



● ● ● ● ● —————

IRRIGAZIONE INTELLIGENTE IN UNA SERRA

**Fornari Jessica
Carrera Alessandro**

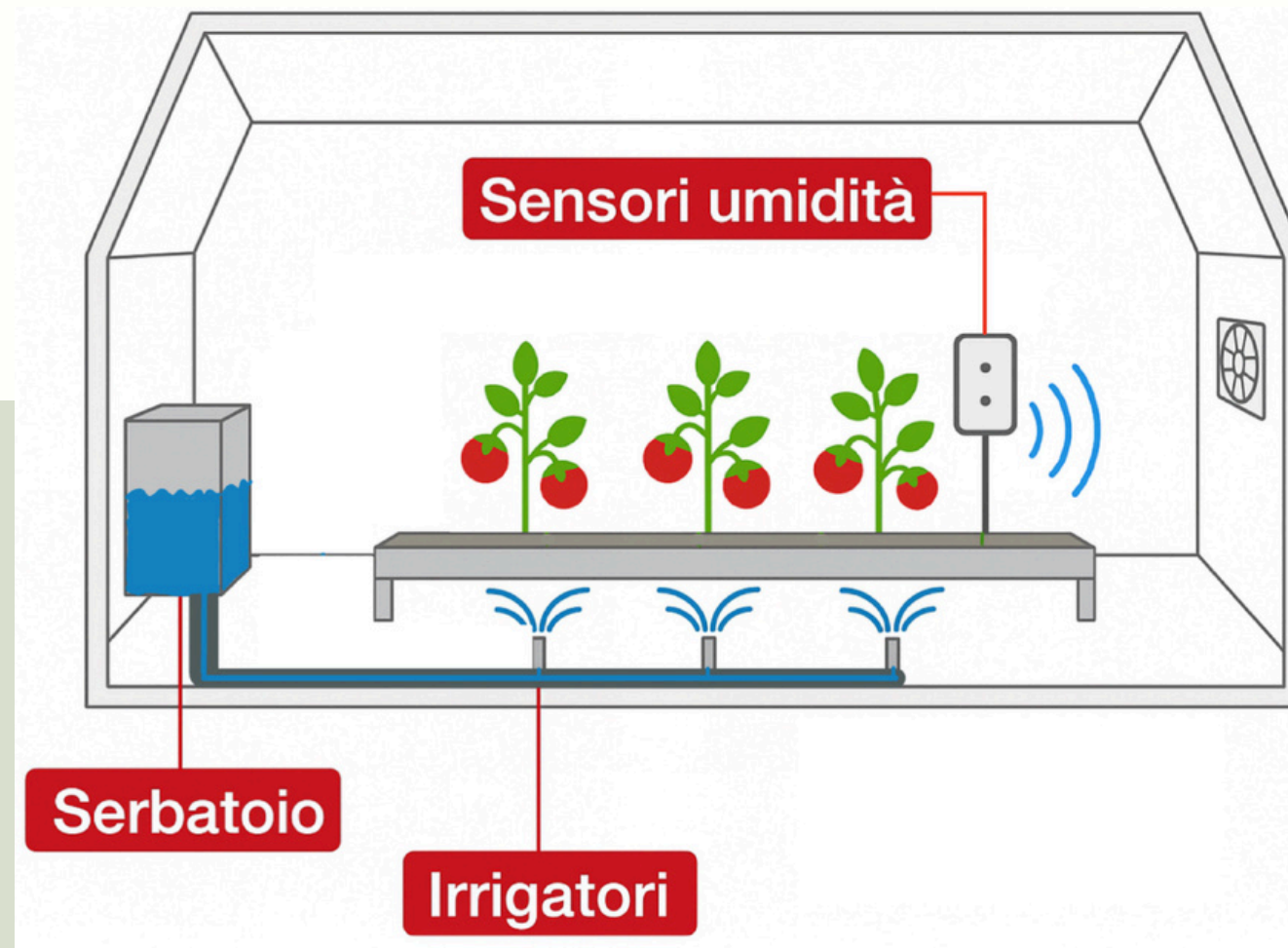
A.A. 2024/2025



Introduction

L'obiettivo del nostro progetto è quello di sviluppare un programma di **automated planning** che ha lo scopo gestire in modo autonomo l'irrigazione all'interno di una **serra** nell'arco di **una settimana**.

Le diverse specie di **piante** presenti nella serra devono poter essere irrigate, tramite **irrigatori**, in modo tale da mantenere un **livello di umidità** indispensabile per la loro salute. La pianificazione automatica si propone di ridurre i consumi dell'acqua allo stretto necessario.



HOW?

- **Irrigatori** associati univocamente ad una pianta e riforniti tutti da un serbatoio comune. Dopo un certo numero di utilizzi gli irrigatori necessitano di manutenzione. Durante questa fase gli irrigatori non possono essere utilizzati.
- **Sensori** che misurano il livello di umidità del terreno della pianta. Misura: **umidità alta, media o bassa**.
- **Piante**, considerate in salute se il sensore di umidità del terreno possiede un livello di umidità medio o alto, viceversa il terreno possiede un'umidità bassa e si rende necessaria l'irrigazione.
- Ciascuna pianta possiede un certo **fabbisogno** di acqua indicato in unità che fa diminuire le unità d'acqua presenti nel **serbatoio** e porta la pianta ad avere un **livello di umidità alto**.

4 elementi principali della serra:



Irrigatore (type) - utilizzi (function)



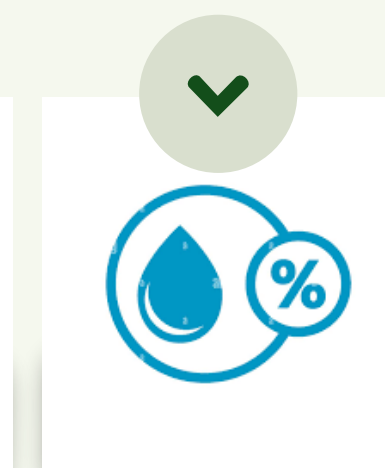
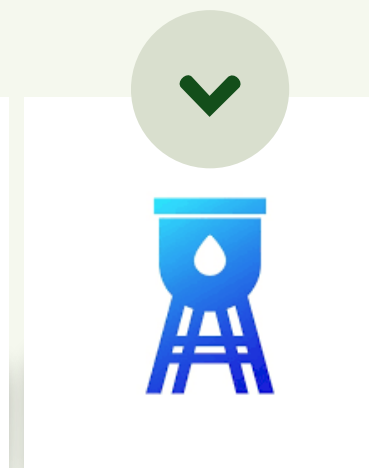
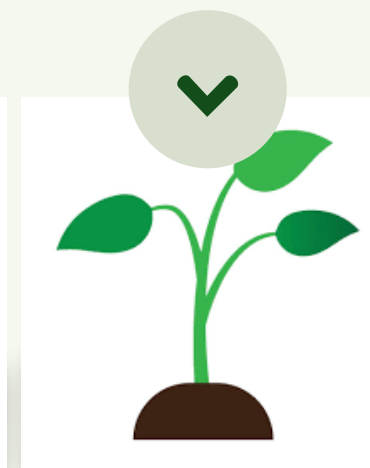
Pianta (type) - fabbisogno (function)



Serbatoio (function)



Livello umidità (predicates):
livello alto, medio e basso.



