

CO2 and CH4

Caricamento dei dati e delle librerie

```
library(ggplot2)
library(zoo)

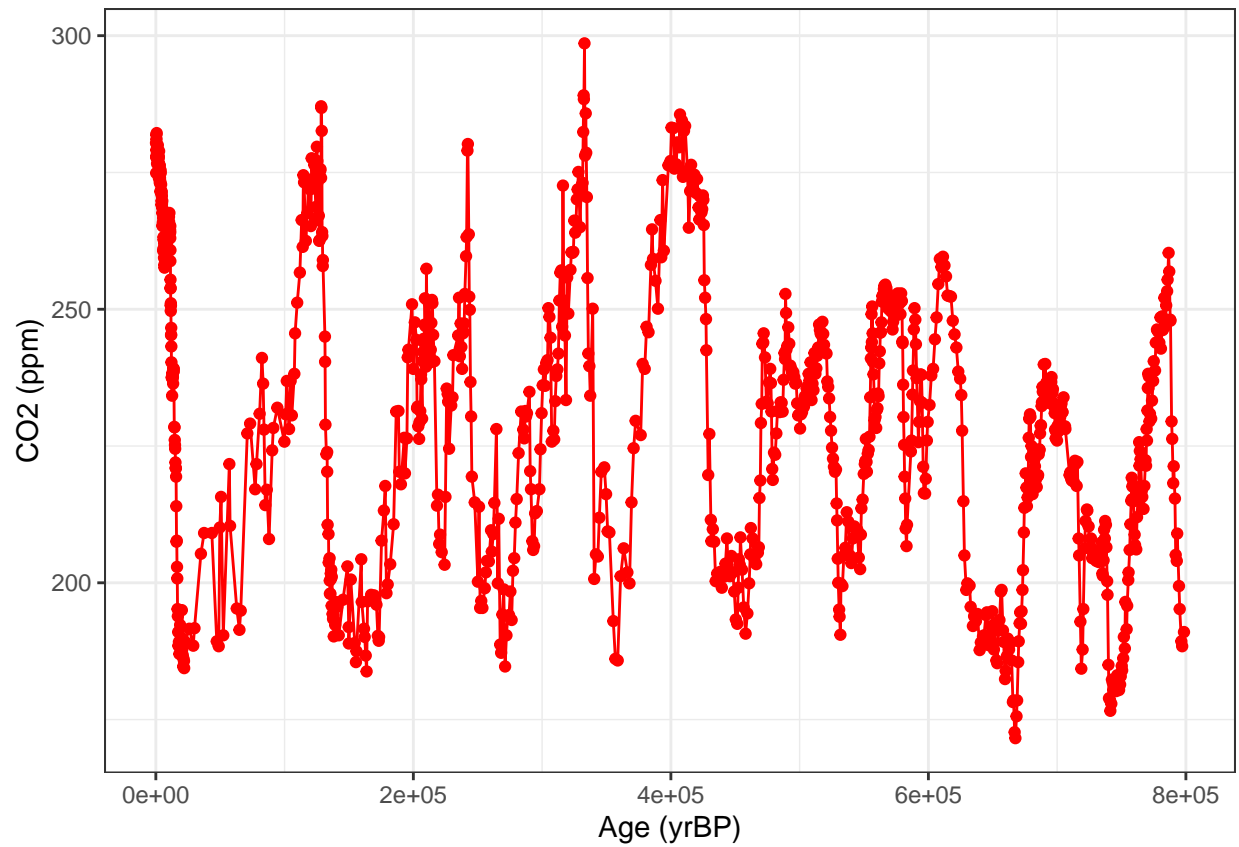
## Warning: package 'zoo' was built under R version 4.0.5
##
## Attaching package: 'zoo'
## The following objects are masked from 'package:base':
##
##      as.Date, as.Date.numeric
library(stats)
edc.co2.2008_EXTRACTED <- read.csv("Data/edc-co2-2008_EXTRACTED.txt", sep="")
edc.ch4.2008_EXTRACTED<- read.csv("Data/edc-ch4-2008_EXTRACTED.txt", sep="")
temperature<- read.csv("Data/temperature_EXTRACTED.txt", sep="")
```

