

Excel: guida alle operazioni di base per la risoluzione dell'esercizio 13

1) Inserire i dati nel foglio excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		D [m]	0.0683						
3		L [m]	8.5		T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]		
4					19.4	0.813	0.009		
5					19.4	1.067	0.015		
6					19.4	1.755	0.036		
7					19.4	2.844	0.088		
8					19.4	4.173	0.181		
9					19.4	6.149	0.375		
10					19.5	7.697	0.613		
11					19.5	8.89	0.756		
12					19.5	9.896	0.929		
13									
14									

2) Per aggiungere le colonne utili alla risoluzione del problema cliccare sulla cella desiderata ed inserire la formula inerente, facendo attenzione al sistema di bloccaggio dei riferimenti.

	E	F	G	H
3	T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m ³ /s]
4	19.4	0.813	0.009	=+F4/1000
5	19.4	1.067	0.015	
6	19.4	1.755	0.036	
7	19.4	2.844	0.088	
8	19.4	4.173	0.181	
9	19.4	6.149	0.375	
10	19.5	7.697	0.613	
11	19.5	8.89	0.756	
12	19.5	9.896	0.929	

Trascinando la formula nelle celle inferiori, infatti, verranno trascinati anche i riferimenti inseriti nella formula ("F4" compare nella formula digitata in "H4"). Copiando la formula nelle celle in basso, ad esempio in "H7", nella formula comparirà "F7")

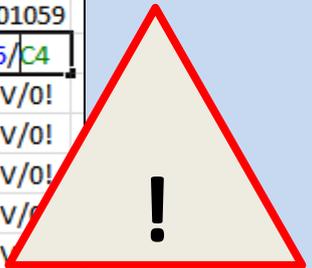
	E	F	G	H
3	T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m ³ /s]
4	19.4	0.813	0.009	0.000813
5	19.4	1.067	0.015	0.001067
6	19.4	1.755	0.036	0.001755
7	19.4	2.844	0.088	=+F7/1000
8	19.4	4.173	0.181	0.004173
9	19.4	6.149	0.375	0.006149
10	19.5	7.697	0.613	0.007697
11	19.5	8.89	0.756	0.00889
12	19.5	9.896	0.929	0.009896

Ciò potrebbe diventare un problema quando uno dei riferimenti non è una colonna della tabella, ma è una costante e dunque inserito in una cella unica:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		D [m]	0.0683						
3		L [m]	8.5	T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m ³ /s]	J [-]	
4				19.4	0.813	0.009	0.000813	=G4/C3	
5				19.4	1.067	0.015	0.001067		
6				19.4	1.755	0.036	0.001755		
7				19.4	2.844	0.088	0.002844		
8				19.4	4.173	0.181	0.004173		
9				19.4	6.149	0.375	0.006149		
10				19.5	7.697	0.613	0.007697		
11				19.5	8.89	0.756	0.00889		
12				19.5	9.896	0.929	0.009896		

In questo caso, trascinando la formula in basso si commetterebbe un errore dovuto allo spostamento del riferimento:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		D [m]	0.0683						
3		L [m]	8.5	T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m ³ /s]	J [-]	
4				19.4	0.813	0.009	0.000813	0.001059	
5				19.4	1.067	0.015	0.001067	=G5/C4	
6				19.4	1.755	0.036	0.001755	#DIV/0!	
7				19.4	2.844	0.088	0.002844	#DIV/0!	
8				19.4	4.173	0.181	0.004173	#DIV/0!	
9				19.4	6.149	0.375	0.006149	#DIV/0!	
10				19.5	7.697	0.613	0.007697	#DIV/0!	
11				19.5	8.89	0.756	0.00889	#DIV/0!	
12				19.5	9.896	0.929	0.009896	#DIV/0!	



