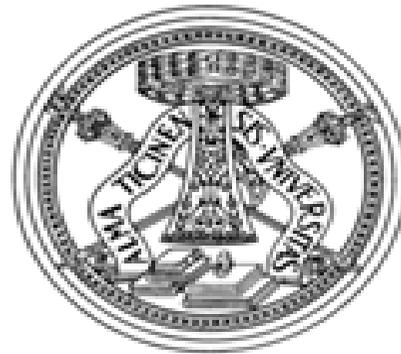


# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA



Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Corso di laurea in Ingegneria Industriale a curriculum

Meccanico



# IMPIANTO INNOVATIVO PER IL RISCALDAMENTO DI CAMPI DA GIOCO: ASPETTI TECNOLOGICI ED IMPIANTISTICI

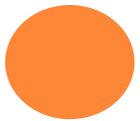
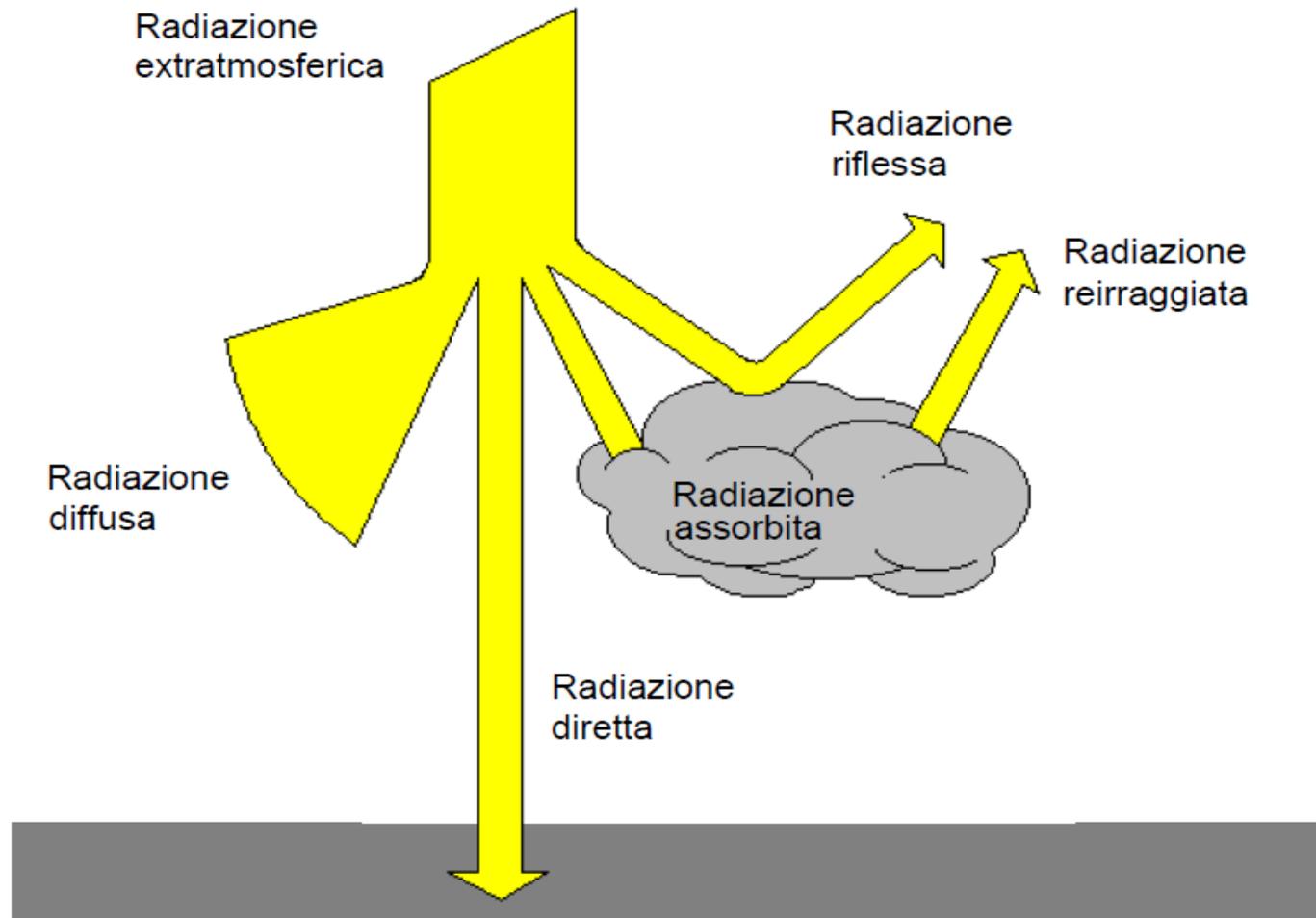