Creazione di un dataframe con dei nomi diversi per le colonne

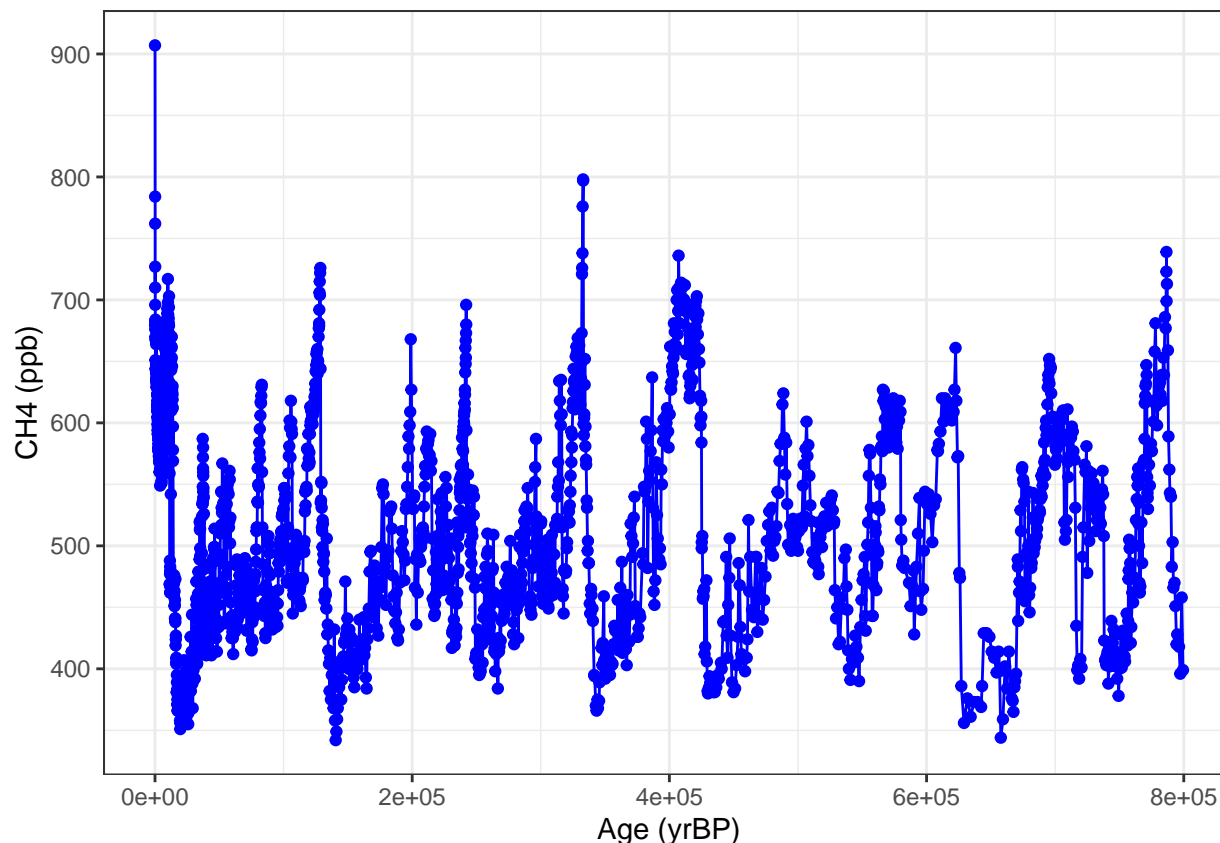
```
CO2 <- data.frame(edc.co2.2008_EXTRACTED$Age, edc.co2.2008_EXTRACTED$CO2)
CH4 <- data.frame(edc.ch4.2008_EXTRACTED$GasAge, edc.ch4.2008_EXTRACTED$CH4mean)
Temp <- data.frame(temperature$Age , temperature$Temperature)
colnames(CO2)<- c("Age","CO2")
colnames(CH4)<- c("Age","CH4")
colnames(Temp)<- c("Age","Temperature")
```

Creazione del grafico

```
ggplot(data = CO2, aes(x = Age, y = CO2)) + geom_line(colour='red') + geom_point(colour='red') +
scale_y_continuous(name ="CO2 (ppm)") + scale_x_continuous(name ="Age (yrBP)") + theme_bw()
```



```
ggplot(data = CH4, aes(x = Age, y = CH4)) + geom_line(colour='blue') + geom_point(colour='blue') +  
scale_y_continuous(name = "CH4 (ppb)") + scale_x_continuous(name = "Age (yrBP)") + theme_bw()
```



Calcolo della media e della deviazione standard. La concentrazione attuale di CO₂ è di 412 ppm , mentre di CH₄ 1879 ppb (NOAA)

```
C02_mean <- mean(C02$C02)
Co2_sd <- sd(C02$C02)
print(c(C02_mean,Co2_sd))
```

```
## [1] 230.83568 27.57362
```

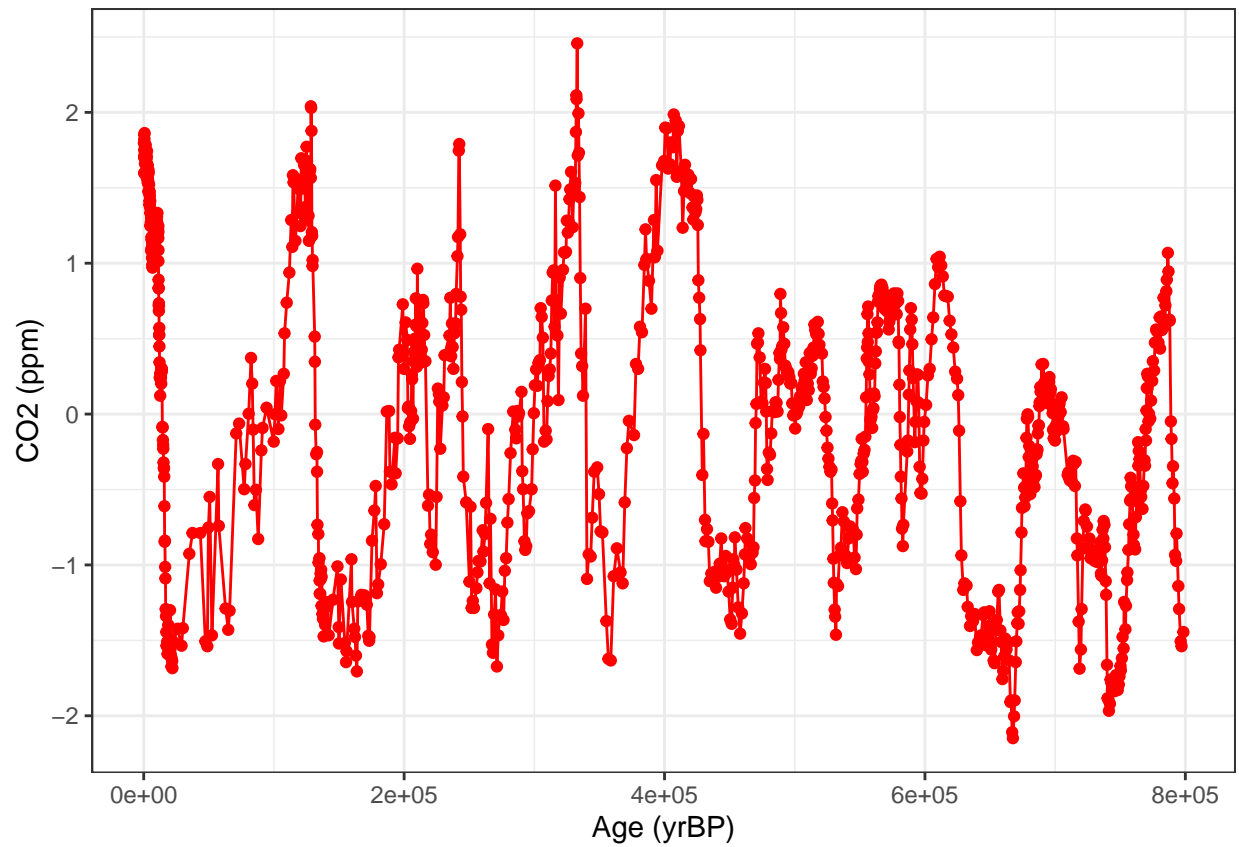
```
CH4_mean <- mean(CH4$CH4)
CH4_sd <- sd(CH4$CH4)
print(c(CH4_mean ,CH4_sd ))
```

```
## [1] 519.97004 88.04749
```

