

KISSsoft 03/2013 – Tutorial 9

Progettazione di precisione di una ruota cilindrica

KISSsoft AG

Rosengartenstrasse 4
8608 Bubikon
Svizzera

Tel: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

Indice

1	Compito.....	3
1.1	Compito	3
1.2	Avvio del calcolo per ruote dentate (coppia cilindrica)	3
2	Progettazione di massima di una coppia di ingranaggi cilindrici	5
2.1	Operazioni preliminari per il calcolo.....	5
2.2	Richiamare la funzione di progettazione di massima	6
2.3	Adattamenti	8
3	Progettazione di precisione.....	10
3.1	Richiamare la funzione di progettazione di precisione	10
3.2	Risultato della progettazione di precisione	13
3.3	Dimensionamento di una dentatura a profilo alto	15
3.4	Ulteriori indicazioni sul calcolo della resistenza.....	18

1 Compito

1.1 Compito

Progettare una coppia cilindrica che, considerata una vita utile di 5.000 h, sia in grado di trasmettere una potenza di 5 kW a fronte di un numero di giri in entrata di 400 1/min (fattore d'applicazione = 1,25). Il rapporto di trasmissione deve essere 1:4 (a velocità ridotta), gli ingranaggi sono realizzati in 18CrNiMo7-6. La coppia cilindrica deve essere ottimizzata per quanto riguarda lo sviluppo di rumorosità/il ricoprimento. La verifica della resistenza va effettuata conformemente alla norma ISO6336, metodo B.

1.2 Avvio del calcolo per ruote dentate (coppia cilindrica)

Una volta installato e attivato, è possibile lanciare KISSsoft. Per avviare il programma, selezionare "Start→Programmi→KISSsoft 03-2013→KISSsoft". Viene visualizzata l'interfaccia utente di KISSsoft:

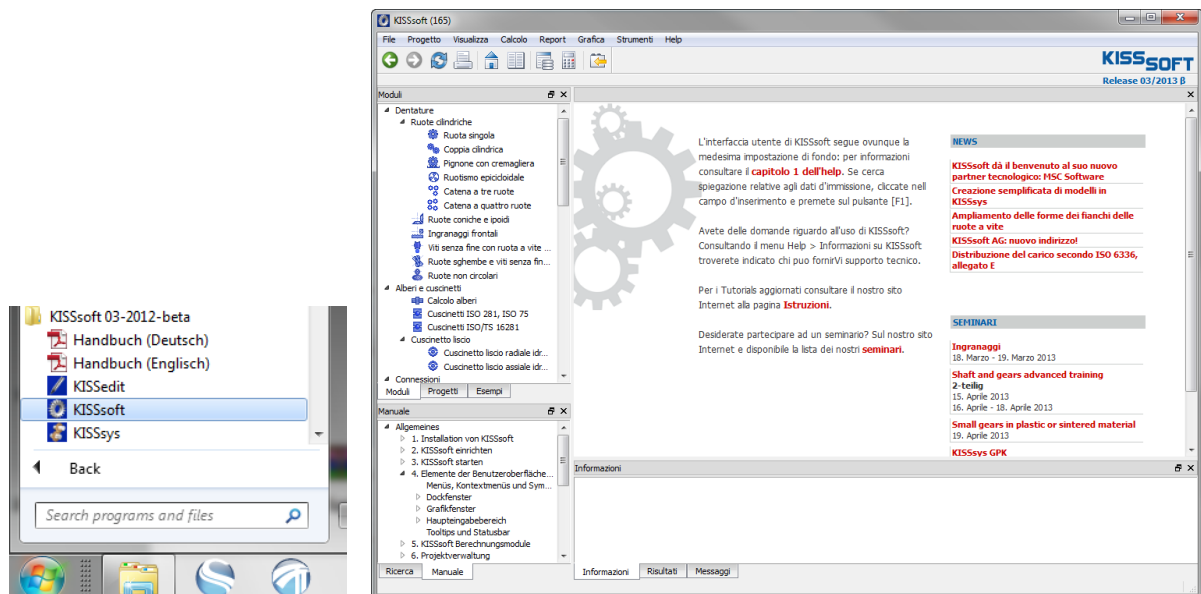


Figura 1. Avvio di KISSsoft, finestra di avvio

All'interno della finestra con l'albero dei moduli, dalla scheda "**Moduli**" lanciare il calcolo "Coppia cilindrica":

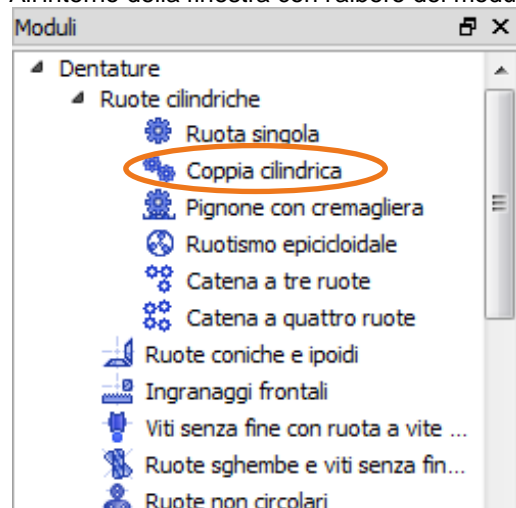


Figura 2. Richiamo della funzione di calcolo per ruote cilindriche

L'esempio che tratteremo in questo tutorial può essere richiamato andando sotto "File/Apri" e selezionando la voce "Tutorial-009-Step1" (fino a "Tutorial-009-Step5") o attraverso la scheda **"Esempi"**. Nei singoli capitoli di questo tutorial si indicherà di volta in volta il file da aprire (come mostrato qua sotto).

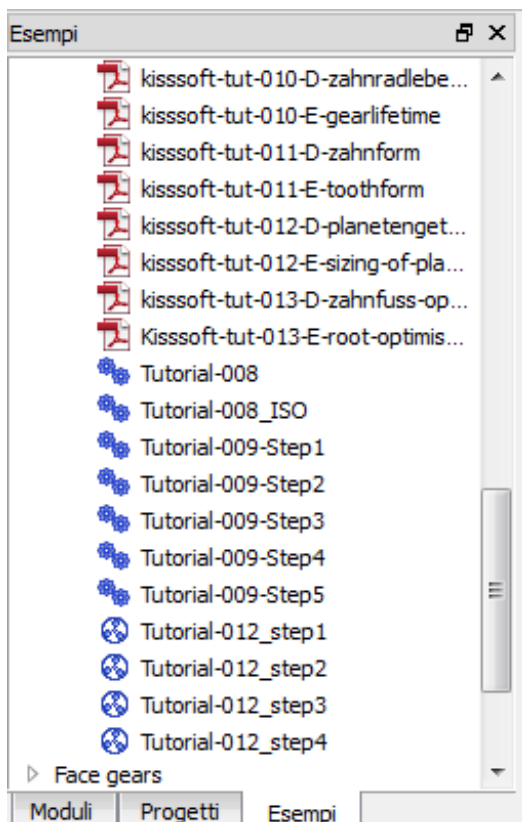
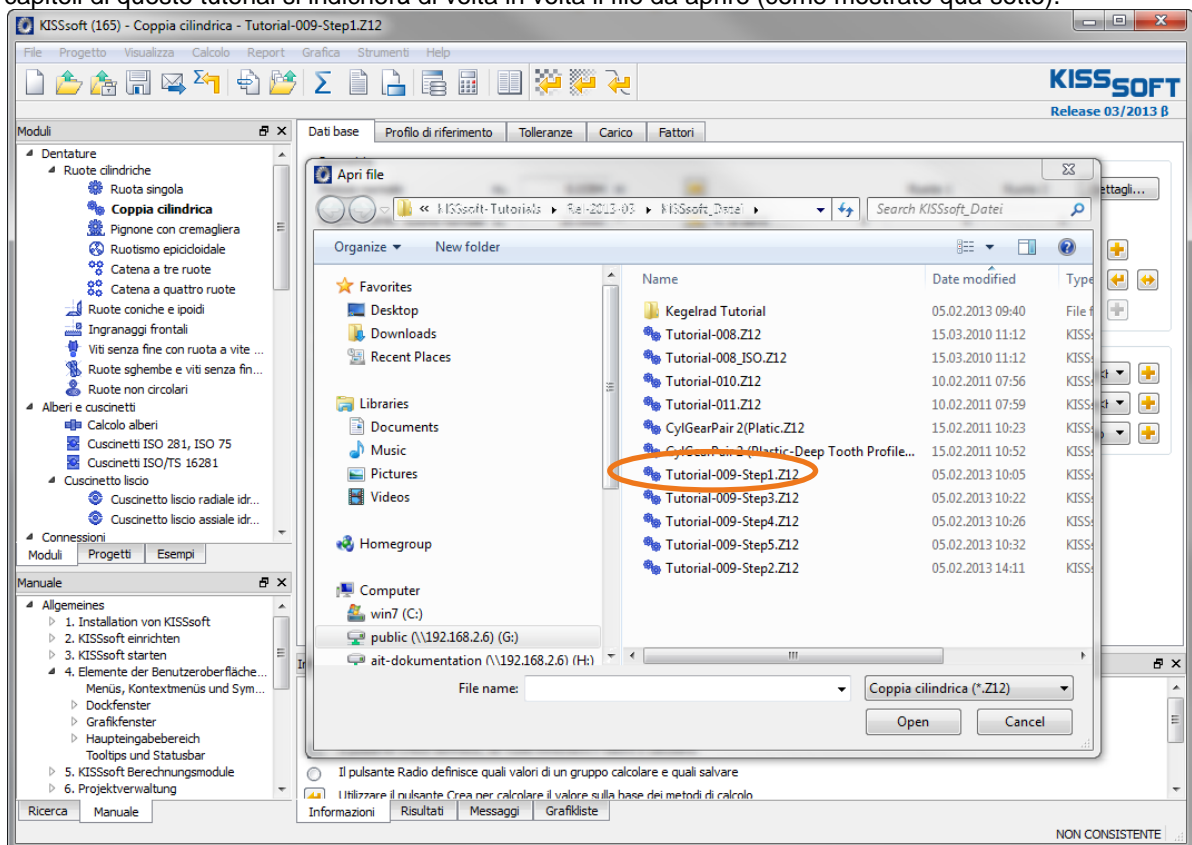


