

Vedere attraverso: mirini fotografici e oculari del microscopio

Spartaco Santi
settembre 2026

1

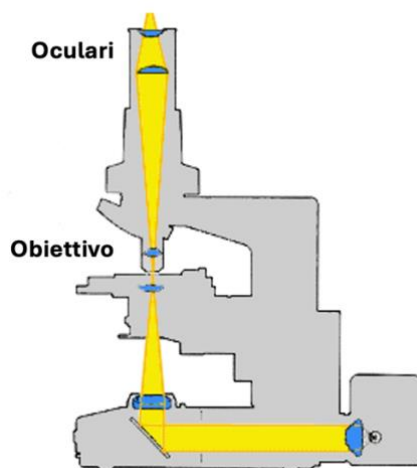
Quando guardiamo dentro una macchina fotografica o dentro un microscopio, stiamo facendo la stessa cosa: affidiamo la nostra vista a un sistema ottico che modifica la realtà. Il mirino ci aiuta a scegliere come fotografare il mondo; l'oculare del microscopio ci permette di vedere ciò che il mondo nasconde. Eppure, dietro questi due strumenti apparentemente lontani, si nascondono principi ottici sorprendentemente simili. Due strumenti diversi, un unico scopo: guidare il nostro sguardo oltre i limiti dell'occhio umano.

Due strumenti, una stessa funzione: il mirino fotografico serve a comporre un'immagine prima dello scatto, l'oculare del microscopio permette invece di osservare un'immagine già ingrandita. In entrambi i casi, però, non stiamo guardando direttamente la realtà, ma una immagine filtrata e costruita da lenti.

L'oculare del microscopio

L'oculare del microscopio fa parte del sistema di ingrandimento totale del campione: l'obiettivo produce un'immagine ingrandita del preparato, mentre l'oculare la ingrandisce ulteriormente per renderla osservabile dall'occhio umano. L'ingrandimento totale è dato dal prodotto tra i due fattori, ad esempio:

$$10\times (\text{ingrandimento dell'oculare}) \times 40\times (\text{ingrandimento dell'obiettivo}) = 400\times (\text{ingrandimento totale})$$



Gruppi ottici del microscopio composto

Quando si utilizzano dispositivi di acquisizione come una telecamera o un fotomoltiplicatore, non si osserva più direttamente il campione attraverso l'oculare. Tuttavia, davanti ai diversi sistemi di registrazione dell'immagine possono essere presenti lenti "tipo oculare" che svolgono la stessa funzione di accoppiamento ottico, pur potendo avere ingrandimenti differenti a seconda del dispositivo utilizzato.

Ma oltre all'ingrandimento, esiste un parametro fondamentale indicato sugli oculari e spesso trascurato: il numero di campo (Field Number, FN). Il numero di campo indica il diametro del campo visivo osservabile attraverso l'oculare (espresso in millimetri).

Per calcolare quanto spazio reale si osserva sul campione si usa la formula:

$$\text{Diametro del campo visivo reale} = \frac{FN}{\text{ingrandimento dell'obiettivo}}$$

2

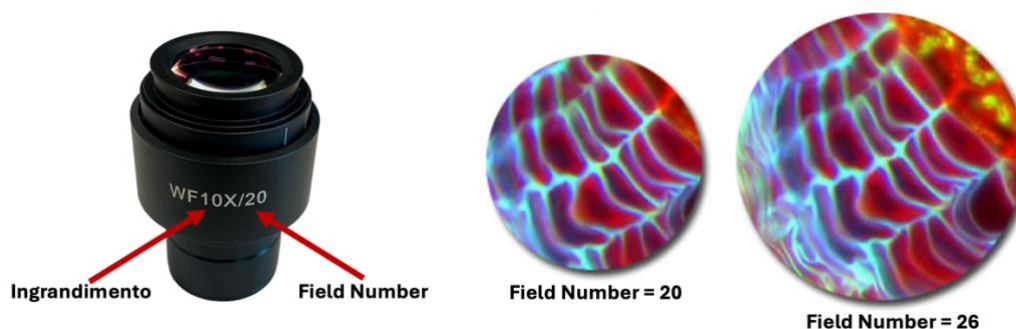
Ad esempio:

- oculare con FN = 20
- obiettivo con ingrandimento 40×
- diametro del campo visivo ≈ 0,5 mm

Il numero di campo (FN) non è sempre stato elevato come nei microscopi attuali: la sua evoluzione riflette infatti i progressi dell'ottica microscopica. Nei microscopi più datati (fino alla metà del XX secolo), il campo osservabile era piuttosto limitato, con valori tipici intorno a FN ≈ 16–18. Questo limite era dovuto principalmente alle aberrazioni ottiche: allontanandosi dal centro dell'immagine, la qualità dell'osservazione degradava rapidamente e si preferiva quindi ridurre il campo visivo per mantenere un'immagine nitida.