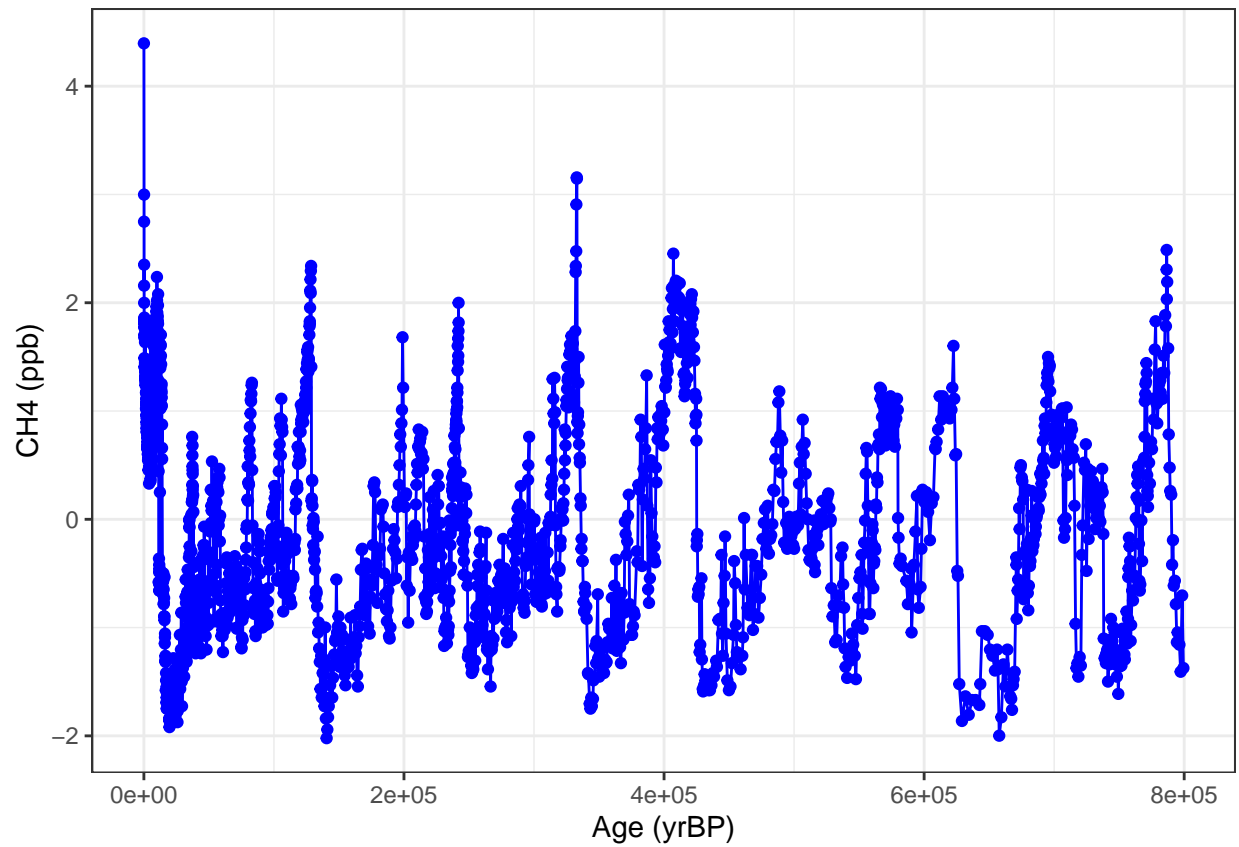
Non si possono mettere direttamente sullo stesso grafico i dati precedenti perchè non hanno la stessa unità di misura. Conviene sottrarre la media e dividere per la deviazione standard. In questo modo i dati sono direttamente confrontabili perchè adimensionali

```
C02$C02_scaled <- scale(C02$C02 , scale = TRUE)
CH4$CH4_scaled <- scale(CH4$CH4 , scale = TRUE)
Temp$Temperature_scaled<- scale(Temp$Temperature , scale = TRUE)
```

```
ggplot(data = C02, aes(x = Age, y = C02_scaled)) + geom_line(colour='red') + geom_point(colour='red') +
scale_y_continuous(name ="CO2 (ppm)" ) + scale_x_continuous(name ="Age (yrBP)" ) + theme_bw()
```