Figura 3. Come aprire una versione intermedia dell'esempio trattato nel tutorial

2 Progettazione di massima di una coppia di ingranaggi cilindrici

2.1 Operazioni preliminari per il calcolo

Prima di iniziare con la progettazione di massima, occorre caricare nelle schede Dati base e Carico i parametri essenziali della dentatura. Nella scheda Dati base, all'interno del gruppo Materiali e lubrificazione, inserire il materiale 18CrNiMo7-6.

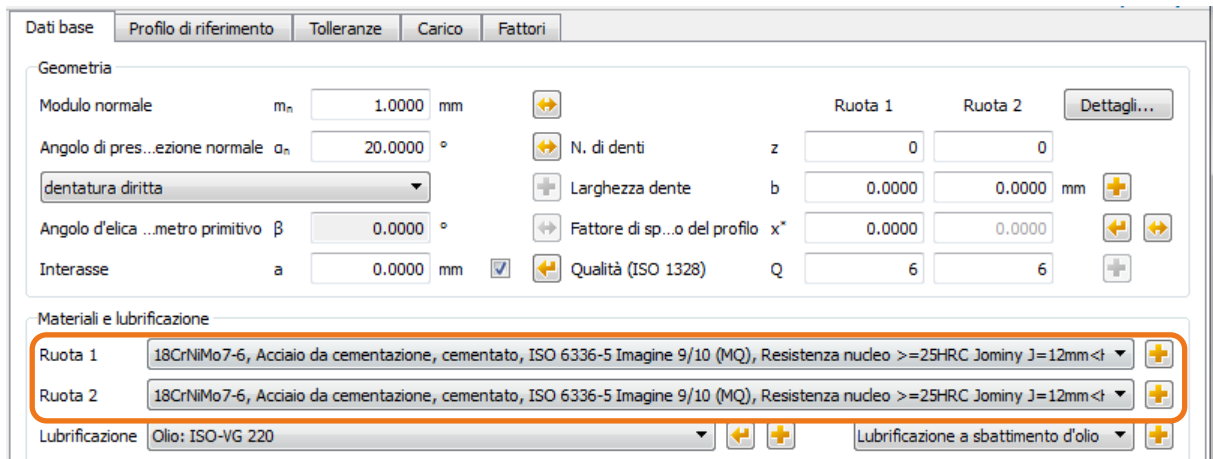
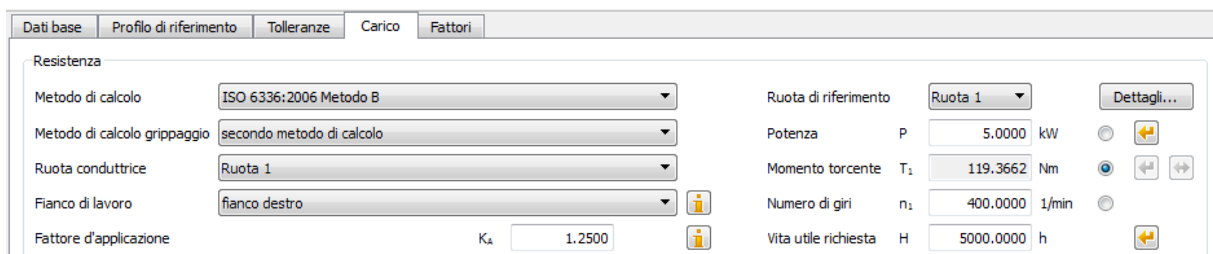
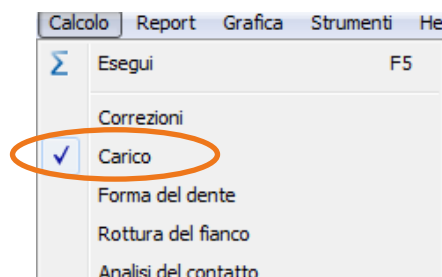


Figura 4. Materiale all'interno della scheda Dati base

Poi, attraverso **"Calcolo" → "Carico"**, richiamare la scheda Carico in cui inserire i dati relativi a vita utile, potenza, numero di giri in entrata, fattore d'applicazione e metodo di calcolo per la verifica della resistenza.



Per accedere direttamente a questo passaggio del calcolo, aprire il file "Tutorial-009-Step1".

Figura 5. Dati sulla dentatura all'interno della scheda Carico

2.2 Richiamare la funzione di progettazione di massima

La progettazione di massima permette di effettuare una prima bozza della coppia cilindrica. A tale scopo, dopo aver richiamato la funzione di progettazione di massima sotto "**Calcolo**"→ "**Progettazione di massima**", all'interno della maschera della progettazione di massima inserire le informazioni base richieste.

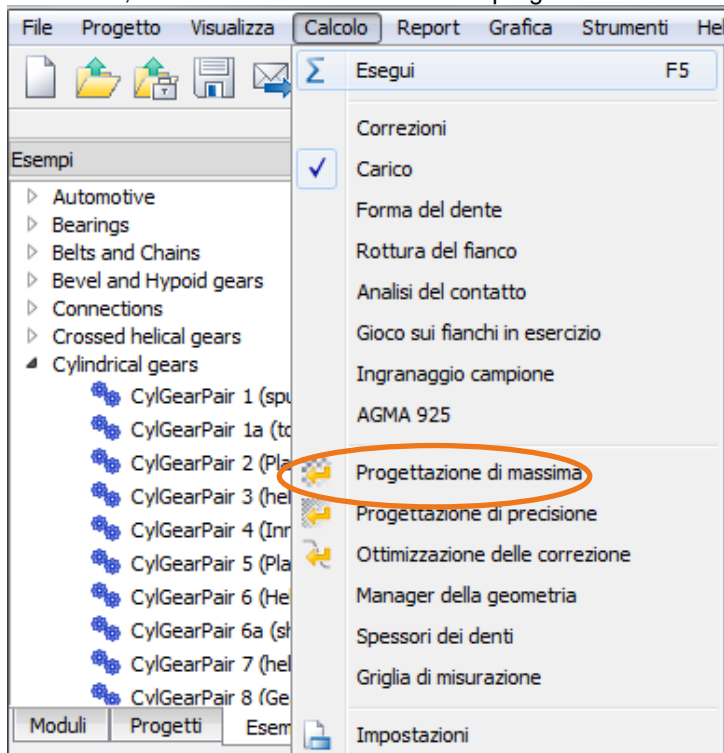


Figura 6. Richiamo della progettazione di massima

A questo punto è fondamentale indicare il rapporto di trasmissione desiderato (compreso lo scostamento ammesso in percentuale (**in questo caso 5%**)). Si può inoltre indicare l'angolo d'elica desiderato o l'interasse. L'angolo d'elica dipende dal supporto degli alberi; a seconda della capacità da parte dei cuscinetti di assorbire la forza assiale, l'angolo d'elica potrà essere maggiore o inferiore. La successiva progettazione di precisione permetterà di ottimizzare l'angolo d'elica. Nell'ambito della progettazione di massima è sufficiente indicare la misura approssimativa dell'angolo d'elica, che nel caso delle dentature diritte sarà pari a "zero". Nella parte inferiore della finestra d'inserimento "**Progettazione di massima**" è possibile definire ulteriori impostazioni, ad es. il numero di denti del pignone, le proporzioni o l'interasse.

