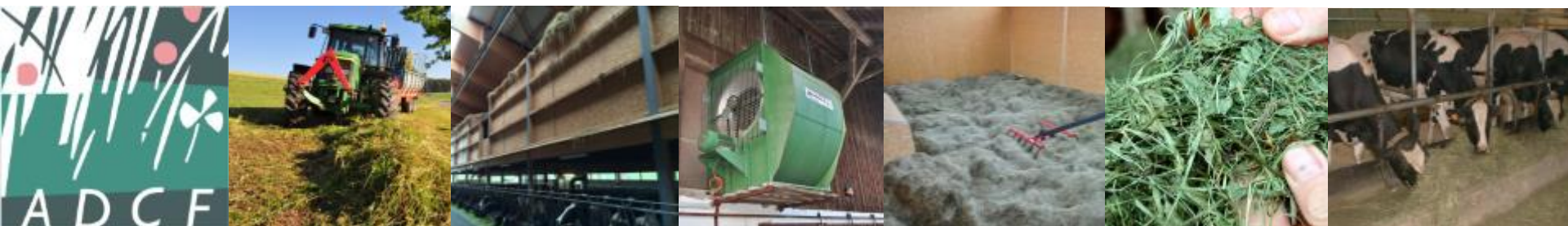


Essiccazione in fienile 2015

Miglioramento delle prestazioni: differenti equipaggiamenti, diverse soluzioni



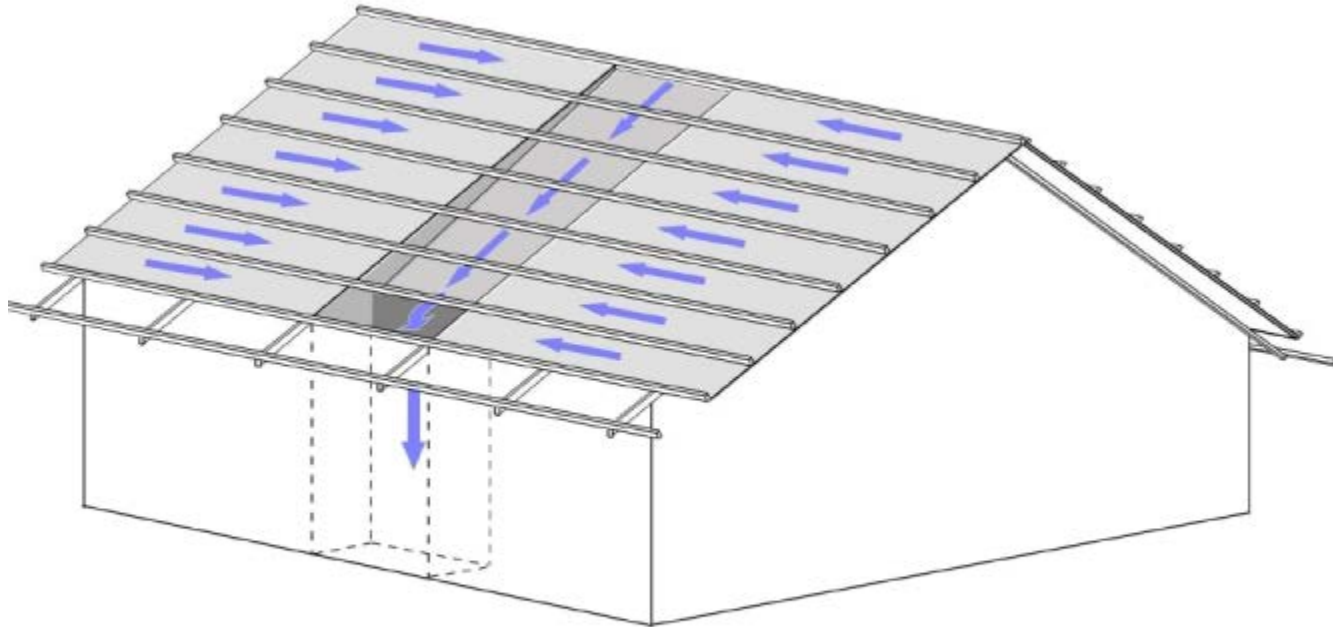
**Pierre Aeby, Sylvain Boéchat, Aloïs Cachelin, Yann Charrier,
Michel Roy, Stéphane Moura, Vincent Huwiler, Sébastien Grandjean**

Traduzione e presentazione: Francesco Rezzonico
Ufficio consulenza agricola

1. Recupero di calore dal sottotetto



1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)



