

Analisi New York Air Quality Measurements

David Marabottini

2025-10-15

```
# install.packages('lubridate')  
# install.packages("VIM")  
# install.packages("psych")
```

```
library(corrplot)
```

```
## corrplot 0.95 loaded
```

```
library(lubridate)
```

```
##  
## Caricamento pacchetto: 'lubridate'  
  
## I seguenti oggetti sono mascherati da 'package:base':  
##  
##     date, intersect, setdiff, union
```

```
library(VIM)
```

```
## Caricamento del pacchetto richiesto: colorspace  
  
## Caricamento del pacchetto richiesto: grid  
  
## VIM is ready to use.  
  
## Suggestions and bug-reports can be submitted at: https://github.com/statistikat/VIM/issues  
  
##  
## Caricamento pacchetto: 'VIM'  
  
## Il seguente oggetto è mascherato da 'package:datasets':  
##  
##     sleep
```

```
library(psych)
```

<https://chatgpt.com/c/68e23a34-9bc4-8331-89bb-5d51ed943c29>

New york air quality

Daily air quality measurements in New York, May to September 1973.

```
data("airquality")
```

```
help(airquality)
```

```
## avvio in corso del server httpd per la guida ... fatto
```

A data frame with 153 observations on 6 variables.

variables:

- [,1] **Ozone**: numeric (ppb)
- [,2] **Solar.R**: numeric (lang)
- [,3] **Wind**: numeric (mph)
- [,4] **Temp**: numeric (degrees F)
- [,5] **Month**: numeric (1–12)
- [,6] **Day**: numeric (1–31)

Benchè tutte le variabili siano numeriche ordinali, le variabili **ozone**, **Solar.R**, **Wind** e **Temp** sono quantitative, mentre **Month** e **Day** sono qualitative

```
colSums(is.na(airquality))
```

```
##   Ozone Solar.R   Wind   Temp   Month   Day
##    37       7     0     0     0     0
```

Dalla tabella sopra emerge che ci sono 37 misurazioni mancanti per l'ozono e 7 per i raggi solari

```
length(which(is.na(airquality)))
```

```
## [1] 44
```

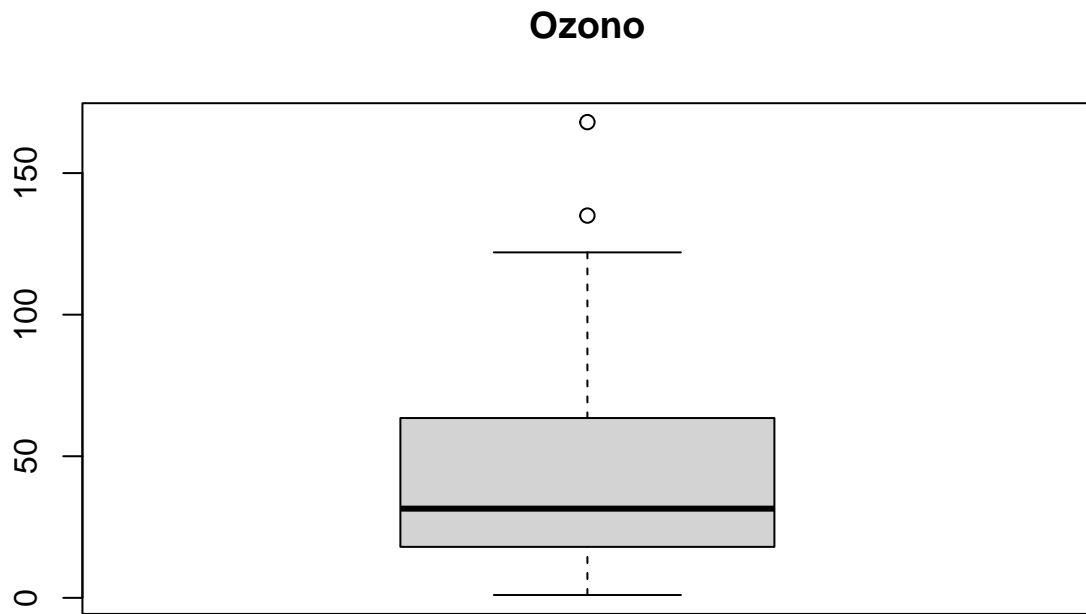
considerando che la tabella sopra evidenziava 37 casi in cui non erano presenti misurazioni di ozono e 7 in cui non erano presenti di raggi solari, e il numero di celle che hanno dati mancanti è 44, possiamo concludere che non ci sono righe in cui mancano contemporaneamente ozono e raggi solari.

Cerchiamo di capire la distribuzione dei dati per comprendere come gestire queste mancanze

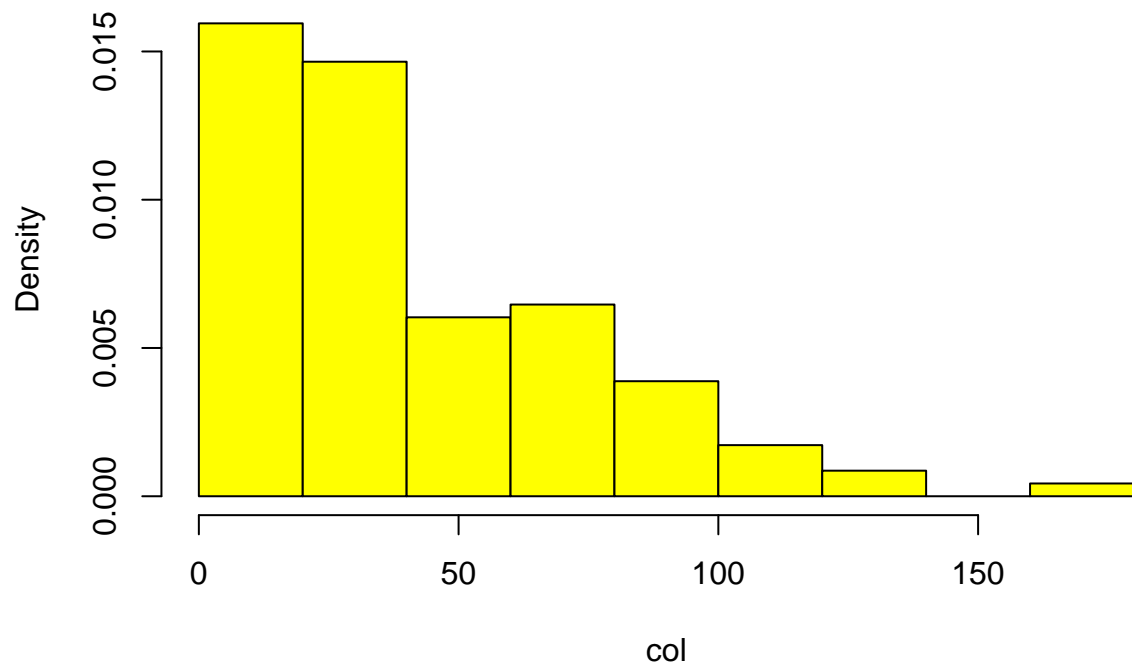
```
analyze_col <- function(col, name) {
  # par(mfrow=c(1,2))
  boxplot(col, main=name)

  hist(col, col='yellow', freq=F, main=name)
  # lines(density(col), lwd=2, col="red")
  return(summary(col))
}
```

```
summary_ozono = analyze_col(airquality$Ozone, 'Ozono')
```

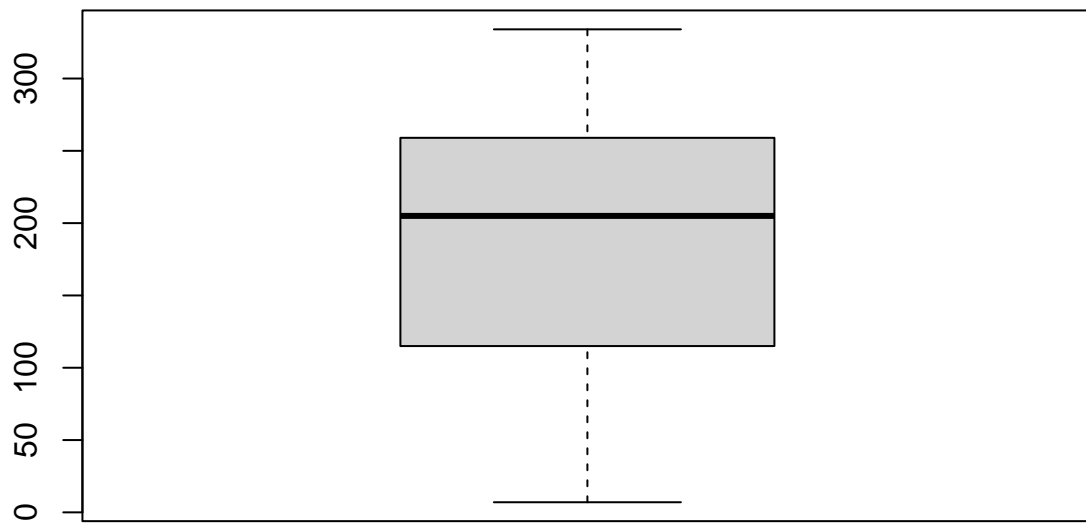


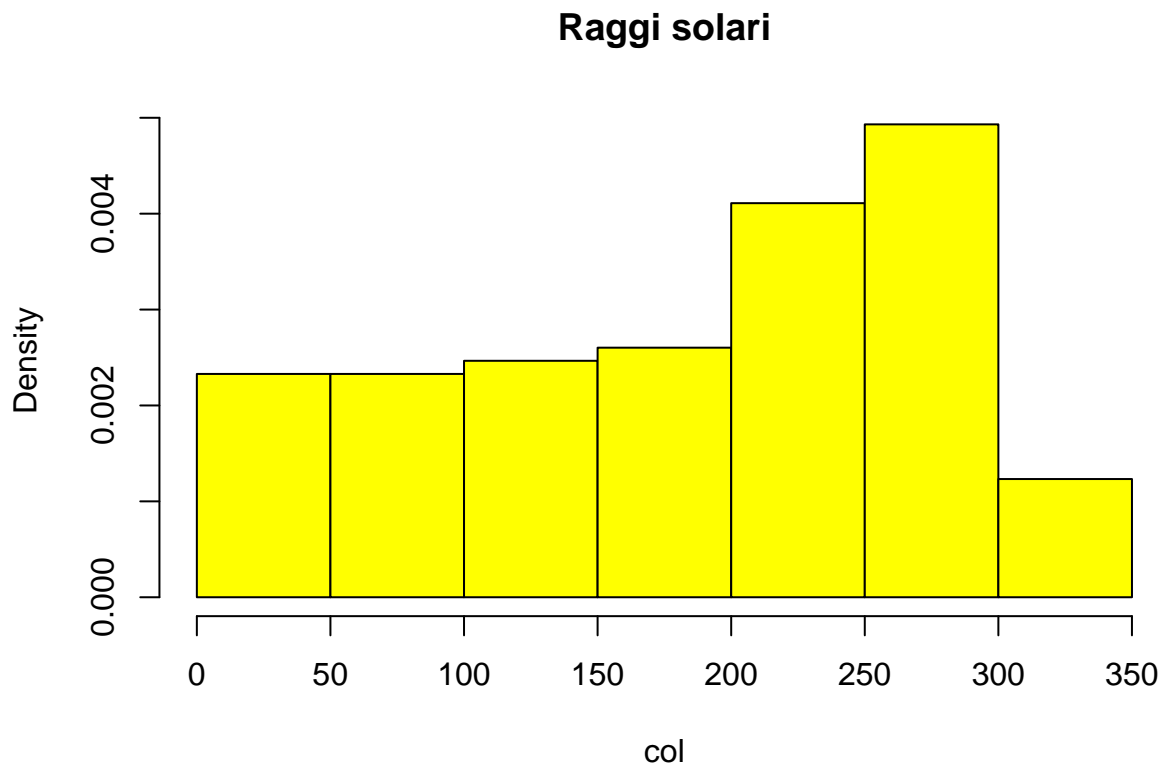
Ozono



```
summary_raggi_solari = analyze_col(airquality$Solar.R, 'Raggi solari')
```