Progettazione di massima

Indicazioni Risultati

Angolo d'elica sul diametro primitivo β 0.0000 °

Ricoprimento d'elica 0.0000

Interasse a 0.0000 mm

Rapporto nominale/scostamento in % i, i_c 4.0000 5.0000

☒ Elimina i rapporti di trasmissione interi

		Minimo	Massimo
N. di denti ruota 1	z_1	16	25
Rapporto larghezza del dente rispetto al modulo normale	b/m_n	6.0000	20.0000
Rapporto larghezza del dente rispetto al diametro primitivo ruota 1	b/d_1	0.0000	1.6000
Rapporto larghezza del dente rispetto all'interasse	b/a	0.0000	0.7000

Accettare Cancella Calcolare Close

Figura 7. Finestra d'inserimento della progettazione di massima - impostazione del numero di denti della ruota 1

Le sicurezze che si desidera ottenere possono essere impostate attraverso la finestra di dialogo Regolazioni modulo-specifiche all'interno della scheda Sicurezze richieste.

Regolazioni modulo-specifiche

Informazioni generali Materiale sintetico Dimensionamenti Calcoli Sicurezze richieste Fattore di carico sulla larghezza/Analisi del contatto Valutazione Generazione 3D

Sicurezze in funzione della grandezza

Sicurezze per materiali metallici richieste (ISO/DIN)

	$m_n \leq 0.5 \text{ mm}$	$m_n = 1.0 \text{ mm}$	$m_n \geq 2.0 \text{ mm}$
Sicurezza a piede dente	SF _{min} 0.600	1.200	1.400
Sicurezza fianchi	SH _{min} 0.600	0.900	1.000
Sicurezza a grippaggio (temperatura media)	SS _{min} 0.900	1.800	1.800
Sicurezza a grippaggio (temperatura istantanea)	SB _{min} 1.000	2.000	2.000

Sicurezze per materiali metallici richieste (AGMA)

	$m_n \leq 0.5 \text{ mm}$	$m_n = 1.0 \text{ mm}$	$m_n \geq 2.0 \text{ mm}$
Sicurezza a piede dente	SF _{min} 0.430	0.850	1.000
Sicurezza fianchi	SH _{min} 0.600	0.900	1.000

Sicurezze per materiale plastico richiesta

	$m_n \leq 0.5 \text{ mm}$	$m_n = 1.0 \text{ mm}$	$m_n \geq 2.0 \text{ mm}$
Sicurezza a piede dente	SF _{min} 0.600	1.200	1.400
Sicurezza fianchi	SH _{min} 0.600	0.900	1.000
Sicurezza a deformazione	Sdel _{min} 1.000	1.000	1.000
Sicurezza all'usura	SW _{min} 1.100	1.100	1.100

OK Cancel

Figura 8. Regolazioni modulo-specifiche – impostazione delle sicurezze richieste

Quando si preme il pulsante Calcolare della finestra Progettazione di massima, KISSsoft elabora per la coppia di ingranaggi diverse soluzioni che soddisfano le condizioni impostate. Queste soluzioni vengono visualizzate nell'elenco sotto riprodotto.

a [mm]	b ₁ [mm]	b ₂ [mm]	m _n [mm]	β [°]	z ₁	z ₂	x* ₁	x* ₂	ε _α
85.500	38.353	38.353	2.000	0.000	17	66	0.579	0.800	
85.500	37.710	37.710	2.000	0.000	17	67	0.489	0.309	
85.500	37.613	37.613	2.000	0.000	17	68	0.421	-0.165	
85.500	39.591	39.591	2.000	0.000	17	69	0.274	-0.519	
91.000	32.211	32.211	1.750	0.000	20	82	0.501	0.569	
91.000	31.992	31.992	1.750	0.000	20	83	0.430	0.097	
91.000	29.304	29.304	1.750	0.000	21	81	0.496	0.574	
91.000	29.136	29.136	1.750	0.000	21	82	0.409	0.109	
91.000	29.373	29.373	1.750	0.000	21	83	0.339	-0.339	
91.000	32.185	32.185	1.750	0.000	21	84	0.087	-0.568	
91.000	32.953	32.953	2.000	0.000	18	71	0.521	0.558	
91.000	32.618	32.618	2.000	0.000	18	72	0.441	0.080	
91.000	32.855	32.855	2.000	0.000	18	73	0.381	-0.381	
91.000	32.887	32.887	2.000	0.000	19	73	0.112	-0.591	
91.000	34.514	34.514	2.250	0.000	16	62	0.629	0.995	
91.000	33.584	33.584	2.250	0.000	16	63	0.532	0.492	
91.000	33.169	33.169	2.250	0.000	16	64	0.458	0.005	
91.000	33.501	33.501	2.250	0.000	16	65	0.405	-0.461	
96.000	29.778	29.778	1.500	0.000	25	101	0.463	0.593	
96.000	29.095	29.095	1.500	0.000	25	102	0.376	0.139	
96.000	27.868	27.868	1.500	0.000	25	103	0.302	-0.302	
96.000	28.234	28.234	1.500	0.000	25	104	0.042	-0.527	
96.000	29.210	29.210	1.750	0.000	21	86	0.560	0.917	
96.000	28.827	28.827	1.750	0.000	21	87	0.467	0.439	

Per selezionare i criteri utilizzati nell'elenco dei risultati, come interesse a, larghezza b, ecc., farvi clic sopra con il tasto destro del mouse.

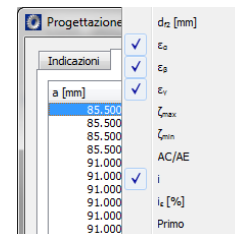


Figura 9. Progettazione di massima di una ruota cilindrica, risultati

Per selezionare una soluzione (nell'esempio quella con interesse da 91 mm), evidenziarla dall'elenco e per utilizzarla premere il pulsante "Accettare" e poi "Close".

Per accedere direttamente a questo passaggio del calcolo, aprire il file "Tutorial-009-Step2".


Figura 10. Modulo normale, numero di denti, larghezza, spostamento del profilo e interasse nella proposta elaborata da KISSsoft

2.3 Adattamenti

I valori proposti, ad es. relativi alla larghezza della ruota dentata, possono essere adattati manualmente, ad es. portando la larghezza del pignone a 28 mm, la larghezza della ruota dentata a 27 mm (fare clic direttamente nei campi corrispondenti).

All'interno della scheda "Profilo di riferimento" è possibile modificare il profilo di riferimento attraverso l'elenco a tendina.