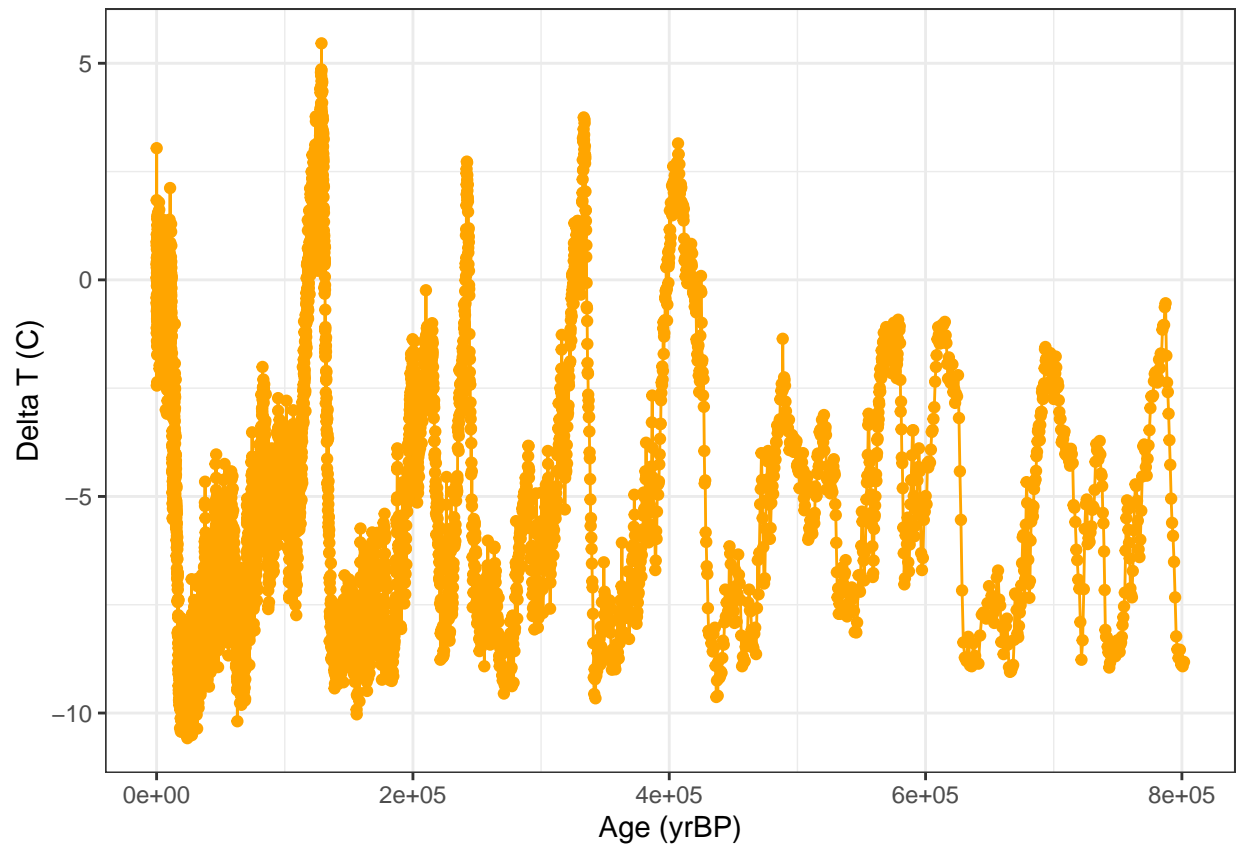


```
ggplot(data = CH4, aes(x = Age, y = CH4_scaled)) + geom_line(colour='blue') + geom_point(colour='blue')  
scale_y_continuous(name = "CH4 (ppb)") + scale_x_continuous(name = "Age (yrBP)") + theme_bw()
```