## LAVORO SVOLTO

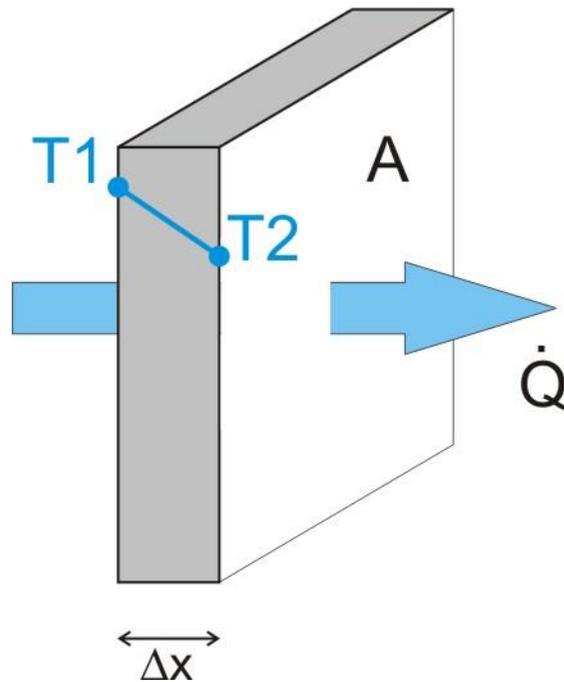
- Studio sulla trasmissione di calore tra diversi strati di terreno
- Implementazione dei calcoli tramite foglio di calcolo Excel
- Considerazioni sugli aspetti economici ed impiantistici



# RADIAZIONE SOLARE



# CONDUZIONE: DIRETTO CONTATTO TRA SUPERFICI A TEMPERATURA DIVERSA



$$T_1 > T_2$$

LEGGE DI FOURIER:

$$\dot{Q} \equiv \varphi = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad [W]$$

$\lambda$  : conducibilità termica [W/mK]



# MECCANISMI COMBINATI DI SCAMBIO TERMICO

- Temperatura aria-sole: 
$$T_{as} = T_{ext} + \frac{\alpha(RAD_G)}{h_e}$$

tiene conto contemporaneamente sia degli scambi termici con l'aria che dell'irraggiamento

- Flusso trasmesso in una sezione unitaria di terreno:

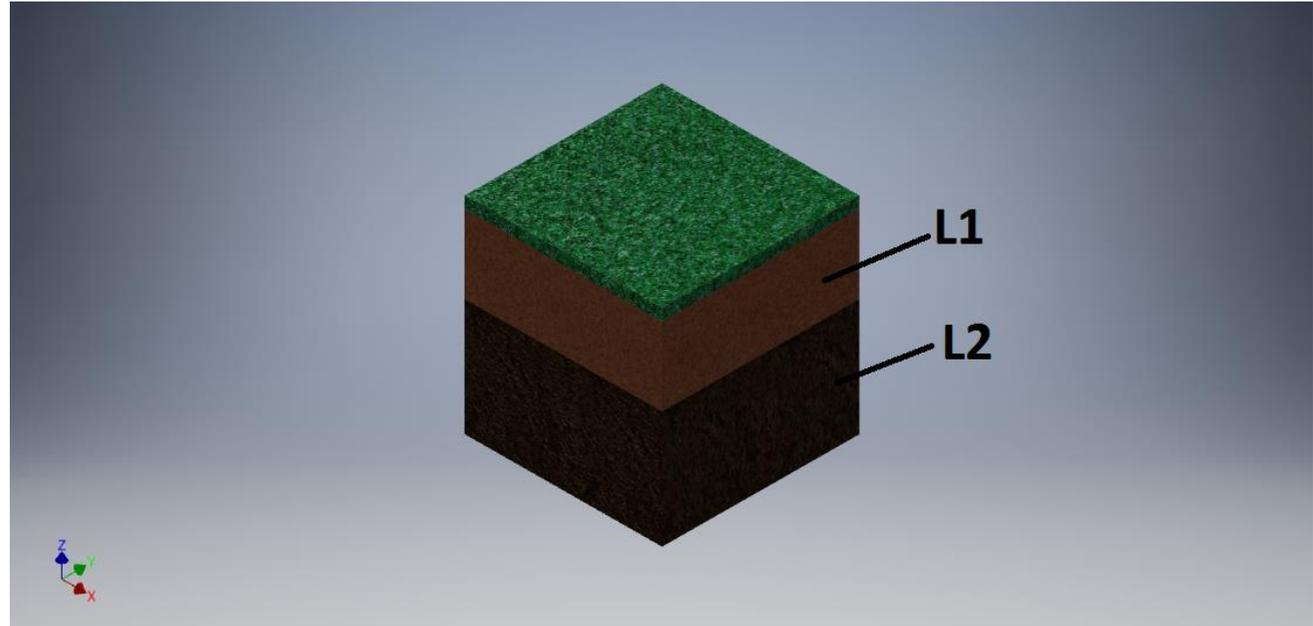
$$\varphi = U \cdot \Delta T \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

- U è la trasmittanza termica: 
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\lambda_i}} \quad \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$



# CAMPO COMUNE

- Stratigrafia:



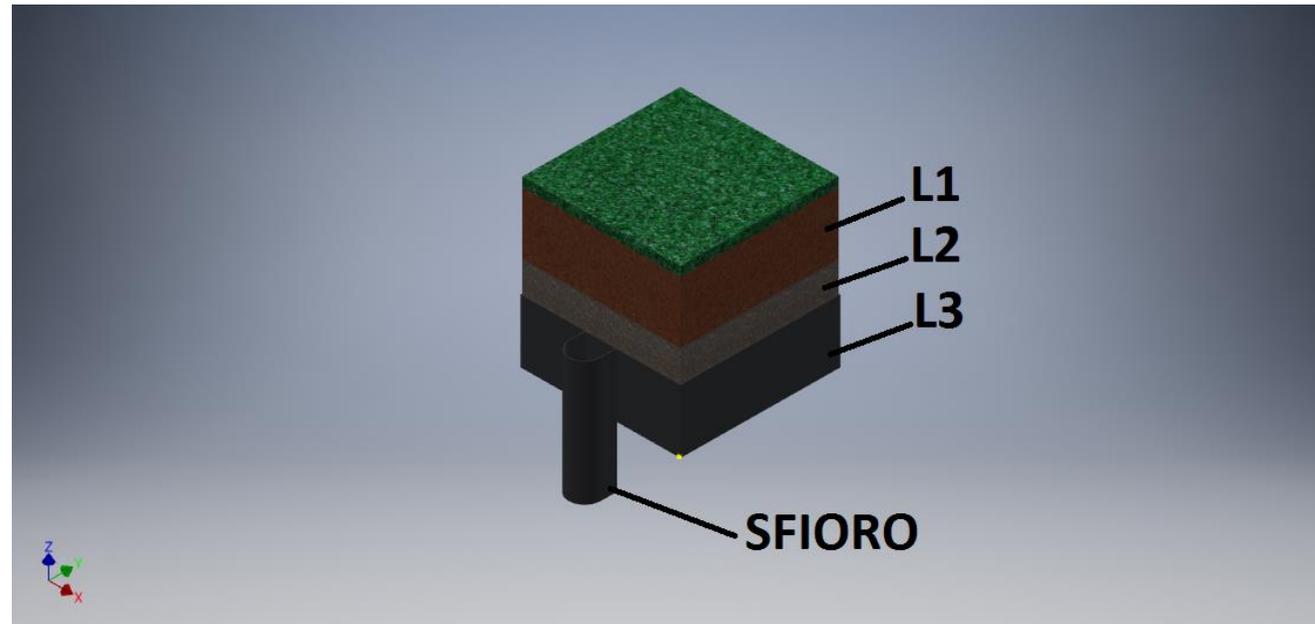
-) Strato di coltura ( $L1=20\text{cm}$ ,  $\lambda1=1[\text{W/mK}]$  )