Figura 11. Scheda "Profilo di riferimento", informazioni sul profilo di riferimento

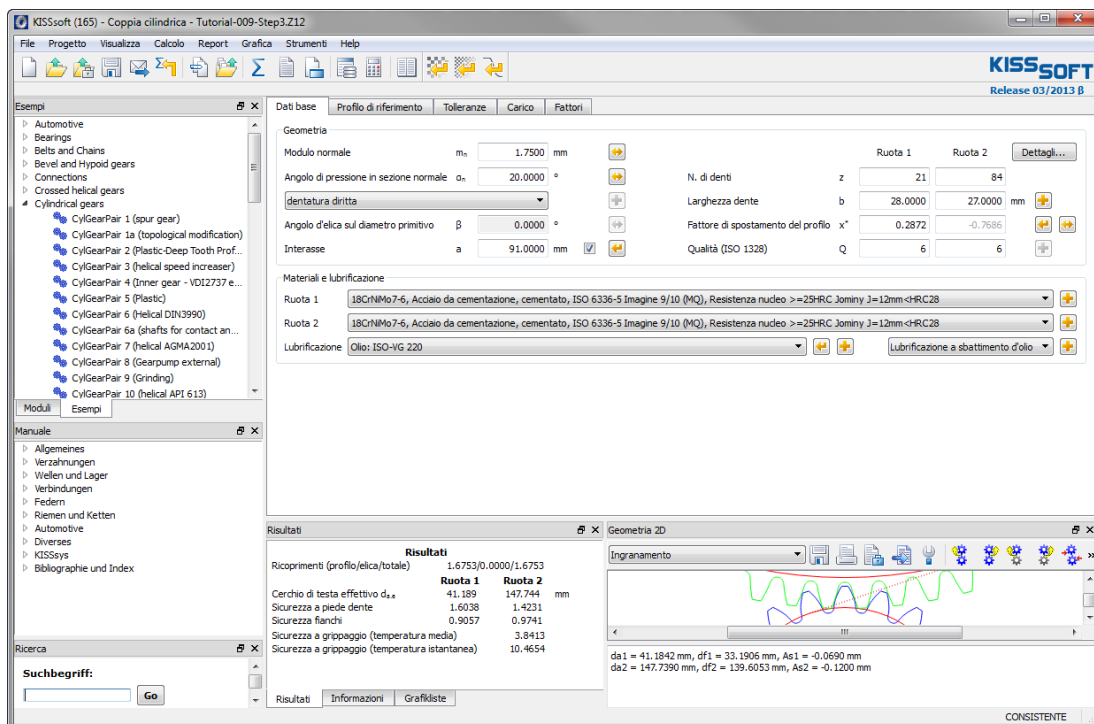
Lo spostamento del profilo della ruota 1 (la ruota 2 verrà calcolata di conseguenza) può essere adattato nel seguente modo: premere il pulsante Dimensionare  come mostrato nella figura sottostante; si aprirà la finestra di dialogo **"Dimensionamento fattori di spostamento del profilo"** con i suggerimenti relativi ai diversi fattori di spostamento del profilo (vedi figura 12).

- Diversi metodi per il dimensionamento del fattore di spostamento del profilo
- Utili suggerimenti relativi al fattore di spostamento del profilo
- Valori massimi e minimi (cerchio di punta senza interferenza di taglio)

Figura 12. Finestra di dialogo; dimensionamento fattori di spostamento del profilo

Attraverso una serie di criteri, KISSsoft propone i fattori di spostamento del profilo adatti; in questo esempio si deve compensare lo scorrimento specifico. Il suggerimento desiderato può essere selezionato attivando il relativo **"pulsante di opzione"** sul lato destro della finestra e premendo infine **"OK"**.

Il fattore di spostamento del profilo x verrà così trasferito all'interno della finestra d'inserimento, scheda **"Dati base"**, riquadro: "Geometria". Per calcolare la geometria completa, le sicurezze al piede del dente e dei fianchi, la sicurezza contro il grippaggio e il risultante ricoprimento, premere l'icona  sulla barra degli strumenti o "F5" (vedi figura 13 sotto). I risultati avranno il seguente aspetto (sono possibili lievi scostamenti dei fattori calcolati relativi allo spostamento del profilo):



Per accedere direttamente a questo passaggio del calcolo, aprire il file "Tutorial-009-Step3".

Figura 13. Fattore adattato di spostamento del profilo, esecuzione del calcolo, riepilogo dei risultati

3 Progettazione di precisione

3.1 Richiamare la funzione di progettazione di precisione

Dopo che attraverso la progettazione di massima è stata definita una coppia di ingranaggi in grado di trasmettere la potenza richiesta, la ruota dentata deve essere ottimizzata dal punto di vista dello sviluppo della rumorosità e della resistenza. Come per la progettazione di massima, selezionare **"Calcolo"** e poi **"Progettazione di precisione"**: verrà visualizzata la maschera **"Progettazione di precisione"** attraverso cui eseguire il dimensionamento.

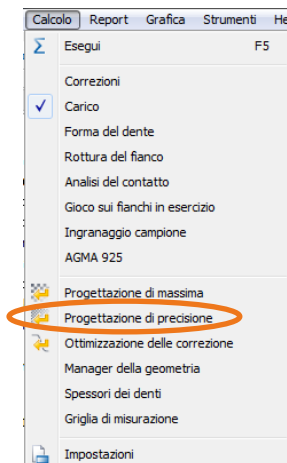


Figura 14. Avvio della "progettazione di precisione"

Qui, per i seguenti parametri, è possibile indicare il range entro cui ricercare una soluzione (specificando anche il passo).

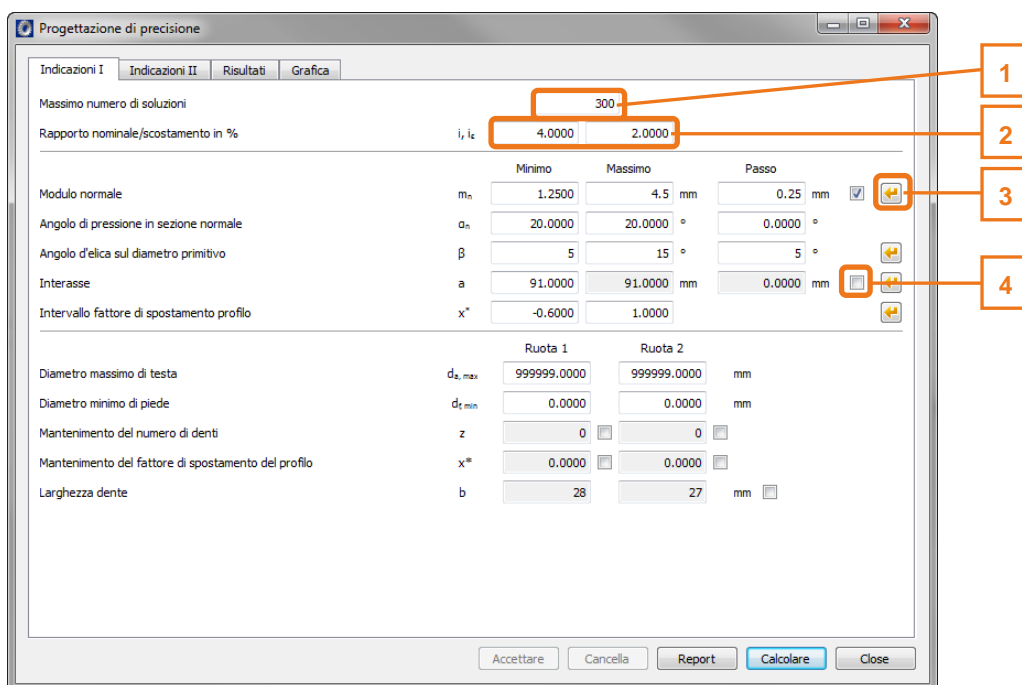



Figura 15. Finestra d'inserimento - Progettazione di precisione, indicazione del range dei parametri

- (1) Impostare il valore 300
- (2) Indicazioni sul rapporto nominale, scostamento ammesso
- (3) Attraverso i pulsanti , KISSsoft suggerisce degli opportuni range per i parametri **"Modulo normale"**, **"Angolo d'elica"**, **"Interasse"** e **"Intervallo fattore di spostamento del profilo"**
- (4) Selezionare se l'interasse deve essere fisso o variabile
 - Range per il modulo normale
 - Range per l'angolo d'elica
 - Range per l'interasse (a tale scopo inserire il segno di spunta relativo alla voce "Interasse variabile")
 (Un'indicazione sull'ordine di grandezza di questi valori è già stata fornita come risultato della progettazione di massima.)

È possibile inoltre impostare i seguenti parametri:

- un limite superiore per il diametro di testa
- un limite inferiore per il diametro di piede
- mantenimento del numero di denti per una o per entrambe le ruote (attivare la casella di controllo associata alla ruota dentata desiderata; con valore 0: numero di denti variabile)
- definizione dello spostamento del profilo per una o per entrambe le ruote (attivare la casella di controllo associata alla ruota dentata desiderata)

Per questo esempio effettuare le impostazioni mostrate nella figura 15. Per richiamare il dimensionamento, premere **"Calcolare"** (pulsante in basso). L'algoritmo lanciato cercherà tutte le possibili combinazioni di ruote dentate che corrispondono alle indicazioni fornite.