Lo «standard» : aspirazione sulle falde e canale collettore verso il ventilatore

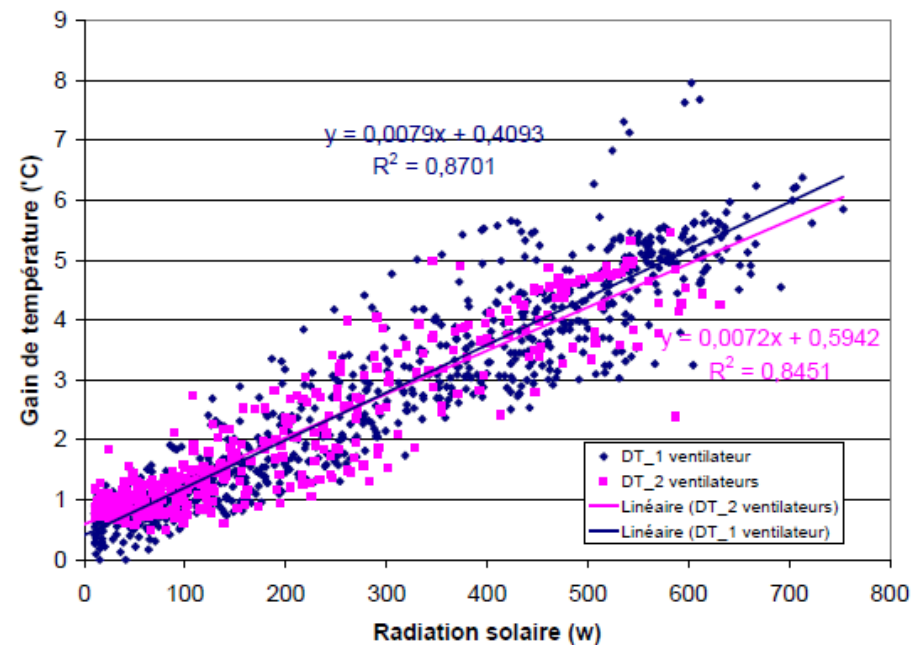
Fonte foto : Wirleitner 2013

1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)

Riscaldamento medio da +6 a +8 gradi Celsius.

Lamiera > eternit

Evaporazione media =
1.7 g acqua/m³ aria
rispetto a 1.0 g in aria
fredda (Nydegger, 2011),



Fonte grafico : Tremblay e al., Québec, Installazione e valutazione di un sistema di raccolta di fieno secco sfuso, 2012

1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)

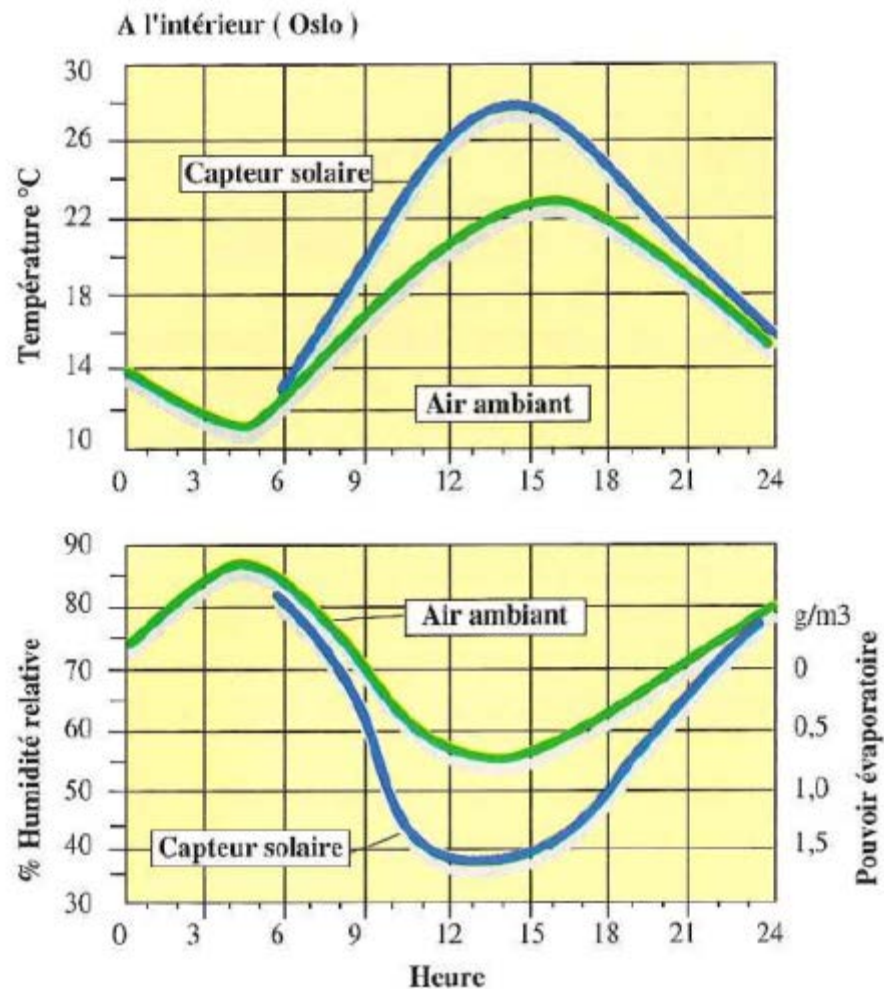


Figure 6 : Exemple du gain apporté en Norvège par le réchauffage solaire de l'air ambiant.

Source : Rhônalpénergie-environnement, Séchage solaire des produits agricoles en Europe, 1996

1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)

Un recuperatore di 100 m² cattura circa 12'000 kWh all'anno, ossia l'equivalente di 1'200 litri di nafta.

Rendimento energetico = 20% (a 30%) tra energia solare e energia nell'aria riscaldata, per un tetto in lamiera.

= 200 a 350 W / m², per un irraggiamento medio del sole di 800 W / m²

Fonte : Nydegger, corso Agridea 2011

1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)

Sezione d'aspirazione

= Fattore spesso limitante !