Per bloccare uno dei riferimenti è sufficiente inserire il simbolo del dollaro "\$" davanti alla lettera della colonna (per bloccare il trascinarsi della colonna) ed al numero della riga (per bloccare il trascinarsi della riga) del riferimento:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2		D [m]	0.0683						
3		L [m]	8.5	T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m ³ /s]	J [-]	
4				19.4	0.813	0.009	0.000813	0.001059	
5				19.4	1.067	0.015	0.001067	0.001765	
6				19.4	1.755	0.036	0.001755	0.004235	
7				19.4	2.844	0.088	0.002844	0.010353	
8				19.4	4.173	0.181	0.004173	0.021294	
9				19.4	6.149	0.375	0.006149	0.044118	
10				19.5	7.697	0.613	0.007697	=G10/\$C\$3	
11				19.5	8.89	0.756	0.00889	0.008894	

Procedendo in tal modo è possibile costruire l'intera tabella:

T [°C]	Q [l/s]	Δh [m]	Q [m³/s]	J [-]	V [m/s]	ρ [kg/m³]	μ [Pa s]	Re [-]	λ ^{exp} [-]
19.4	0.813	0.009	0.000813	0.001059	0.221901	998.1318	0.001031	14672.78	=2*9.806*14/J4^2
19.4	1.067	0.015	0.001067	0.001765	0.291228	998.1318	0.001031	19256.89	0.027871
19.4	1.755	0.036	0.001755	0.004235	0.479011	998.1318	0.001031	31673.71	0.024725
19.4	2.844	0.088	0.002844	0.010353	0.776244	998.1318	0.001031	51327.65	0.023015
19.4	4.173	0.181	0.004173	0.021294	1.138983	998.1318	0.001031	75313.04	0.021987
19.4	6.149	0.375	0.006149	0.044118	1.678314	998.1318	0.001031	110975.3	0.02098
19.5	7.697	0.613	0.007697	0.072118	2.100827	998.1133	0.001028	139248.5	0.021888
19.5	8.89	0.756	0.00889	0.088941	2.426445	998.1133	0.001028	160831.4	0.020235
19.5	9.896	0.929	0.009896	0.109294	2.701024	998.1133	0.001028	179031.2	0.020067

3) Per la costruzione dell'abaco di Moody è necessario disegnare molteplici curve, al variare della scabrezza relativa ε/D, descritte dalla relazione di Colebrook e White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71 D} \frac{\epsilon}{D} \right) \quad (1)$$

Per disegnare tali curve è necessario assegnare dei valori arbitrari del numero di Reynolds per determinare i corrispondenti valori di λ. La formula di Colebrook e White, tuttavia, non è esplicitabile, e i valori di λ vanno determinati per tentativi. La risoluzione per tentativi è eseguibile con Excel mediante una ricerca obiettivo.

In un nuovo foglio si assegnano arbitrariamente i valori di Re in corrispondenza dei quali calcolare i valori di λ:

Re [-]
5000
10000
20000
40000
80000
160000
320000
640000
1280000
2560000
5120000
10240000
20480000
100000000

Successivamente si assegnano valori di λ di primo tentativo:

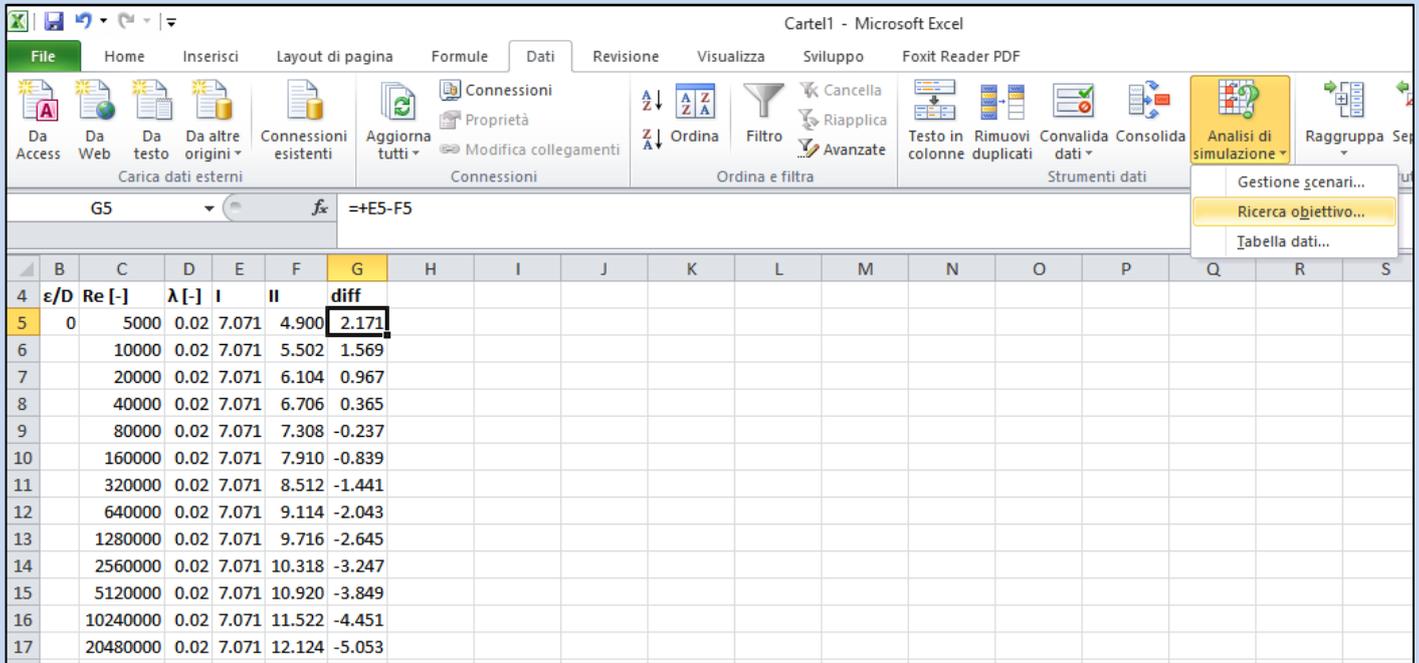
Re [-]	λ [-]
5000	0.02
10000	0.02
20000	0.02
40000	0.02
80000	0.02
160000	0.02
320000	0.02
640000	0.02
1280000	0.02
2560000	0.02
5120000	0.02
10240000	0.02
20480000	0.02
100000000	0.02

A partire dai valori di Re e di λ è possibile calcolare il primo e il secondo membro della (1) e lo sbilanciamento dell'equazione:

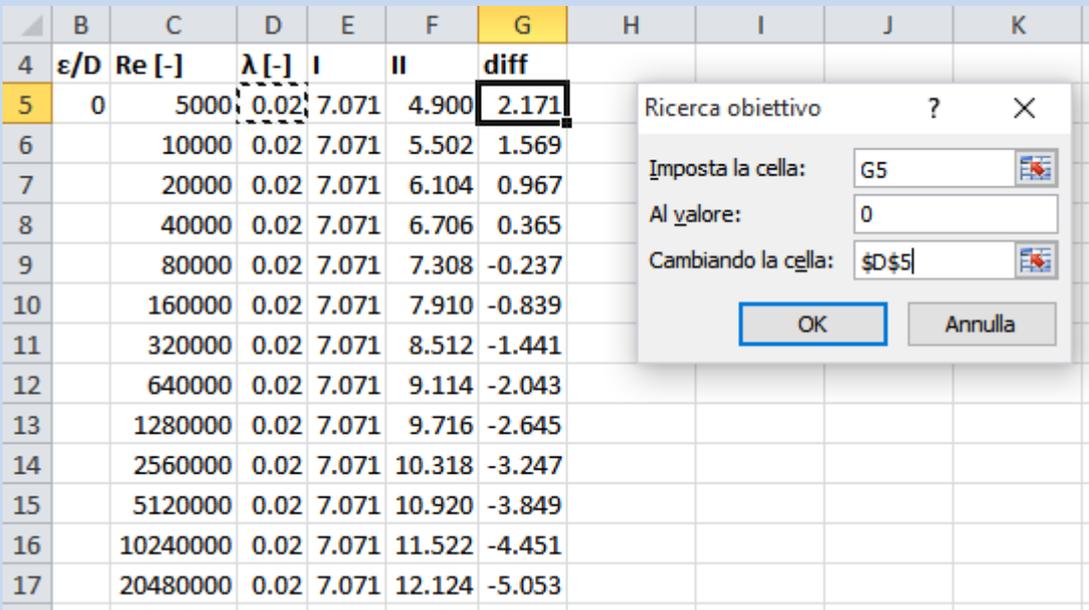
ε/D	Re [-]	λ [-]	I	II	diff
0	5000	0.02	7.071	=-2*LOG10(2.51/F5/G5^0.5+1/3.71*E5)	
	10000	0.02	7.071	5. LOG10(num)	
	20000	0.02	7.071	6.104	0.967
	40000	0.02	7.071	6.706	0.365
	80000	0.02	7.071	7.308	#####
	160000	0.02	7.071	7.910	#####
	320000	0.02	7.071	8.512	#####
	640000	0.02	7.071	9.114	#####
	1280000	0.02	7.071	9.716	#####
	2560000	0.02	7.071	10.318	#####
	5120000	0.02	7.071	10.920	#####
	10240000	0.02	7.071	11.522	#####
	20480000	0.02	7.071	12.124	#####
	100000000	0.02	7.071	13.502	#####