Manutenzione



Avanzamento temporale settimanale (lunedì mattina,...
domenica sera)

DOMAIN

Types, predicates and functions

PIANTA

IRRIGATORE

```
(:functions
(quantita-acqua-pianta ?p - pianta) 1 2 3 ;; per passare a umidità alta
(livello-serbatoio) 1 2 3 ..... serbatoio
(utilizzi-irrigatore ?i - irrigatore) 1 2 3
(effettuato-degrado-giorno ?p) 1 2 3
)
```

```
(:predicates
(umidita-basso ?p - pianta) 3 1 2
(umidita-medio ?p - pianta) 2 1 2
(umidita-alto ?p - pianta) 2 1 2
(in-uso ?i - irrigatore) 1 1 1
(manutenzione-terminata ?i - irrigatore) 1 1
(collega-irrigatore-pianta ?p-pianta ?i - irrigatore) 1 1
  (lunedì-giorno) 1 1
  (martedì-giorno) 1 1 1
  (mercoledì-giorno) 1 1 1
  (giovedì-giorno) 1 1 1
  (venerdì-giorno) 1 1 1
  (sabato-giorno) 1 1 1
  (domenica-giorno) 1
  (mattina-momento) 5 6 1
  (pomeriggio-momento) 6 1 1
  (sera-momento) 10 1 6
  (degrado-completato ?p - pianta) 2 1 1
)
```

GIORNI, MOMENTI

Action

```
(:action irrigazione
  :parameters (?p - pianta ?i - irrigatore) ;; solo quando è umidità bassa
  :precondition (and (collega-irrigatore-pianta ?p ?i) (umidità-basso ?p) (in-uso ?i) (< (utilizzi-irrigatore ?i) 1)
    (> (livello-serbatoio) (quantità-acqua-pianta ?p)) (mattina-momento) (not (pomeriggio-momento)) (not (sera-momento)))
  :effect (and (umidità-alto ?p) (not (umidità-basso ?p)) (not (umidità-medio ?p))
    (decrease (livello-serbatoio) (quantità-acqua-pianta ?p))
    (increase (utilizzi-irrigatore ?i) 1)
  )
)
```

IRRIGAZIONE

```
(:action ricarica-serbatoio
  :parameters ()
  :precondition (<= (livello-serbatoio) 1)
  :effect (and (assign (livello-serbatoio) 4))
)
```

RICARICA SERBATOIO

```
(:action esegui-manutenzione
  :parameters (?i - irrigatore)
  :precondition (and (= (utilizzi-irrigatore ?i) 1) (pomeriggio-momento)
    (not (mattina-momento)) (not (sera-momento)))
  :effect (and
    (assign (utilizzi-irrigatore ?i) 0)
    (not (in-uso ?i))
    (manutenzione-terminata ?i)
  )
)
```

MANUTENZIONI IRRIGATORI

```
(:action manutenzione-finita
  :parameters (?i - irrigatore)
  :precondition (manutenzione-terminata ?i)
  :effect (and (in-uso ?i) )
)
```

Action

```
;; Avanzamento giorni
(:action martedì-mattina
  :parameters ()
  :precondition (and (lunedì-giorno) (sera-momento))
  :effect (and (not (lunedì-giorno)) (not (sera-momento)) (martedì-giorno) (mattina-momento))
)
```

AVANZAMENTO GIORNI

... in modo analogo per tutti gli altri giorni

```
;; POMERIGGIO
(:action pomeriggio
  :parameters ()
  :precondition (and (mattina-momento))
  :effect (and (not (mattina-momento)) (pomeriggio-momento))
)

;; SERA
(:action sera
  :parameters ()
  :precondition (and (pomeriggio-momento))
  :effect (and (not (pomeriggio-momento)) (sera-momento))
)
```