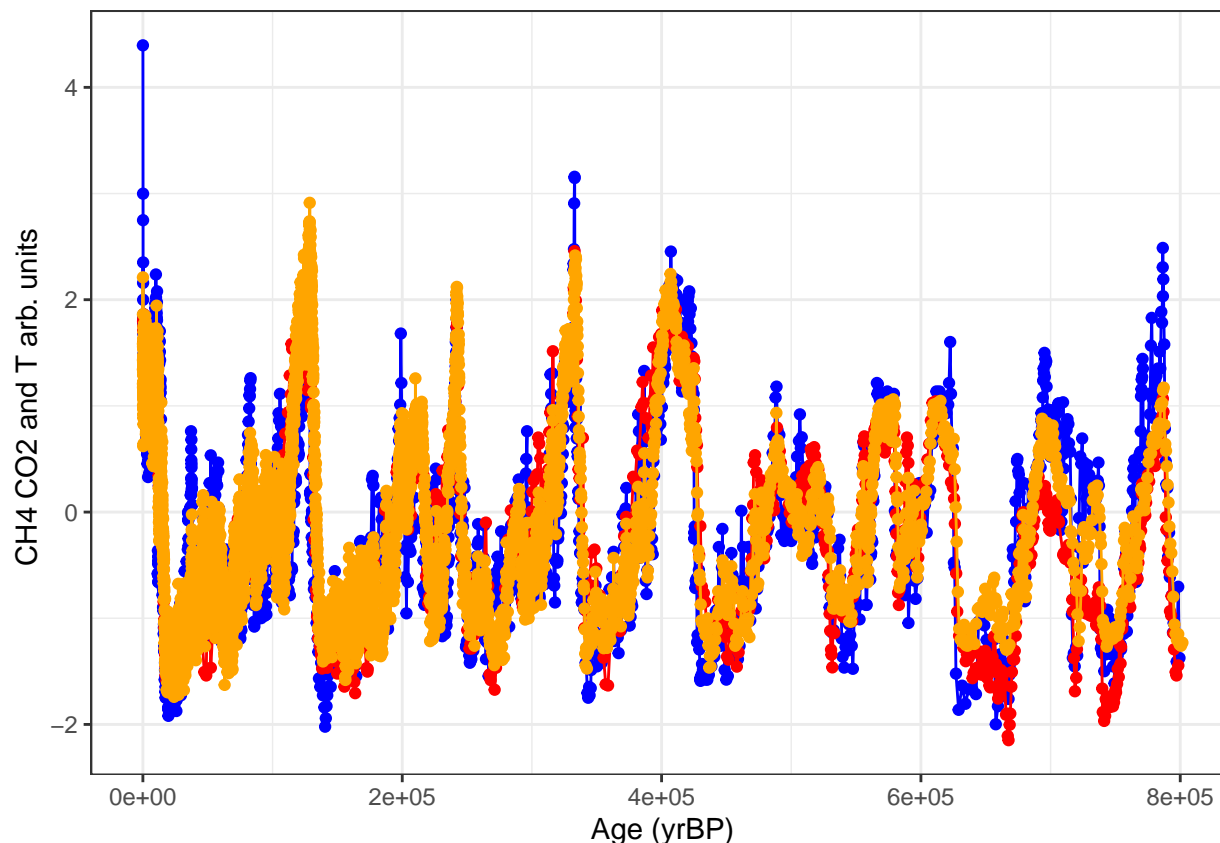
```
ggplot(data = Temp, aes(x = Age, y = Temperature)) + geom_line(colour='orange') + geom_point(colour='orange') +
scale_y_continuous(name = "Delta T (C)") + scale_x_continuous(name = "Age (yrBP)") + theme_bw()
```

```
## Warning: Removed 3 rows containing missing values (geom_point).
```



```
ggplot(data = CH4, aes(x = Age, y = CH4_scaled)) + geom_line(colour='blue') + geom_point(colour='blue')
scale_y_continuous(name = "CH4 CO2 and T arb. units ") + scale_x_continuous(name = "Age (yrBP)") + geom_
```

```
## Warning: Removed 3 rows containing missing values (geom_point).
```



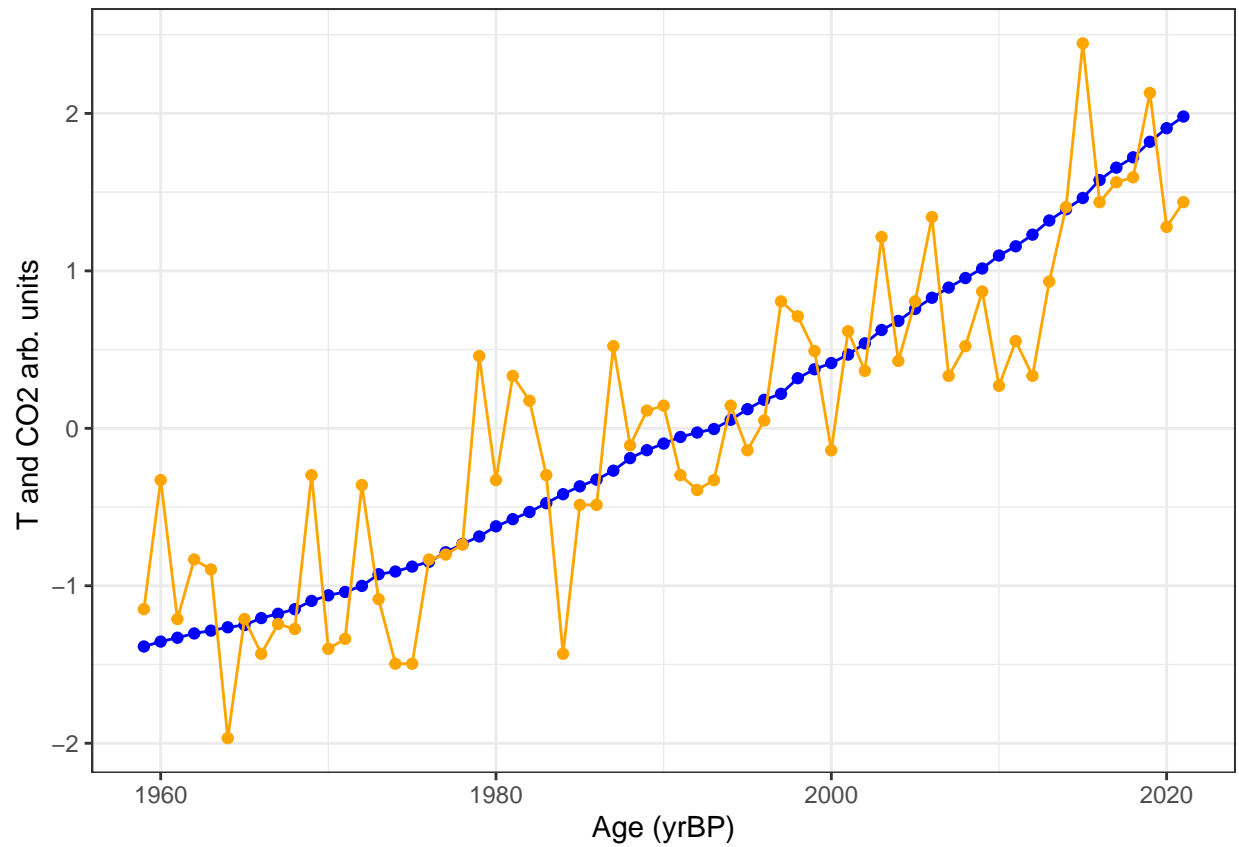
IMPORTANTE: NON è una pratica scientifica sovrapporre serie temporali, o comunque dati che ci sembrano seguire lo stesso andamento (o l'opposto) e sostenere che data la correlazione vi sia causalità. In questo caso però si ha a disposizione un modello (con relativa validazione sperimentale), quello dell'effetto serra, che spiega da principi primi come l'aumento del CH4 e della CO2 influisca sulla temperatura. Quindi il plot è ampiamente giustificato.

