aan.

Bij pootgoed en zetmeelaardappelen liggen de bewaarverliezen gemiddeld op 2,5 à 3 procent. De lagere bewaarverliezen van pootgoed in vergelijking met fritesaardappelen komt volgens Kamp vooral door de lagere bewaar temperatuur. 'Het pootgoed komt daardoor mooi uit de bewaring.'

Ook bij tafelaardappelen zijn de bewaarverliezen relatief laag: gemiddeld 1 à 1,5 procent. 'Tafelaardappelen bewaren akkerbouwers gerust op zo'n 4 graden Celsius. Dan blijven de bewaarverliezen laag. Dat kan omdat bij het koken van de koud bewaarde aardappelen bruinverkleuring geen probleem is', zegt Kamp.

STRATEGIE

Een deel van de deelnemers aan het praktijknetwerk gebruikt mechanische koeling in de bewaring. Vooral telers van pootgoed en tafelaardappelen kiezen daarvoor om de kwaliteit op peil te houden. Ook langbewaarders van fritesaardappelen proberen de temperatuur steeds vaker met koeling te regelen.

Kamp: 'Vooral in de maanden mei en juni komen hoge buitentemperaturen voor. Het was interessant om te zien wat het gebruik van koelapparatuur betekende op het punt van bewaarverlies en energieverbruik.'

De informatie over bewaarverlies, kwaliteitscijfers en energieverbruik is beschikbaar gekomen doordat telers van het praktijknetwerk

'Slim en kostenbesparend bewaren' gedurende het bewaar seizoen gegevens hebben verzameld. Binnen de groep koelers ging het om zowel bulk- en kistbewaring, verschillende ventilatiesystemen en koudemiddelen.

Kamp: 'Binnen de groep waren er behoorlijke verschillen in energieverbruik. Dit wordt uitgedrukt in het aantal kilowattuur per ton per dag. Het verschil liep op tot een factor 3. Vaak is dat te verklaren door de bewaar duur. Lang bewaren betekent ook extra koelen in de periode dat de buitentemperatuur oploopt. Soms gaat een hoger energieverbruik samen met een laag gewichtsverlies, maar lang niet altijd. De cijfers zorgden voor discussie: wat is de strategie en waarom is het energieverbruik bij een collega laag of hoog?'

TEMPERATUURSPREIDING

Het afregelen van de koelinstallatie heeft gevolgen voor het energieverbruik en het gewichtsverlies, geeft Kamp aan. 'Hoe vaak slaat de installatie aan bij een stabiele situatie in de bewaring? Is de installatie goed afgeregeld?'

Een belangrijke factor is de temperatuurspreiding binnen een partij. In de praktijk wordt een temperatuurverschil van 0,5 graden Celsius wenselijk geacht, maar soms tot 1,5 graden Celsius geaccepteerd, bleek tijdens de discussie tussen de telers. En hoe lang is de nadraaitijd van de ventilatoren na een koelactie. 'Dat soort verschillen bepaalt in belangrijke mate de temperatuurverdeling in de partij en het energieverbruik', zegt Kamp.

Ook de keuze voor koelen met buitenlucht of met een mechanische koeling heeft gevolgen voor het vochtverlies. Bij mechanische koeling

is de relatieve luchtvochtigheid (RV) van de lucht net uit de koeler bijna 100 procent. Buitenlucht heeft een gemiddelde RV van circa 85 procent.

Dit verschil kan over de gehele bewaarperiode een extra vochtverlies van ruim 3 procent veroorzaken. Het verlies aan product in euro's is daardoor snel hoger dan het stroomverbruik van mechanische koeling. Of dit de investering in de koelinstallatie in voldoende mate afdekt, is een andere vraag.

Een ander aspect is het verversen van de lucht in de bewaring om CO₂-ophoping te voorkomen. Eens per zes uur een kwartiertje zou voldoende moeten zijn, zo is uit het praktijknetwerk naar voren gekomen. 'Een partij aardappelen bij een lage temperatuur produceert niet zoveel CO₂. Cellen zijn vaak voldoende lek zodat verversing optreedt', zegt Kamp.

Het dicht houden van de bewaring na het gassen van bewaarmiddelen was bij de telers ook punt van discussie. Hoe lang moet de bewaarplaats dicht blijven? Uit het praktijknetwerk kwam naar voren dat 8 tot 12 uur vaak voldoende is, terwijl er in de praktijk akkerbouwers zijn die uitgaan van één à twee dagen.

EU-BELEID

De deelnemers aan het praktijknetwerk hebben allemaal een DX-koelinstallatie die werkt met synthetische koudemiddelen (F-gassen). Veelal 507 en 404a. De EU gaat het bijvullen met deze middelen in 2022 verbieden omdat de ze het broeikas effect versterken. In de tussenliggende periode lijkt het erop dat deze koelmiddelen zwaar belast zullen worden en daardoor misschien wel vier keer zo duur worden.

Een installatie met 134a (lagere milieubelasting) als koudemiddel heeft volgens de huidige verwachtingen qua wetgeving nog geen beperking. Ook hier zullen bij lekkage van koudemiddel de kosten voor het koudemiddel in de loop van de tijd flink toenemen, zo is de verwachting.

Een installatie heeft een technische levensduur van 15 à 20 jaar. Nu nog investeren in een installatie met 134a als koudemiddel is twijfelachtig omdat niet zeker is dat zo'n installatie de gehele levensduur kan uitdienen. 'Kiezen telers hier toch voor, vraag dan naar de laatste informatie over het EU-beleid op dit punt', luidt het advies van Kamp. Volgens hem is het te overwegen om te kiezen voor een alternatief koudemiddel, zoals CO₂, NH₃, propaan of een combinatie ervan.

Kamp: 'In de land- en tuinbouw hebben we te maken met installaties van 60 tot 100 kilowatt. Onder de 150 kilowatt is een gangbare DX-installatie het goedkoopst. Het alternatief propaan-CO₂ is zo'n 50 procent duurder, NH₃-CO₂ circa 80 procent duurder. Bij de beleidsontwikkeling is vooral naar grotere installaties gekeken en is de land- en tuinbouw onvoldoende in beeld geweest. Er dreigt een financieel probleem als de synthetische koelmiddelen erg duur worden. Maar of voor de landbouw een uitzonderingspositie mogelijk is, is maar de vraag.'

De eerste systemen met CO₂, NH₃ en/of propaan draaien nu in de praktijk. Hoe goed de systemen werken, of ze voldoen en hoe het met het energieverbruik zit, moet nog blijken.

HAN REINDSEN