AVANZAMENTO TEMPORALE

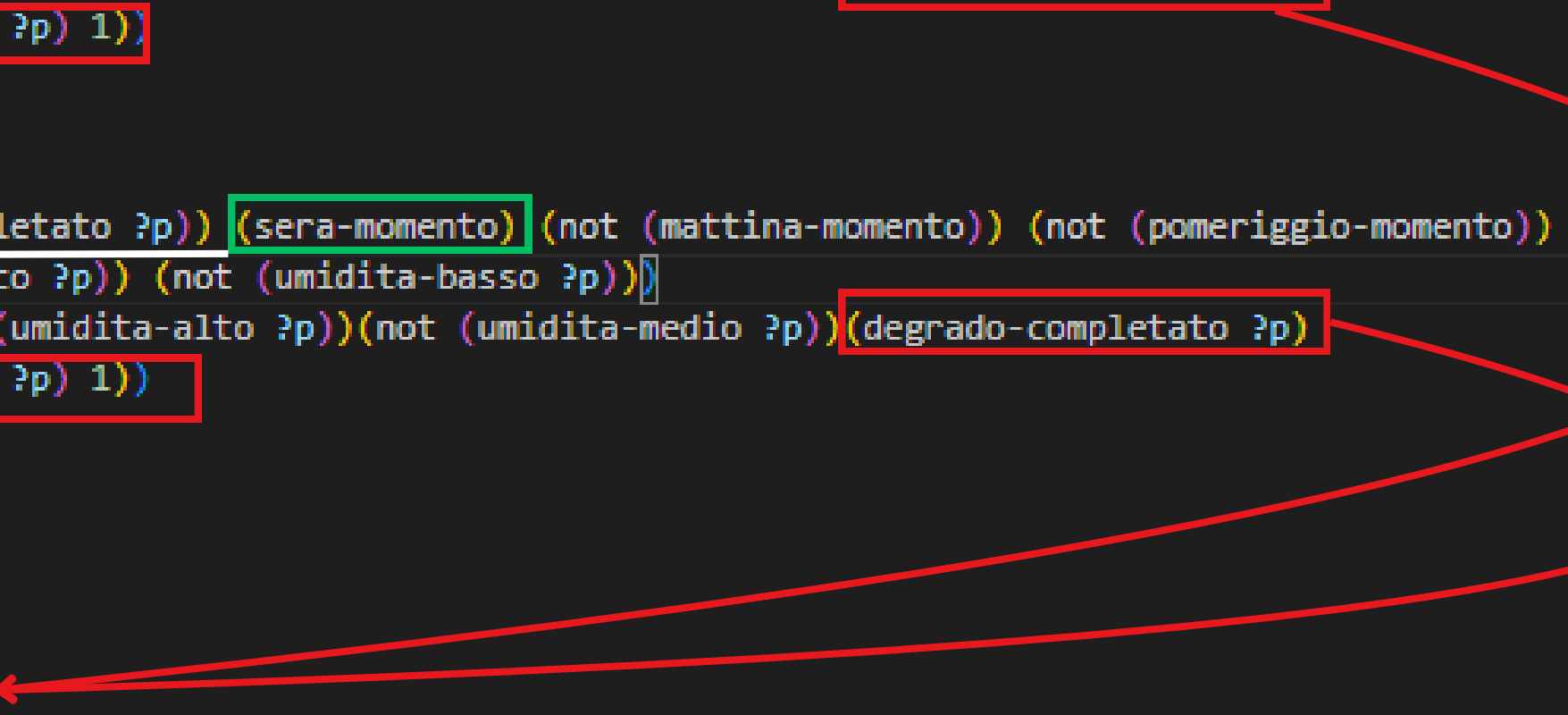
Action

DEGRADAZIONE UMIDITA'

```
(:action umidita-media
  :parameters (?p - pianta)
  :precondition (and (not(degrado-completato ?p)) (sera-momento) (not (mattina-momento)) (not (pomeriggio-momento))
    (umidita-alto ?p) (not (umidita-medio ?p)) (not (umidita-basso ?p)))
  :effect (and (umidita-medio ?p) (not(umidita-alto ?p))(not (umidita-basso ?p))(degrado-completato ?p)
    (increase (effettuato-degrado-giorno ?p) 1))
)

(:action umidita-bassa
  :parameters (?p - pianta)
  :precondition (and (not(degrado-completato ?p)) (sera-momento) (not (mattina-momento)) (not (pomeriggio-momento))
    (umidita-medio ?p) (not (umidita-alto ?p)) (not (umidita-basso ?p)))
  :effect (and (umidita-basso ?p) (not(umidita-alto ?p))(not (umidita-medio ?p))(degrado-completato ?p)
    (increase (effettuato-degrado-giorno ?p) 1))
)

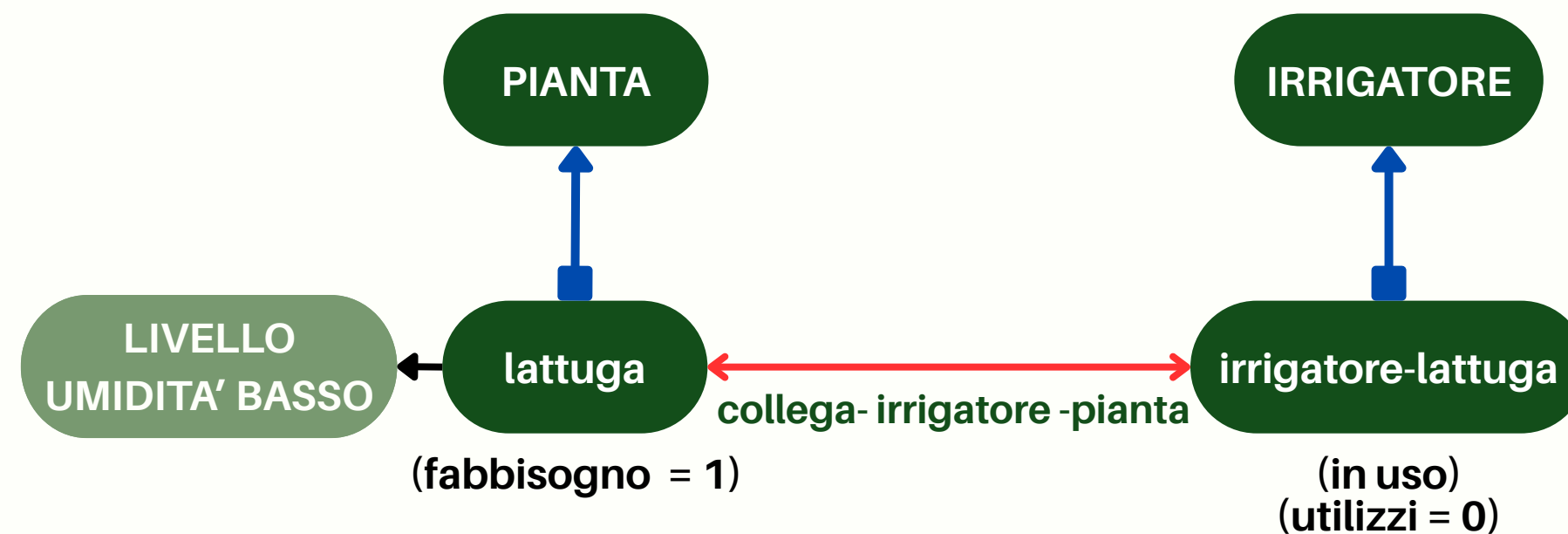
(:action resetta-umidita
  :parameters (?p - pianta )
  :precondition (pomeriggio-momento)
  :effect (not(degrado-completato ?p))
)
)
```



PROBLEMS

Problema 1 : una pianta - un irrigatore

STATO INZIALE: Lunedì mattina



Serbatoio = 4 → verrà mantenuto sempre ≥ 1
Degrado giornaliero dell'umidità della pianta = 0

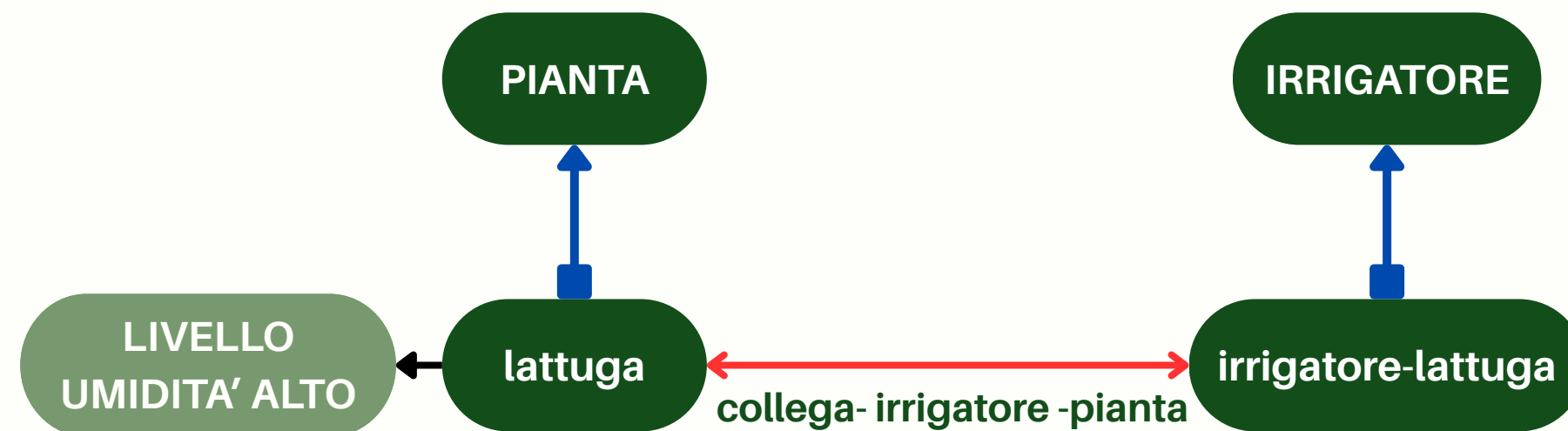
```
(:a) serrairrigazionev5_problem1.pddl > ...  
(define (problem istanza1) (:domain serrairrigazionev5)  
  Show hierarchy  
  (:objects  
    lattuga - pianta  
    irrigatore-lattuga - irrigatore  
  )
```

```
  (:init  
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)  
    (lunedì-giorno)  
    (mattina-momento)  
    (umidita-basso lattuga)  
    (in-uso irrigatore-lattuga)  
    (= (quantita-acqua-pianta lattuga) 1)  
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)  
    (= (livello-serbatoio) 4)  
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)  
  )  
  
  (:goal (and (umidita-alto lattuga)  
    (not (umidita-medio lattuga)) (not (umidita-basso lattuga))  
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)  
    (domenica-giorno) (sera-momento)  
  ))  
)
```