Ora analizziamo la situazione attuale

```
actual_CO2 <- read.csv("Data/ACTUALCO2_extracted.txt", sep="")
actual_temperature <- read.csv("~/GitHub/Climate_Change_tutorial/Data/data.csv")
colnames(actual_CO2) <- c("Age", "CO2")
colnames(actual_temperature) <- c("Age", "Temperature")
```

```
actual_CO2$CO2_scaled <- scale(actual_CO2$CO2, scale = TRUE)
actual_temperature$Temperature_scaled <- scale(actual_temperature$Temperature, scale = TRUE)
```

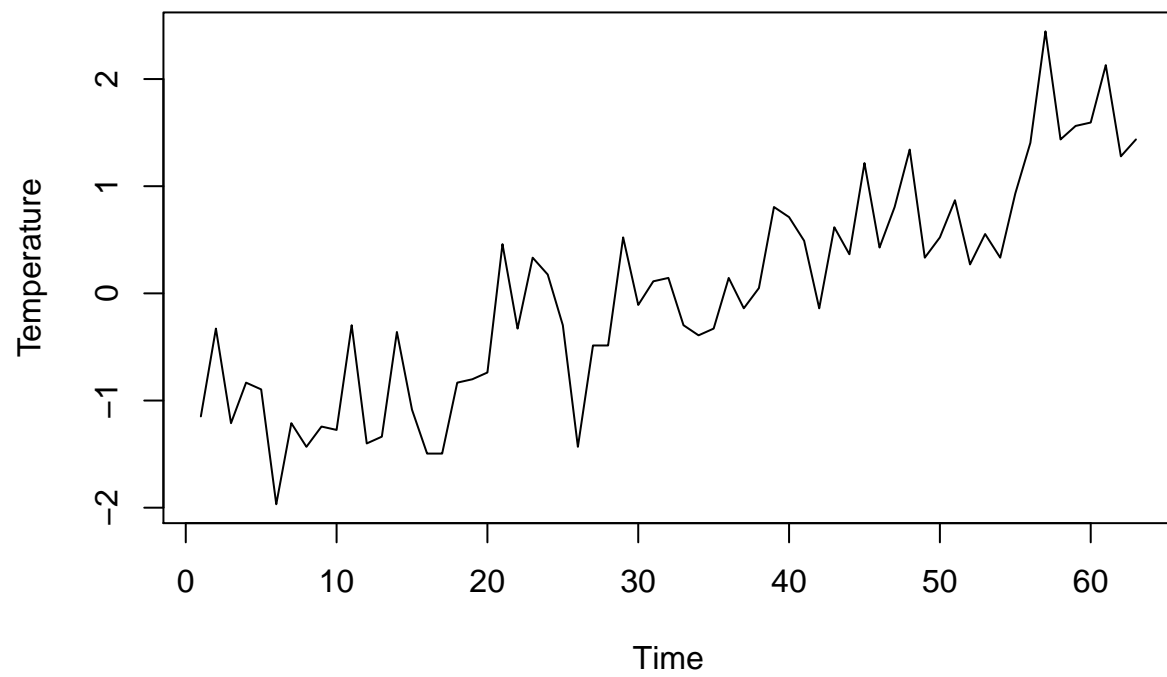
```
ggplot(data = actual_CO2, aes(x = Age, y = CO2_scaled)) + geom_line(colour='blue') + geom_point(colour='red') +
  scale_y_continuous(name = "T and CO2 arb. units") + scale_x_continuous(name = "Age (yrBP)") + geom_line(
```



Invece dei dataframe utilizziamo gli oggetti Time Series (TS)