Raggi solari





```
summary_ozono
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.     NA's
##      1.00   18.00   31.50   42.13   63.25   168.00      37
```

```
print((summary_ozono[[5]] - summary_ozono[[2]])/(summary_ozono[[6]] - summary_ozono[[1]]))
```

```
## [1] 0.2709581
```

```
(summary_raggi_solari[[5]] - summary_raggi_solari[[2]])/(summary_raggi_solari[[6]] - summary_raggi_solari[[1]])
```

```
## [1] 0.4373089
```

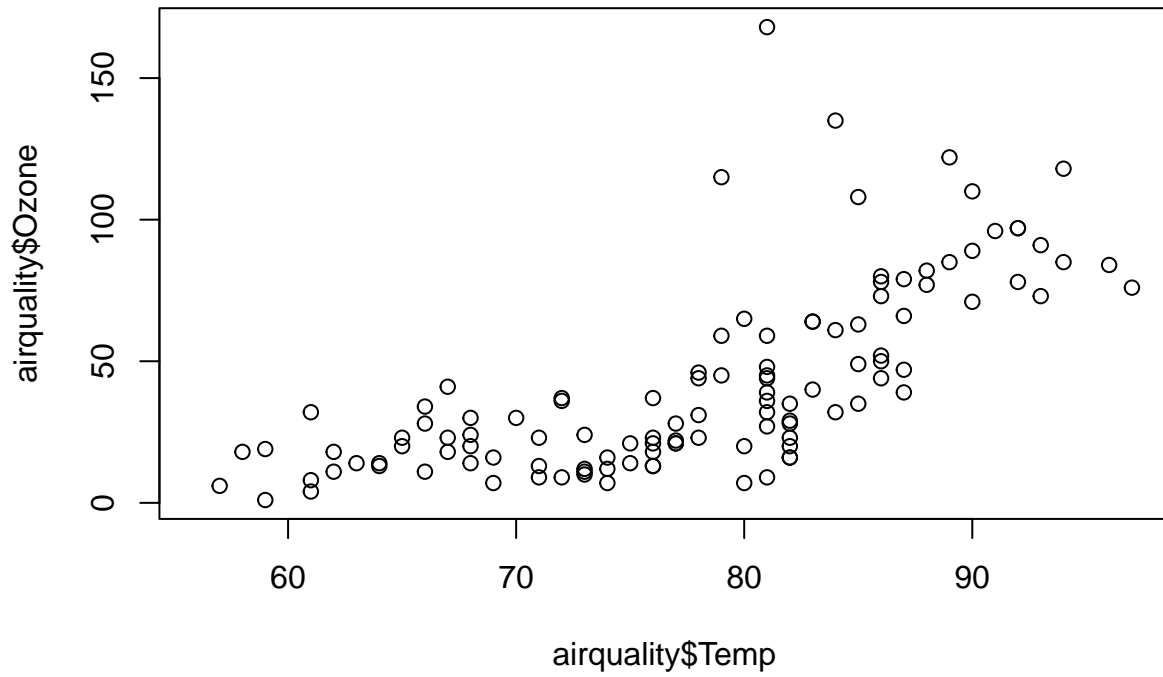
```
matrice_cor_completa <- cor(airquality, use = "complete.obs")
correlazioni_ozone <- matrice_cor_completa[, "Ozone"]
round(correlazioni_ozone, 4)
```

```
##      Ozone Solar.R    Wind    Temp    Month    Day
##      1.0000  0.3483 -0.6125  0.6985  0.1429 -0.0052
```

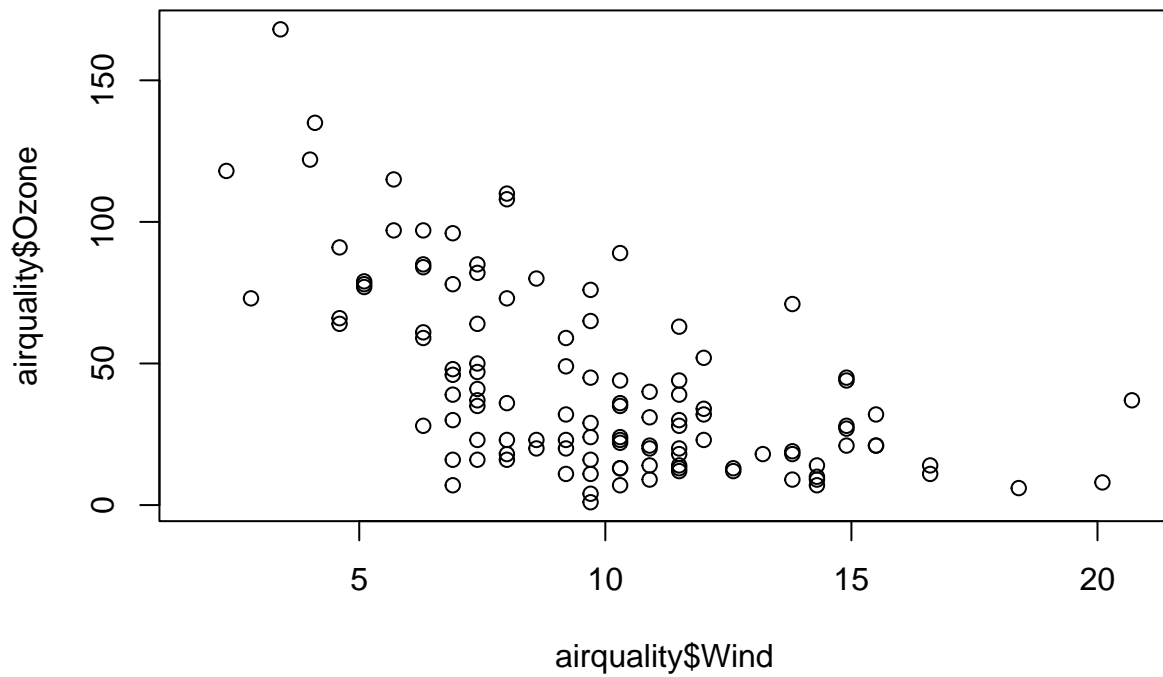
Sembra esserci una correlazione lineare inversa discreta con Temp, mentre una correlazione lineare diretta forte con Temp.

possiamo imputare l'ozono considerando una di queste 2 variabili

```
plot(airquality$Temp, airquality$Ozone)
```



```
plot(airquality$Wind, airquality$Ozone)
```

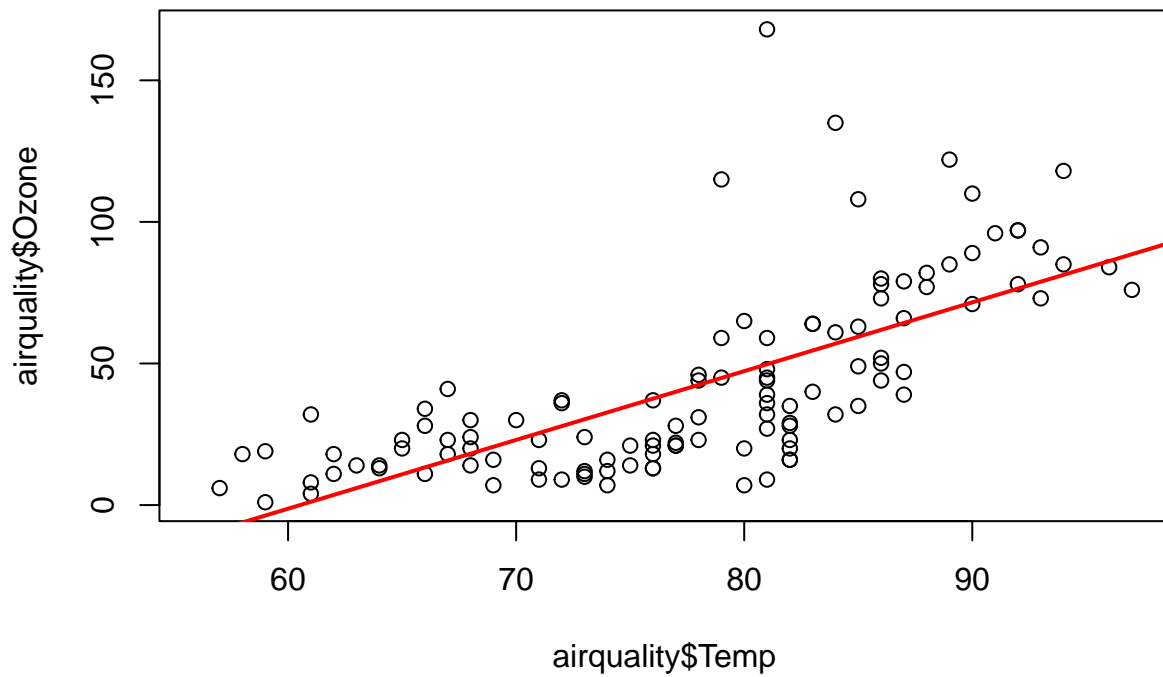


La relazione tra temperatura e ozono mi pare più esponenziale, ma forse può essere approssimata da una retta

```
modello <- lm(Ozone ~ Temp, data = airquality)

summary_model = summary(modello)
m = summary_model$coefficients[, 1][['Temp']]
q = summary_model$coefficients[, 1][['(Intercept)']]

plot(airquality$Temp, airquality$Ozone)
abline(a = q, b = m, col = "red", lwd = 2)
```