-) Terreno comune ( $L2=30\text{cm}$ ,  $\lambda2=1.5[\text{W/mK}]$  )



# CAMPO INNOVATIVO

## ○ Stratigrafia:



-) Strato di coltura ( $L1=20\text{cm}$ ,  $\lambda1=1[\text{W/mK}]$  )

-) Strato di ghiaia di cui :  $L2=10\text{cm}$ ,  $\lambda2=1.8[\text{W/mK}]$  a secco.

$L3=20\text{cm}$ ,  $\lambda3=2.2[\text{W/mK}]$  a bagno.



# ANNO METEOROLOGICO CARATTERISTICO

- Dati del CTI:  
Stazione di Cameri

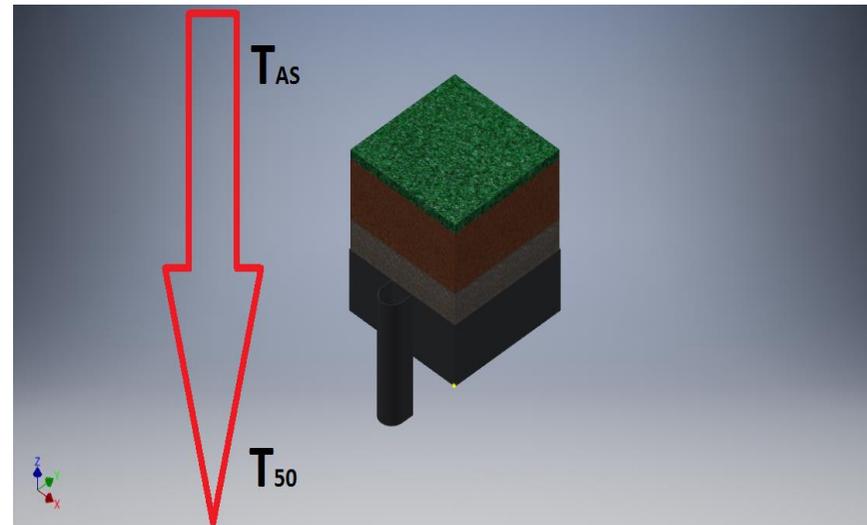
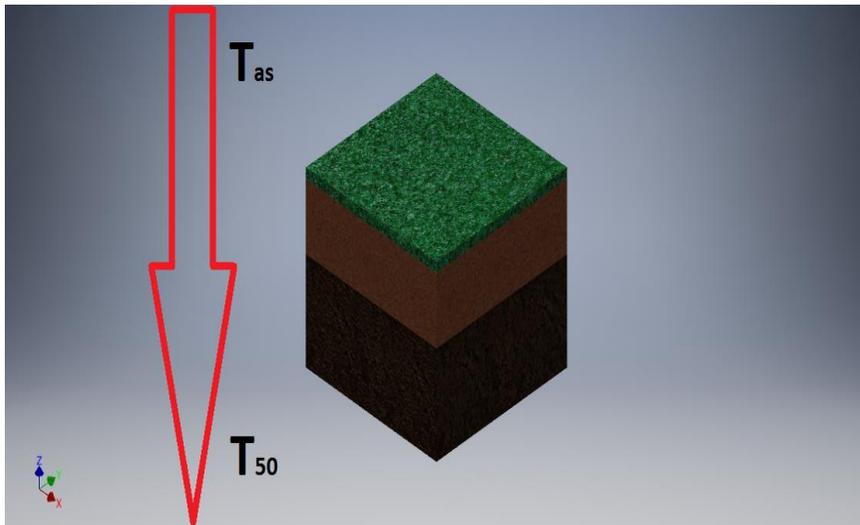
# MM	GG	HH	TEMP	RADG	RDIR	RDIF	UREL	PVAP	VELV
1	1	0	0	0	0	0	99	605	2,1
1	1	1	1,1	0	0	0	99	655,2	3,6
1	1	2	1,1	0	0	0	99	655,2	3,5
1	1	3	0,4	0	0	0	99	622,9	2,6
1	1	4	0	0	0	0	99	605	1,5
1	1	5	-2,1	0	0	0	99	508,3	1,7
1	1	6	-2,5	0	0	0	99	491,5	1,3
1	1	7	-1,8	0	0	0	99	521,2	2,3
1	1	8	-0,2	74,9	72,9	2	99	595,1	2,1
1	1	9	1,4	254,4	247,7	6,8	99	669,5	0,9
1	1	10	3,8	323,2	288,4	34,8	99	794,1	1
1	1	11	5,2	331,2	242,6	88,6	99	875,9	1,2
1	1	12	6,2	277,5	123,4	154,1	99	938,8	1,1
1	1	13	6,3	211,5	53,4	158,1	99	945,3	1,1
1	1	14	6,2	118,5	11,2	107,3	99	938,8	0,7
1	1	15	5,3	20,5	0,3	20,2	99	882	1,1
1	1	16	3,5	0	0	0	99	777,5	1,1
1	1	17	1,9	0	0	0	99	693,9	1,5
1	1	18	1,2	0	0	0	99	659,9	0,6
1	1	19	1,4	0	0	0	99	669,5	1,1
1	1	20	1,6	0	0	0	99	679,2	1,3
1	1	21	2,5	0	0	0	99	724,3	2,2
1	1	22	2,3	0	0	0	99	714	2,8
1	1	23	2,3	0	0	0	99	714	1,8