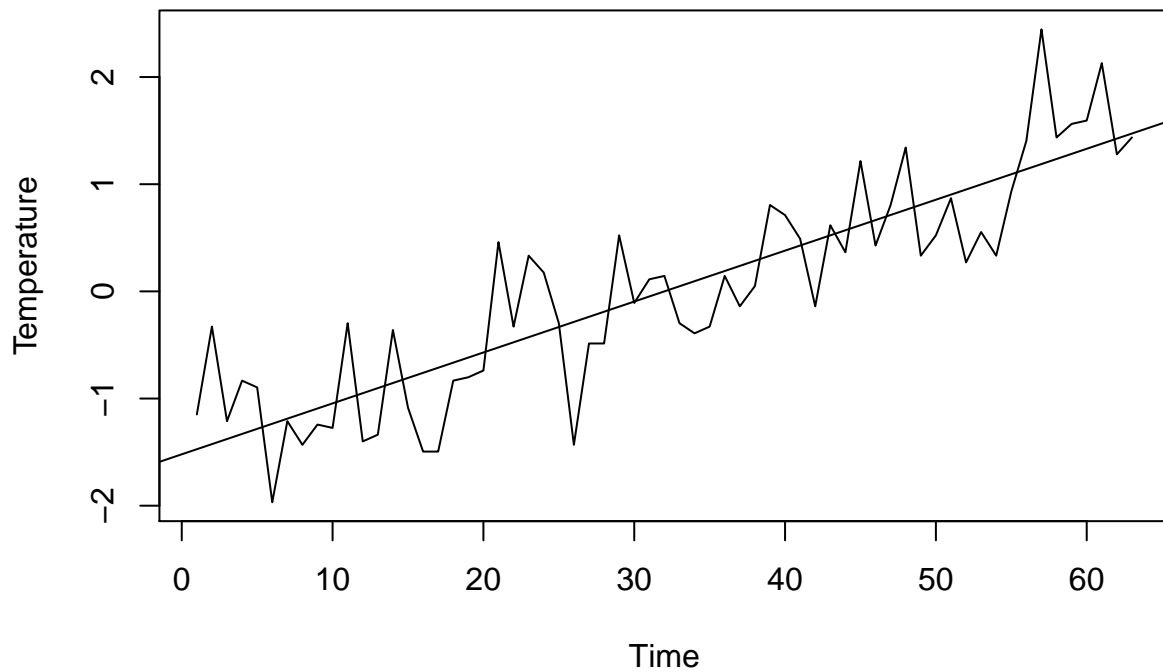
```
Data <- data.frame(actual_temperature$Temperature_scaled)
colnames(Data)<- c("Temperature")
Data_TS <- ts(Data,frequency = 1)
```

```
plot(Data_TS)
```

Visualizzazione del trend

```
plot(Data_TS)
abline(reg=lm(Data_TS ~time(Data_TS)))
```

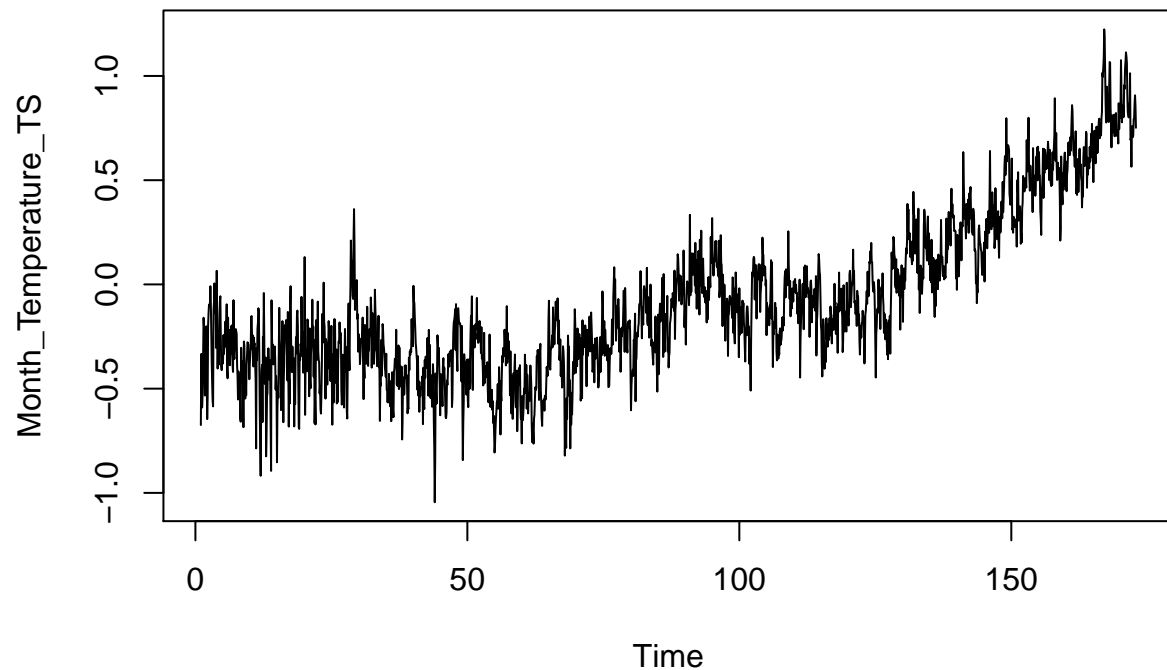


Se invece i dati che abbiamo sono mensili al posto che annuali, conviene rimuovere la stagionalità mensile (e.g. ciclo delle stagioni inverno-primavera-estate-autunno)

```
HadCRUT.5.0.1.0.analysis.summary_series.global.monthly <- read.csv("~/GitHub/Climate_Change_tutorial/Data/HadCRUT.5.0.1.0.analysis.summary_series.global.monthly.csv")
```

```
Month_Temperature_TS<-ts(HadCRUT.5.0.1.0.analysis.summary_series.global.monthly$Anomaly..deg.C.,frequency=12)
```

```
plot(Month_Temperature_TS)
```