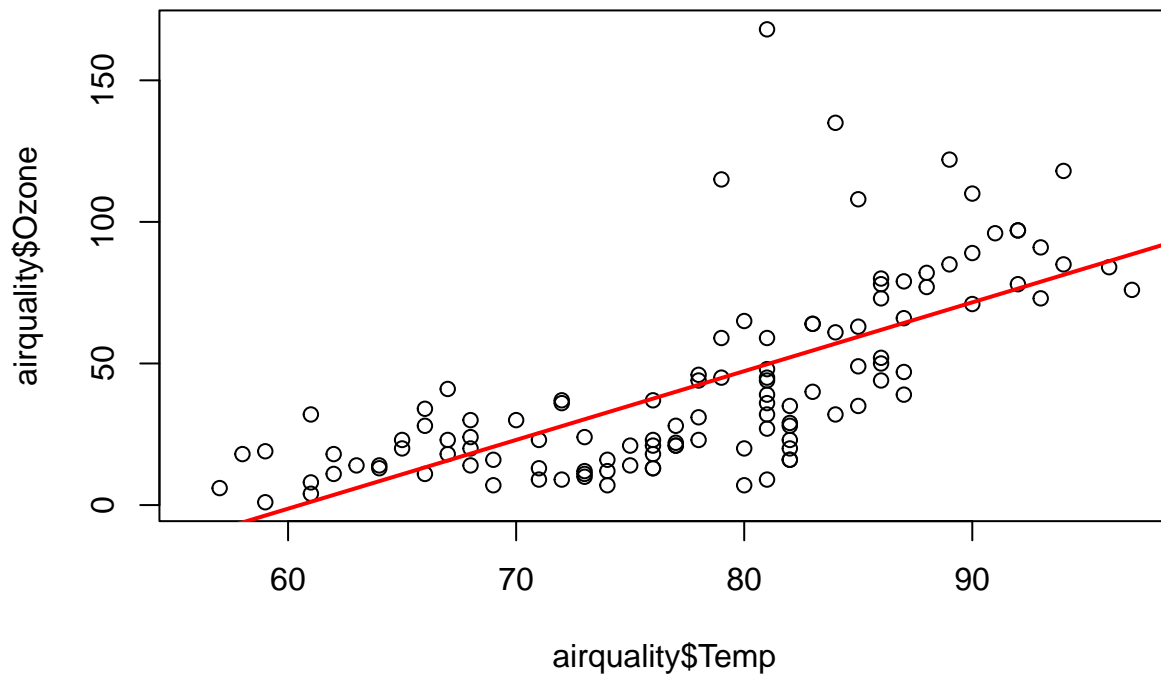



Da questo grafico sembra evidente che la relazione sia più che altro logaritmica

```
modello <- lm(Ozone ~ Temp , data = airquality)

summary_model = summary(modello)
m = summary_model$coefficients[, 1][['Temp']]
q = summary_model$coefficients[, 1][['(Intercept)']]

plot(airquality$Temp, airquality$Ozone)
abline(a = q, b = m, col = "red", lwd = 2)
```



```
modello_log <- lm(log(Ozone) ~ Temp, data = airquality)
summary(modello_log)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = log(Ozone) ~ Temp, data = airquality)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -2.14469 -0.33095  0.02961  0.36507  1.49421
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -1.83797    0.45100  -4.075 8.53e-05 ***
## Temp         0.06750    0.00575  11.741 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.5848 on 114 degrees of freedom
## (37 osservazioni eliminate a causa di valori mancanti)
## Multiple R-squared:  0.5473, Adjusted R-squared:  0.5434
## F-statistic: 137.8 on 1 and 114 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
coeff_log <- summary(modello_log)$coefficients
q_log <- coeff_log[, "Estimate"][ "(Intercept)" ]
```

```

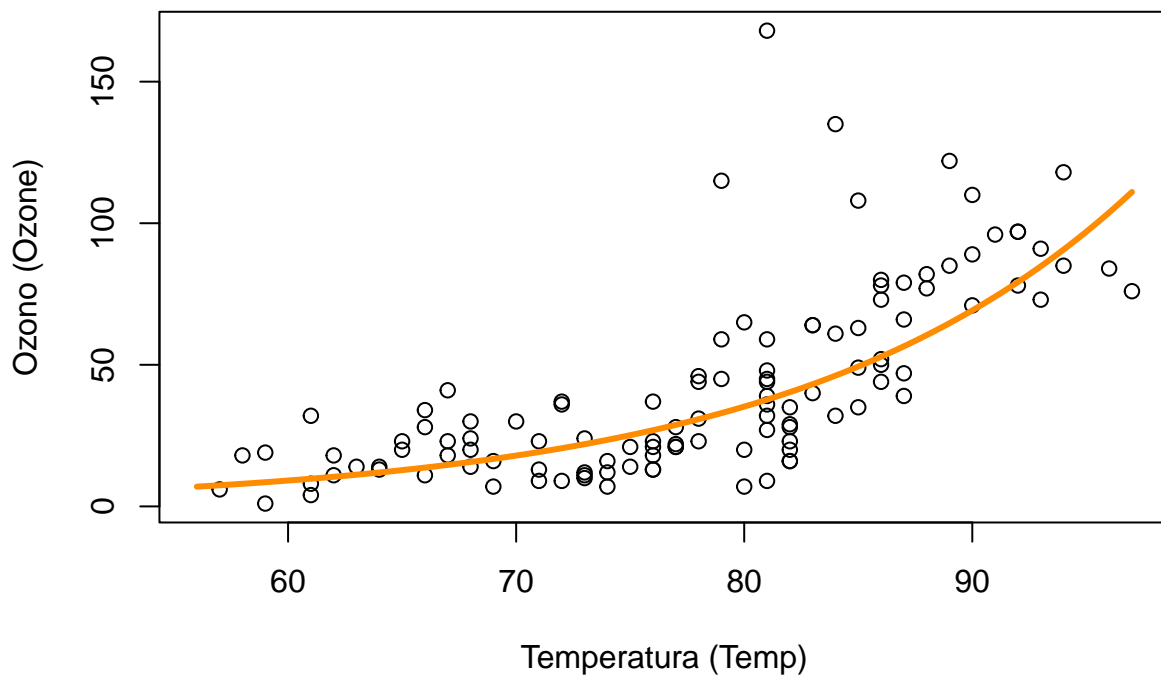
m_log <- coeff_log[, "Estimate"]["Temp"]

plot(airquality$Temp, airquality$Ozone,
     xlab = "Temperatura (Temp)",
     ylab = "Ozono (Ozone)",
     main = "Ozono vs. Temperatura con Curva Esponenziale (Log-Lineare)")

curve(expr = exp(q_log + m_log * x), add = T, col = "darkorange", lwd = 3)

```

Ozono vs. Temperatura con Curva Esponenziale (Log-Lineare)



L'esponenziale sembra avere una presa migliore rispetto alla retta

```

indexes_na_ozone = which(is.na(airquality$Ozone))
temp_imputazione = airquality$Temp[indexes_na_ozone]
valori_imputati_esponenziali = exp(q_log + m_log * temp_imputazione)
airquality$Ozone[indexes_na_ozone] <- valori_imputati_esponenziali
cat("Valori NA in Ozone dopo l'imputazione esponenziale:", sum(is.na(airquality$Ozone)))

```

Valori NA in Ozone dopo l'imputazione esponenziale: 0

```

# 1. Trova gli indici dei valori NA originali in Ozone (Assicurati che airquality sia il dataframe con
# Se hai già imputato airquality in precedenza, ricarica i dati o usa una copia.
# Per chiarezza, assumiamo che tu stia lavorando sull'originale con NA:
indici_na_ozone <- which(is.na(airquality$Ozone))

```

```

# 2. Estrai la temperatura dei giorni con NA

```

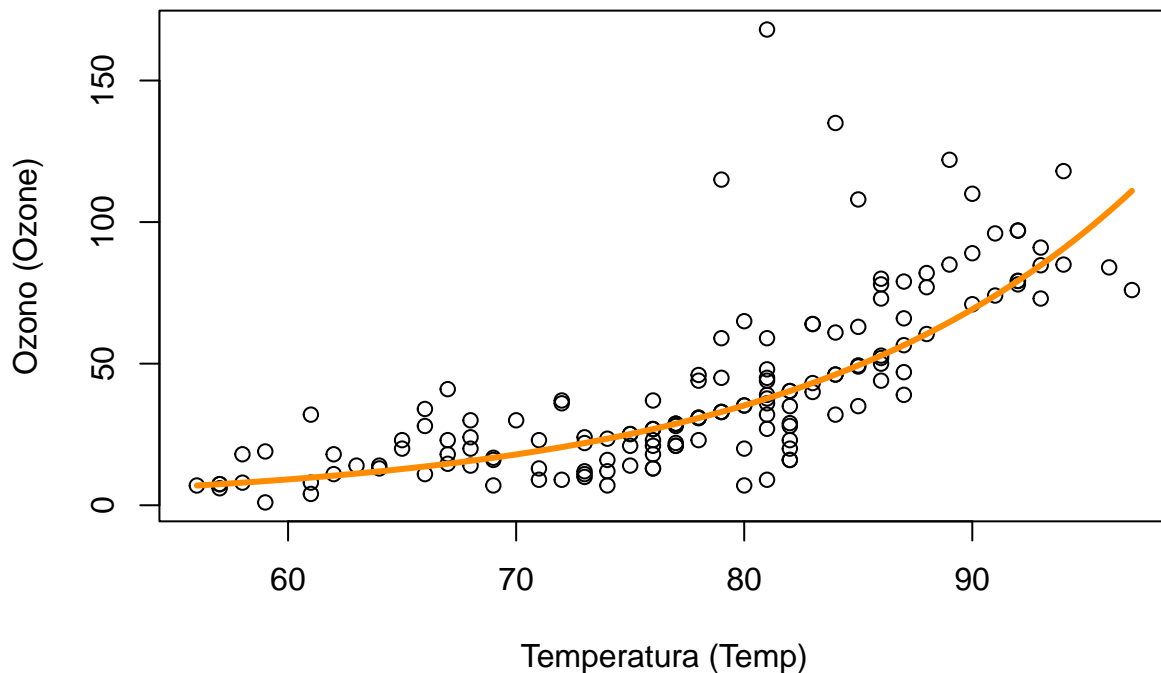
```
temp_na <- airquality$Temp[indici_na_ozone]

# 3. Calcola i valori di OZONE imputati con la curva esponenziale per quei giorni
# Formula: Ozone = exp(q_log + m_log * Temp)
ozone_imputato <- exp(q_log + m_log * temp_na)

# 4. Crea il grafico originale e la curva (il tuo codice)
plot(airquality$Temp, airquality$Ozone,
     xlab = "Temperatura (Temp)",
     ylab = "Ozono (Ozone)",
     main = "Ozono vs. Temperatura con Imputazioni Esponenziali")

curve(expr = exp(q_log + m_log * x), add = TRUE, col = "darkorange", lwd = 3)
```

Ozono vs. Temperatura con Imputazioni Esponenziali



```
matrice_cor_completa <- cor(airquality, use = "complete.obs")
correlazioni_ozone <- matrice_cor_completa[, "Solar.R"]
round(correlazioni_ozone, 4)
```

```
##   Ozone Solar.R   Wind   Temp   Month   Day
## 0.3264 1.0000 -0.0568 0.2758 -0.0753 -0.1503
```

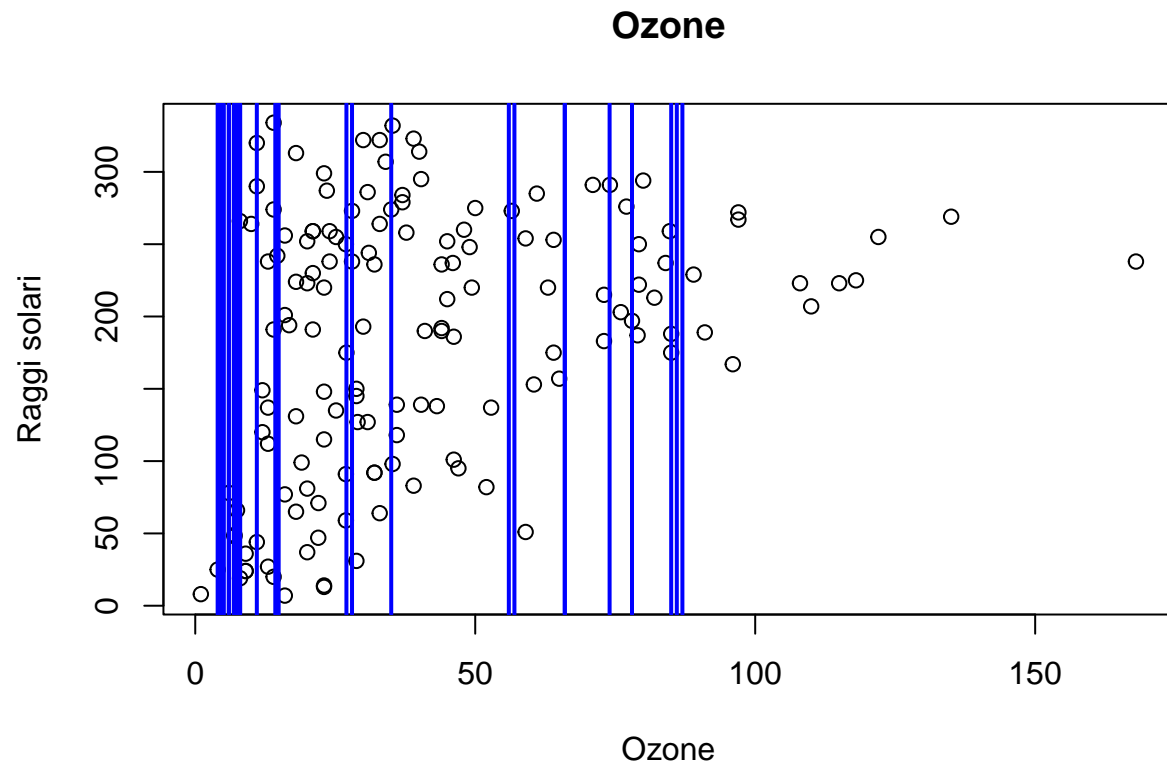
si può notare una correlazione lineare abbastanza lieve tra raggi solari e ozono o raggi solari e temperatura, ma troppo bassa per utilizzarla direttamente come modello di imputazione.