Per determinare l'esatto valore di λ corrispondente al Re assegnato è necessario eseguire una ricerca obiettivo, annullando le caselle della colonna "diff". Si Seleziona la prima casella della colonna "diff" e si attiva la ricerca obiettivo:

DATI → ANALISI DI SIMULAZIONE → RICERCA OBIETTIVO

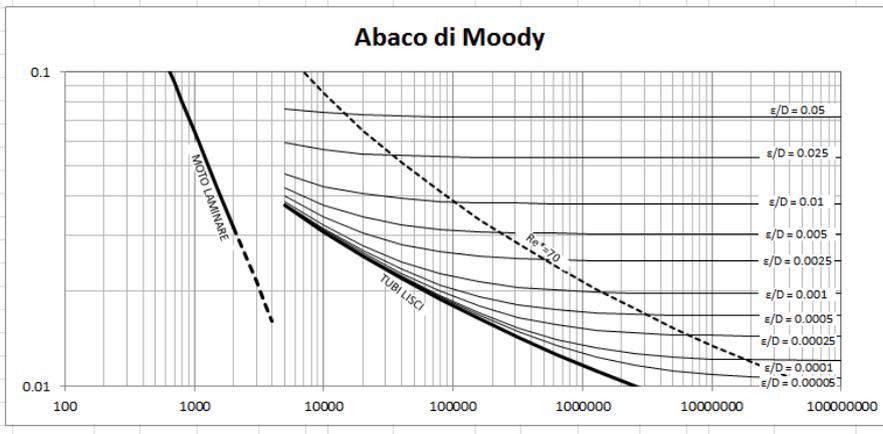


Nella finestra che compare bisogna indicare i parametri della ricerca obiettivo, annullando la prima casella della colonna "diff" modificando la prima cella della colonna "λ".



Questo procedimento deve essere ripetuto per ciascuna riga della tabella e per ciascuna tabella costruita al variare del rapporto ϵ/D . Ciò permette di costruire l'intero abaco di Moody:

ϵ/D	Re [-]	λ [-]	I	II	diff	ϵ/D	Re [-]	λ [-]	I	II	diff	ϵ/D	Re [-]	λ [-]	I	II	diff	ϵ/D	Re [-]	λ [-]
0	5000	0.04	5.171	5.171	0.000	0.00005	5000	0.04	5.168	5.168	0.000	0.0001	5000	0.04	5.164	5.164	0.000	0.00025	5000	0.04
	10000	0.03	5.690	5.690	0.000		10000	0.03	5.683	5.683	0.000		10000	0.03	5.676	5.676	0.000		10000	0.03
	20000	0.03	6.216	6.216	0.000		20000	0.03	6.203	6.203	0.000		20000	0.03	6.190	6.190	0.000		20000	0.03
	40000	0.02	6.747	6.747	0.000		40000	0.02	6.722	6.722	0.000		40000	0.02	6.699	6.699	0.000		40000	0.02
	80000	0.02	7.282	7.282	0.000		80000	0.02	7.238	7.238	0.000		80000	0.02	7.195	7.195	0.000		80000	0.02
	160000	0.02	7.822	7.822	0.000		160000	0.02	7.740	7.740	0.000		160000	0.02	7.664	7.664	0.000		160000	0.02
	320000	0.01	8.366	8.366	0.000		320000	0.01	8.217	8.217	0.000		320000	0.02	8.088	8.088	0.000		320000	0.02
	640000	0.01	8.913	8.913	0.000		640000	0.01	8.649	8.649	0.000		640000	0.01	8.443	8.443	0.000		640000	0.02
	1280000	0.01	9.463	9.463	0.000		1280000	0.01	9.013	9.013	0.000		1280000	0.01	8.712	8.712	0.000		1280000	0.02
	2560000	0.01	10.016	10.016	0.000		2560000	0.01	9.292	9.292	0.000		2560000	0.01	8.895	8.895	0.000		2560000	0.01
	5120000	0.01	10.571	10.571	0.000		5120000	0.01	9.483	9.483	0.000		5120000	0.01	9.007	9.007	0.000		5120000	0.01
	10240000	0.01	11.128	11.128	0.000		10240000	0.01	9.601	9.601	0.000		10240000	0.01	9.070	9.070	0.000		10240000	0.01
	20480000	0.01	11.688	11.688	0.000		20480000	0.01	9.668	9.668	0.000		20480000	0.01	9.104	9.104	0.000		20480000	0.01
	100000000	0.01	12.974	12.974	0.000		100000000	0.01	9.725	9.725	0.000		100000000	0.01	9.131	9.131	0.000		100000000	0.01