Sezione necessaria = portata d'aria
necessaria / velocità dell'aria desiderata

es.: $11 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}^2 / 4 \text{ m}/\text{sec} = 2.75 \text{ m}^2$

Sezione disponibile = **altezza dei listoni** *
luce tra i listelli * n intervalli

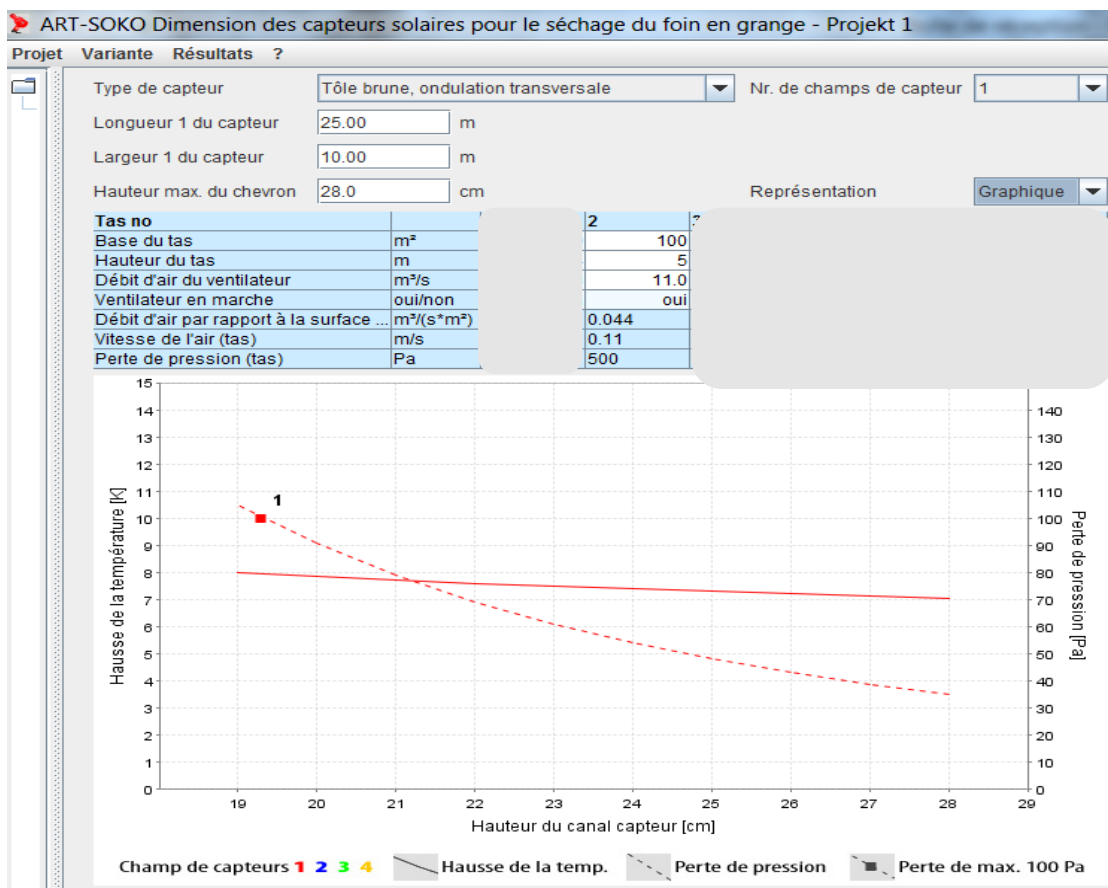
ex.: $10 \text{ intervalli} * 0.22 \text{ m H} * 0.9 \text{ m} = 1.98 \text{ m}^2$



Foto : Wirleitner 2013, Riflessioni per la pianificazione di un impianto d'essiccazione

Effetto dell'altezza dei listoni (esempio)

Sezione d'aspirazione necessaria = 2.75 m²



Fonte della tabella : SOKO

Sfruttamento relativo dell'irraggiamento solare a dipendenza della pendenza e dell'orientamento del tetto

(in % rispetto ad un'esposizione sud con una pendenza di 20°)

	10°	20°	30°	40°	50°
Pieno sud	98%	100%	99%	96%	89%
Est-ovest	91%	88%	84%	79%	72%
Pieno nord	85%	74%	62%	47%	32%

Il pannello orientato a nord può anche apportare del calore !



Carico massimo per un essiccatoio

Dipende dalla massa d'acqua nel carico.

Di principio: con aria fredda : <50 litri d'acqua/m² essiccatoio

con aria calda : <60 litri d'acqua/m² essiccatoio

Esempi : Carico di 2 m d'altezza con fieno al 60% SS in un essiccatoio con recuperatore di calore = 66 l acqua/m².

Carico di 3 m d'altezza con fieno al 75%SS in un essiccatoio con recuperatore di calore = 60 l acqua/m².