Nei microscopi ottici storici, soprattutto tra la fine dell'Ottocento e gran parte del Novecento (dal lavoro di Ernst Abbe negli anni 1870–1890 fino ai sistemi standard del dopoguerra), gli oculari non erano elementi neutri ma compensatori: contribuivano attivamente a correggere le aberrazioni residue lasciate volutamente negli obiettivi, in particolare quelli acromatici o a elevata apertura numerica, secondo un progetto ottico integrato in coppia con l'obiettivo. In sistemi classici sviluppati da case come Carl Zeiss a Jena, Leica Microsystems (erede di Leitz), ma anche Olympus e Nikon nel corso del XX secolo, obiettivo e oculare venivano quindi progettati come una coppia ottica complementare e non indipendente.

Con l'introduzione di sistemi ottici più avanzati, come gli obiettivi planari e apocromatici e l'adozione di schemi ottici corretti all'infinito, la correzione delle aberrazioni viene concentrata quasi interamente nell'obiettivo e l'oculare perde il ruolo di "correttore attivo", diventando essenzialmente neutro e standardizzato. Di conseguenza, verso la fine del XX secolo si sono diffusi microscopi con Field Number (FN) tipici di 20–22. Nei microscopi moderni si raggiungono oggi valori ancora superiori, fino a FN 26. È stato un po' come passare da un televisore 4:3 a uno 16:9. Questo consente di osservare porzioni di campione significativamente più ampie rispetto al passato, migliorando sia l'efficienza dell'osservazione sia la qualità dell'analisi microscopica.

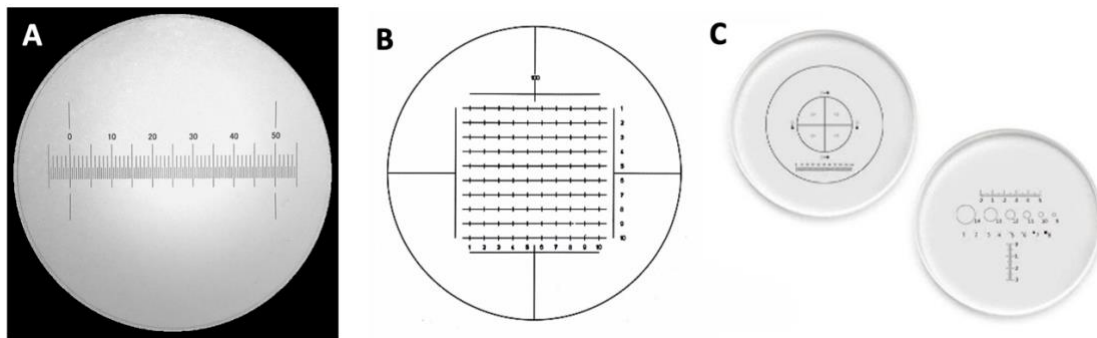


Variazione della dimensione del campo visivo rispetto al FN

L'aumento del FN non è quindi solo un dato tecnico, ma riflette diversi grandi progressi dell'ottica e della microscopia moderna:

- Miglioramento delle lenti: lo sviluppo di materiali e tecniche di produzione più avanzate ha permesso di ottenere obiettivi e oculari con prestazioni ottiche superiori.
- Riduzione delle aberrazioni anche ai bordi del campo: la correzione delle aberrazioni cromatiche e geometriche ha migliorato la qualità dell'immagine anche nelle zone periferiche.
- Introduzione delle ottiche planari: questi sistemi garantiscono un'immagine perfettamente a fuoco su tutto il campo visivo, eliminando la curvatura di campo tipica delle ottiche più datate.
- Integrazione con sensori digitali: i campi più ampi sono oggi fondamentali per sfruttare al meglio telecamere e sistemi di acquisizione digitale, permettendo immagini "widefield" più complete e informative.