Al termine del processo di calcolo viene visualizzato l'elenco (vedi figura 16) in cui sono riportate tutte le soluzioni trovate. In questo esempio lo scopo era quello di ottenere una ruota dentata ottimizzata dal punto di vista della rumorosità. Per trovare la soluzione migliore, i risultati possono essere ordinati in base al criterio desiderato (ad es. ε_α , ε_β o ε_γ) (a seconda della strategia, ε_α e ε_β possibilmente interi o ε_γ possibilmente intero). Per accettare e calcolare il risultato, fare doppio clic sulla variante desiderata, oppure premere "Accettare". Se il risultato ottenuto non è perfetto, selezionare un'altra variante, fino a quando non si trova la soluzione ottimale e si può chiudere la finestra.

In questo caso selezioniamo la soluzione 52.

Nr.	m _n [mm]	α [°]	β [°]	η	z_1	z_2	x'_1	x'_2	ε_α	ε_β	ε_γ	i
66	1.750	20.000	15.000	0.985	20	79	0.341	0.450	1.449	1.271	2.720	
65	1.750	20.000	15.000	0.985	20	79	0.241	0.550	1.466	1.271	2.737	
64	1.750	20.000	10.000	0.984	20	81	0.446	0.311	1.468	0.853	2.321	
63	1.750	20.000	10.000	0.985	20	81	0.346	0.411	1.489	0.853	2.342	
62	1.750	20.000	10.000	0.985	20	81	0.246	0.511	1.507	0.853	2.360	
61	1.750	20.000	10.000	0.986	20	80	0.538	0.792	1.376	0.853	2.229	
60	1.750	20.000	10.000	0.986	20	80	0.438	0.892	1.393	0.853	2.246	
59	1.750	20.000	10.000	0.986	20	80	0.338	0.992	1.409	0.853	2.261	
58	1.750	20.000	5.000	0.981	21	83	0.313	-0.509	1.635	0.428	2.063	
57	1.750	20.000	5.000	0.982	21	83	0.213	-0.409	1.663	0.428	2.091	
56	1.750	20.000	5.000	0.982	21	83	0.113	-0.309	1.689	0.428	2.117	
55	1.750	20.000	5.000	0.986	20	81	0.558	0.866	1.377	0.428	1.805	
54	1.750	20.000	5.000	0.986	20	81	0.458	0.966	1.394	0.428	1.822	
53	1.500	20.000	15.000	0.986	23	93	0.393	0.250	1.490	1.483	2.973	
52	1.500	20.000	15.000	0.986	23	93	0.293	0.350	1.509	1.483	2.992	
51	1.500	20.000	15.000	0.986	23	93	0.193	0.450	1.526	1.483	3.009	
50	1.500	20.000	15.000	0.987	23	92	0.488	0.722	1.409	1.483	2.892	
49	1.500	20.000	15.000	0.987	23	92	0.388	0.822	1.425	1.483	2.908	
48	1.500	20.000	15.000	0.987	23	92	0.288	0.922	1.440	1.483	2.923	
47	1.500	20.000	10.000	0.984	24	96	0.265	-0.519	1.650	0.995	2.645	
46	1.500	20.000	10.000	0.984	24	96	0.165	-0.419	1.676	0.995	2.671	
45	1.500	20.000	10.000	0.984	24	96	0.065	-0.319	1.699	0.995	2.694	
44	1.500	20.000	10.000	0.985	24	95	0.334	-0.082	1.588	0.995	2.583	
43	1.500	20.000	10.000	0.986	24	95	0.234	0.018	1.610	0.995	2.605	
42	1.500	20.000	10.000	0.986	24	95	0.134	0.118	1.630	0.995	2.625	
41	1.500	20.000	5.000	0.984	24	97	0.299	-0.363	1.653	0.499	2.153	
40	1.500	20.000	5.000	0.984	24	97	0.199	-0.263	1.679	0.499	2.178	
39	1.500	20.000	5.000	0.984	24	97	0.099	-0.163	1.701	0.499	2.201	
38	1.500	20.000	5.000	0.985	24	96	0.371	0.078	1.586	0.499	2.085	
37	1.500	20.000	5.000	0.986	24	96	0.271	0.178	1.607	0.499	2.107	
36	1.500	20.000	5.000	0.986	24	96	0.171	0.278	1.627	0.499	2.126	
35	1.500	20.000	5.000	0.987	24	95	0.458	0.534	1.504	0.499	2.003	
34	1.500	20.000	5.000	0.987	24	95	0.358	0.634	1.522	0.499	2.021	

Figura 16. Elenco di tutte le soluzioni trovate nel range di parametri

Per valutare attraverso un report le proprietà più importanti delle soluzioni trovate, premere il tasto **"Report"**.

ANALISI DEI RISULTATI (Valutazione di proprietà importanti)	
Commento:	
No.	= No. della variante
diff_i	= Variazione dal rapporto di trasmissione nominale in %
kg	= Peso in kg
Slide	= Strisciamento specifico (Valore massimo)
v.Slide	= Velocità di strisciamento (m/s, valore massimo)
AC/AE	= Lunghezza di condotta iniziale AC / Lunghezza di condotta AE (Comportamento d'attrito)
del_cg	= Variazione standard della rigidità nel rotolamento (meshing) (N/mm/mym)
1-eta	= Perdita in % (1.0-Rendimento totale)
Safety	= Sicurezza (Fondo dente e fianco, 0 = alto, 1 = sufficiente, 2 = basso) (SF-min: 0.60/ 1.20/ 1.40 SH-min: 0.60/ 0.90/ 1.00)

Summary = Valutazione complessiva (ponderata)										
(50.0%:del_cg 20.0%:diff_i 100.0%:kg35.0%:Slide 0.0%:v.Slide										
0.0%:AC/AE 10.0%:l-eta 100.0%:Safety)										
No.	diff_i	kg	Slide	v.Slide	AC/AE	del_cg	l-eta	Safety	Summary	
1	-1.724	3.879	0.975	0.160	0.521	1.201	1.107	1.504	0.701	
2	-1.724	3.870	0.815	0.160	0.473	1.250	1.095	1.514	0.704	
3	-1.724	3.862	0.675	0.173	0.425	1.256	1.119	1.523	0.707	
- - -										
51	1.087	3.937	1.331	0.184	0.503	0.312	1.372	1.223	0.579	
52	1.087	3.926	1.076	0.196	0.457	0.307	1.371	1.245	0.587	
- - -										
ANALISI DEI RISULTATI										
(con indicazione del no. delle varianti in ordine decrescente)										
Miglior variante riguardo al rapporto di trasmissione: 7 8 9 27 28 29 36 37 38 45 ...										
Soluzioni ottimali riguardo al peso minimo: 23 3 19 22 2 18 6 26 21 9 ...										
Varianti ideali riferite all'attrito (AC/AE): 157 158 159 154 155 156 127 137 141 130 ...										
Migliore variante riguardo alla variazione della rigidità: 103 46 47 43 44 45 42 101 102 32 ...										
Miglior variante riguardo alla resistenza: 68 65 69 71 66 70 72 67 73 87 ...										
Complessivamente le migliori varianti (Summary): 68 69 70 65 66 67 71 72 73 87 ...										

Figura 17. Valutazione delle soluzioni.