Fonte : Rapporto ART 168

1. Recupero di calore dal sottotetto (RCST)

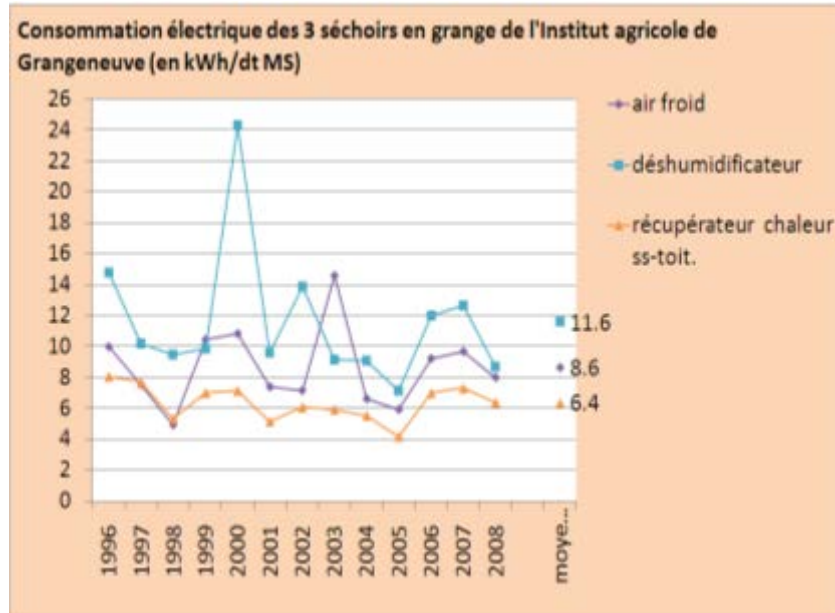
Investimenti

Tra +15'000 et +20'000 franchi supplementari

Es.: costi supplementari per una lamiera semplice + RCST OSB = +15 fr/m²

Considerare un bisogno in potenza del ventilatore di +15 a +25%

Consumo elettrico più debole: 35-50%



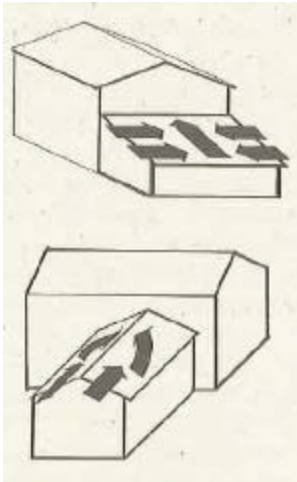
2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

Principio identico al sottotetto

Guadagno termico medio ~ eternit

Potenza recuperata = fino a 4 kWh par m² in estate (per 0.77 kWh di corrente).

Fonte : Nydegger, corso Agridea 2011



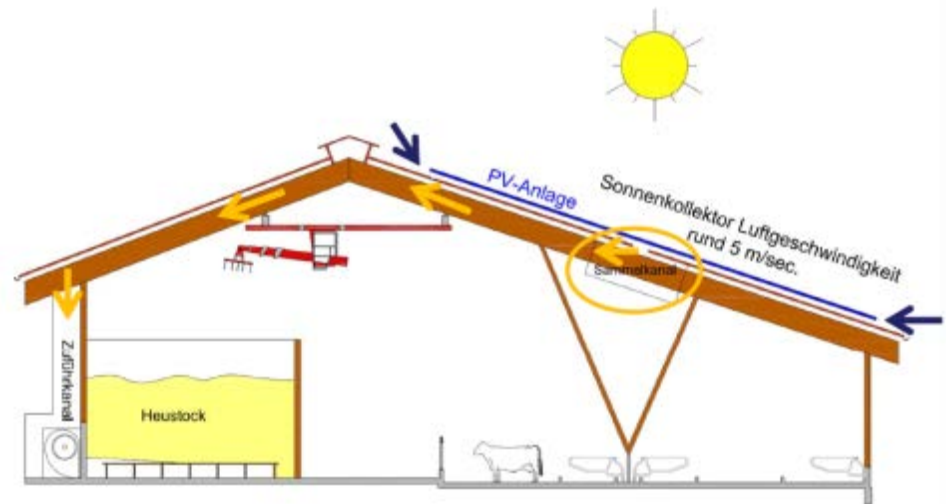
Fonte foto: internet

2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

... ma soluzioni diverse

Aspirazione : sulle falde o alla base del tetto

Canale collettore : centrale, in mezzo al tetto o sotto il colmo



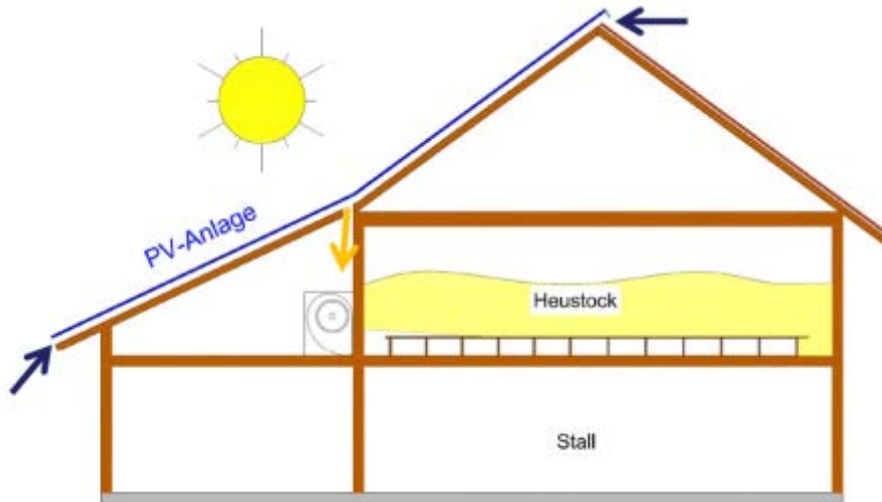
Fonte schema : Walthert, applicazione termica di impianti fotovoltaici

2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

... ma soluzioni diverse

Aspirazione : sulle falde o alla base del tetto

Canale collettore : centrale, in mezzo al tetto o sotto il colmo



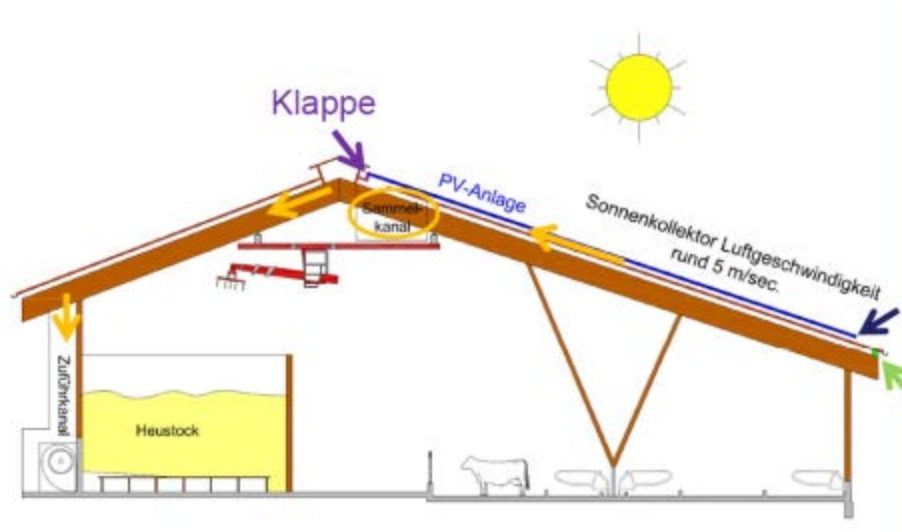
Fonte schema : Walthert, applicazione termica di impianti fotovoltaici