PROBLEMS

Problema 1 : una pianta - un irrigatore

GOAL: Domenica sera



Degrado giornaliero dell'umidità della pianta = 6

```
(:a) serrairrigazionev5_problem1.pddl > ...
(define (problem istanza1) (:domain serrairrigazionev5)
  Show hierarchy
  (:objects
    lattuga - pianta
    irrigatore-lattuga - irrigatore
  )

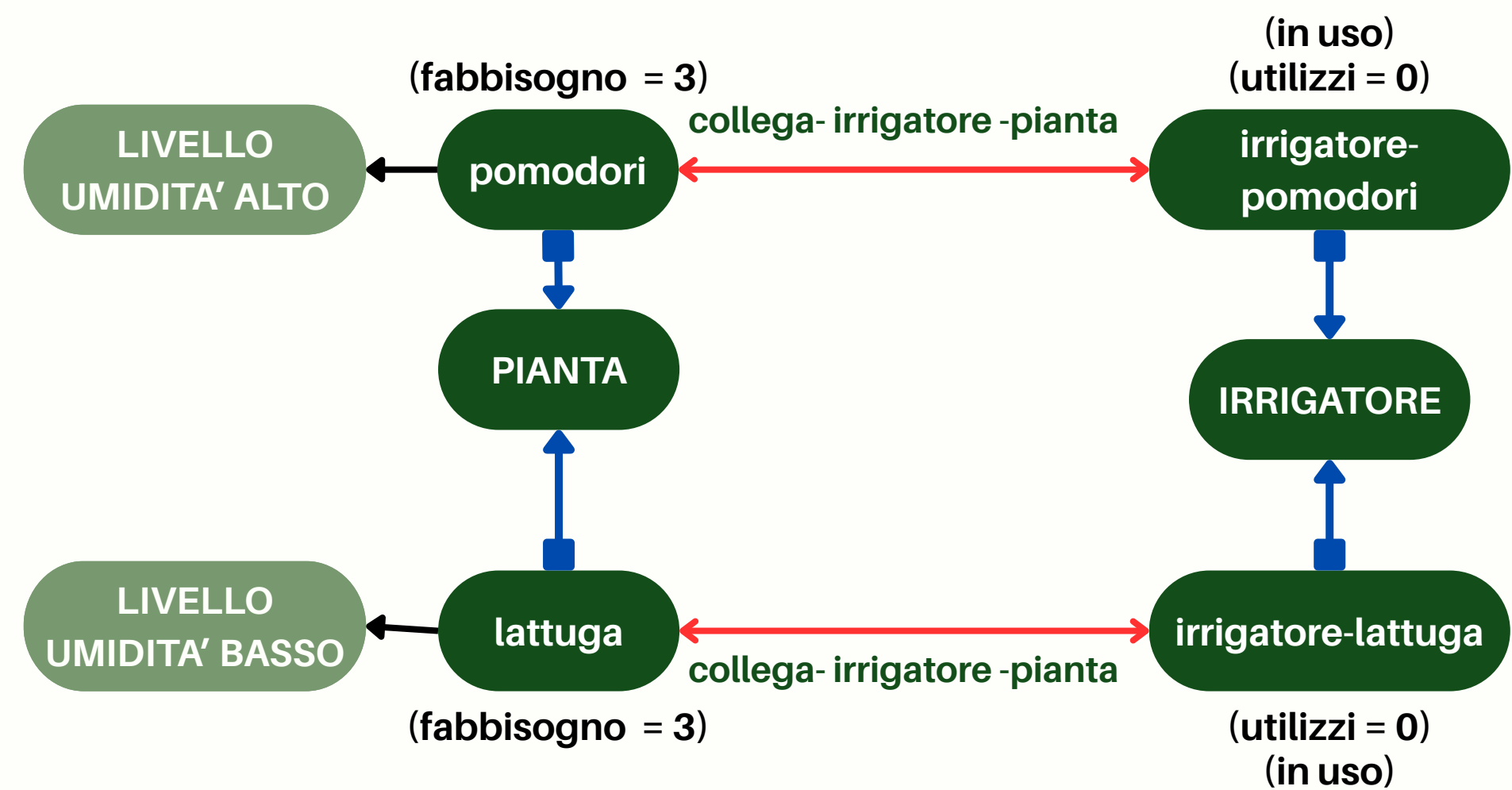
  View
  (:init
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)
    (lunedì-giorno)
    (mattina-momento)
    (umidita-basso lattuga)
    (in-uso irrigatore-lattuga)
    (= (quantita-acqua-pianta lattuga) 1)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)
    (= (livello-serbatoio) 4)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)
  )

  :goal (and (umidita-alto lattuga)
    not (umidita-medio lattuga)) (not (umidita-basso lattuga))
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)
    domenica-giorno) (sera-momento)
  )
)
```

PROBLEMs

Problema 2 : due piante - due irrigatori

STATO INZIALE: Lunedì mattina



Serbatoio = 4 → verrà mantenuto sempre ≥ 1
Degrado giornaliero dell'umidità della pianta = 0

```
(a) serrairrigazionev5_problem2.pddl > {} problem
(define (problem istanza2) (:domain serrairrigazionev5)
  Show hierarchy
  (:objects
    lattuga - pianta
    pomodori - pianta
    irrigatore-lattuga - irrigatore
    irrigatore-pomodori - irrigatore
  )

  (:init
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)
    (collega-irrigatore-pianta pomodori irrigatore-pomodori)
    (lunedì-giorno)
    (mattina-momento)

    (umidita-basso lattuga)
    (umidita-alto pomodori)

    (= (quantita-acqua-pianta lattuga) 3)
    (= (quantita-acqua-pianta pomodori) 3)

    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-pomodori) 0)

    (= (livello-serbatoio) 4)

    (in-uso irrigatore-lattuga)
    (in-uso irrigatore-pomodori)

    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)
  )

  (:goal (and (umidita-alto pomodori) (umidita-alto lattuga)
    (not (umidita-medio pomodori)) (not (umidita-basso pomodori))
    (not (umidita-medio lattuga)) (not (umidita-basso lattuga))

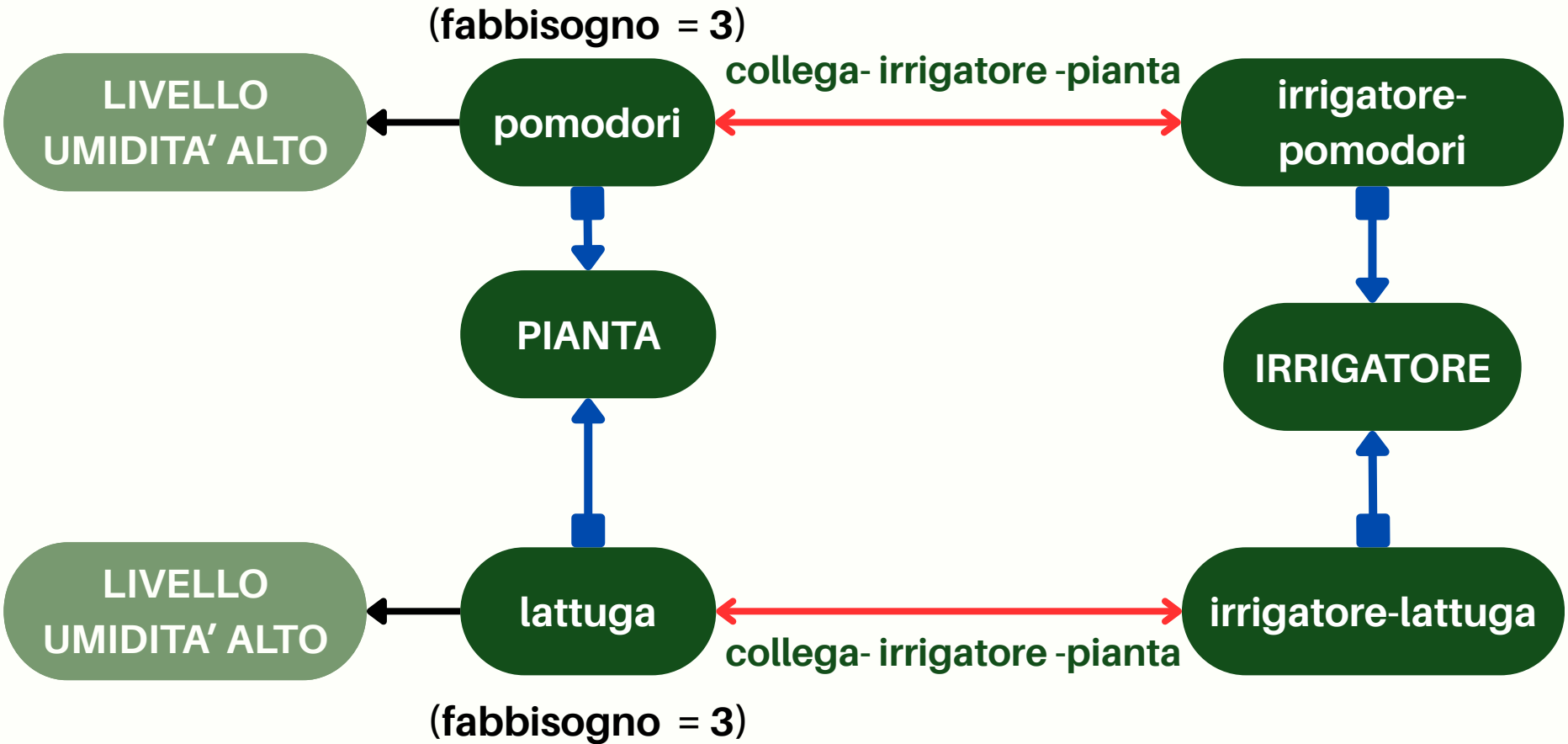
    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)

    (domenica-giorno) (sera-momento)
  ))
)
```