L'oculare nella microscopia storica non era solo uno strumento di osservazione, ma anche di misura. Tra fine Ottocento e Novecento, in sistemi di aziende come Carl Zeiss e Leica Microsystems, molti oculari integravano reticoli, scale graduate o micrometri, permettendo di misurare direttamente il campione nel campo visivo. L'osservazione diventava così immediatamente quantitativa: immagine e misura coincidevano. In questo senso l'oculare non era neutro, ma un'interfaccia scientifica. Oculari intercambiabili, modularità dei sistemi e digitalizzazione hanno reso poco conveniente integrare correzioni o scale complesse nell'oculare stesso. Le funzioni di misura sono state progressivamente spostate su sensori, software e sistemi di imaging digitale.



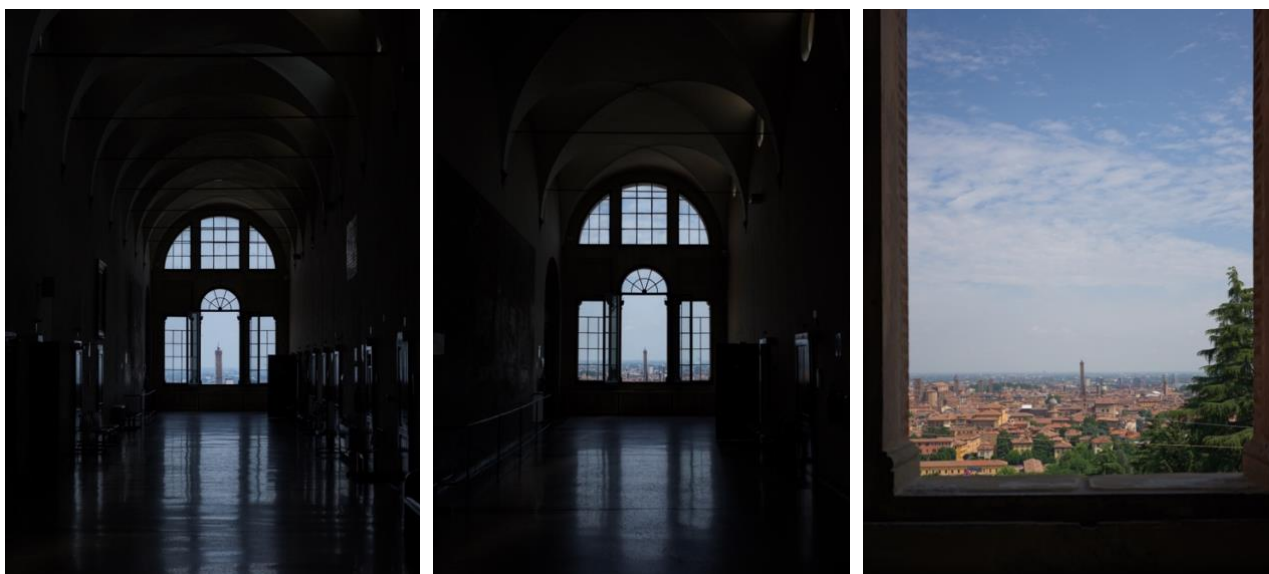
Oculari micrometrici: A) Reticoli a scale lineari per misure dirette nel campo visivo; B) Griglie 10×10 o modulari per conteggi e densità cellulari; C) Micrometri circolari o lineari con divisioni calibrate (es. 0.1 mm per divisione)

Nei microscopi si usano spesso due oculari per consentire la visione binoculare, cioè l'osservazione del campione con entrambi gli occhi. Questa soluzione ha vantaggi sia fisiologici sia ergonomici. Il primo motivo è legato al funzionamento naturale della vista umana: gli occhi lavorano insieme e il cervello combina le due immagini leggermente diverse provenienti da ciascun occhio, rendendo la visione più stabile, confortevole e meno affaticante rispetto all'osservazione monoculare. Inoltre, la visione binoculare contribuisce a una migliore percezione spaziale. Tuttavia, nei microscopi ottici standard non si ottiene una vera visione tridimensionale del campione: l'immagine resta sostanzialmente bidimensionale. Per questo motivo l'osservatore deve imparare a mantenere una visione rilassata, "all'infinito", simile a quando si guarda un paesaggio in lontananza, senza tentare di mettere a fuoco in modo forzato come in una visione da vicino. In questo modo l'osservazione risulta più stabile, confortevole e sostenibile anche per lunghi periodi di lavoro.