2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

... ma soluzioni diverse

Aspirazione : sulle falde o alla base del tetto

Canale collettore : centrale, in mezzo al tetto o sotto il colmo



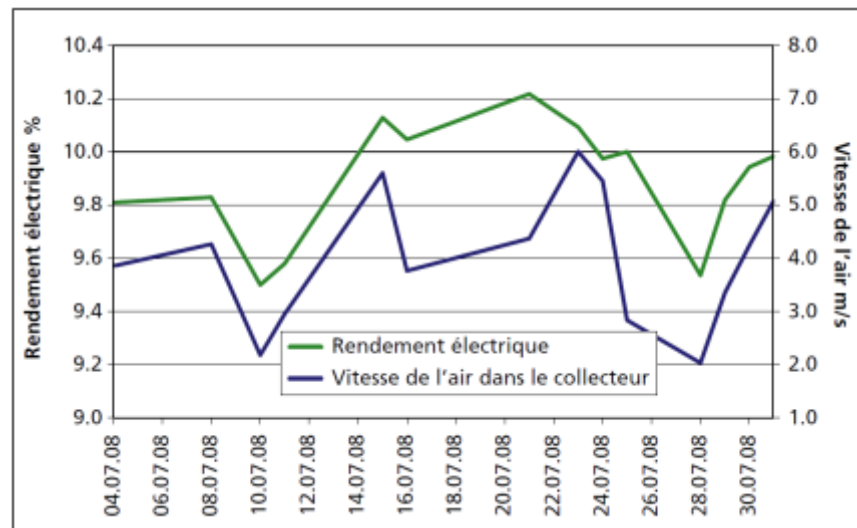
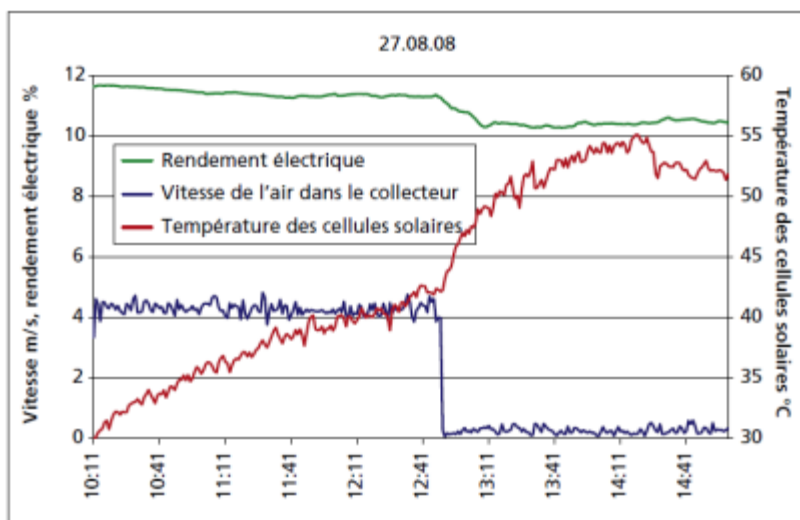
Fonte schema : Walthert, applicazione termica di impianti fotovoltaici

2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

Un rendimento elettrico superiore se l'aria circola

+0.3 à + 0.5% per grado perso

Fonte : Nydegger, corso Agridea 2011



Fonte dei grafici : van Caenegem e al., rendimento termico di impianti fotovoltaici integrati nel tetto, 2009

2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

Protezione incendio

«Rivestimento continuo, a tenuta stagna contro la polvere, indice incendio >4.2, densità di 450 kg/m³ e spessore minimo di 10 mm»