# PERIODO GIORNALERO

CAMPO COMUNE

CAMPO INNOVATIVO

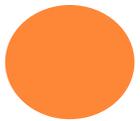


# ELABORAZIONE EXCEL

RADG[W/ m <sup>2</sup> ] =	323,2	TEMP[°C] =	3,8	T(50)[°C] =	7	α =	0,74
Hext =	25	T(a.s) =	13,36672	Lx[m]=	0,1		

CAMPO COMUNE			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	12,99330612	L1[m] =	0,2
Tx[°C]=	11,54765714	L2[m] =	0,3
		λ1[W/mK]=	1
		λ2[W/mK]=	1,2

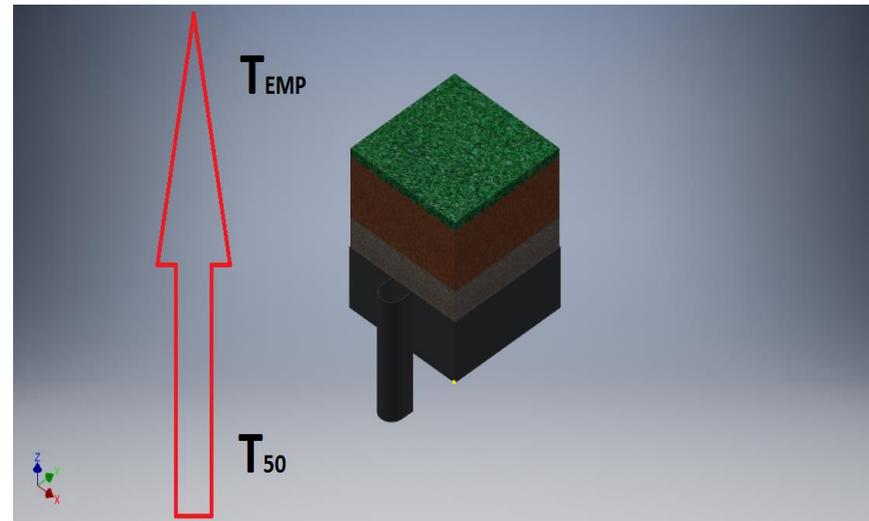
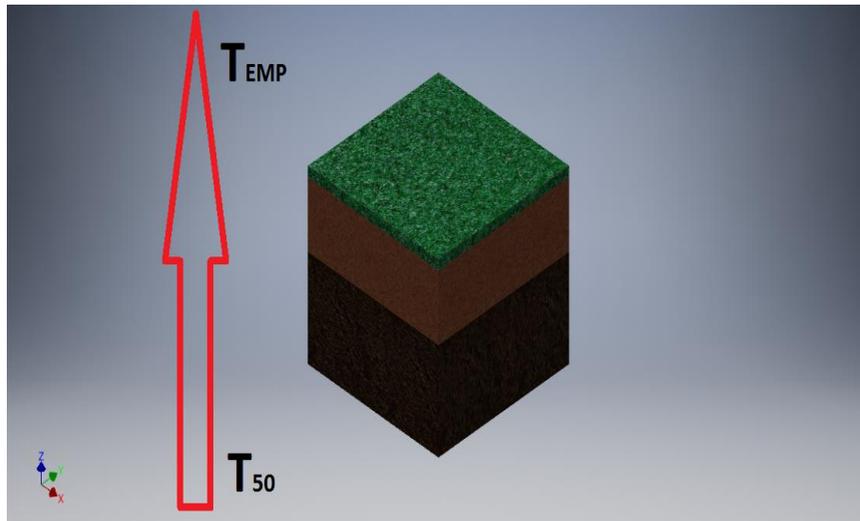
CAMPO INNOVATIVO			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	16,47426242	L1[m]=	0,2
Tx[°C]=	11,06032326	L2[m]=	0,1
		L3[m]=	0,2
		λ1[W/mK]=	1
		λ2[W/mK]=	1,8
		λ3[W/mK]=	2,2



# PERIODO NOTTURNO

CAMPO COMUNE

CAMPO INNOVATIVO



# ELABORAZIONE EXCEL

RADG[W/ m <sup>2</sup> ] = 0	TEMP[°C] = 2,3	T(50)[°C] = 7	$\alpha = 0,74$
Hext = 25	T(a.s) = 2,3	Lx[m]= 0,1	