PROBLEMs

Problema 2 : due piante - due irrigatori

GOAL: Domenica sera



Degrado giornaliero dell'umidità della pianta= 6

```
(a) serrairrigazionev5_problem2.pddl > {} problem
(define (problem istanza2) (:domain serrairrigazionev5)
  Show hierarchy
  (:objects
    lattuga - pianta
    pomodori - pianta
    irrigatore-lattuga - irrigatore
    irrigatore-pomodori - irrigatore
  )

  View
  (:init
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)
    (collega-irrigatore-pianta pomodori irrigatore-pomodori)
    (lunedì-giorno)
    (mattina-momento)

    (umidita-basso lattuga)
    (umidita-alto pomodori)

    (= (quantita-acqua-pianta lattuga) 3)
    (= (quantita-acqua-pianta pomodori) 3)

    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-pomodori) 0)

    (= (livello-serbatoio) 4)

    (in-uso irrigatore-lattuga)
    (in-uso irrigatore-pomodori)

    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)
  )

  (:goal (and (umidita-alto pomodori) (umidita-alto lattuga)
    (not (umidita-medio pomodori)) (not (umidita-basso pomodori))
    (not (umidita-medio lattuga)) (not (umidita-basso lattuga))

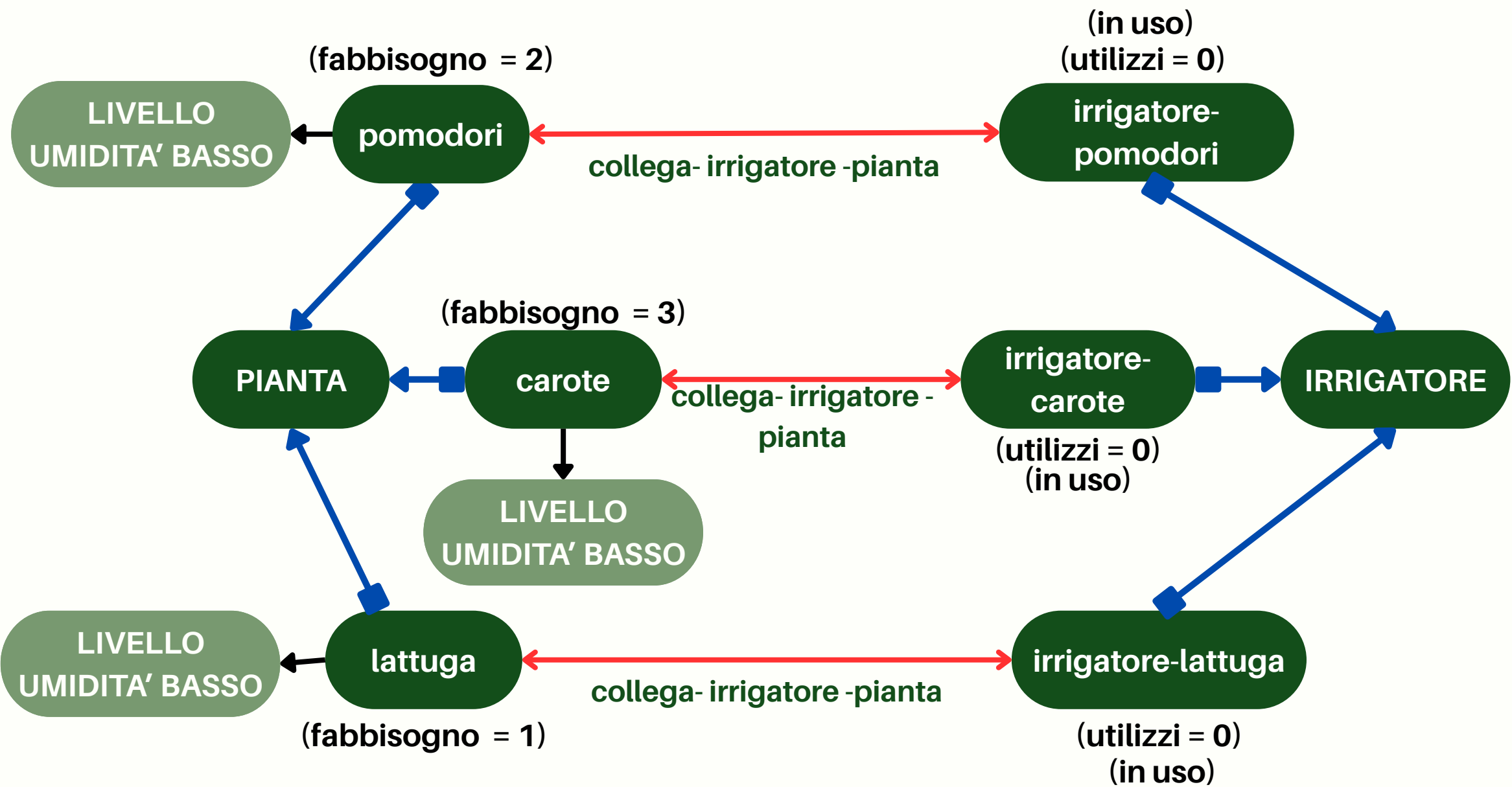
    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)

    (domenica-giorno) (sera-momento)
  ))
)
```