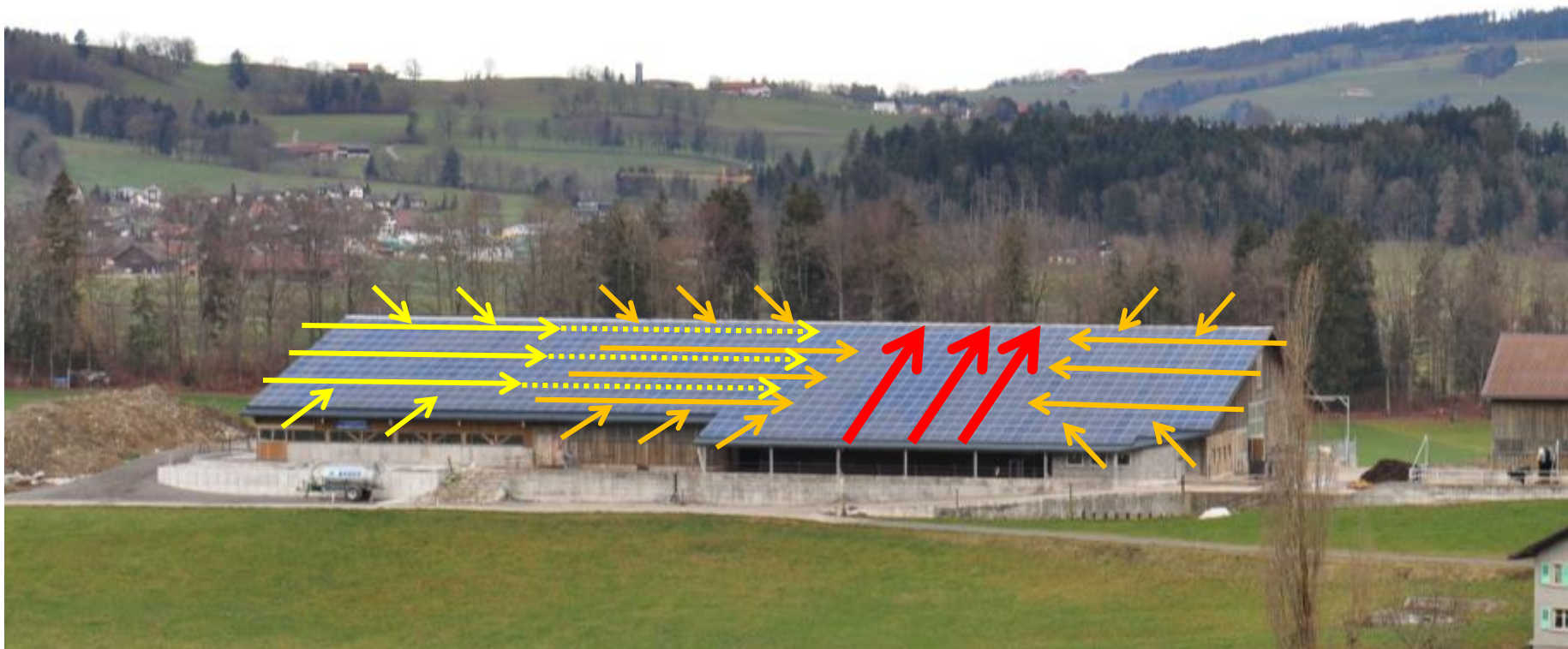
Fonte : ispezione cantonale contro il fuoco, comm. Pers. 2014



2. Recupero di calore da sotto le celle fotovoltaiche

Esempio: azienda Sébastien Grandjean, Epagny





Cellule fotovoltaiche in moduli integrati al tetto



Listonatura sul vecchio rivestimento del tetto



Aspirazione sulla facciata nord

Riscaldamento 26 m di lunghezza (5 x 5.2 m)

e 2 aspiratori sulla facciata sud

Riscaldamento 22 m di lunghezza (4 x 5.5 m) nella nuova ala
+ riscaldamento su 20.8 m (4 x 5.2 m) con tetto in eternit



Canale collettore come per RCST «classico»

Infatti è lo stesso canale del vecchio RCST.

3. Bruciatore a nafta

Buon mercato all'acquisto < 10'000 franchi

Utilizzazione flessibile

- Da una cella all'altra
- Adattabile al vecchio edificio
- Utilizzabile nei giorni di pioggia o di notte



Efficace

- evaporazione media = 2.2 g acqua/m³ aria contro 1.7 g con recuperatore e 1.0 con aria fredda

(Nydegger, 2011)

3. Bruciatore a nafta

Ma consumo importante !

In media, consumo da 10 a 15 litri di nafta per ora di riscaldamento

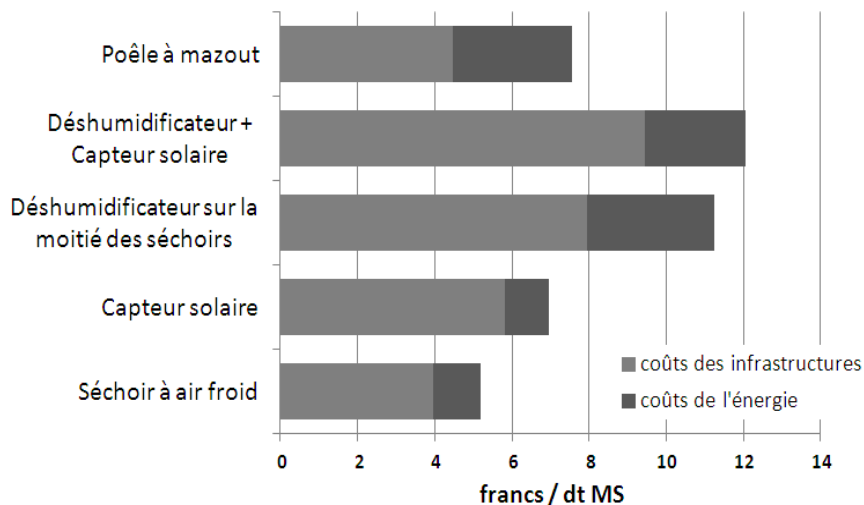
(fonte : Rémi Pléau e al., ADEME 2011)

o 10 (6-12) litri di nafta / m³ di fieno

(fonte : inchiesta Küssnacht, corso Grangeneuve 1974)