CAMPO COMUNE			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	-9,591836735	L1[m] =	0,2
Tx[°C]=	3,642857143	L2[m] =	0,3
		$\lambda 1$ [W/mK]=	1
		$\lambda 2$ [W/mK]=	1,2

CAMPO INNOVATIVO			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	-12,1615264	L1[m]=	0,2
Tx[°C]=	4,002613696	L2[m]=	0,1
		L3[m]=	0,2
		$\lambda 1$ [W/mK]=	1
		$\lambda 2$ [W/mK]=	1,8
		$\lambda 3$ [W/mK]=	2,2



# CONSIDERAZIONI TERMICHE

RADG[W/ m <sup>2</sup> ] = 0	TEMP[°C] = -10	T(50)[°C] = 7	$\alpha = 0,74$
Hext = 25	T(a.s) = -10	Lx[m] = 0,1	

CAMPO COMUNE			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	-34,69387755	L1[m] =	0,2
Tx[°C]=	-5,142857143	L2[m] =	0,3
		$\lambda 1$ [W/mK]=	1
		$\lambda 2$ [W/mK]=	1,2

CAMPO INNOVATIVO			
Q[W/m <sup>2</sup> ]	-43,98849974	L1[m]=	0,2
Tx[°C]=	-3,841610037	L2[m]=	0,1
		L3[m]=	0,2
		$\lambda 1$ [W/mK]=	1
		$\lambda 2$ [W/mK]=	1,8
		$\lambda 3$ [W/mK]=	2,2