Osservazione importante: la procedura qui descritta è stata sintetizzata. Nella pratica è importante esaminare attentamente l'elenco **"Analisi dei risultati"** della progettazione di precisione. È possibile che per vari motivi, per quanto riguarda la rumorosità, sia da preferire la seconda o la terza soluzione tra quelle indicate come migliori. È inoltre utile visualizzare la rappresentazione grafica delle varianti attraverso la scheda **"Grafica"**:

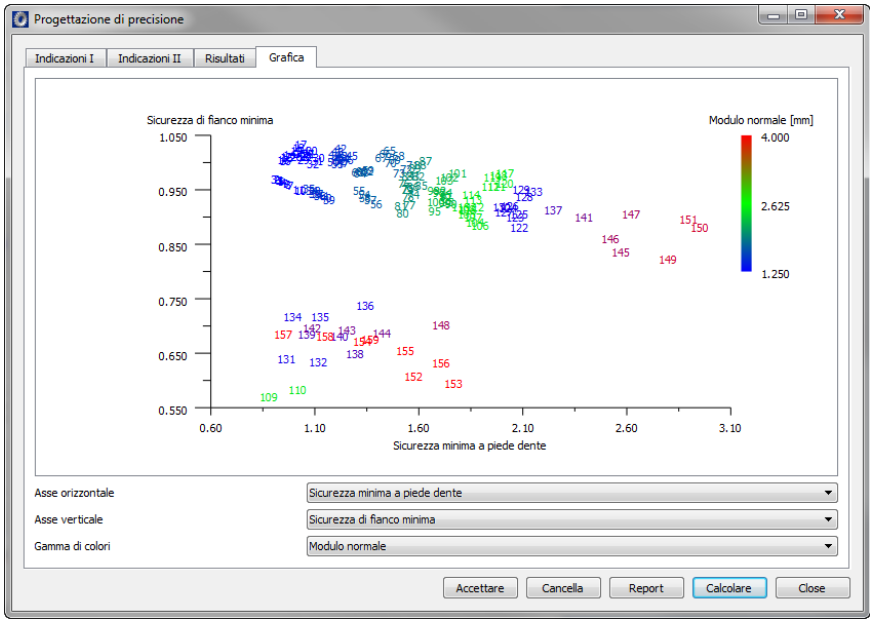
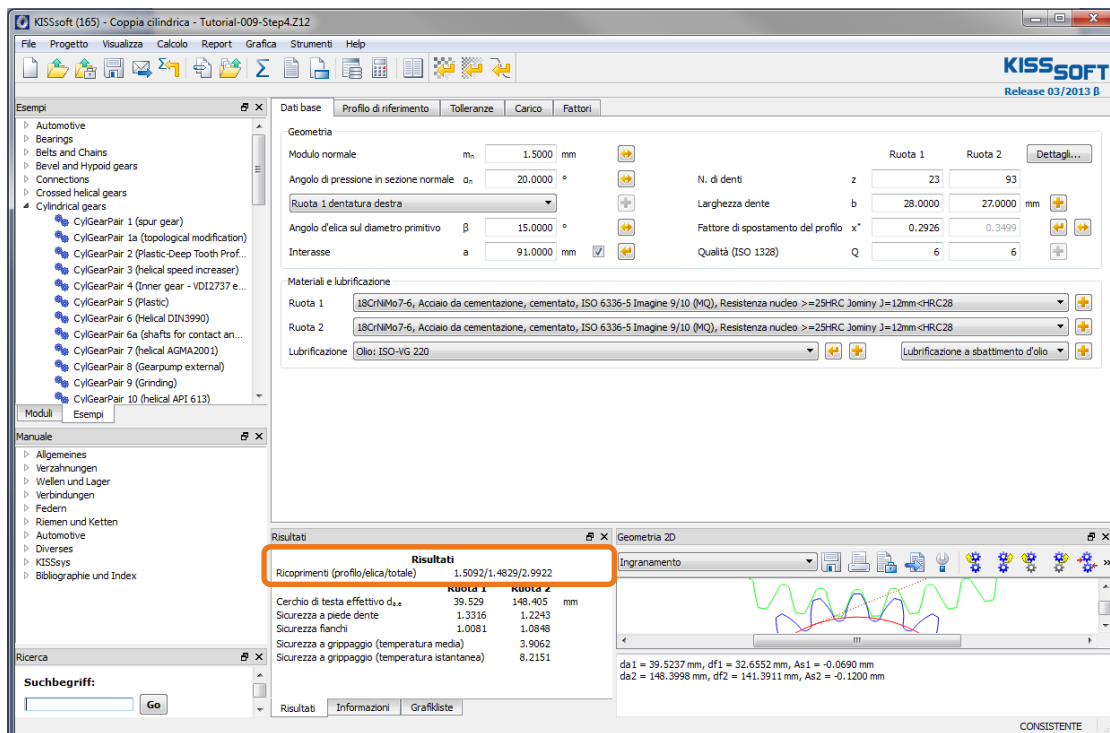


Figura 18. Rappresentazione grafica di tutte le soluzioni

Attraverso la grafica è possibile calcolare la soluzione ottimale (in questo caso relativa alla sicurezza a piede dente/sicurezza fianchi), e selezionarla e attivarla sotto **"Risultati"**.


3.2 Risultato della progettazione di precisione

Il ricoprimento totale è pari ad appena 2.99, vale a dire che le modifiche della rigidezza sull'intero percorso di ingranamento sono ridotte (vedi figura 19), la ruota dentata provocherà meno vibrazioni.



Per accedere direttamente a questo passaggio del calcolo, aprire il file "Tutorial-009-Step4".

Figura 19. Risultati (spostamento del profilo, angolo d'elica, numero di denti) della progettazione di precisione

La risultante forma del dente viene visualizzata, come di seguito mostrato, sotto **"Geometria 2D"** all'interno di una finestra con la grafica che, attraverso il pulsante  o facendo doppio clic con il tasto sinistro del mouse sull'area grigia, può essere trascinata sullo schermo e ingrandita:

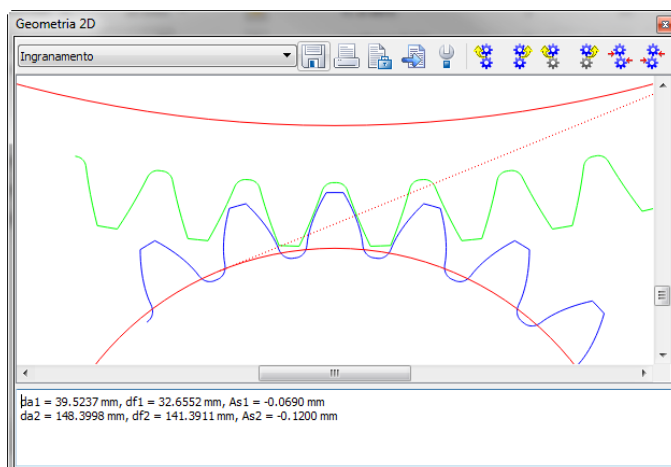


Figura 20. Risultante forma del dente (cerchi base e linea di contatto di colore rosso)

L'andamento della rigidezza sull'intero percorso di ingranamento può essere rappresentato attraverso **"Grafica" → "Analisi" → "Rigidezza d'ingranamento teorica"**:

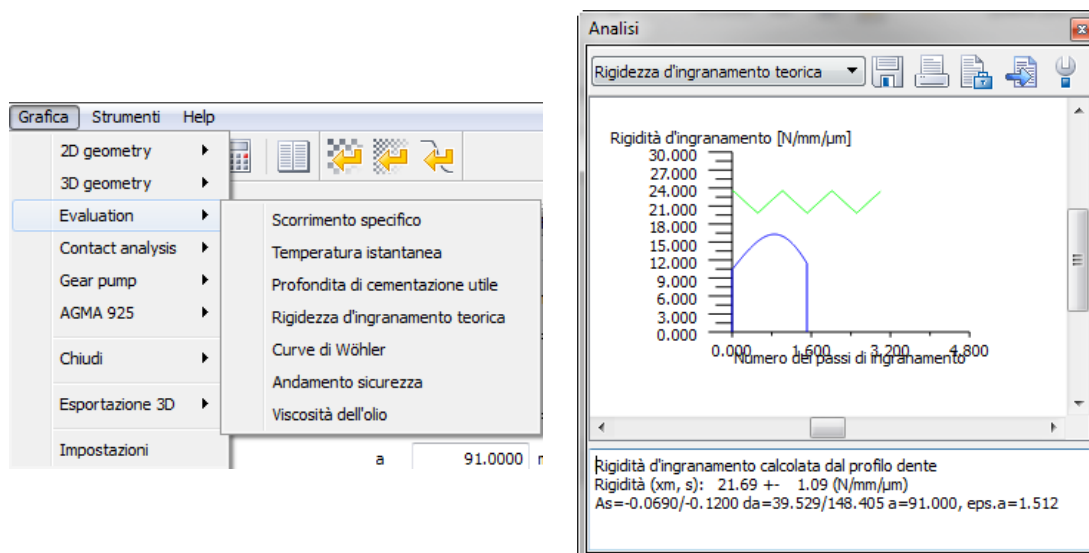


Figura 21. Andamento della rigidità d'ingranamento teorica

3.3 Dimensionamento di una dentatura a profilo alto

A questo punto la soluzione trovata deve essere ulteriormente ottimizzata. A tale scopo, incrementare il ricoprimento di profilo ε_α a ca. 2 (se successivamente verrà effettuata una spoglia di testa, si renderà necessario un ricoprimento leggermente maggiore, poiché la spoglia di testa ne determinerà una riduzione). Il ricoprimento che ne risulta deve essere incrementato ulteriormente attraverso una dentatura a profilo alto (il ricoprimento finale desiderato può essere definito sotto **"Regolazioni modulo-specifiche"**, scheda **"Dimensionamenti"**).