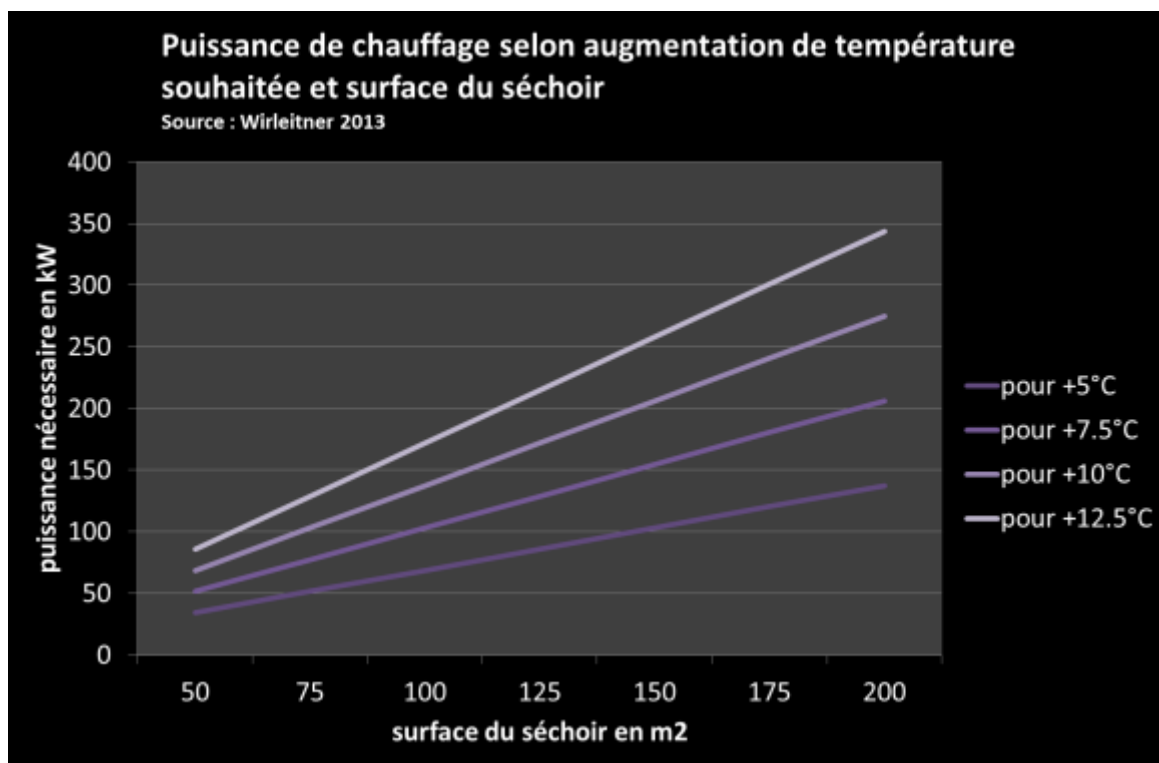
Coûts de différents systèmes de séchage en grange

(Nydegger, ART 2013)



Bisogni in potenza elevati

Regola base : necessaria una potenza di 12.5 kW per riscaldare di +1 grado Celsius 10 m³ d'aria.



3. Bruciatore a nafta

Attenzione a non scaldare troppo l'aria

Obiettivo = +10 gradi °C fino ad un massimo di +15 gradi °C rispetto all'aria ambientale

- *Consumo elevato*
- *L'aria calda non si mischia con quella fredda*
- *Rischi di condensazione lungo le pareti dell'essiccatoio, sullo strato superiore del fieno e/o sotto il tetto.*
- *Diminuzione della digestibilità delle proteine se >45 gradi °C*

3. Bruciatore a nafta

**Esempio: azienda Stéphane et Jacques Moura,
Grandvillard**



Essiccatoio in fienile

3 celle di 9 m x 9.5 m ognuna



Ventilatori

Wild A7 11 kW

Zumstein R12 11 kW



Descrizione del bruciatore

1 unità da 110 kW, 95'000 Kcalorie/h

Mobile

Consumo nafta = 1'000 litri/anno



Discussione

- Consumo
- Aspirazione da un solo lato!
- Aspirazione gas di scarico?

4. Bruciatore a legna

Due opzioni principali

1. Stufa a legna con calore diretto
2. Bruciatore a legna con produzione d'acqua calda e scambiatore di calore



Stufa a legna con calore diretto

- Non cara all'acquisto (60kW pour 80m²) : <10'000 CHF
- Lavoro quotidiano
- 1 m³ legna/giorno per 80 m²
- Guadagno termico: +8 a +10 °C



Bruciatore a legna con acqua calda e scambiatore di calore

- Bisogni in potenza molto elevati :

Promemoria : necessari 12.5 kW per scaldare di +1 grado Celsius 10 m³ d'aria.

- Costi molto elevati > 30'000 franchi
- Ammortamenti se altri bisogni di riscaldamento



5. Recupero di calore da impianto per la produzione di biogas

Esempio: azienda Michel Roy, Porrentruy



Descrizione

Entrata in funzione dell'impianto per la produzione di biogas alla fine di marzo 2008.

Accoppiamento forza-calore di 190 kW elettrici e 210 kW termici.

Messa in esercizio d'un secondo motore di pari potenza a febbraio 2012.

Scambiatore e ventilatore



Scambiatore di calore da 401 kW

Ventilatore Zumstein RLZ 130, motore da 22 kW (30 CV)

Essiccatoio e uscite



Essiccazione in fienile in un silo trincea lungo 25 m, largo 5.5 m e alto 5 m = circa 680 m³.

Benne e griglie



Posa d'un secondo canale per l'essiccazione di trucioli e di cereali.

Due benne possono essiccare assieme .

Accoppiamento e variatore



6. Recupero di calore da generatore

Il generatore fornisce la corrente elettrica per il ventilatore (amperaggio insufficiente sulla rete) e il calore per riscaldare l'aria (cassone chiuso).