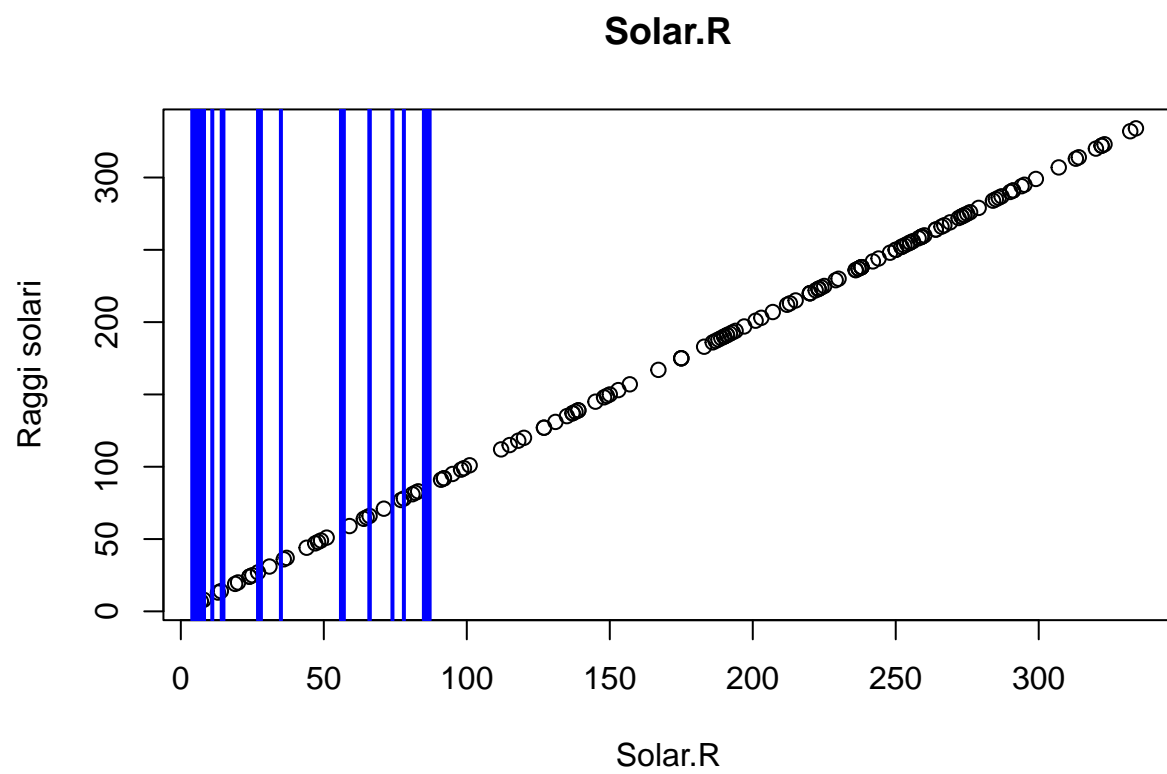
Stampo degli scatterplot per verificare eventuali correlazioni non lineari

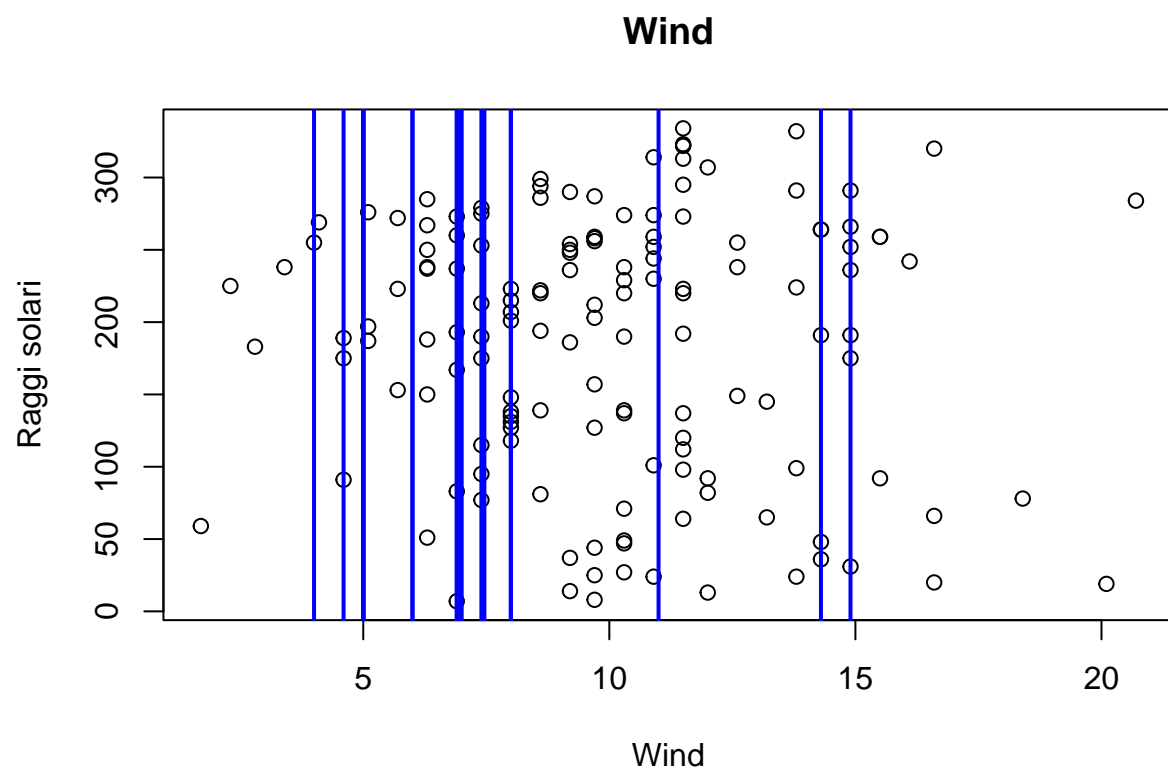
```

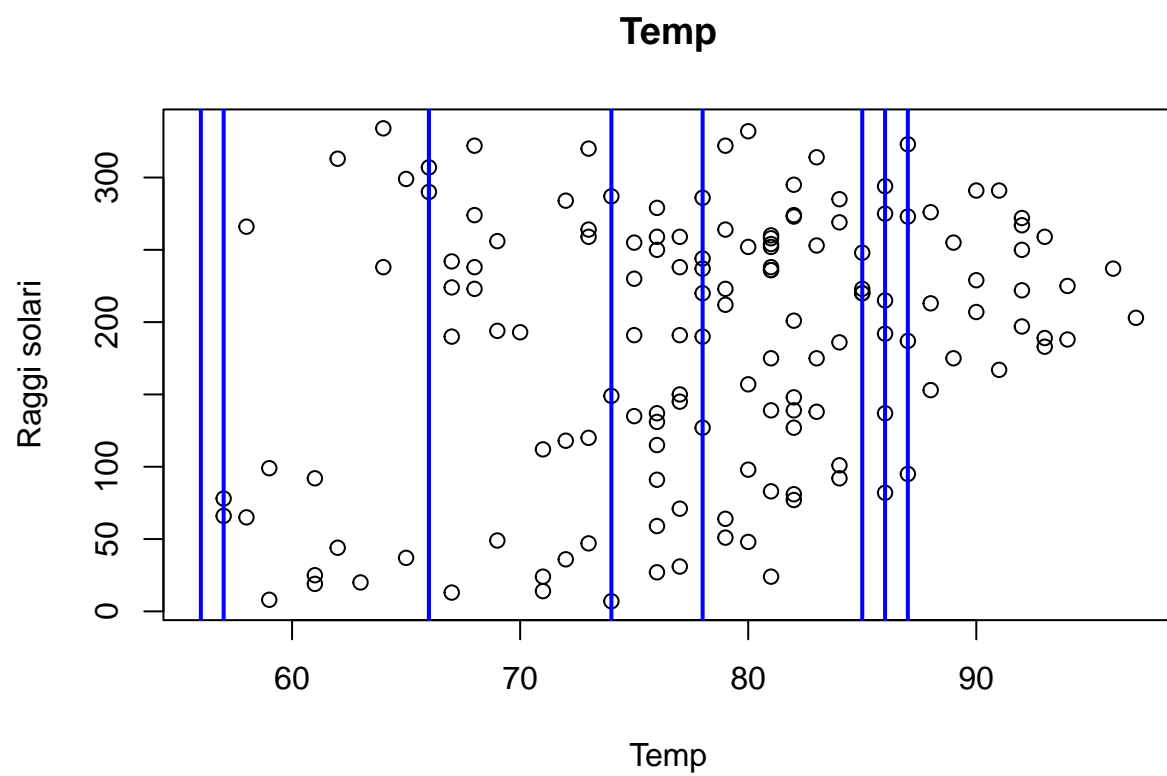
solar_r_na = airquality[is.na(airquality$Solar.R), ]
for(n in names(airquality)) {
  plot(airquality[[n]], airquality$Solar.R, main=n, ylab="Raggi solari", xlab=n)
  for(i in solar_r_na) {
    abline(v=i, col="blue", lwd = 2)
  }
}

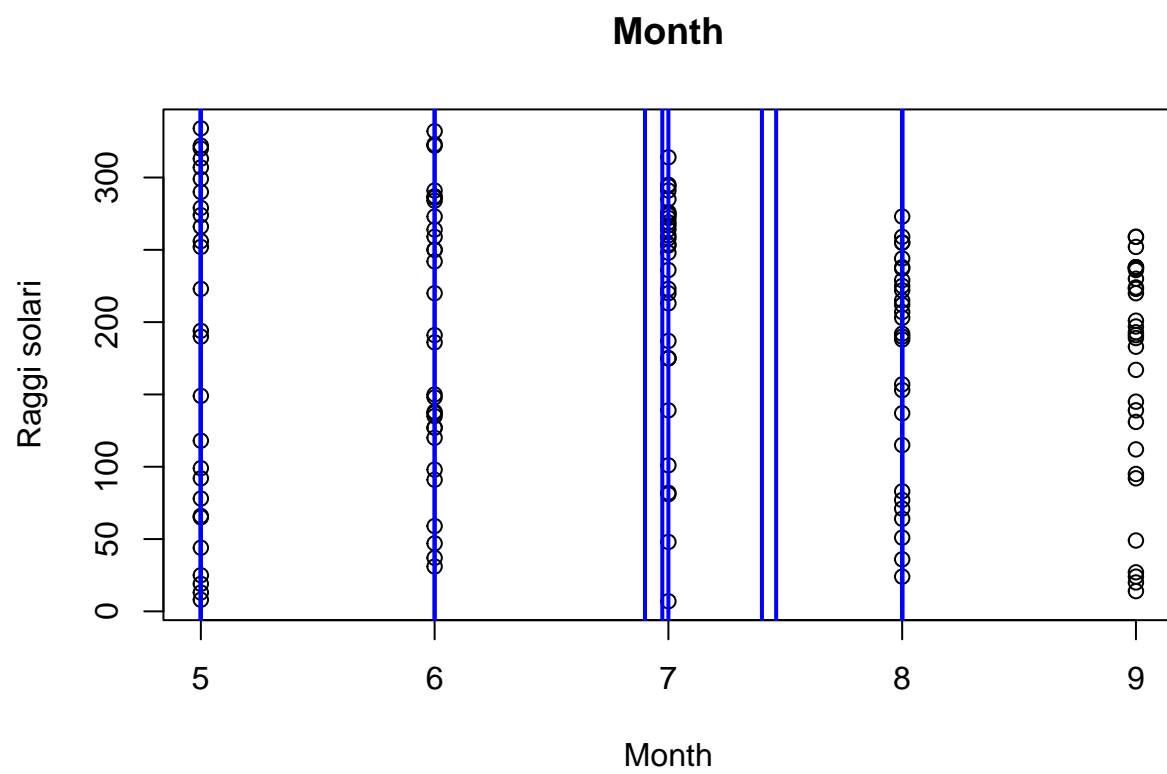
```