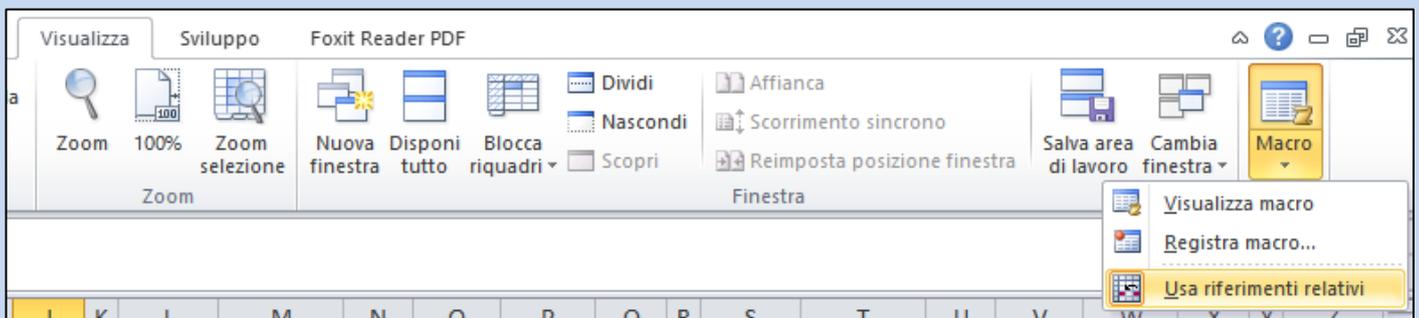


N.B. La retta del moto laminare è stata calcolata con l'equazione $\lambda=64/Re$, mentre la curva $Re^*=70$ non dovrà essere disegnata.

4) È evidente che il procedimento è iterativo e va eseguito numerose volte al fine di ottenere le diverse curve che costituiscono l'abaco di Moody. A tal scopo è utile registrare una MACRO, ovvero un algoritmo che permetterà ad Excel di eseguire la ricerca obiettivo in maniera semi-automatica.

Per prima cosa bisogna attivare l'opzione "usa riferimenti relativi", presente in