Visione tunnel ed effetto cannocchiale

4

Il numero di campo non determina soltanto quanta parte del campione possiamo osservare, ma influenza anche la sensazione visiva dell'osservazione stessa. Nei microscopi più vecchi o negli oculari con numero di campo ridotto, la porzione osservabile è molto limitata. L'immagine appare come un piccolo cerchio luminoso circondato dal nero, quasi come guardare attraverso un tubo. Questo fenomeno viene spesso percepito come un effetto di "visione a tunnel". Questo fenomeno ha una controparte percettiva interessante: l'impressione che l'immagine sia più "ingrandita" o più immersiva quando il campo visivo si restringe. Questo è legato all'effetto cannocchiale, dove la riduzione dell'angolo di campo aumenta la sensazione di scala e vicinanza dell'oggetto osservato, anche se l'ingrandimento reale non cambia. È lo stesso principio percettivo che si può sperimentare osservando la Torre degli Asinelli di Bologna attraverso la finestra posta al termine della Manica Lunga, il corridoio di 162 metri del complesso monumentale di San Michele in Bosco sul quale si affacciavano le celle dei monaci Olivetani. Il campo visivo ristretto del lungo corridoio agisce come una cornice prospettica: isolando la torre dal contesto urbano, ne amplifica la presenza visiva e la fa apparire più vicina e dominante rispetto a quanto la si percepisca osservandola direttamente dalla finestra.



Effetto cannocchiale all'Istituto Ortopedico Rizzoli: più ti avvicini e più la torre Asinelli appare piccola

In questo senso, l'effetto tunnel non è solo una restrizione della visione periferica, ma anche un amplificatore percettivo: riducendo il contesto, il cervello ricalibra la scala relativa e attribuisce maggiore "peso visivo" all'oggetto centrale. È lo stesso meccanismo che si osserva in un cannocchiale o in un oculare microscopico, dove il campo ristretto non solo seleziona l'informazione, ma la trasforma in un'esperienza di ingrandimento soggettivo.

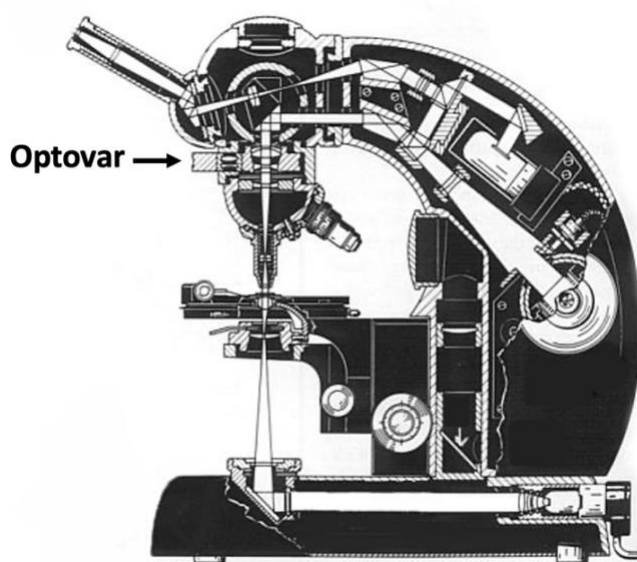
Optovar

Il nome Optovar deriva da “optical variation” e indica un sistema che consente di variare otticamente l’ingrandimento senza sostituire obiettivo o oculare. Questo avviene tramite l’inserimento di un modulo intermedio a fattore variabile tra l’immagine primaria e il piano di osservazione finale. In pratica, funziona come un moltiplicatore ottico selezionabile, tipicamente con step come:

- 1,6×
- 2,5×
- 5,0×

L’Optovar si diffonde nella microscopia di ricerca tra la fine degli anni ’50 e soprattutto negli anni ’60, fino a diventare una soluzione standard nei sistemi modulari di Carl Zeiss negli anni ’70–’80, in particolare in microscopia da laboratorio e metallografia. Il suo declino inizia tra la fine degli anni ’80 e gli anni ’90, in concomitanza con l’affermazione dei sistemi a correzione all’infinito e, soprattutto, con la transizione verso la digitalizzazione dell’imaging. Questo cambiamento non è solo tecnologico ma anche di architettura ottica: l’ingrandimento variabile viene progressivamente sostituito da combinazioni più ampie di obiettivi, sensori digitali e ingrandimenti software, che offrono maggiore precisione, migliore ripetibilità e una più alta standardizzazione dei sistemi. Inoltre, rispetto a un percorso ottico più diretto, l’Optovar introduce inevitabilmente una maggiore complessità nel cammino della luce e può comportare lievi riduzioni di luminosità e contrasto.

In sintesi, l’Optovar nasce come soluzione elegante per garantire flessibilità visiva nella microscopia analogica, e perde rilevanza quando tale flessibilità viene progressivamente trasferita dal dominio ottico a quello digitale.



Schema interno del Carl Zeiss Photomicroscope III (1975)

La storia dei mirini fotografici: dall'occhio esterno all'immagine digitale

L'evoluzione del mirino fotografico racconta perfettamente la storia della fotografia stessa: il passaggio da un'osservazione indiretta e approssimativa a una visione sempre più fedele e informativa della realtà.

Le prime fotocamere utilizzavano sistemi estremamente rudimentali, come i mirini a puntatore esterno o semplici cornici metalliche separate dall'obiettivo. Questi mirini erano poco precisi, soggetti all'errore di parallasse (ciò che si vedeva non coincideva esattamente con ciò che veniva fotografato) e fornivano solo un'indicazione generale dell'inquadratura: il fotografo "stimava" la scena più che vederla realmente. Un'evoluzione intermedia fu rappresentata da mirini galileiani migliorati, ancora separati dall'ottica principale ma più luminosi e definiti, sebbene sempre affetti da parallasse. Un esempio storico è la Ferrania 6×9, tipica fotocamera medio formato italiana del dopoguerra.

Dobbiamo a questo punto citare il mirino a telemetro, un sistema ottico che non guarda direttamente attraverso l'obiettivo, ma utilizza una finestra separata per mostrare la scena. La messa a fuoco avviene sovrapponendo due immagini: ruotando la ghiera dell'obiettivo, le due immagini coincidono quando il soggetto è a fuoco. Questo tipo di mirino offre una visione luminosa e continua, senza oscuramenti, permettendo anche di osservare ciò che accade appena fuori dall'inquadratura. Tuttavia, proprio perché non è allineato all'obiettivo, introduce il fenomeno della parallasse, soprattutto alle distanze ravvicinate, richiedendo una certa esperienza per una composizione precisa. Il mirino a telemetro entra in uso in fotografia tra gli anni Venti e Trenta del Novecento. I primi sistemi di telemetro erano in realtà dispositivi separati o accoppiati alle fotocamere già a partire dagli anni '10, ma la vera diffusione avviene con le fotocamere compatte di precisione Leica. Un passaggio fondamentale è il 1932, quando la Leica II integra per la prima volta in modo stabile il telemetro nel corpo macchina, rendendolo un sistema pratico e affidabile per la messa a fuoco. Da quel momento il mirino a telemetro diventa uno standard per molte fotocamere professionali e da reportage, soprattutto fino alla diffusione delle reflex negli anni '60, che ne ridurranno progressivamente l'uso ma non la rilevanza in ambiti specifici come il reportage e la street photography.

Un grande salto avviene con le fotocamere biottiche, come la celebre Rolleiflex 6×6. In questo sistema un obiettivo serve a scattare la foto e un secondo obiettivo serve solo al mirino. L'immagine viene proiettata su uno schermo superiore (pозzetto) e osservata dall'alto. Un grosso vantaggio era costituito da una visione comoda per la composizione, ma era ancora limitata da difetti di parallasse (mirino e obiettivo non coincidono perfettamente) e dalle difficoltà nel calcolare esattamente l'inquadratura ai bordi. Era un sistema elegante, ma non ancora "perfettamente fedele".