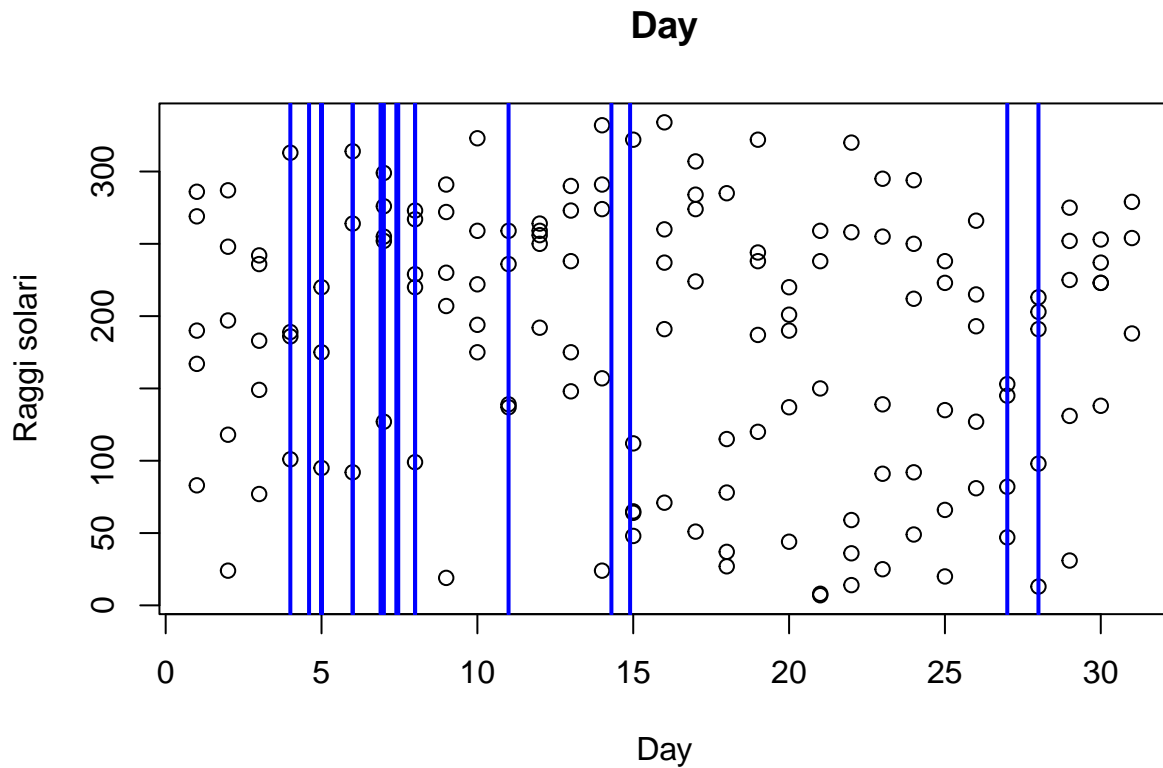












```
Data_Stringa = paste("1973", airquality$Month, airquality$Day, sep = "-")
airquality$Date_to_nr = yday(ymd(Data_Stringa))
```

```
matrice_cor_completa <- cor(airquality, use = "complete.obs")
correlazioni_ozone <- matrice_cor_completa[, "Solar.R"]
round(correlazioni_ozone, 4)
```

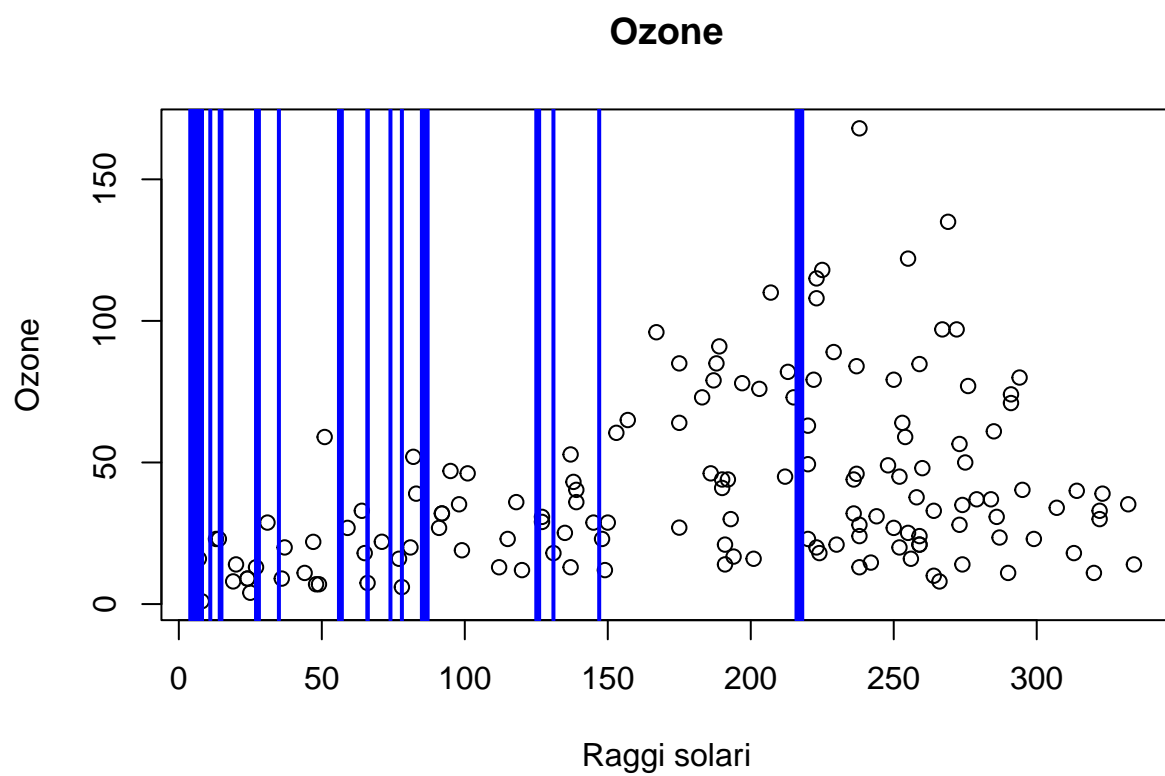
```
##      Ozone      Solar.R      Wind      Temp      Month      Day Date_to_nr
##      0.3264      1.0000     -0.0568     0.2758     -0.0753     -0.1503     -0.1047
```

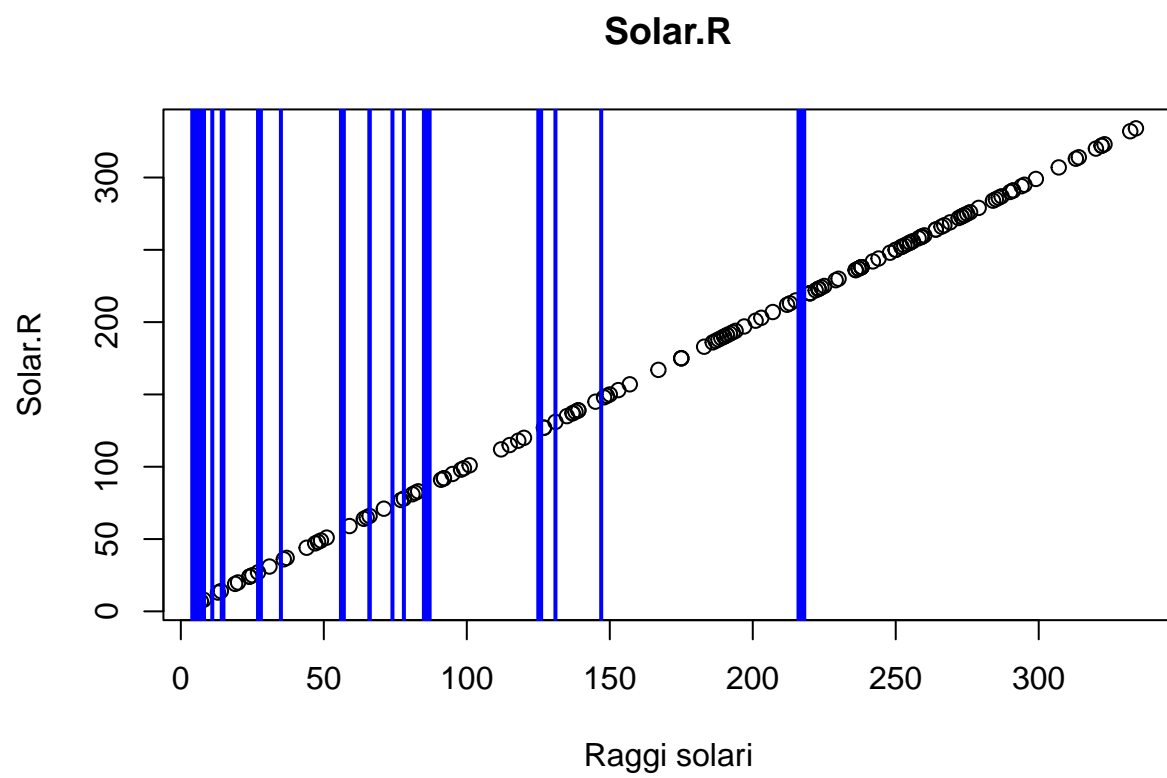
Non sembrano esserci correlazioni lineari con i raggi solari

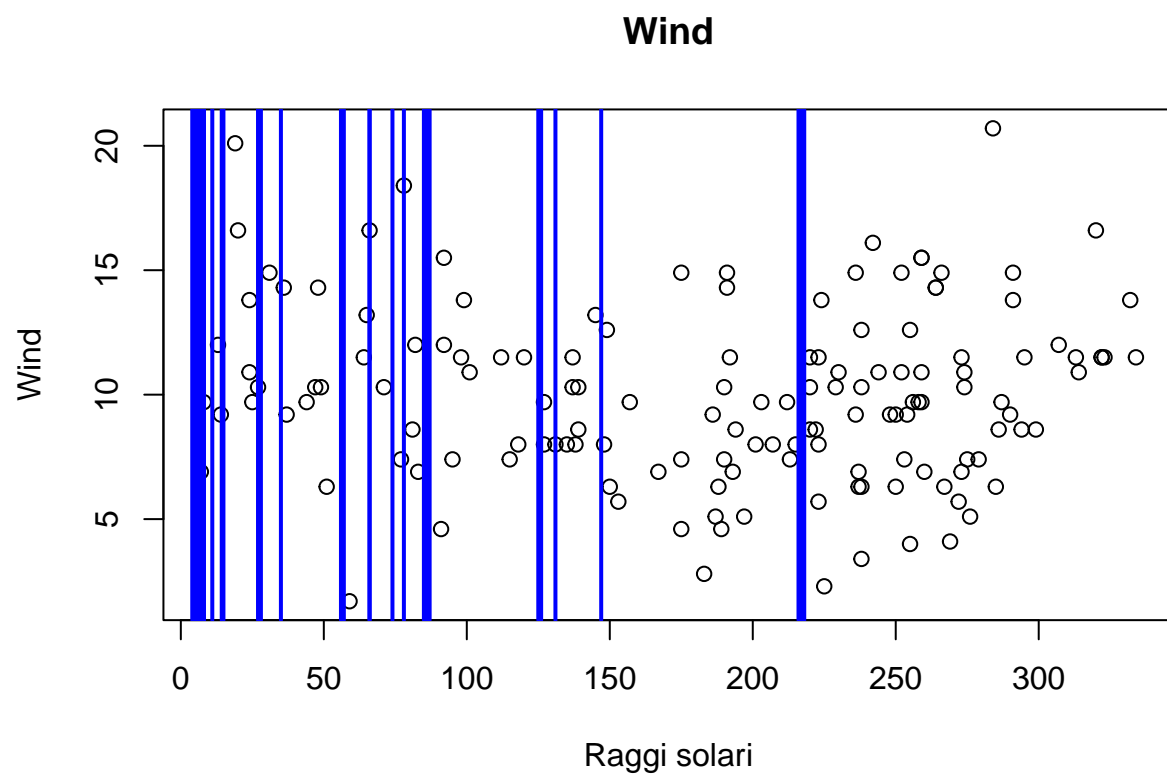
Disegno uno scatterplot per verificare non lineari