PROBLEMs

Problema 3 : tre piante - tre irrigatori

STATO INZIALE: Lunedì mattina



Serbatoio = 4 → verrà mantenuto sempre ≥ 1
Degrado giornaliero dell'umidità della pianta = 0

```
(:a) serrairrigazionev5_problem3.pddl > ...
(define (problem istanza3) (:domain serrairrigazionev5)
  (show hierarchy)
  (:objects
    lattuga - pianta
    pomodori - pianta
    carote - pianta
    irrigatore-lattuga - irrigatore
    irrigatore-pomodori - irrigatore
    irrigatore-carote - irrigatore
  )
  (:init
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)
    (collega-irrigatore-pianta pomodori irrigatore-pomodori)
    (collega-irrigatore-pianta carote irrigatore-carote)
    (lunedì-giorno)
    (mattina-momento)
    (umidità-basso lattuga)
    (umidità-basso pomodori)
    (umidità-alto carote)

    (= (quantità-acqua-pianta lattuga) 1)
    (= (quantità-acqua-pianta pomodori) 2)
    (= (quantità-acqua-pianta carote) 3)

    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-pomodori) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-carote) 0)

    (= (livello-serbatoio) 4)

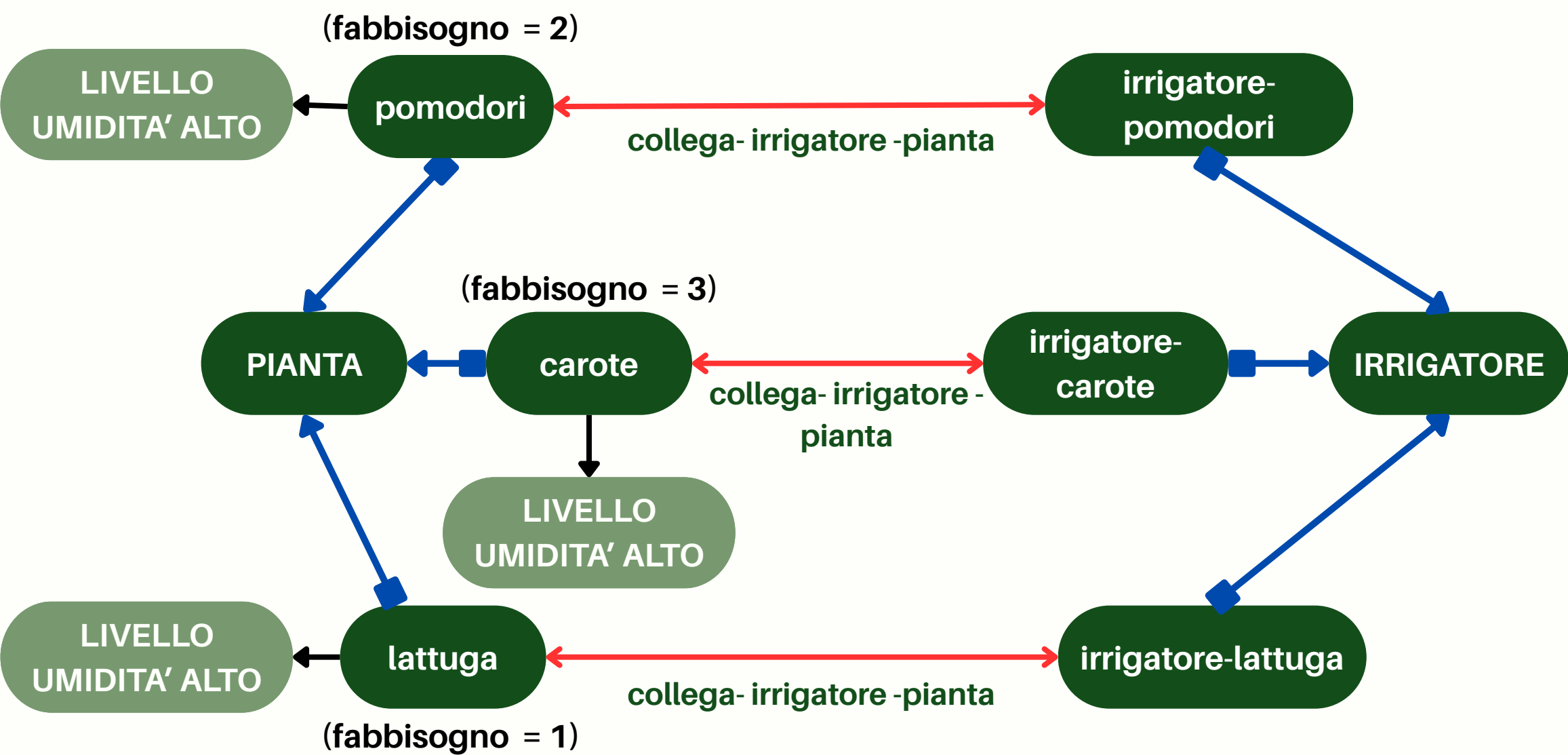
    (in-uso irrigatore-lattuga)
    (in-uso irrigatore-pomodori)
    (in-uso irrigatore-carote)

    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno carote) 0)
  )
  (:goal (and (umidità-alto pomodori) (umidità-alto lattuga) (umidità-alto carote)
    (not (umidità-medio pomodori)) (not (umidità-basso pomodori))
    (not (umidità-medio carote)) (not (umidità-basso carote))
    (not (umidità-medio lattuga)) (not (umidità-basso lattuga))
    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno carote) 6)
    (domenica-giorno) (sera-momento)))
  )
)
```

PROBLEMs

Problema 3 : tre piante - tre irrigatori

GOAL: Domenica sera



Degrado giornaliero dell'umidità della pianta= 6

```
(:a) serrairrigazionev5_problem3.pddl > ...
(define (problem istanza3) (:domain serrairrigazionev5)
  Show hierarchy
  (:objects
    lattuga - pianta
    pomodori - pianta
    carote - pianta
    irrigatore-lattuga - irrigatore
    irrigatore-pomodori - irrigatore
    irrigatore-carote - irrigatore
  )
  View
  (:init
    (collega-irrigatore-pianta lattuga irrigatore-lattuga)
    (collega-irrigatore-pianta pomodori irrigatore-pomodori)
    (collega-irrigatore-pianta carote irrigatore-carote)
    (lunedì-giorno)
    (mattina-momento)
    (umidita-basso lattuga)
    (umidita-basso pomodori)
    (umidita-alto carote)

    (= (quantita-acqua-pianta lattuga) 1)
    (= (quantita-acqua-pianta pomodori) 2)
    (= (quantita-acqua-pianta carote) 3)

    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-lattuga) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-pomodori) 0)
    (= (utilizzi-irrigatore irrigatore-carote) 0)

    (= (livello-serbatoio) 4)

    (in-uso irrigatore-lattuga)
    (in-uso irrigatore-pomodori)
    (in-uso irrigatore-carote)

    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 0)
    (= (effettuato-degrado-giorno carote) 0)
  )

  (:goal (and (umidita-alto pomodori) (umidita-alto lattuga) (umidita-alto carote)
    (not (umidita-medio pomodori)) (not (umidita-basso pomodori))
    (not (umidita-medio carote)) (not (umidita-basso carote))
    (not (umidita-medio lattuga)) (not (umidita-basso lattuga))
    (= (effettuato-degrado-giorno pomodori) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno lattuga) 6)
    (= (effettuato-degrado-giorno carote) 6)
    (domenica-giorno) (sera-momento)))
```