7. Deumidificatore

- ▶ **Velocità dell'aria** < 4 m/sec nel condensatore
- ▶ **Rapporto potenza deumidificatore/ventilatore**
almeno 0,75/1
fino a 2,5/1
- ▶ **Condizioni di lavoro** : cattive se temperature basse o se umidità relativa dell'aria < 40 %
- ▶ **Eventuali altre fonti di calore** : sistemarle dopo il deumidificatore



Source : Wirleitner 2013

7. Deumidificatore

- ▶ **Condensazione** : da 1 a 4 g d'acqua/m³ d'aria
- ▶ **Riscaldamento** : da +1 a +8 °C
- ▶ È il cumulo di questi 2 fattori che ne moltiplica la capacità



Combinazione deumidificatore /
recuperatore di calore sottotetto

Ma ne vale la pena?

Paragone della qualità del fieno – Prova Gumpenstein 2010-12

Fonte : Resch, 2014, Influssi di differenti sistemi d'essiccazione sulla qualità del foraggio grezzo

	<i>n</i>	SA	CB	Zuccheri	Ceneri	Carotene
Essiccazione al suolo	66	140.5 a	233.1	134.6	90.3	71.5 a
Ventilazione ad aria fredda	66	142.8 ab	234.2	139.4	89.5	97.1 b
Deumidificatore	66	145.4 b	232.5	137.1	59.9	96.4 b
	<i>n</i>	DMO	NEL	Odore	Colore	Struttura
Essiccazione al suolo	66	67.8 a	5.55 a	2.4 a	3.4 a	6.3 a
Ventilazione ad aria fredda	66	69.2 b	5.71 b	3.4 b	4.5 b	6.8 b
Deumidificatore	66	69.8 b	5.77 b	2.8 ab	4.2 b	6.9 b

NB1: qualche problema tecnico con deumidificatore.

NB2: Notevole influsso tra il sistema di conservazione e l'annata o il n° dello sfalcio.

7. Deumidificatore

Esempio: azienda Vincent Huwiler, Semsales



Altitudine

- Media a 800 m
- Regione abbastanza fredda e tardiva

Superficie

- SAU : 44 ha prati (compreso appassimento Blonay+St-Légier a 1200) (dont 5 ha SPB + 39 ha di prati intensivi)

Effettivo animali (al 31.01.2015)

- 35 vacche
- 9 manzette da 1 a 2 anni
- 9 vitelli da 3 mesi a 1 anno
- 3 incroci con razza da carne

Livello produttivo(secondo federazione Holstein 2014)

28 vacche : 9'053 kg di latte a 3.73 di grasso e 3.03 di proteine

NRG : plan d'alimentation – J. et V. Huwiler

Tél. : ...

Portable : 078/640 46 15

La ration de base

Corrections de l'ingestion :

- Multipares : 110% + 1.2 kg
- Primipares : 106% + 0.8 kg



Libellé	Qté. MS	Qté. MB	à vol.	Prop.	MS	CB	NEL	PAI	PAIN	MA	Ca	P	Mg
Foin	9.95	10.82	☒	50	92.0	269	5.7	82	77	121	1.8	3.2	2.5
Regain	9.95	10.82	☒	50	92.0	240	5.6	91	92	145	1.3	4.0	2.9
Apport total	19.91	21.64				5 067	112.5	1 722	1 682	2 648	140.4	71.7	53.8
Couverture							85 %	91 %	89 %		112 %	85 %	183 %
Concentration						255	5.7	87	85	133	7.1	3.6	2.7
Lait Permis							23.5	26.1	25.3		35.1	21.7	78.0

Essiccazione in fienile (attuale)

1 cella di 47 m^2 ($4.5 \text{ m} \times 10.5 \text{ m}$) * 6 m H
 $= 282 \text{ m}^3$

1 cella di 136 m^2 ($13 \text{ m} \times 10.5 \text{ m}$) * 6 m H
 $= 819 \text{ m}^3$

1 solo ventilatore di 9.5 kW



Deumidificatore

Potenza di 9 kW

Rapporto DZU/ventilo $\approx 1/1$



Vantaggi

Qualità del foraggio eccezionale

Non legato alla meteo del giorno dopo

Funziona di notte

Permette di mettere in cascina del foraggio relativamente umido

Foraggio molto appetibile

Riduzione del tempo di ventilazione

Svantaggi

Costi d'acquisto e costi di funzionamento

Portata del cantiere legata alla capacità dell'essiccatoio

Limite di funzionamento in autunno a basse temperature

Sistema attuale sottodimensionato (lavoro con un riscaldamento a nafta in caso di panne)

Ingrandimento con la nuova stalla, installazione d'un nuovo deumidificatore

Messa in cascina

Altezza dello sfalcio 10 cm

Foraggio lavorato con la pirouetté 2x :

- 1x per disfare le andane
- 1x per rivoltarlo.
- 1x in più se è l'inizio del maggengo

Messa in andana abbastanza veloce al momento della raccolta = ultimo effetto « colpo di pirouette »

Deumidificatore secca l'ultimo % d'umidità

Dare grande importanza alla ripartizione del foraggio nell'essiccatoio!

Controllo della pressione dell'aria

Questa apparecchiatura indica il grado di essiccazione

Indica se una parte della catasta è più secca o che l'aria passa attraverso delle parti umide.

Indica pure se il filtro è sporco

E ultimo mezzo di controllo = valutazione personale sulla catasta.



8. Riscaldamento a pavimento: musica del futuro?

Esempio essiccatoio 200 m²

Recuperatore di calore sottotetto

Caldaia a legna di 60 kW

Accumulatore di 3'500 litri d'acqua a 90 °C

Raccordo di 10 metri

Riscaldamento a pavimento di 2'500 metri di tubi nel cemento.



Source : Nydegger et Boéchat, cours agridea 2011

8. Riscaldamento a pavimento

O raffreddamento a pavimento ?

Raffreddamento di 1 grado Celsius ogni 10 metri di cemento.

Fonte : Nydegger, comm. pers. 2013