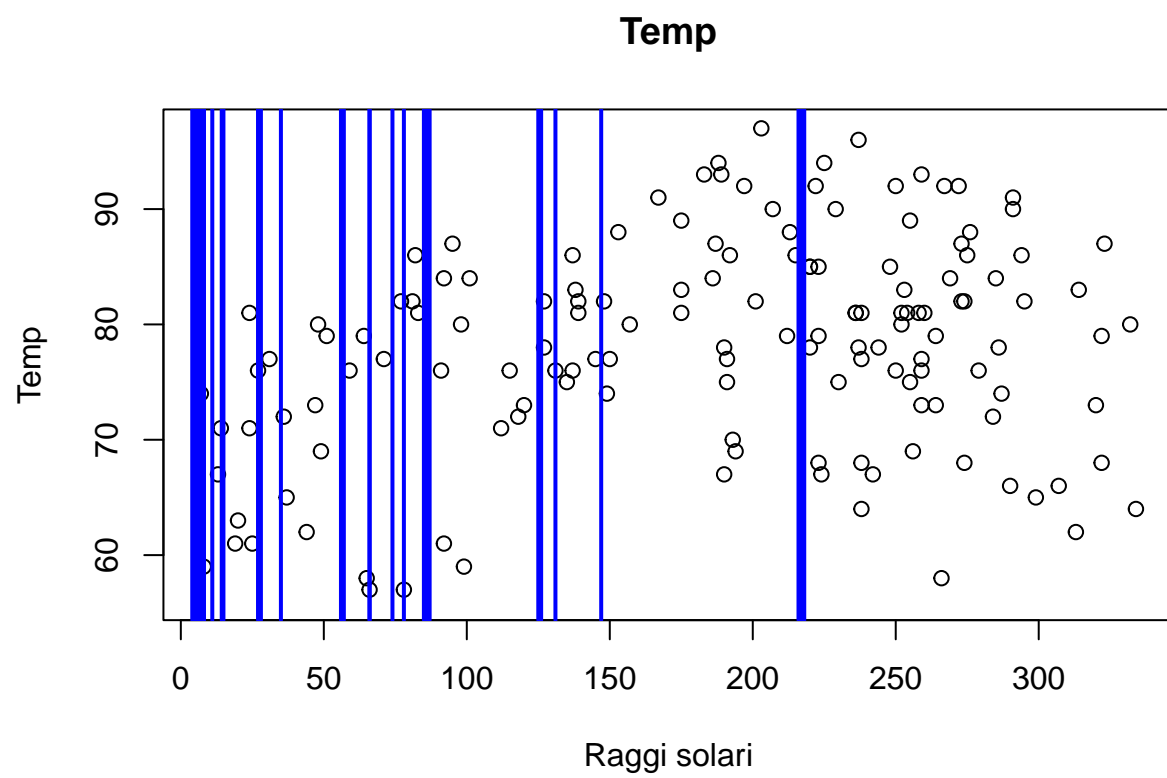
```
solar_r_na = airquality[is.na(airquality$Solar.R), ]
for(name in names(airquality)) {
  plot(airquality$Solar.R, airquality[[name]], xlab='Raggi solari', ylab=name, main=name)

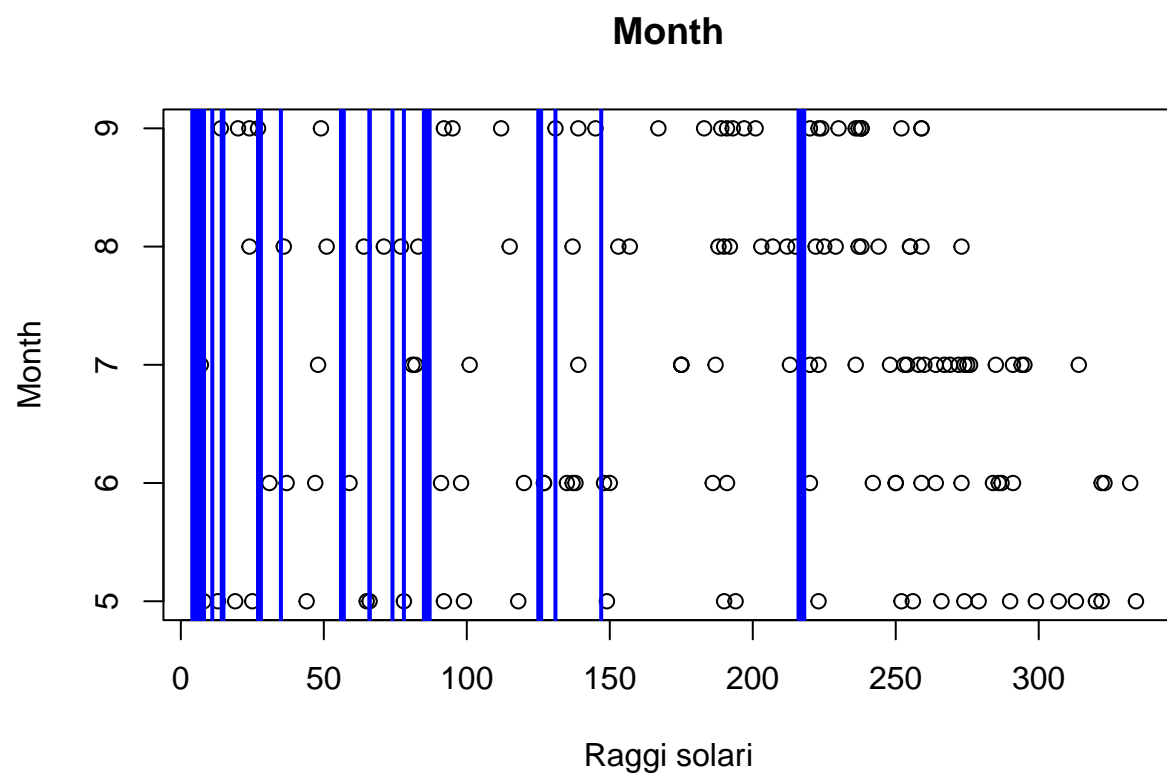
  for(i in solar_r_na) {
    abline(v=i, col="blue", lwd = 2)
  }
}
```