## CONSIDERAZIONI TERMICHE

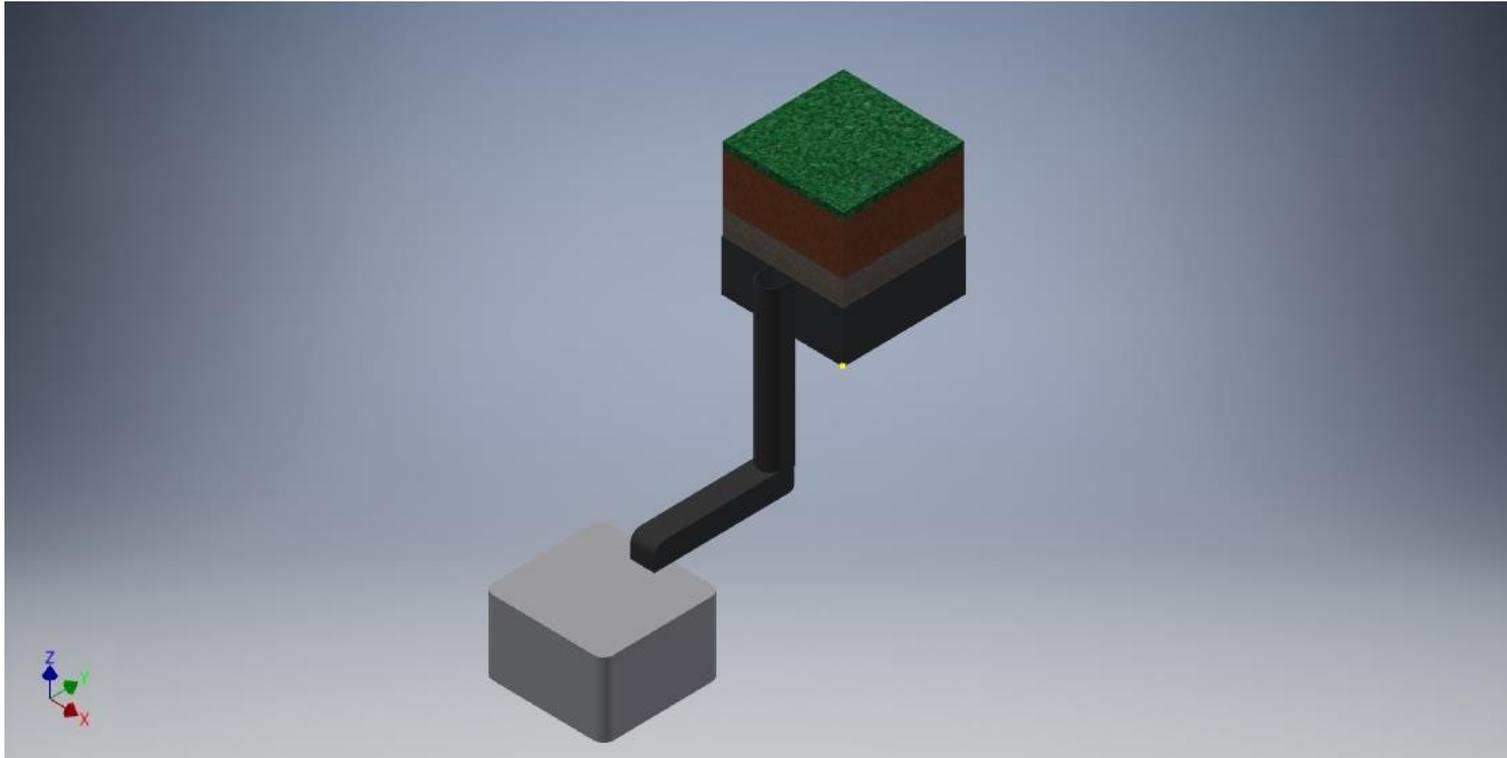
- Inibire lo stato di interdizione della crescita del manto erboso è complicato, tuttavia si avrà una diminuzione di quest'ultima in termini di durata.
- Al già citato aumento della temperatura si aggiunge anche il miglior accumulo termico dell'acqua contenuta nello strato di ghiaia (calore specifico maggiore rispetto al terreno).

$$C(\text{h}_2\text{o}) > C(\text{terr.})$$

lo strato di ghiaia a bagno, nelle ore giornaliere, si comporta come un “serbatoio termico”.



# RICIRCOLO ACQUA E FERTILIZZANTI



-) Ricircolo acqua piovana

-) Risparmio fertilizzanti circa 85%



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