TEST

RISULTATI						
	PLAN LENGHT	PLANNING TIME	HEURISTIC TIME	SEARCH TIME	EXPANDED NODES	STATES EVALUATED
PROBLEM 1	• OPTIMAL: 42	• OPTIMAL: ~0,1s	• OPTIMAL: ~ 0,04 s	• OPTIMAL: ~0,1s	• OPTIMAL: 507	• OPTIMAL: 525
	• SUBOPTIMAL: 42	• SUBOPTIMAL: ~ 0,1s	• SUBOPTIMAL: ~0,03s	• SUBOPTIMAL: ~0,1s	• SUBOPTIMAL: 507	• SUBOPTIMAL: 525
PROBLEM 2	• OPTIMAL: 65	• OPTIMAL: ~ 0,6 s	• OPTIMAL: ~ 0,4 s	• OPTIMAL: ~ 0,6 s	• OPTIMAL: ~ 23 mila	• OPTIMAL: ~ 24 mila
	• SUBOPTIMAL: 65	• SUBOPTIMAL: ~ 0,5 s	• SUBOPTIMAL: ~ 0,3 s	• SUBOPTIMAL: ~ 0,5 s	• SUBOPTIMAL: ~23mila	• SUBOPTIMAL: ~24mila
PROBLEM 3	• OPTIMAL: 86	• OPTIMAL: ~21 s	• OPTIMAL: ~16 s	• OPTIMAL: ~21 s	• OPTIMAL: ~500 mila	• OPTIMAL: ~550 mila
	• SUBOPTIMAL: 86	• SUBOPTIMAL: ~20 s	• SUBOPTIMAL: ~15 s	• SUBOPTIMAL: ~20 s	• SUBOPTIMAL: ~500mila	• SUBOPTIMAL: ~550mila



Soluzioni ottimali



Tempi e risorse crescono in modo esponenziale



Scalabilità: limitata

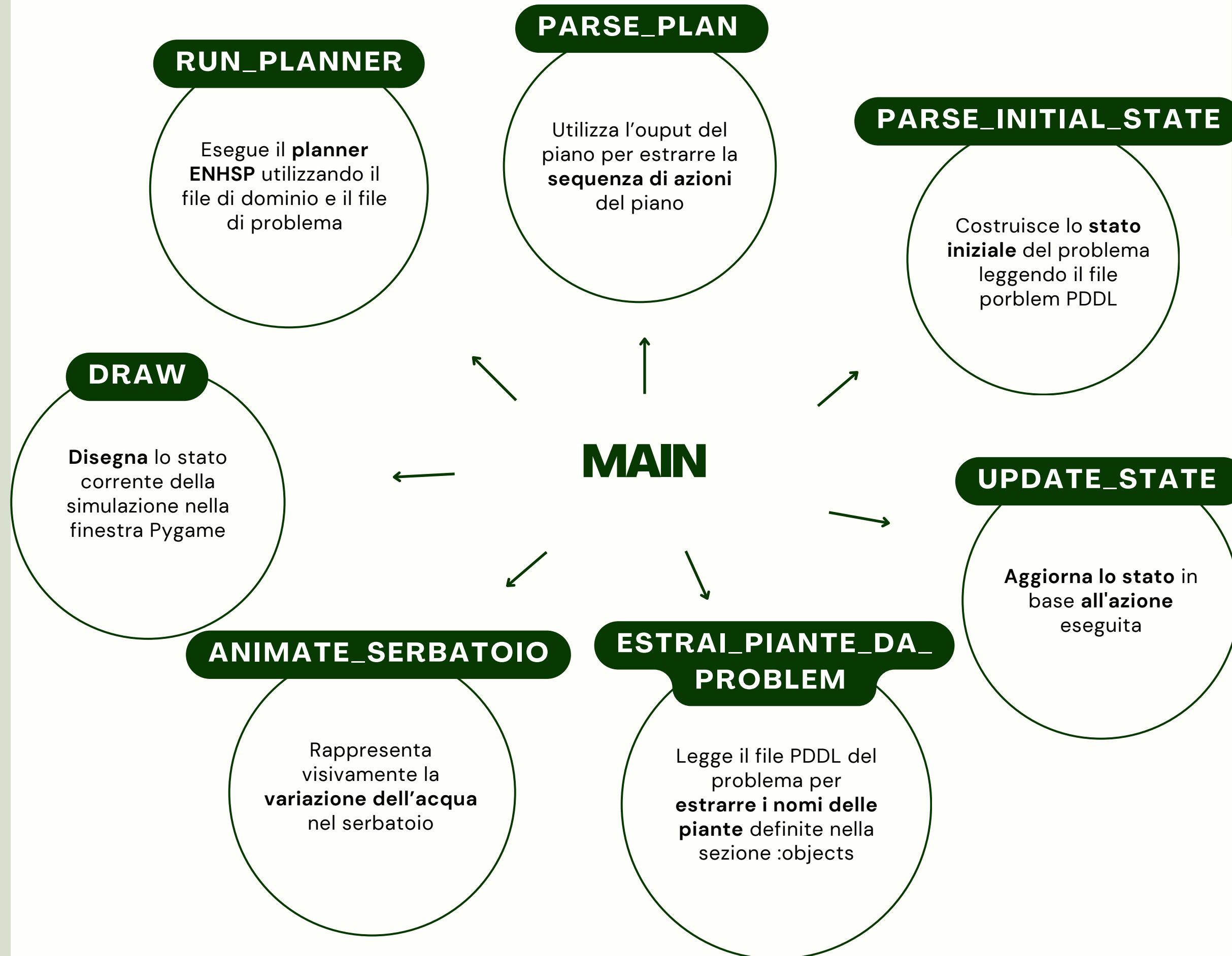


Vincoli rispettati

GUI

Il programma simula la gestione di una serra utilizzando un piano generato da un planner PDDL (ENHSP).

L'interfaccia grafica, realizzata con Pygame, consente di visualizzare lo stato delle piante, del serbatoio d'acqua e degli irrigatori, oltre a navigare tra le azioni del piano.