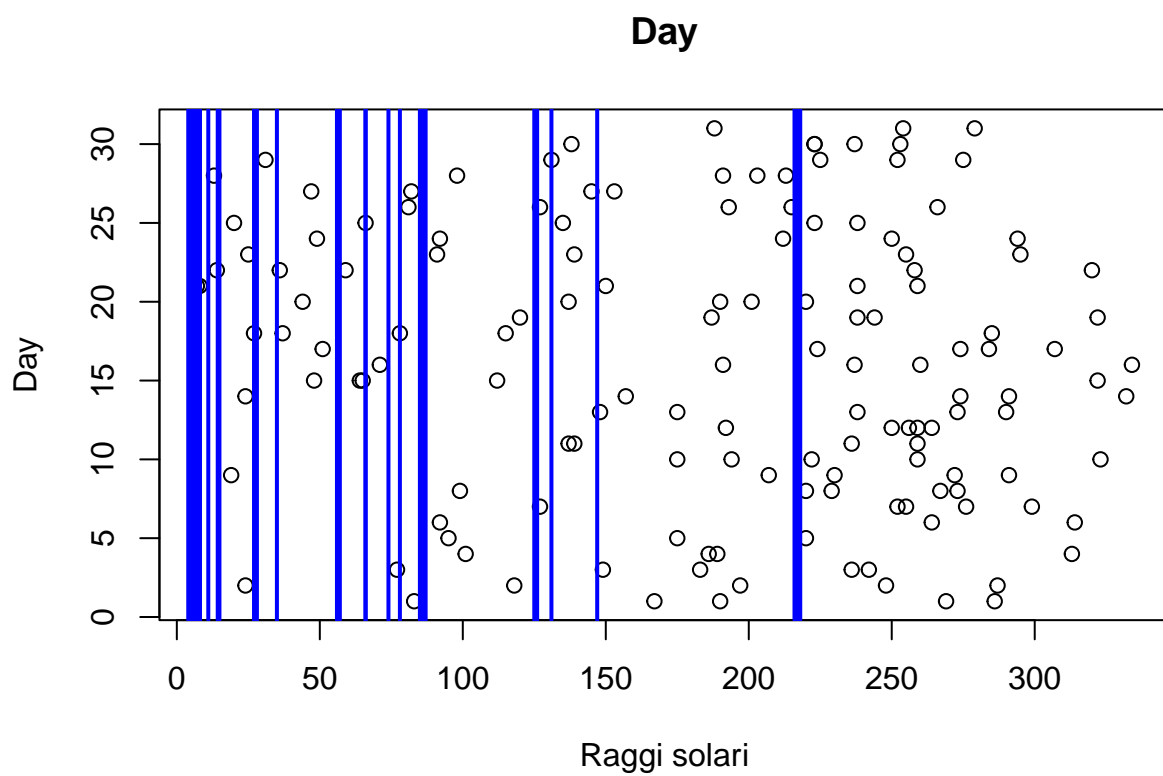


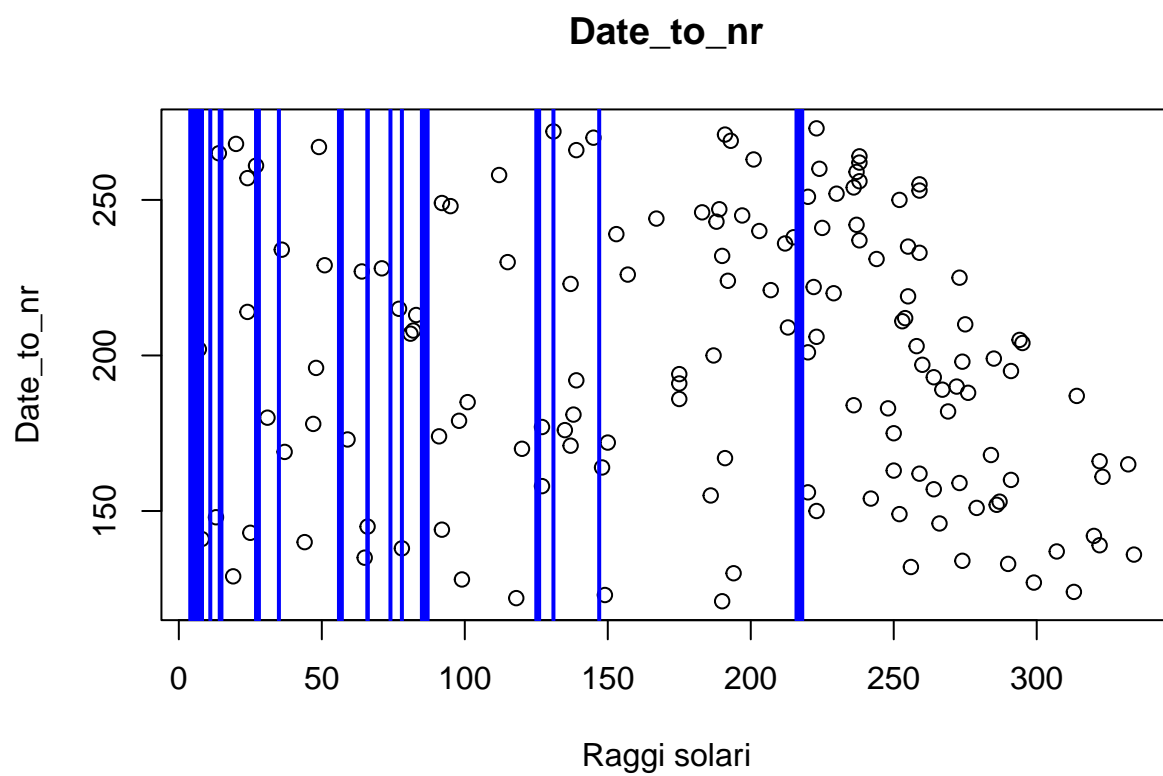






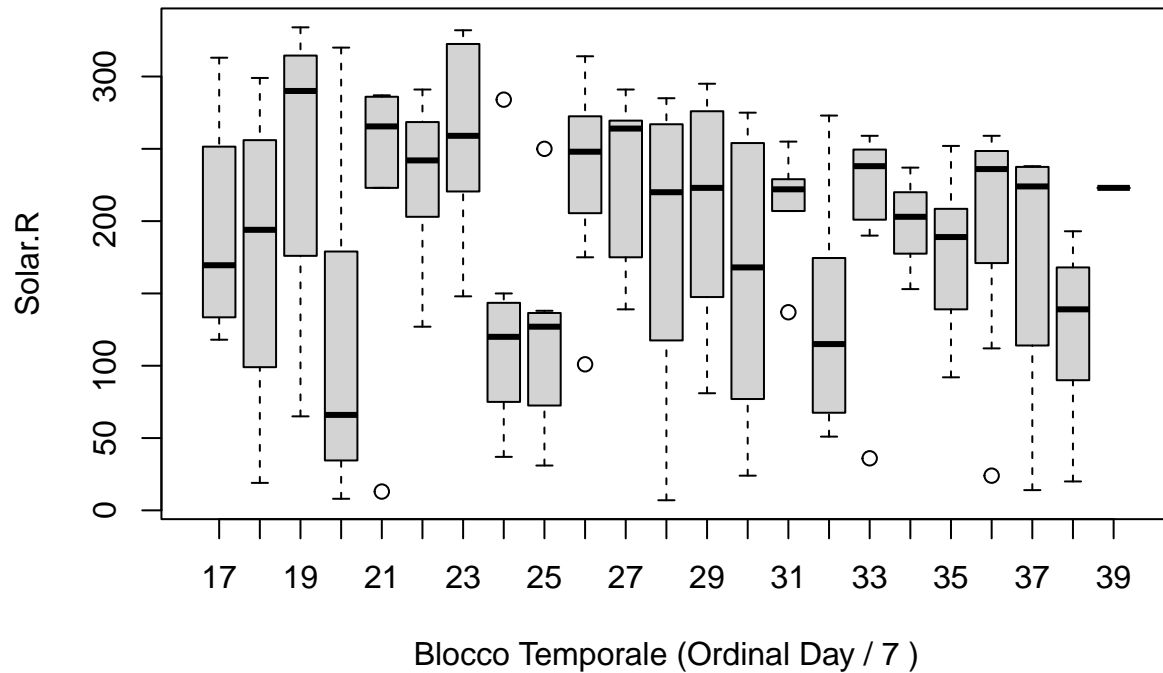






```
nr_periods = 7
boxplot(airquality$Solar.R ~ as.integer(airquality$Date_to_nr / nr_periods),
        main = paste("Solar.R per Blocco Temporale ", nr_periods, " giorni"),
        xlab = paste("Blocco Temporale (Ordinal Day /", nr_periods, ")"),
        ylab = "Solar.R")
```

Solar.R per Blocco Temporale 7 giorni



Non riesco a trovare alcuna relazione solida, piuttosto preferisco eliminare le righe e continuare

```
which(is.na(airquality$Solar.R))
```

```
## [1]  5  6 11 27 96 97 98
```

```
airquality_filtered = airquality[!is.na(airquality$Solar.R), ]
```

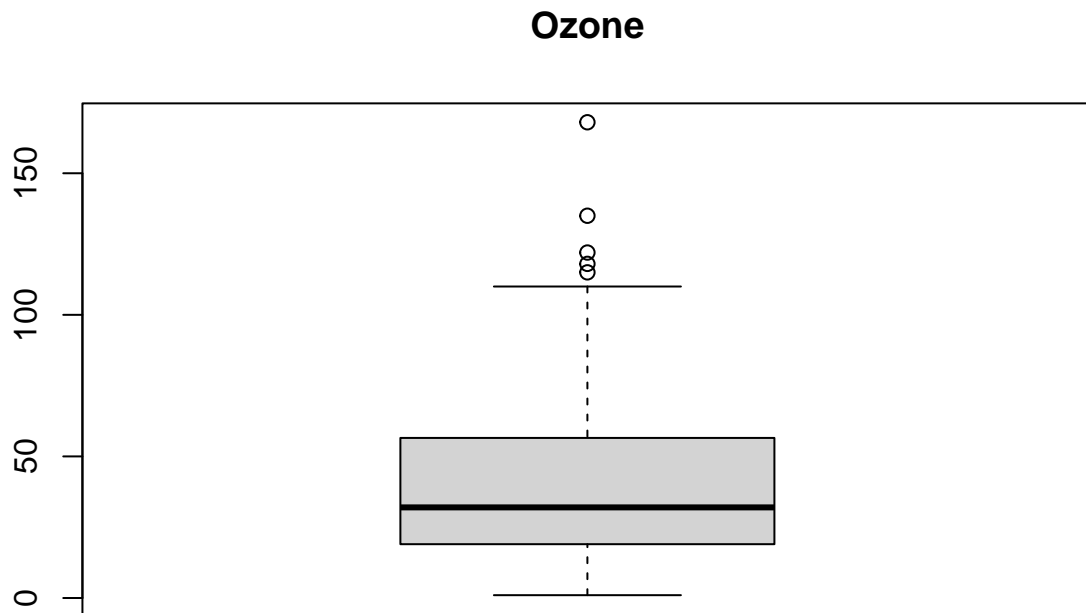
```
calculate_representants <- function(x) c(mean(x), median(x), sd(x), var(x), min(x), max(x), summary(x))
```

```
describe(airquality_filtered)
```

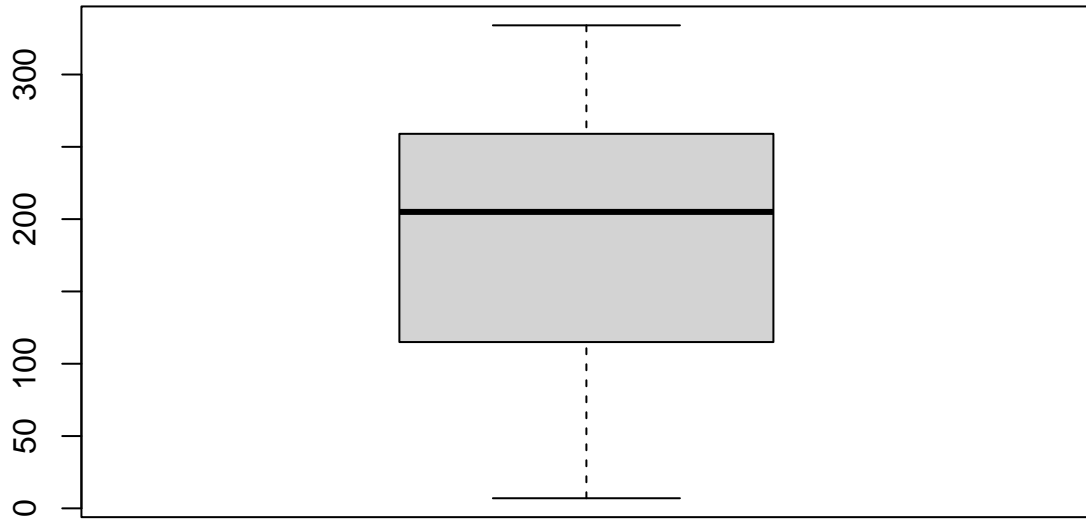
```
##          vars    n  mean   sd median trimmed  mad   min   max range  skew
## Ozone      1 146  41.12 30.51  32.0   37.12 23.15   1.0 168.0  167  1.32
## Solar.R    2 146 185.93 90.06 205.0  190.34 98.59   7.0 334.0  327 -0.42
## Wind       3 146  10.00  3.51   9.7    9.92  3.41   1.7  20.7   19  0.33
## Temp       4 146  78.12  9.22  79.0   78.45  8.90  57.0  97.0   40 -0.32
## Month      5 146   7.03  1.40   7.0    7.03  1.48   5.0   9.0    4  0.00
## Day        6 146  16.12  8.79  16.0   16.19 10.38   1.0  31.0   30 -0.06
## Date_to_nr 7 146 198.36 43.94 197.5  198.47 56.34 121.0 273.0  152  0.00
##          kurtosis  se
## Ozone          1.71 2.52
## Solar.R        -1.00 7.45
## Wind           0.12 0.29
```

```
## Temp      -0.45 0.76
## Month     -1.29 0.12
## Day       -1.17 0.73
## Date_to_nr -1.22 3.64
```

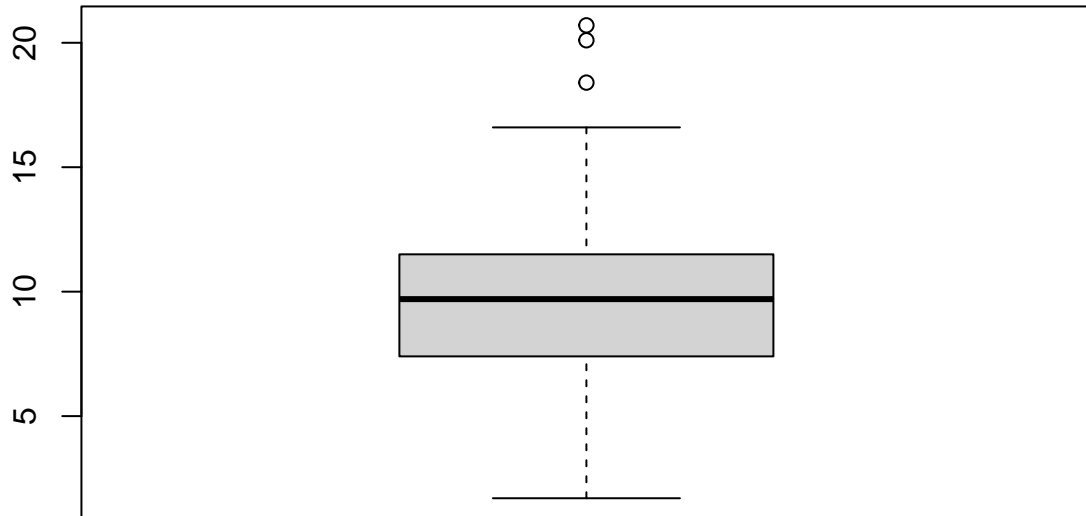
```
for(name in names(airquality)) {
  boxplot(airquality[[name]], main=name)
}
```