		minimo	massimo
Rapporto larghezza del dente rispetto al modulo normale	b/m_n	6.0000	20.0000
Rapporto larghezza del dente rispetto al diametro primitivo ruota 1	b/d_1	0.0000	1.6000
Rapporto larghezza del dente rispetto all'interasse	b/a	0.0000	0.7000

Figura 22. Regolazioni modulo-specifiche

Per progettare una dentatura a profilo alto, richiamare nuovamente la progettazione di precisione e sotto **"Indicazioni II"** attivare la casella di controllo **"Dimensionamento dentatura a profilo alto"**. Per determinare i nuovi valori premere nuovamente il pulsante Calcolare.

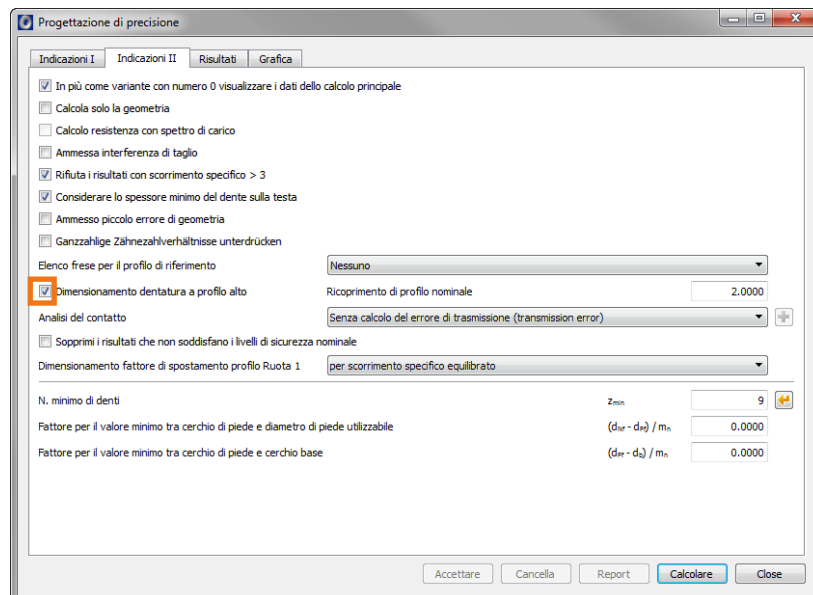
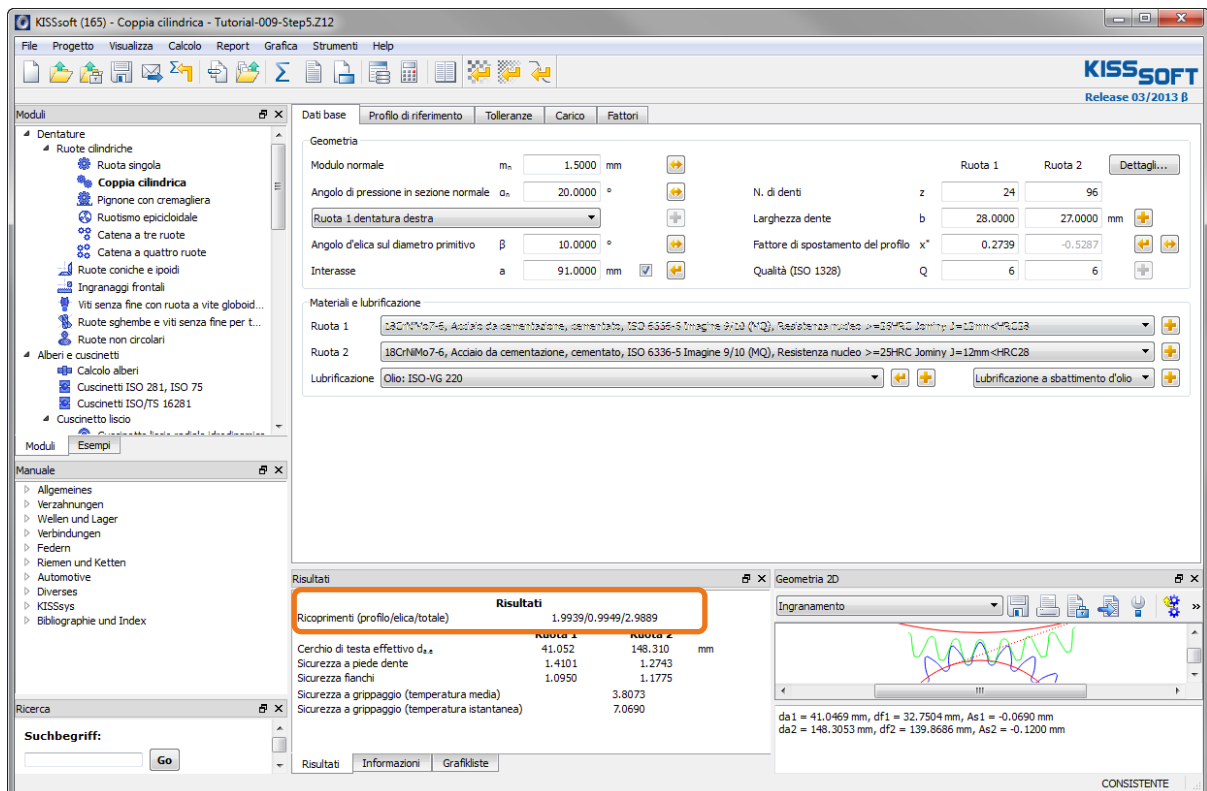


Figura 23. Impostazioni della finestra Progettazione di precisione, selezione dell'opzione "Dimensionamento dentatura a profilo alto"


La variante che risulta privilegiata dal punto di vista della rumorosità è la numero 44. Dopo aver selezionato questa variante attraverso il pulsante "**Accettare**", i dati relativi alla dentatura di questa variante verranno salvati. Nell'ambito del dimensionamento di una dentatura a profilo alto, sono stati modificati i profili di riferimento.

A questo punto i dati relativi alla ruota dentata vengono nuovamente caricati nella maschera principale (nuovo numero di denti, angolo d'elica, spostamento del profilo). Per calcolare i nuovi risultati premere quindi Accettare:



Per accedere direttamente a questo passaggio del calcolo, aprire il file "Tutorial-009-Step5".

Figura 24. Nuovi dati relativi a dentatura e risultati, in particolare ricoprimento

La risultante forma del dente viene visualizzata, come di seguito mostrato, sotto "Geometria 2D" all'interno di una finestra con la grafica che, attraverso il pulsante  o facendo doppio clic con il tasto sinistro del mouse sull'area grigia, può essere trascinata sullo schermo e ingrandita:

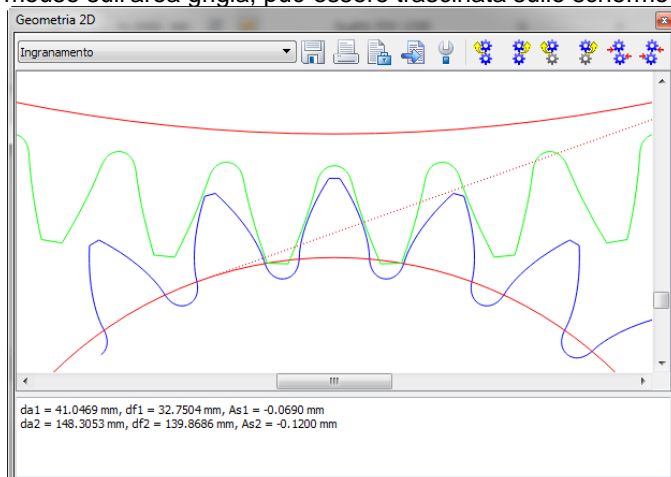


Figura 25. Risultante dentatura a profilo alto

Figura 26. Visualizzazione del profilo di riferimento della dentatura a profilo alto, richiamabile attraverso la scheda "Profilo di riferimento"