La vera rivoluzione arriva con le fotocamere reflex (SLR). Qui per la prima volta il fotografo vede esattamente ciò che vede l'obiettivo. Questo è possibile grazie a uno specchio inclinato e a un pentaprisma che corregge l'immagine. Vantaggi fondamentali sono l'assenza di parallasse, una precisione totale dell'inquadratura ed infine un controllo diretto della profondità di campo. Questo sistema diventa lo standard per decenni, dalla fotografia.

Un passaggio successivo, intermedio tra reflex e mirrorless, è rappresentato dal Live View, che introduce la visione dell'immagine direttamente su schermo LCD in tempo reale. L'ultima evoluzione è il mirino elettronico (Electronic View Finder, EVF), utilizzato nelle moderne fotocamere mirrorless. In questo caso non si osserva più la scena tramite un sistema ottico diretto, ma l'immagine viene acquisita da un sensore e visualizzata in tempo reale su un piccolo schermo, generalmente OLED. I vantaggi principali sono numerosi: consente di vedere un'anteprima realistica dell'esposizione finale, integra informazioni sovrapposte come istogramma, livelli e focus peaking, e permette l'ingrandimento digitale per facilitare la messa a fuoco. Inoltre, garantisce una visione efficace anche in condizioni di scarsa illuminazione. Un limite

presente nei primi sistemi era il possibile ritardo di aggiornamento (“lag”) dell’immagine, oggi però quasi completamente eliminato nei modelli più avanzati. In questo modo, il fotografo non osserva più semplicemente la scena, ma una vera e propria simulazione in tempo reale dello scatto finale, con tutti i parametri già applicati. Questo trasforma il mirino non solo in uno strumento di osservazione, ma in un vero e proprio sistema di analisi in tempo reale. Un esempio avanzato di EVF è quello della Leica SL3, che utilizza un mirino elettronico OLED da circa 5,76 milioni di punti, ma la qualità del mirino non dipende solo dalla risoluzione.

EVOLUZIONE DEI MIRINI FOTOGRAFICI



Dall'occhio esterno all'immagine digitale

Cosa rende davvero “buono” un mirino moderno

Quando si parla di mirini di fascia alta, come quelli delle fotocamere professionali, è facile pensare che tutto si riduca alla risoluzione. In effetti, il numero di “punti” è spesso il dato più pubblicizzato: si passa da circa 5,76 milioni fino a oltre 9 milioni nei modelli più avanzati, come nel caso della Sony A7R V. Tuttavia, questo valore da solo non basta a garantire una visione realmente migliore.

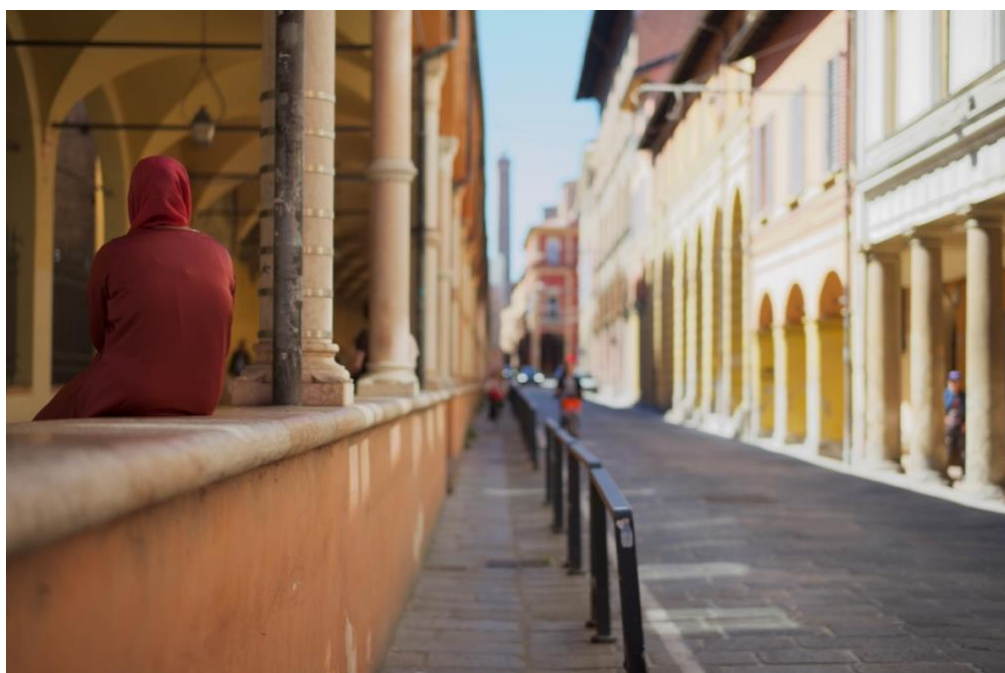
Un primo elemento spesso sottovalutato è la qualità delle lenti interne del mirino. Anche se l'immagine digitale è ad altissima definizione, deve comunque attraversare un sistema ottico prima di arrivare all'occhio. Se queste lenti non sono ben progettate, possono comparire distorsioni ai bordi, leggere aberrazioni cromatiche o una sensazione generale di scarsa nitidezza, che riduce la qualità percepita dell'immagine. Un altro aspetto fondamentale è il frame rate, cioè la fluidità con cui l'immagine viene aggiornata. Un mirino a 60 Hz può essere sufficiente in molte situazioni statiche, ma quando si seguono soggetti in movimento la differenza rispetto a sistemi a 120 Hz (o superiori) diventa evidente: la scena appare più naturale, continua e priva di ritardi. È proprio questa fluidità a eliminare il fastidioso effetto di “lag” che può compromettere la precisione dello scatto. A questi elementi si aggiunge la gamma dinamica, insieme alla luminosità del display. Un buon mirino elettronico non si limita a mostrare l'immagine, ma la interpreta: rende leggibili le ombre senza chiuderle in nero e preserva le alte luci senza bruciarle. In questo modo il fotografo può già prevedere con buona precisione il risultato finale della fotografia.