VISUALIZZA → MACRO → USA RIFERIMENTI RELATIVI

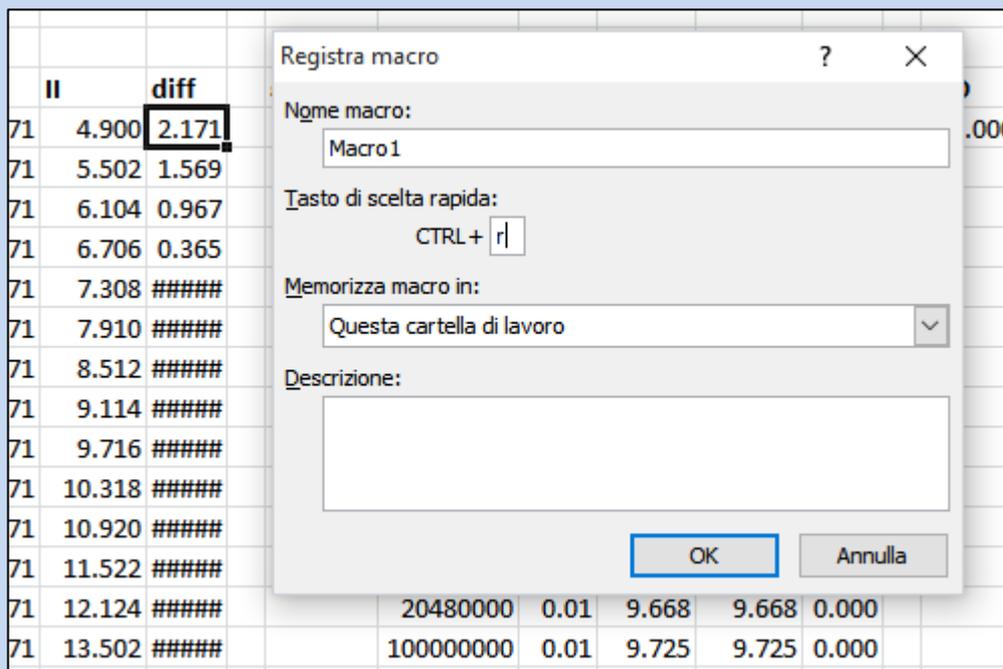


N.B. Tale opzione sembra non essere presente su Office per Apple. I possessori di un Apple dovranno registrare la macro senza attivare tale opzione e poi modificarla come consigliato in seguito.

Successivamente si seleziona la prima cella su cui eseguire la ricerca obiettivo e si clicca su

VISUALIZZA → MACRO → REGISTRA MACRO

Nella finestra di dialogo che apparirà bisogna scegliere il nome da assegnare alla macro e la combinazione di tasti per attivarla in modo rapido (ad es. "CTRL+r")



Dall'inizio della registrazione in poi, Excel inizierà a registrare il blocco di operazioni da eseguire in sequenza. Pertanto si dovrà, nell'ordine:

- a) Eseguire la ricerca obiettivo
- b) Spostarsi alla cella immediatamente inferiore
- c) Interrompere la registrazione (VISUALIZZA → MACRO → INTERROMPI REGISTRAZIONE)

Da questo momento in poi, ogni volta che si attiverà la macro (premendo "CTRL+r") Excel eseguirà la ricerca obiettivo sulla cella selezionata modificando la cella posizionata tre colonne a sinistra e si sposterà automaticamente alla cella successiva.

N.B. Gli utenti in possesso di un computer Apple dovranno registrare la macro senza attivare l'opzione "usa riferimenti relativi". Successivamente, dopo aver registrato la macro, dovranno modificarla (STRUMENTI → VISUALIZZA MACRO → selezionare la macro registrata, as es. "Macro1" → MODIFICA).

La schermata che apparirà sarà quella relativa al codice sorgente della macro, scritta in linguaggio VBA (Visual Basic for Applications). I comandi che appariranno saranno analoghi ai seguenti:

```

(generale) Macro1
Sub Macro1 ()
|
' Macro1 Macro
|
' Scelta rapida da tastiera: CTRL+r
|
Range("J5").GoalSeek Goal:=0, ChangingCell:=Range("G5")
Range("J6").Select
End Sub
    
```

Tali comandi dovranno essere modificati nel modo seguente:

```
(generale) Macro1
Sub Macro1()
'
' Macro1 Macro
'
' Scelta rapida da tastiera: CTRL+r
'
ActiveCell.GoalSeek Goal:=0, ChangingCell:=ActiveCell.Offset(0, -3).Range("A1")
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
End Sub
```

Ossia, basterà sostituire alle righe di codice (quelle in nero) le seguenti righe:

```
ActiveCell.GoalSeek Goal:=0, ChangingCell:=ActiveCell.Offset(0, -3).Range("A1")
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
```

Laddove il numero **-3** rappresenta il numero di colonne che separano la cella su cui eseguire la ricerca obiettivo dalla cella da modificare (ossia il numero di colonne che separano "diff" da "λ").

Per terminare la modifica della macro basterà chiudere l'editor.

- 5) Per salvare il file con la macro NON si può usare l'estensione .xlsx (Cartella di lavoro di Excel), altrimenti nel file salvato si perderà la macro registrata. È necessario utilizzare l'estensione .xlsm (Cartella di lavoro con attivazione Macro di Excel).