Il risultante ricoprimento ora è molto vicino al valore tre, determinando così una rigidezza estremamente uniforme sull'intero percorso di ingranamento:

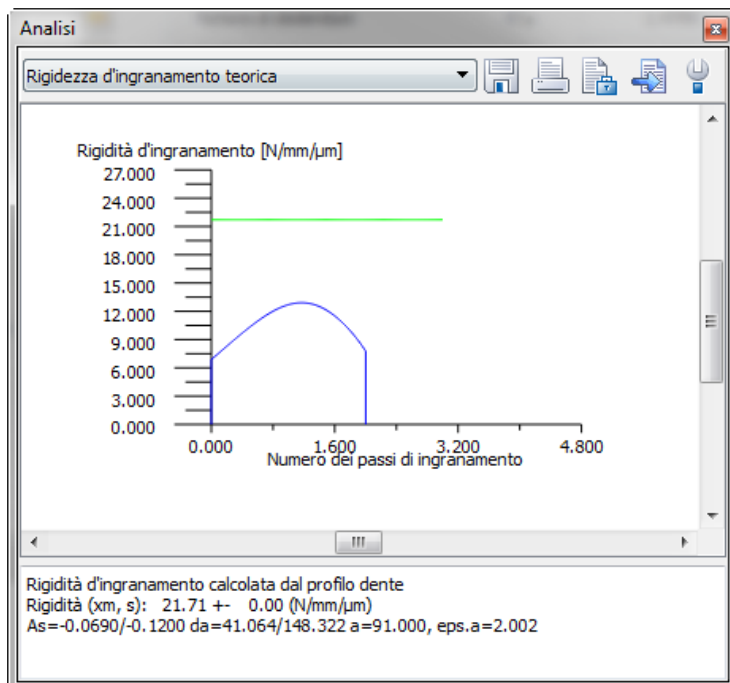


Figura 27. Andamento della rigidezza d'ingranamento teorica sull'intero percorso di ingranamento

3.4 Ulteriori indicazioni sul calcolo della resistenza


Ai fini della verifica della resistenza finale della dentatura, occorre indicare il tipo di lubrificazione e il fattore di carico sulla larghezza:

Dati base	Profilo di riferimento	Tolleranze	Carico	Fattori
Geometria				
Modulo normale	m_n	1.5000 mm		
Angolo di pressione in sezione normale	α_n	20.0000 °		
Ruota 1 dentatura destra				
Angolo d'elica sul diametro primitivo	β	10.0000 °		
Interasse	a	91.0000 mm		
			Ruota 1	Ruota 2
			N. di denti z	24 96
			Larghezza dente b	28.0000 27.0000 mm
			Fattore di spostamento del profilo x^*	0.2739 -0.5287
			Qualità (ISO 1328) Q	6 6
Materiali e lubrificazione				
Ruota 1		18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato, ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo $\geq 25HRC$ Jominy J=12mm <HRC28		
Ruota 2		18CrNiMo7-6, Acciaio da cementazione, cementato, ISO 6336-5 Imagine 9/10 (MQ), Resistenza nucleo $\geq 25HRC$ Jominy J=12mm <HRC28		
Lubrificazione		Olio: ISO-VG 220		
		Lubrificazione a sbattimento d'olio		

Dati base	Profilo di riferimento	Tolleranze	Carico	Fattori
Fattori generali				
Fattore dinamico K_v		1.0033		
			Fattore trasversale $K_{H\alpha}$	1.1120
Fattore flessione alternata				
Predefinito			Y_M	1.0000 1.0000
Fattore di carico sulla larghezza				
Calcolo secondo metodo			$K_{H\beta}$	1.1230
Correzione longitudinale del profilo		Nessuno		
Posizione impronta di contatto		favorevole		
			Tipo di albero del pignone	ISO 6336, figura 13e
			Effetto portante	no

Figura 28. Indicazioni sulla lubrificazione e richiamo dei dati per il fattore di carico sulla larghezza

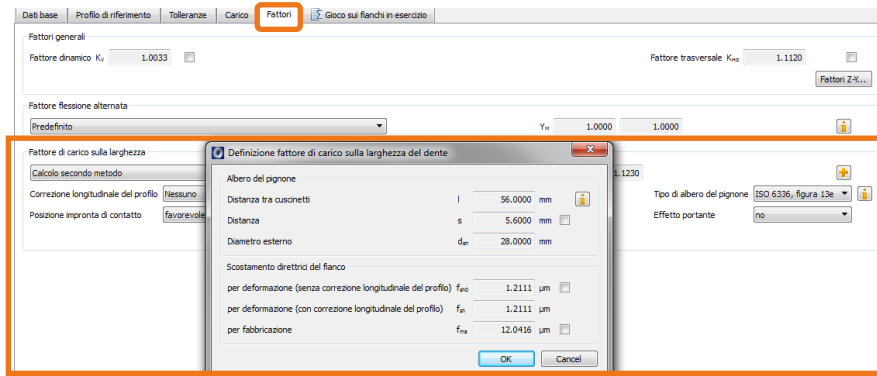
Il tipo di lubrificazione e di lubrificante possono essere selezionati direttamente dall'elenco a tendina (riquadro a sinistra e a destra). L'elenco dei lubrificanti può essere ampliato attraverso il tool database.

Per determinare la temperatura del lubrificante, premere il pulsante con il segno più  (riquadro in basso e a destra, sotto Materiali e lubrificazione, vedi figura 28).

La temperatura d'esercizio, quella ambiente o della scatola possono essere impostate attraverso la scheda **"Gioco sui fianchi in esercizio"** (v. riquadri nella figura sotto riportata).

Dati base	Profilo di riferimento	Tolleranze	Carico	Fattori	Analisi del contatto	Gioco sui fianchi in esercizio
Influssi dovuti a imprecisioni di fabbricazione						
<input checked="" type="checkbox"/> Considerare il disallineamento dell'asse				Classe di precisione allineamento assi secondo ISO 10064		
<input checked="" type="checkbox"/> Considerare l'errore di fabbricazione secondo DIN 3967				Classe di precisione Q 6		
<input type="checkbox"/> Considerare l'errore di concentricità				Distanza tra cuscinetti L_s 56.0000 mm		
Influssi durante il funzionamento						
Intervallo di temperatura scatola (min./max.) T_c		20.0000 70.0000 °C		Assorbimento relativo d'acqua in caso di rigonfiamento W_{VO1} Vol% <input type="checkbox"/> rinforzi in fibre di vetro		
Intervallo di temperatura ruote dentate (min./max.) T_R		20.0000 70.0000 °C		Assorbimento relativo d'acqua in caso di rigonfiamento W_{VO2} Vol% <input type="checkbox"/> rinforzi in fibre di vetro		
Differenza di temperatura ammessa $T_R - T_c$ (min./max.) T_{diff}		0.0000 10.0000 °C		Temperatura di riferimento T_{ref} 20.0000 °C		
Materiale scatola EN-GJL-200 (GG 20), Ghisa a grafite lamellare, non trattato, ISO 6336-5 Imagine 3c/4c (MQ)						
Denominazione						
Coefficiente dilatazione termica scatola α_c 11.7000 1E-6/°C						

Figura 29. Gioco sui fianchi in esercizio



Il fattore di carico sulla larghezza può essere definito secondo il metodo A, B o C.

Vedi a riguardo le istruzioni a parte "kisssoft-anl-072-D-Kontaktanalyse-Stirrad-berechnung" (Analisi del contatto, calcolo di ruote cilindriche), da richiedere al centro assistenza KISSsoft.

Di norma a questo punto non è necessaria nessuna modifica.

Figura 30. Impostazione di ulteriori parametri, in particolare i dati per determinare il fattore di carico sulla larghezza

Osservazione importante:

Se nel valutare le varianti calcolate con la progettazione di precisione devono essere determinanti aspetti quali la resistenza o la vita utile, i dati sopra indicati devono essere definiti prima di effettuare la progettazione di precisione.