Visual Studio Code

GUI



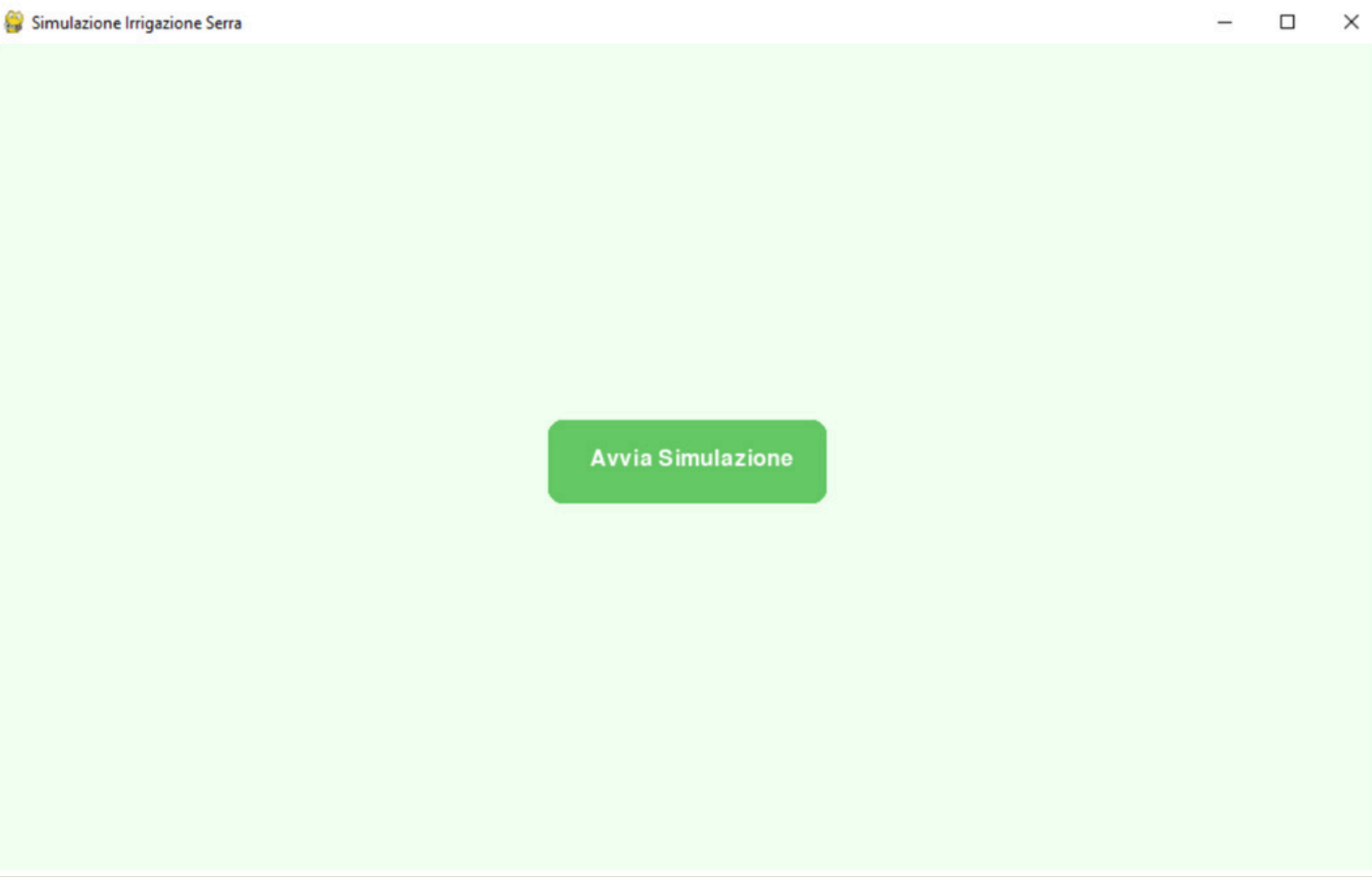
```
C:\Users\Utente\Desktop\ESAME>serraguiirrigazionefinalev12.py
pygame 2.6.1 (SDL 2.28.4, Python 3.13.3)
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
Inserisci il nome del file problem (ATTENZIONE! Va scritto con estensione .pddl): e
File 'e' non trovato! File disponibili:
- serrairrigazionev1_domain.pddl
- serrairrigazionev1_problem.pddl
- serrairrigazionev2_domain.pddl
- serrairrigazionev2_problem.pddl
- serrairrigazionev3_domain.pddl
- serrairrigazionev3_problem.pddl
- serrairrigazionev4_domain.pddl
- serrairrigazionev4_problem.pddl
- serrairrigazionev5_domain.pddl
- serrairrigazionev5_problem1.pddl
- serrairrigazionev5_problem2.pddl
- serrairrigazionev5_problem3.pddl

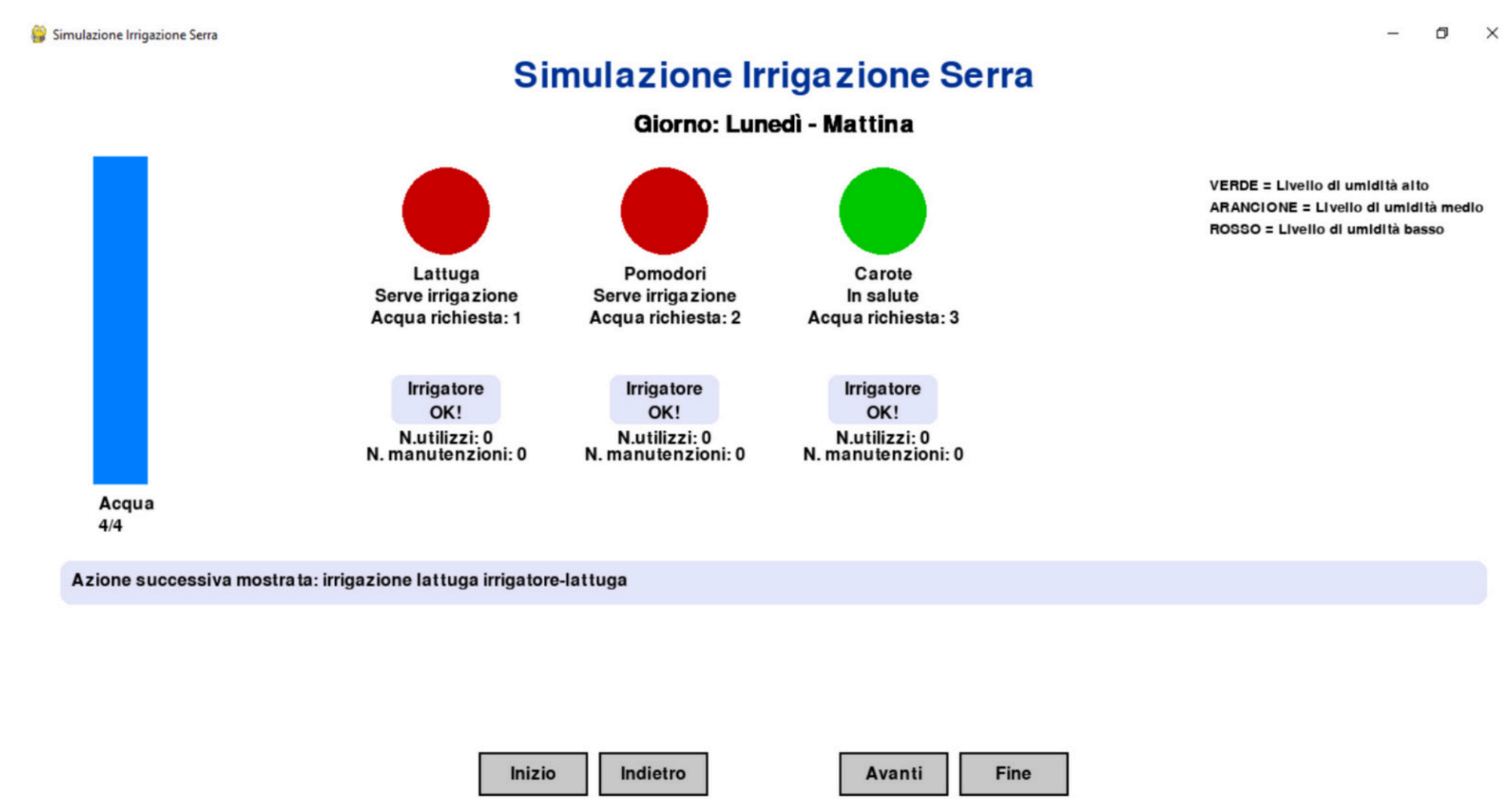
Inserisci il nome corretto del file problem (ATTENZIONE:Va scritto con estensione .pddl): serrairrigazionev5_problem3.pddl
Inserisci la modalità di enshp (Suboptimal: digitare 'sat-hadd' Optimal: digitare 'opt-hrmax'): opt-hrmax
```

NEXT PAGE



GUI





GUI





<https://github.com/jessica1034/Serra-PDDL-GUI/tree/main>

THANK YOU!