Conclusioni

Mentre il microscopio resta uno strumento puramente ottico, il mirino elettronico diventa qualcosa di più complesso: una fusione tra visione e calcolo, dove ciò che si vede è già una lettura interpretata della realtà. Entrambi sono strumenti progettati per mediare e potenziare la visione umana, ma lo fanno in modi complementari. Il mirino consente di organizzare lo spazio visivo prima dello scatto: aiuta a comporre l'inquadratura, selezionare ciò che entra nell'immagine e anticipare il risultato finale. In questo senso non modifica ciò che si vede, ma guida la costruzione della rappresentazione. L'oculare del microscopio, invece, ha una funzione opposta ma altrettanto mediatrice: permette di accedere a dettagli altrimenti invisibili, rendendo osservabili strutture troppo piccole per essere percepite dall'occhio umano. Qui la visione non viene solo organizzata, ma anche ampliata oltre i limiti naturali. In entrambi i casi, lo strumento ottico non si limita a "mostrare", ma interviene nel modo in cui l'immagine viene costruita.

Nel microscopio, l'ingrandimento è il risultato di un sistema di lenti che modifica il percorso dei raggi luminosi, producendo un'immagine virtuale più grande dell'oggetto reale. Nel mirino delle fotocamere, invece, la formazione dell'immagine serve a restituire una previsione della scena, permettendo all'osservatore di scegliere come essa verrà registrata, mentre nei mirini elettronici questa previsione diventa già interpretazione. In sintesi, microscopio e mirino — nelle sue evoluzioni ottiche ed elettroniche — non sono semplici strumenti di osservazione, ma dispositivi che trasformano la visione, rendendola più controllata, più consapevole e, soprattutto, più estesa rispetto ai limiti dell'occhio umano.

In questa prospettiva, il mirino a telemetro rappresenta una sintesi particolarmente significativa: un sistema in cui la visione non è né completamente immersiva né completamente mediata dall'elettronica, ma si costruisce attraverso una relazione diretta tra occhio, spazio e messa a fuoco. La sovrapposizione delle immagini non produce solo precisione tecnica, ma anche una forma di attenzione attiva, in cui il fotografo è costantemente coinvolto nella scena. È proprio questa qualità che lo ha reso uno strumento privilegiato nella street photography autoriale: discreto ma presente, rapido ma riflessivo, capace di favorire uno sguardo che non invade la realtà, ma la attraversa. In questo senso, contesti urbani come Strada Maggiore diventano luoghi emblematici, dove il telemetro permette di cogliere gesti, relazioni e dettagli del quotidiano senza interrompere il fluire naturale della scena.



Leica M10R – Summilux 50mm