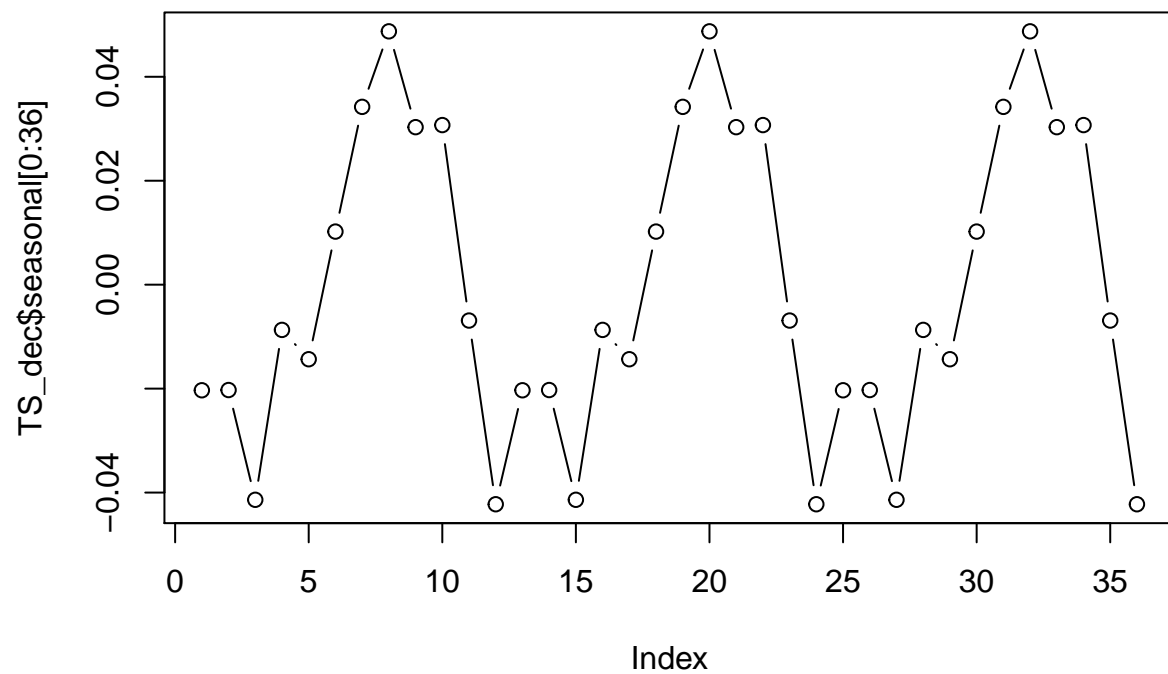


La funzione “decompose” scompone la time series in 3 componenti (che riproducono la TS originale se sommate; si può anche supporre che invece le componenti vadano moltiplicate): una periodica, una trend e una casuale. Si può pensare alla terza come all’errore che si ottiene in quest’operazione.

```
TS_dec<-decompose(Month_Temperature_TS)
```

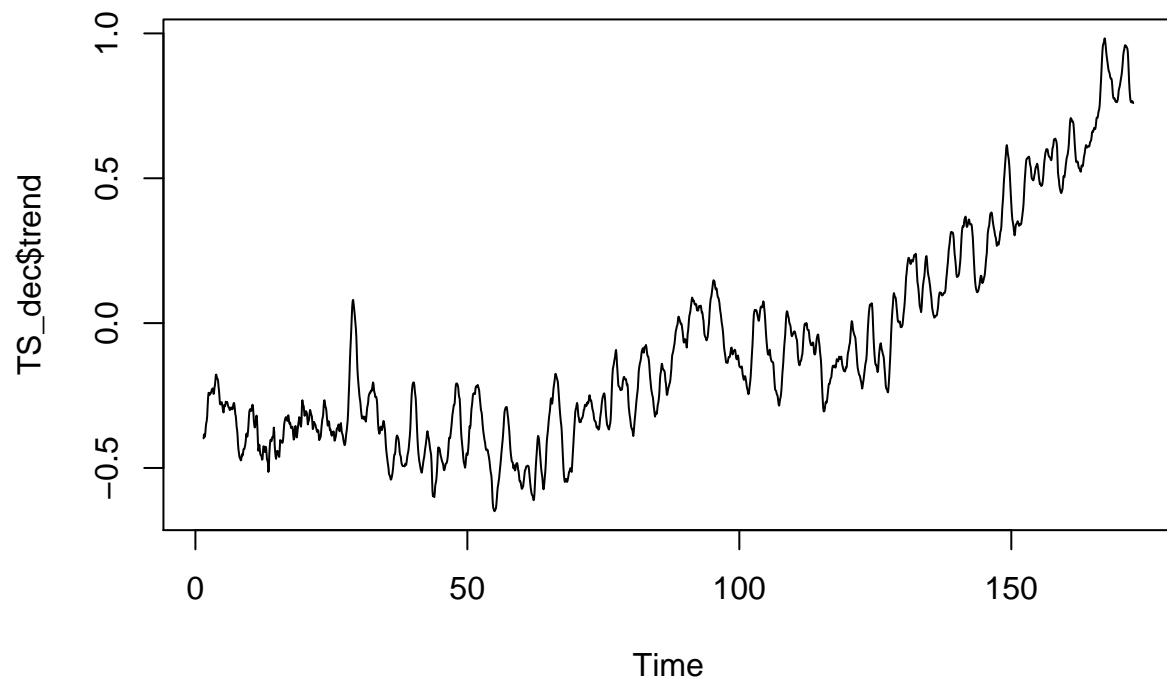
Ecco la componente stagionale per primi 3 anni. Si possono riconoscere le diverse stagioni inverno-primavera-estate-autunno

```
plot(TS_dec$seasonal[0:36],type = "b")
```



Il trend che è la componente che ci interessa

```
plot(TS_dec$trend,type = "l")
```



L'errore che non deve avere periodicità né trend (deve essere simile al segnale prodotto dalla televisione quando staccate il cavo antenna, un white noise)

```
plot(TS_dec$random,type = "l")
```