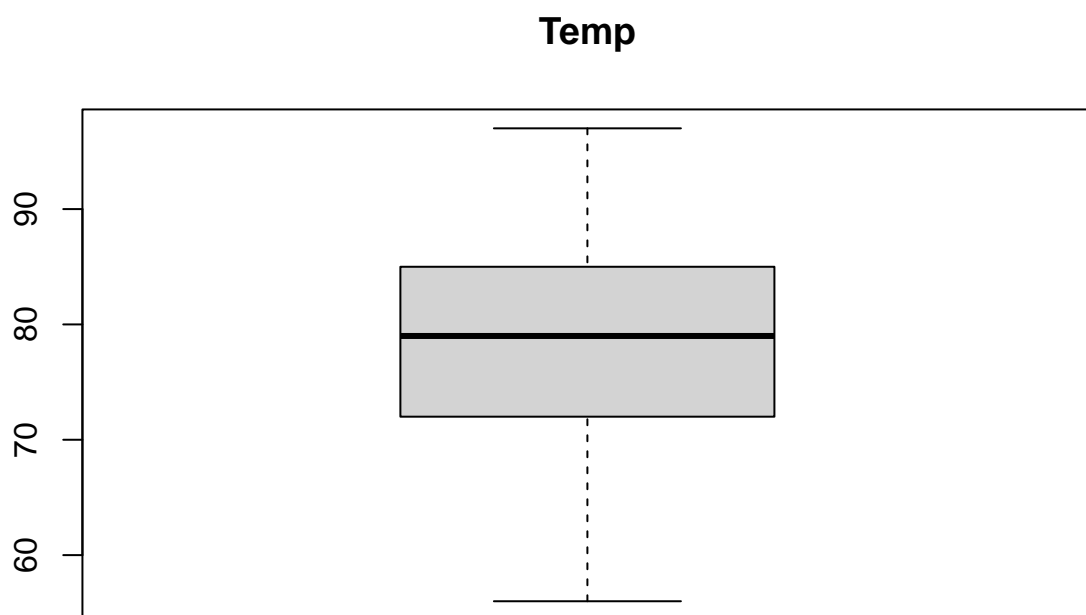


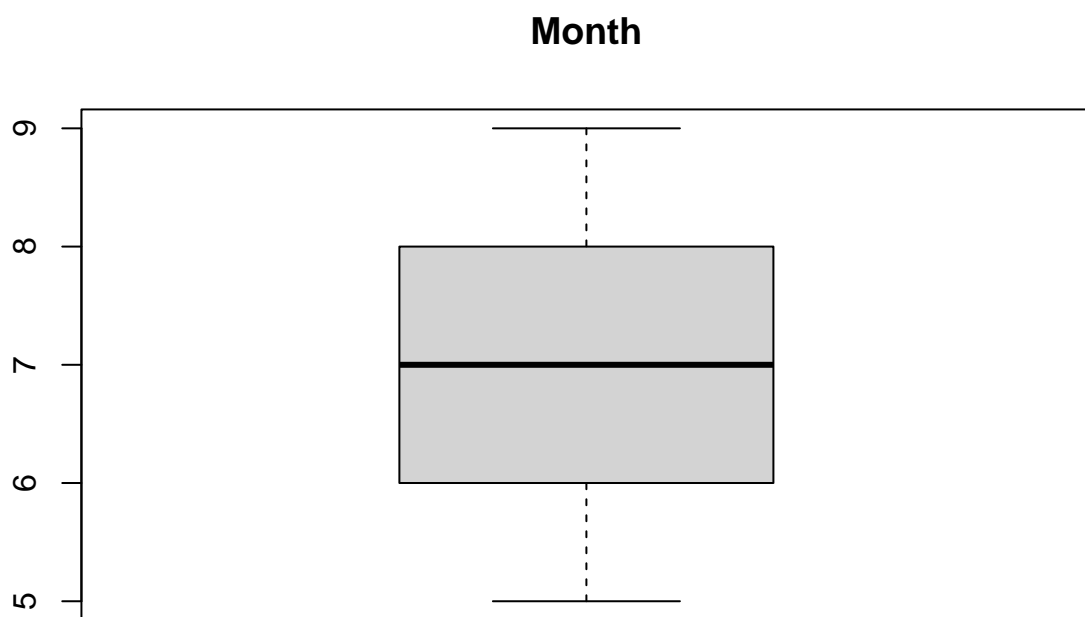
Solar.R

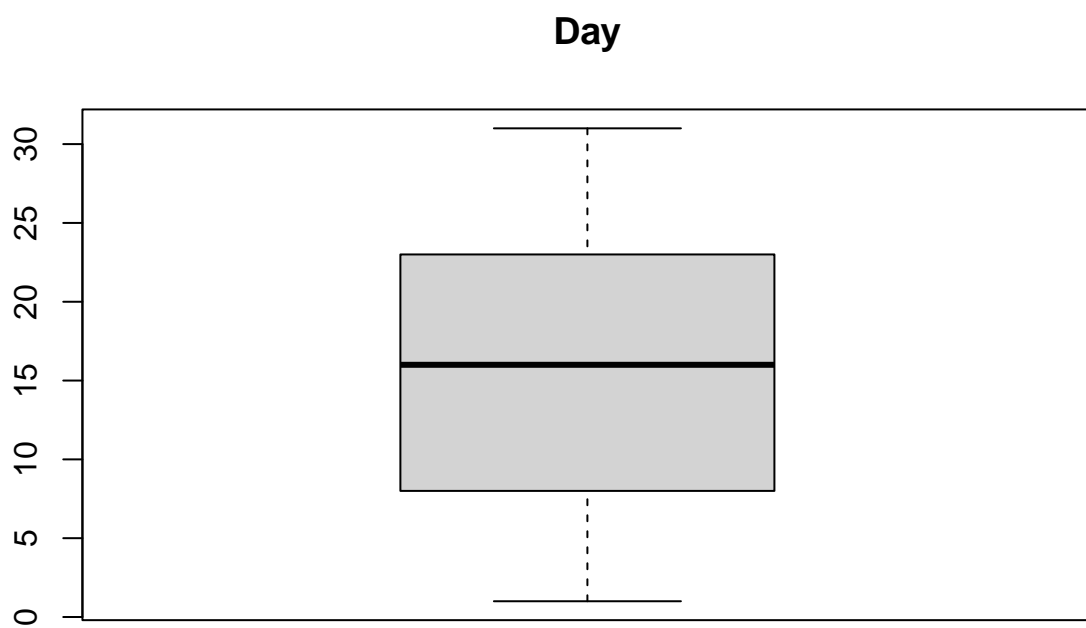


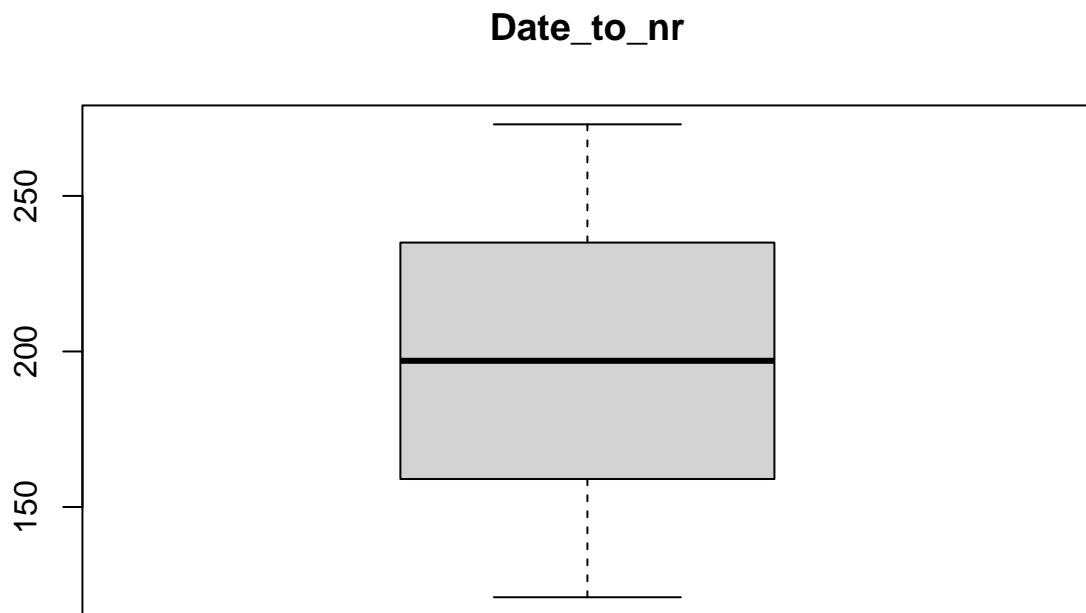
Wind





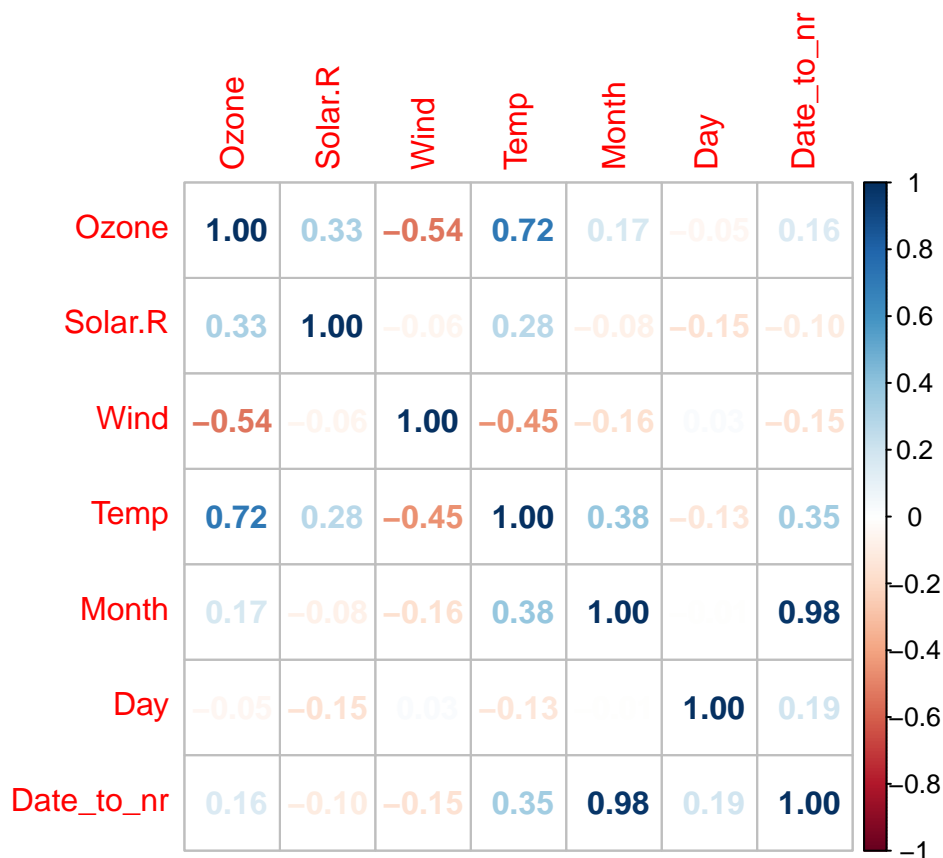






- ozone ha degli outlier alti
- i raggi solari non sembrano avere mai degli outlier
- ci sono stati dei giorni in cui il vento è stato particolarmente forte
- la temperatura non ha mai raggiunto estremi
- Sui valori relativi alle date questa analisi non ha senso

```
corrplot(cor(airquality, use = "complete.obs"), method = 'number')
```



Dalla matrice di correlazione è possibile evidenziare:

- Una correlazione diretta molto forte tra ozono e temperatura
- una correlazione inversa discretamente forte tra temperatura e vento
- altre correlazioni minori

Da questo ho escluso la correlazione tra mese e la variabile artificiale date_to_nr in quanto si tratta di una correlazione artificiale

In questo esercizio abbiamo analizzato il dataset di dati metereologici nella città di New york.

Abbiamo scoperto che la temperatura influenza la presenza di ozono nell'area in modo esponenziale (anche se ben approssimabile a livello lineare per queste temperature) e abbiamo il sospetto che ci sia una correlazione a campana tra ozono e raggi solari.

Inoltre abbiamo scoperto che in quei giorni l'ozono e il vento hanno raggiunto qualche valore anomalo anche se nulla da far pensare ad anomalie preoccupanti